

Міністерство освіти і науки України  
Криворізький національний університет

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ШЕРСТНЬОВ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ**



УДК 621.316.727

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**АДАПТИВНО-ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ  
КОМПЕНСАТОРАМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ  
КОМБІНАТІВ**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Ю.В. Шерстньов

Науковий керівник: Осадчук Юрій Григорович, кандидат технічних наук,  
доцент

Кривий Ріг – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Шерстньов Ю.В.* Адаптивно-енергоєфективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія». – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2026.

Сучасний стан функціонування ОЕС України в цілому та промислового сектору зокрема характеризується глибокою системною трансформацією. У поточних реаліях домінуючим фактором стало масштабне падіння обсягів споживання ЕЕ (в середньому на 35-40% в порівнянні з 2021-м роком), зумовлене вимушеним масовим виведенням з роботи технологічного обладнання та переходом підприємств на режими глибокого недовантаження. Ситуація критично ускладнюється безпрецедентним зростанням зовнішніх збурювальних впливів з боку магістральних мереж.

Підприємства гірничо-збагачувального комплексу характеризуються високим рівнем енергоємності та складними технологічними процесами, які мають стохастичний характер, що призводить до значних коливань напруги і швидкозмінних рівнів споживання ЕЕ навіть в нормальних умовах їх експлуатації. Нестабільність генеруючих потужностей, постійні зміни топології та системні дефіцити пропускної здатності розподільчої мережі лише поглибили ці проблеми. Така зміна може суттєво порушити усталені баланси ЕЕ, що призводить до несвоєчасного або хибного спрацювання захисного обладнання, виходу з ладу чутливих до збурень функціональних елементів автоматичного керування. Отже, внутрішня система електропостачання перетворилася на вразливий елемент, який потребує конкретних рішень по підвищенню його електроенергетичної ефективності.

Реалізація традиційних організаційно-технічних заходів із оптимізації потоків електроенергії в сучасних умовах експлуатації може виявитися не лише неефективною, але й небезпечною. До прикладу, зміна коефіцієнтів трансформації може спричиняти виникнення додаткових збурень напруги. Водночас примусова зміна режимів роботи технологічних споживачів вносить коливання навантаження, які додатково дестабілізують систему. Крім того, відключення слабозавантажених силових трансформаторів створює ризики небажаної та потенційно аварійної зміни топології мережі, які в поточних умовах ще більше знижують її пропускну здатність. Отже, застосування першочергових заходів оптимізації потоків електроенергії в поточних реаліях може виявитися не лише малоефективним, але й створити загрозу для надійності функціонування всієї системи.

В умовах дефіциту коштів та постійного зростання тарифів на ЕЕ, мінімізація фінансових витрат є критично важливою умовою збереження рентабельності гірничо-збагачувальних комбінатів. Одним з перспективних рішень в цьому випадку є ефективне використання компенсаційних пристроїв реактивної потужності. Хоча цей процес є глибоко дослідженим, виклики, з якими стикаються сучасні промислові мережі формують необхідність його подальшого дослідження.

Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності, яке базується на інтеграції традиційних засобів (КБ та СД) із сучасними алгоритмами автоматизації, дозволяє оперативно реагувати на змінні параметри навантаження та збурення в електричній мережі.

**Мета роботи.** *Метою роботи є підвищення електроенергетичної ефективності функціонування систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів шляхом розробки адаптивної системи керування компенсаційними пристроями реактивної потужності в умовах різко змінних режимів електроспоживання.*

Для досягнення мети були поставлені та вирішені наступні наукові завдання:

- Дослідити та провести аналіз режимів роботи основних енергоємних споживачів (трансформаторів, асинхронних та синхронних двигунів) з метою визначення їх реального впливу на споживання реактивної потужності в умовах змінного технологічного навантаження для виявлення і синтезу раціональних рішень по вибору потужностей компенсаційних пристроїв;
- Сформулювати систему правил раціонального керування конденсаторними батареями та синхронними двигунами на базі багатокритеріальних схем керування компенсаційними пристроями для забезпечення ефективної роботи в умовах змінних навантажень;
- Розробити розрахункову схему керування компенсаційними пристроями реактивної потужності та провести оцінку її роботи для реальних параметрів системи електропостачання.

Дисертаційне дослідження спрямоване на теоретичне обґрунтування та розробку науково-енергоєфективних заходів керування процесами перетікання реактивної потужності з впровадженням адаптивної системи керування компенсаційними пристроями, що забезпечують процес компенсації реактивної потужності у відповідності з використанням вдосконалених методів оптимізації експлуатаційних витрат, що надає можливість покращення стабільності функціонування системи. Отримані результати при їх практичному застосуванні матимуть позитивне значення для модернізації енергетичних гірничо-збагачувальних комбінатів, сприяючи підвищенню їх конкурентоспроможності та ефективності використання електроенергії.

Для вирішення окресленої проблеми в рамках дисертаційної роботи пропонується вибір авторських раціональних наукових підходів до вдосконалення систем і комплексів керування процесом компенсації реактивної потужності. При вирішенні проблеми підвищення якості електричної енергії було врахована ефективність впровадження компенсаційних пристроїв (КБ та СД), удосконаливши їх методики застосування в умовах змінних навантажень, враховуючи поточний рівень

споживання активної та реактивної потужності. Для цього набула подальшого розвитку система багатокритеріальних умов компенсаційних пристроїв з адаптацією до умов змінного навантаження з подальшим наближенням до «нуль-перетікання» реактивної енергії на вводі підстанції і зниженням втрат повної потужності.

Хоча використання СД та КБ з метою підвищення якості електричної енергії не є новим рішенням, пропонуються рішення, які дозволять покращити існуючі методи вибору потужностей і алгоритму роботи компенсаційних пристроїв.

Досягнення бажаного ефекту від вищенаведених заходів потребує більш детального дослідження та індивідуального підходу до кожного підприємства. Важливим елементом наукового підходу є правильний вибір та оцінювання очікуваного ефекту від впровадження алгоритму керування компенсаційними пристроями.

У роботі отримані наступні **наукові результати**:

- набула подальшого розвитку концепція вибору потужностей компенсаційних пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, яка враховує сезонні та стохастичні коливання енергоспоживання і диференціацію добових тарифів електроенергії, в результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсаційних пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат;

- вдосконалено процес керування функціонуванням пристроїв компенсації з адаптацією до змінного навантаження на основі методів нечіткої логіки для подальшого наближення до «нуль-перетікання» реактивної енергії на вводі підстанції і зниження втрат повної потужності;

- узагальнено принципи моніторингу та управління енергоспоживанням на підстанціях гірничозбагачувальних підприємств при розбудові кіберфізичної системи, з синхронізацією роботи підсистем окремих

регуляторів пристроїв компенсації та застосуванням адаптивних алгоритмів, що підвищить енергоефективність роботи мережі.

**Практичне значення отриманих результатів роботи** полягає:

- в удосконаленні способів застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, мінімізуючи втрати на компенсацію реактивної потужності, що забезпечує більш ефективну компенсацію з підвищенням стабільності електроенергетичної системи;

- в розробці адаптивного алгоритму керування компенсаційними пристроями (синхронними двигунами та конденсаторними батареями) з урахуванням змін їх технологічних параметрів;

- за допомогою інтеграції в систему керування прямого контролю гранично можливих технологічних параметрів синхронних двигунів, визначені їх раціональні рівні компенсаційних можливостей, що продовжить їх експлуатаційний термін;

- розроблено цифровий регулятор реактивної потужності для автоматичної підтримки параметрів синхронного двигуна-компенсатора, що оптимізує його роботу.

Впровадження отриманих результатів у практику роботи ГЗК може забезпечити очікуваний економічний ефект близько 1,3-5 млн. грн. на рік для підстанцій ГЗП№1, ГЗП№2, ГЗП№3, ГЗП№4, ГЗП№5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», у тому числі зменшення споживання реактивної енергії приблизно на 17-20% відсотків від загального обсягу споживання (47-130 МВАр).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, списку використаних джерел і додатків. Додатки містять додаткові матеріали, що доповнюють і поглиблюють основну частину дисертаційної роботи, акти впровадження результатів роботи, список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

**У розділі 1** на основі аналізу статистичних показників енергоспоживання підприємства гірничо-збагачувального комплексу підтверджено тенденцію до зростання питомої ваги реактивної складової та обґрунтовано актуальність розробки адаптивних рішень у розрізі існуючої динаміки тарифної політики. Шляхом критичного огляду фахової літератури встановлено обмеженість традиційних методів компенсації в умовах високої динаміки навантажень. За результатами проведеного дослідження сформовано мету дисертаційної роботи та завдання наукового пошуку.

**У розділі 2** проведена оцінка споживання електричної енергії споживачами головних знижувальних підстанцій (ГЗП) типового підприємства – ПрАТ «ПівнГЗК» (м. Кривий Ріг) як стохастичного процесу. Ідентифіковано статистичні показники рівнів завантаженості АД та СД. Наведена комплексна характеристика структурної побудови схем та режимів електроспоживання споживачів розподільчих підстанцій гірничо-збагачувального комплексу

**У розділі 3** запропонована нова методика вибору компенсаційних рівнів на основі розкладання статистичних даних за Гаусовим розподілом (визначаються характерні сезонні максимуми). Визначені основні особливості впровадження КП для регулювання перетоків реактивної потужності (як компенсатора основної частини реактивного навантаження). Сформовано критерій оптимізації у вигляді цільової функції. Розроблено алгоритм підпрограми функціонування пристрою регулювання струмів збудження синхронних машин (з контролем технологічних параметрів: температура охолоджуючого повітря, напруга, навантаження, струм статора, ротора, оптимальний струм обмотки збудження, тощо), забезпечуючи рівномірне завантаження по повній потужності у відносних одиницях.

**У розділі 4** з метою створення енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями були застосовані принципи побудови КФС до підстанції гірничо-збагачувального підприємства. Розроблено алгоритм енергоефективного адаптивного контролю

компенсаційними пристроями, що враховує сумісне використання СД та КБ. На базі нечіткої логіки розроблена система правил керування компенсаційними пристроями, що дозволяє оптимізувати швидкодію процесу компенсації реактивної потужності. Виконано модельні дослідження адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями.

**У загальних висновках** наведено в стислому варіанті отримані результати досліджень та рекомендації щодо їх подальшого використання.

**Ключові слова:** електрична енергія, енергоефективність, компенсаційні пристрої, синхронні двигуни, конденсаторні батареї, кіберфізична система, нечітка логіка, гірничо-збагачувальні комбінати, система електропостачання.

## ABSTRACT

*Sherstnov Yu.V.* Adaptive Energy-Efficient Control of Reactive Power Compensators in Power Supply Systems of Mining and Processing Plants.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Specialty 141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics," branch of knowledge 14 "Electrical Engineering" – Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, 2026.

The current functional state of the Integrated Power System (IPS) of Ukraine in general, and the industrial sector in particular, is characterized by a profound systemic transformation. In current realities, the dominant factor is a large-scale decline in electricity consumption (averaging 35–40% compared to 2021 levels), necessitated by the forced decommissioning of technological equipment and the transition of enterprises to deep underload modes. The situation is critically complicated by an unprecedented increase in external disturbing influences from the backbone grids.

Mining and Processing Plants (MPPs) are characterized by high energy intensity and complex technological processes of a stochastic nature, leading to significant voltage fluctuations and rapidly changing electricity consumption levels, even under normal operating conditions. The instability of generating capacities, constant changes in network topology, and systemic deficits in distribution network throughput capacity have only exacerbated these issues. Such shifts can significantly disrupt established power balances, leading to untimely or false operation of protective equipment and the failure of disturbance-sensitive functional elements of automatic control. Consequently, the internal power supply system has become a vulnerable element requiring specific solutions to enhance its electrical energy efficiency.

The implementation of traditional organizational and technical measures for power flow optimization under modern operating conditions may prove not only ineffective but also hazardous. For instance, altering transformation ratios can trigger additional voltage disturbances. Simultaneously, the forced modification of

technological consumer operating modes introduces load fluctuations that further destabilize the system. Furthermore, disconnecting underloaded power transformers creates risks of undesirable and potentially emergency changes in network topology, which, under current conditions, further reduce its throughput. Thus, the application of priority power flow optimization measures in current realities may be ineffective and pose a threat to the overall system reliability.

In conditions of capital shortage and constant electricity tariff hikes, minimizing financial expenditures is a critical requirement for maintaining the profitability of MPPs. A promising solution in this context is the effective utilization of reactive power compensation devices. Although this process has been extensively studied, the challenges faced by modern industrial networks necessitate further investigation.

Adaptive energy-efficient control of reactive power compensators, based on the integration of traditional assets (Capacitor Banks (CB) and Synchronous Motors (SM)) with modern automation algorithms, allows for rapid response to variable load parameters and grid disturbances.

**The purpose and task of the research** is to increase the electrical power efficiency of power supply systems at mining and processing plants by developing an adaptive control system for reactive power compensation devices under sharply varying power consumption modes.

To achieve this aim, the following scientific tasks were formulated and solved:

- To investigate and analyze the operating modes of major energy-intensive consumers (transformers, induction, and synchronous motors) to determine their actual impact on reactive power consumption under variable technological loads for the identification and synthesis of rational solutions for selecting compensation device capacities;

- To formulate a system of rules for the rational control of capacitor banks and synchronous motors based on multi-criteria control schemes to ensure efficient operation under variable loads;

- To develop a computational control strategy for reactive power compensation devices and evaluate its performance based on real power supply system parameters.

The dissertation research is aimed at the theoretical substantiation and development of scientific energy-efficiency measures for managing reactive power flows through the implementation of an adaptive control system. These measures provide reactive power compensation in accordance with improved operational cost optimization methods, offering an opportunity to enhance system stability. The obtained results, in their practical application, will be of significant value for the modernization of MPP power systems, contributing to their competitiveness and electricity use efficiency.

To solve the outlined problem, the dissertation proposes original rational scientific approaches to improving the systems and complexes for managing the reactive power compensation process. In addressing power quality improvement, the effectiveness of implementing compensation devices (CB and SM) was considered by enhancing their application methodologies under variable loads, taking into account current active and reactive power consumption levels. For this purpose, the system of multi-criteria conditions for compensation devices has been further developed with adaptation to variable load conditions, aiming for "near-zero" reactive energy flow at the substation input and reduction of total power losses.

While the use of SM and CB to improve power quality is not a new solution, the proposed approaches enhance existing methods for capacity selection and compensation device operating algorithms.

### **Scientific novelty:**

- The concept of selecting compensation device capacities has been further developed based on the integration of modern statistical analysis and forecasting methods. This concept accounts for seasonal and stochastic fluctuations in energy consumption and electricity tariff differentiation, ensuring precision in identifying

characteristic consumption patterns for optimal capacity distribution, thereby reducing operating costs;

- The process of managing compensation device functioning has been improved with adaptation to variable loads based on fuzzy logic methods to achieve "near-zero" reactive energy flow at the substation input and reduce total power losses;

- Principles for monitoring and managing energy consumption at MPP substations have been generalized within the framework of a Cyber-Physical System (CPS), with synchronized operation of individual regulator subsystems and the application of adaptive algorithms, enhancing network energy efficiency.

**The practical significance of the obtained results lies in:**

- Improving the methods of using compensation devices under variable loads, minimizing compensation losses, and ensuring increased power system stability;

- Developing an adaptive control algorithm for compensation devices (SM and CB) considering changes in their technological parameters;

- Integrating direct control of the maximum possible technological parameters of synchronous motors into the management system, determining their rational levels of compensation capability, which will extend their operational life;

- Developing a digital reactive power regulator for automatic maintenance of SM-compensator parameters, optimizing its operation.

The implementation of the results into the practice of MPP operations can provide an expected economic effect of approximately 1.3–5 million UAH per year for the MSDS-1 to MSDS-5 substations of JSC "Northern GOK," including a reduction in reactive energy consumption by approximately 17–20% of the total consumption volume (47–130 MVar).

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, 4 sections, a list of references, and appendices.

**Section 1**, based on statistical indicators, confirms the trend toward an increasing share of the reactive component and substantiates the relevance of developing adaptive solutions in the context of current tariff policy dynamics. A

critical review of professional literature established the limitations of traditional compensation methods under high load dynamics.

**Section 2** evaluates the electricity consumption of consumers at the Main Step-Down Substations (MSDS) of JSC "Northern GOK" (Kryvyi Rih) as a stochastic process. Statistical indicators of the load levels of induction and synchronous motors were identified. A comprehensive characterization of the structural design of schemes and power consumption modes is provided.

**Section 3** proposes a new methodology for selecting compensation levels based on the decomposition of statistical data according to the Gaussian distribution (identifying seasonal peaks). An optimization criterion in the form of an objective function is formulated. An algorithm for the functional subprogram of the SM excitation current regulation device was developed (monitoring temperature, voltage, load, stator/rotor currents, etc.), ensuring uniform loading by total power in per-unit values.

**Section 4** applies the principles of CPS to the MPP substation. An algorithm for energy-efficient adaptive control of compensation devices, considering the joint use of SM and CB, was developed. Based on fuzzy logic, a system of control rules was designed, optimizing the speed of the reactive power compensation process. Simulation studies of the adaptive system were performed.

**Keywords:** electrical energy, energy efficiency, compensation devices, synchronous motors, capacitor banks, cyber-physical system, fuzzy logic, iron ore beneficiation plants, power system .

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### I. Статті

1. Підвищення якості електропостачання підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів / Купін А. І., Осадчук Ю. Г., Савицький О. І., Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. *Наукові записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* 2022. Том 33 (72), № 4. С. 149–159.

2. Алгоритм керування фільтро-компенсуючими пристроями за умови наявності синхронних двигунів / Вербінець В. М, Шерстньов Ю. В., Сільченко С. А., Купін А. І., Осадчук Ю. Г., Савицький О. І. *Наукові записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* 2022. Том 34 (73), № 1. С. 173 – 179.

3. Підвищення якості напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів / Осадчук Ю. Г., Савицький О. І., Купін А. І., Шерстньов Ю. В. *Вісник Криворізького Національного Університету : збірник наукових праць.* Кривий Ріг, 2022. Вип. 55. С. 39–45. Doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55.

4. Шерстньов Ю. В., Осадчук Ю. Г. Розробка алгоритму оптимізації рівнів споживання електричної енергії підстанцій гірничо-збагачувального комбінату за допомогою інтелектуальних систем. *Вісник Криворізького Національного Університету : збірник наукових праць.* Кривий Ріг, 2024. Вип. 58. С. 116–128. Doi: 10.31721/2306-5451-2024-1-58.

5. Шерстньов Ю. В. Керування реактивною потужністю на основі кіберфізичної моделі підстанції гірничозбагачувального підприємства. *Енергетика: економіка, технологія, екологія.* 2025. Вип. №2 (80). С. 62–69. DOI: 10.20535/1813-5420.2.2025.327362.

6. Шерстньов Ю. В. Раціоналізація процесу керування пристроями компенсації реактивної потужності в умовах гірничозбагачувальних комбінатів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені*

Михайла Остроградського : збірник наукових праць. 2025. Вип. 4(153). С. 409–417.

## II. Тези

1. Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. Застосування Fuzzy Logic для регулювання реактивної потужності підстанцій гірничо-збагачувального комплексу. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2023. С. 72.

2. Шерстньов Ю. В., Гончарова М. О. Алгоритм раціонального керування пристроями компенсації реактивної потужності підстанцій гірничо-збагачувального комплексу. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2023. С. 83.

3. Шерстньов Ю. В., Осадчук Ю. Г. Основні аспекти побудови кіберфізичних систем раціонального регулювання перетоків реактивної потужності потужних підстанцій з синхронними двигунами. *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі* : матеріали XVII Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених (26-28 березня 2024 р.). Кривий Рі : Криворізький національний університет, 2024. С. 189–192.

4. Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. Аспекти побудови кіберфізичних систем раціонального регулювання перетоків реактивної потужності потужних підстанцій з синхронними двигунами. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2024. С. 76.

5. Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. Омельченко А. Ю. Визначення основних технологічних параметрів контролю режимів роботи синхронних двигунів – компенсаторів реактивної потужності. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2025. С. 132.

6. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування перетікання реактивної потужності підприємств гірничо-збагачувального комбінату. *Розвиток*

*промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2025. С. 125.

7. Шерстньов Ю. В. Синергетичні підходи до аналізу та оптимізації споживання електричної енергії промисловим підприємством на основі раціоналізації процесу компенсації реактивної потужності. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2024. С. 87.

8. Intelligent Control of Industrial Compensating Devices Based on the Application of Fuzzy Logic / Kupin A., Sherstnov Y., Osadchuk Y., Savytskyi O. *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. Vol. 3403. P. 218–230. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Control-of-Industrial-Compensating-on-Kupin-Sherstnov/84908fda2f40815d126421a0076aabc6ec2b6ec4>.

9. The Main Aspects of Building Cyber-Physical Systems for Optimal Regulation of Reactive Power Flows in Main Step-Down Substations of Mining and Processing Plants / Kupin A., Sherstnov Y., Osadchuk Y., Savytskyi O. *ICST-2024: Seventh International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems – 2024*. 2024. Vol. 3790. P. 306-317.

10. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне регулювання перетікання реактивної потужності підприємств гірничозбагачувального комбінату. *Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві* : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. Кропивницький, 2024. С. 93–95.

11. Шерстньов Ю. В. Керування реактивною потужністю на основі кіберфізичної моделі підстанції гірничозбагачувального підприємства. *Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'24* : матеріали X Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції. Київ, 2024. С. 114–116.

12. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування компенсаційними пристроями гірничозбагачувального підприємства. *Комп'ютерні*

*інтелектуальні системи та мережі* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених. Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2025. С. 324–326.

13. Шерстньов Ю. В. Адаптивне керування компенсаторами реактивної потужності підприємств гірничозбагачувального комбінату. *Аспірантські читання імені професора Артура Веніаміновича Праховника* : матеріали Всеукраїнської наукової конференції. Київ : КПІ ім. Сікорського, 2025. С. 58–63.

14. Шерстньов Ю. В. Оптимізація споживання електричної енергії промисловим підприємством на основі раціоналізації процесу компенсації реактивної потужності. *Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва* : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих учених. Кривий Ріг, 2025. С. 18.

15. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування компенсаційними пристроями підприємств гірничо-збагачувального комплексу. *Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва* : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих учених. Кривий Ріг, 2025. С. 50.

16. Application of Artificial Neural Networks for Predicting Energy Consumption of a Mining Enterprise / Busher V., Tytiuk V., Kuznetsov V., Kuznetsov V., Romanets A., Sherstnov Y. 19th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Sofia, Bulgaria. 2025. P. 1-5, doi: 10.1109/ELMA65795.2025.11083463.

### **III. Патенти**

1. Пристрій для підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 153672 Україна. № 202300302 ; заявл. 30.01.2023 ; опубл. 09.08.2023, Бюл. №32. 6 с.

2. Спосіб підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 157230 Україна. № 202401359 ; заявл. 14.03.2024 ; опубл. 19.09.2024, Бюл. №38. 6 с.

3. Пристрій для підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 159062 Україна. № 202401954 ; заявл. 15.04.2024 ; опубл. 23.04.2025, Бюл. №17. 8 с.

#### **IV. Науково-дослідні роботи**

1. Автоматичні установки для регулювання та підтримки коефіцієнта потужності навантаження мережі шляхом компенсації реактивної потужності : звіт про НДР (заключний) : 19-205-25 / Криворізький національний університет ; наук. керівник Сінчук О. М. ; відповід. виконавець Шерстньов Ю. В. Кривий Ріг, 2025. 60 с. № ДР №125U003256.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....                                                                                                                   | 22 |
| ВСТУП.....                                                                                                                                       | 23 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ РЕАКТИВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ. ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 32 |
| 1.1. Сучасний стан електричних систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів.....                                                   | 32 |
| 1.2. Аналіз існуючих наукових досліджень та нормативних положень з компенсації реактивної потужності.....                                        | 43 |
| 1.3. Формування мети дисертаційного дослідження.....                                                                                             | 49 |
| 1.4. Висновки до розділу 1.....                                                                                                                  | 54 |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ.....                          | 55 |
| 2.1. Оцінка статистичних закономірностей динаміки споживання реактивної потужності із стохастичним аналізом їх часових рядів.....                | 55 |
| 2.2. Експериментальне визначення статистичних параметрів завантаження синхронних та асинхронних двигунів.....                                    | 66 |
| 2.3 Дослідження особливостей функціонування електротехнічних комплексів підстанцій гірничо-збагачувального комплексу.....                        | 74 |
| 2.4.Висновки до розділу 2.....                                                                                                                   | 81 |
| РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕАКТИВНОЮ ПОТУЖНІСТЮ КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ.....                                              | 83 |
| 3.1. Ідентифікація параметрів потрібної встановленої потужності компенсаційних пристроїв.....                                                    | 83 |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2. Визначення критерію оптимізації енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями .....                    | 91  |
| 3.3. Розробка процедури керування реактивною потужністю синхронних двигунів.....                                                       | 95  |
| 3.4. Розробка алгоритмів функціонування пристрою регулювання струмів збудження синхронних машин.....                                   | 99  |
| 3.5. Розробка системи керування компенсаційними пристроями.....                                                                        | 106 |
| 3.6. Висновки до розділу 3.....                                                                                                        | 113 |
| РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛЬЧОЇ ПІДСТАНЦІ..... | 114 |
| 4.1. Формування кіберфізичної моделі системи розподільної підстанції.....                                                              | 114 |
| 4.2. Оцінка надійності інформаційних потоків та керуючих впливів в кіберфізичній моделі підстанції.....                                | 121 |
| 4.3. Розробка правил нечіткої логіки для моделювання адаптивної системи керування компенсаційними пристроями.....                      | 125 |
| 4.3.1. Обґрунтування вибору нечіткої логіки для керування компенсаційними пристроями.....                                              | 125 |
| 4.3.2. Моделювання системи керування на основі правил нечіткої логіки.....                                                             | 127 |
| 4.4. Синтез моделі розподільчої підстанції з адаптивною системою керування потоками реактивної потужності .....                        | 136 |
| 4.5. Перевірка адекватності моделі адаптивної системи компенсації реактивної потужності.....                                           | 146 |
| 4.6. Висновки до розділу 4.....                                                                                                        | 149 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....                                                                                                                 | 151 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                          | 154 |

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                             | 170 |
| Додаток А «Дані споживання електричної енергії споживачами ГЗП підприємства ПраАТ "ПівнГЗК"».....                                        | 171 |
| Додаток Б «Розрахунок сплати підприємством за споживання реактивної потужності».....                                                     | 212 |
| Додаток В «Перелік електричних двигунів» .....                                                                                           | 217 |
| Додаток Г «U-подібні характеристики синхронних двигунів».....                                                                            | 233 |
| Додаток Д «Однолінійні схеми головних знижувальних підстанцій».....                                                                      | 238 |
| Додаток Е «Синтез цифрового регулятора реактивної потужності синхронного двигуна».....                                                   | 246 |
| Додаток Ж «Правила блоку нечіткої логіки для регулювання перетіканням реактивної потужності».....                                        | 250 |
| Додаток З «Експериментальне дослідження синхронного двигуна».....                                                                        | 258 |
| Додаток І «Розрахунок економічного ефекту від впровадження адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями»..... | 263 |
| Додаток К «Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження».....                                                                | 267 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

БСК – батарея статичних конденсаторів

ГЗК – гірничо-збагачувальний комбінат

ГЗП – головна знижувальна підстанція

ЕЕ – електрична енергія

ЕЕГС – електроенергетичні групові структури

ЕЕРП – економічний еквівалент реактивної потужності

КБ – конденсаторна батарея

ККД – коефіцієнт корисної дії

КРП – комплектний розподільчий пристрій / компенсація реактивної потужності

КФС – кіберфізична система

ОЕС – об'єднана енергетична система

СД – синхронний двигун

СЕП – система електропостачання

СК – система керування

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування

## ВСТУП

**Актуальність дослідження** Проблема необхідності підвищення енергоефективності функціонування гірничо-збагачувального комплексу металургійної галузі насамперед нерозривно пов'язана з кількісними характеристиками споживання електроенергії безпосередньо технологічними об'єктами, з одного боку, та якістю перетворення її параметрів у системах живлення та управління, з іншого боку.

Підприємства гірничо-збагачувального комплексу відносяться до категорії енергоємних [1, 2] та споживають приблизно 8-15% від обсягу споживання електроенергії (ЕЕ) промисловим сектором України.

Важливим системоутворюючим фактором функціонування ГЗК є те, що через нелінійний характер навантаження потужних електроенергетичних споживачів в структурі СЕП таких підприємств, останні зазнають численних проблем [3]. Серед таких – погіршення коефіцієнта потужності, зменшення надійності комутаційної апаратури та виникнення ризику перенапруги тощо [4]. Також, у випадку перевищення рівнів відхилення від нормованих показників якості електроенергії, у внутрішніх СЕП підприємств, їм, окрім тарифікованої сплати за ЕЕ додатково нараховується надбавка – штраф «за недостатнє оснащення КРП» [5].

Ця проблема, в свою чергу має значний негативний економічний вплив, збільшуючи витрати підприємства – споживача ЕЕ на сплату за електроенергію. Однією із комплексу вищезазначених проблем для ГЗК є значне зростання частки реактивної енергії.

Незважаючи на значний обсяг проведених проектних варіантів досліджень у галузі компенсації реактивної потужності [3, 6, 7, 8], ця тема залишається відкритою для впровадження нових ідей та методів. Більше того, застарілість технологій та зростання рівня впливу процесу енергоспоживання висувають нові усучаснені вимоги до ефективності та функціонування енергетичних систем даних підприємств. Тому пошук інноваційних рішень для управління реактивною потужністю шляхом

оптимізації її рівнів є не лише актуальним, але й необхідним варіантом наукового пошуку для забезпечення сталого розвитку гірничорудної промисловості держави.

Як свідчать результати досліджень, для аналізу поточного стану гірничо-збагачувального промислового комплексу доцільно виділити ряд специфічних умов формування енергобалансу, що включає у себе низку проблем, а саме: неефективне керування продуктивності турбомеханізмів (загалом, до 75% насосних, компресорних, вентиляторних та інших установок цього класу обладнані нерегульованим електроприводом) [9]; недовикористання силового обладнання (двигунів, перетворювачів, трансформаторів) по встановленій потужності та навантаженню; відсутність ефективних за технічною реалізацією методів і засобів компенсації реактивних складових потужності, а також пристроїв і систем оперативного контролю електроспоживання безпосередньо в вузлах живлення та управління об'єктами. Іншою характерною особливістю експлуатації енергосистеми та електрообладнання є підвищений рівень напруги на шинах підстанцій (6,3-6,6 кВ та 10,5-10,9 кВ), а також відсутність пускорегулюючих пристроїв для великої групи установок, обладнаних СД або АД.

Для вирішення зазначеної проблеми необхідно обґрунтувати нові підходи, що включають наступні ключові аспекти. Перш за все, слід провести експериментальні дослідження та статистичний аналіз завантаження синхронних і асинхронних двигунів, а також іншого електрообладнання, для визначення реальних резервів потужності та компенсаційних властивостей синхронних двигунів.

Важливим моментом пошуку рішень є мінімізація реактивних перетоків у вузлах живлення та координація режимів роботи групових об'єктів технологічних ліній шляхом впровадження інтелектуальних систем адаптивного керування засобами компенсації. Застосування таких рішень дозволяє забезпечити перехід до раціональних та енергоефективних режимів електроспоживання, що сприяє розвантаженню живильної мережі та

підвищенню стабільності функціонування всього електротехнічного комплексу гірничо-збагачувального комбінату. Ще одним елементом є оптимізація рівнів живлячих напруг на секціях 6 та 10 кВ через варіацію коефіцієнтів трансформації та адаптивне управління параметрами компенсаційних пристроїв. Окреслені підходи в комплексі забезпечать ефективне вирішення проблеми енергозбереження та підвищення енергоефективності роботи електрообладнання.

### **Обґрунтування вибору теми дослідження**

Вирішення проблеми ресурсо- та енергозбереження енергоємних об'єктів взагалі, та комплексів гірничого та металургійного виробництва зокрема, відноситься до одного з найбільш актуальних напрямків в розвитку економіки України. Це вимагає пошуку нових підходів, які поєднують організаційно-технічні рішення з обґрунтуванням та розробкою методів і засобів ефективного управління енергоємними установками та комплексами. Для цих технологій забезпечення системи живлення електроенергією та управління даними процесами на різних рівнях ієрархії енергоспоживання доцільно об'єднати в ЕЕГС, які включають вузли розподілу, перетворення та керування електроенергетичних параметрів в функції управлінських дій.

Через стабільне зростання цін на електроенергію в Україні собівартість виготовлення залізорудного концентрату постійно збільшується, що без впровадження енергоефективних заходів може призвести до втрати конкурентоспроможності даної продукції на світовому ринку. Як свідчить аналіз [1, 3], основним сегментом в процесі зростання собівартості виготовленого залізорудного концентрату є енергетична складова, де в свою чергу, домінує електроенергетика. Для вітчизняних ГЗК у 2021 році вона сягнула 30-34% [1, 2].

Водночас слід також враховувати, що переважна більшість експлуатованих установок та комплексів містить застаріле електрообладнання, і, як правило, з завищеною встановленою потужністю,

низькими експлуатаційними характеристиками та обмеженими можливостями управління їх технологією.

Як варіант до вирішення проблеми енергоефективності можна використовувати ряд рішень, наприклад: синтез алгоритмів та програм для багатоваріантних розрахунків, що корегують критерії ефективності електроспоживання за кінцевим рівнем реактивних складових потужності на всіх енергетичних рівнях електроенергетичної системи; формування та розрахунок цільової функції для мінімізації витрат на вибір оптимальних параметрів та місць встановлення зовнішніх компенсаційних пристроїв; зниження непродуктивних втрат електроенергії енергоємних установок (вентиляторів, насосів, компресорів, конвеєрів тощо) за рахунок використання регульованого електроприводу змінного струму.

Проте в такій ситуації неможливо в найкоротший термін здійснити загальносистемну модернізацію застарілого обладнання, з одного боку, та перевести існуючі системи на економічний режим енергоспоживання без всебічного аналізу, розробки та впровадження більш ефективних схемотехнічних рішень, з іншого.

Одним із ефективних і реально реалізуємих в короткі терміни втілення їх в практику роботи гірничорудних підприємств є зменшення втрат ЕЕ. В цій компоненті доцільно втілити як першочергове рішення зменшення рівнів реактивної енергії в внутрішньопромислових СЕП. В свою чергу, використання принципу поетапної компенсації реактивних складових потужності в ЕЕГС дозволить мінімізувати циркуляцію вищеназваних складових та знизити втрати електроенергії на всіх ланках. Запропоновані загальні критерії оцінки електроспоживання багаторівневих складних структур враховують всі види енергетичних втрат.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Основний зміст роботи базується на результатах традиційних досліджень, що проводились і проводяться на кафедрі електричної інженерії Криворізького національного університету протягом значного періоду часу,

та відповідно до «Програми наукових досліджень і розробок Міністерства освіти і науки України за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки». Результати дисертаційного дослідження були використані під час виконання господоговірної науково-дослідної роботи за темою «Автоматичні установки для регулювання та підтримки коефіцієнта потужності навантаження мережі шляхом компенсації реактивної потужності», де автор був відповідальним виконавцем (Номер держреєстрації №125U003256).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення електроенергетичної ефективності функціонування систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів шляхом розробки адаптивної системи керування компенсаційними пристроями реактивної потужності в умовах різко змінних режимів електроспоживання.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені наступні наукові завдання:

- Дослідити та провести аналіз режимів роботи основних енергоємних споживачів (трансформаторів, асинхронних та синхронних двигунів) з метою визначення їх реального впливу на споживання реактивної потужності в умовах змінного технологічного навантаження для виявлення і синтезу раціональних рішень по вибору потужностей компенсаційних пристроїв;

- Сформулювати систему правил раціонального керування конденсаторними батареями та синхронними двигунами на базі багатокритеріальних схем керування компенсаційними пристроями для забезпечення ефективної роботи в умовах змінних навантажень;

- Розробити розрахункову схему керування компенсаційними пристроями реактивної потужності та провести оцінку її роботи для реальних параметрів системи електропостачання.

**Предмет дослідження.** Методи, імітаційні моделі та алгоритми адаптивного керування споживачами-генераторами реактивної потужності живлячих підстанцій з урахуванням специфіки роботи гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Об'єктом дослідження** є процес керування перетіканням реактивної потужності в електричних мережах живлячих підстанцій гірничозбагачувальних комбінатів.

**Предмет дослідження.** Методи, моделі та алгоритми адаптивного керування пристроями компенсації реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Методи дослідження.** Теоретичною основою роботи є методи математичної статистики, застосовані для обробки експериментальних даних та виявлення закономірностей електроспоживання, а також положення теоретичної електротехніки для аналізу режимів роботи силового енергоємного обладнання системи електропостачання гірничо-збагачувального комбінату. Синтез адаптивної системи керування виконано з використанням методів теорії автоматичного керування, багатокритеріальної оптимізації та апарату нечіткої логіки, а верифікацію отриманих рішень здійснено шляхом імітаційного моделювання динамічних процесів в електроенергетичній системі.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що:

- набула подальшого розвитку концепція вибору потужностей компенсаційних пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, яка враховує сезонні та стохастичні коливання енергоспоживання і диференціацію добових тарифів електроенергії, в результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсаційних пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат;

- вдосконалено процес керування функціонуванням пристроїв компенсації з адаптацією до змінного навантаження на основі методів нечіткої логіки для подальшого наближення до «нуль-перетікання» реактивної енергії на вводі підстанції і зниження втрат повної потужності;

- узагальнено принципи моніторингу та управління енергоспоживанням на підстанціях гірничозбагачувальних підприємств при розбудові кіберфізичної системи, з синхронізацією роботи підсистем окремих регуляторів пристроїв компенсації та застосуванням адаптивних алгоритмів, що підвищить енергоефективність роботи мережі.

**Практичне значення отриманих результатів роботи полягає:**

- в удосконаленні способів застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, мінімізуючи втрати на компенсацію реактивної потужності, що забезпечує більш ефективну компенсацію з підвищенням стабільності електроенергетичної системи;

- в розробці адаптивного алгоритму керування компенсаційними пристроями (синхронними двигунами та конденсаторними батареями) з урахуванням змін їх технологічних параметрів;

- за допомогою інтеграції в систему керування прямого контролю гранично можливих технологічних параметрів синхронних двигунів, визначені їх раціональні рівні компенсаційних можливостей, що продовжить їх експлуатаційний термін;

- розроблено цифровий регулятор реактивної потужності для автоматичної підтримки параметрів синхронного двигуна-компенсатора, що оптимізує його роботу.

Впровадження отриманих результатів у практику роботи ГЗК може забезпечити очікуваний економічний ефект близько 1,3-5 млн. грн. на рік для підстанцій ГЗП№1, ГЗП№2, ГЗП№3, ГЗП№4, ГЗП№5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», у тому числі зменшення споживання реактивної енергії приблизно на 17-20% відсотків від загального обсягу споживання (47-130 МВАр).

**Особистий внесок здобувача.**

Усі наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Особистий внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві, такий: [1] – розроблено

удосконалений метод вибору потужності компенсаційних пристроїв; [2] – розрахунки та модельні дослідження алгоритму роботи компенсаційними пристроями; [3] – запропоновано удосконалення алгоритму керування компенсаційними пристроями; [4] – запропоновано варіант подальшого розвитку системи багатокритеріальних умов функціонування компенсаційних пристроїв з адаптацією до умов змінного навантаження з подальшим наближенням до «нуль-перетікання» реактивної енергії на вводі підстанції і зниженням втрат повної потужності.

Результати теоретичних досліджень були отримані у Криворізькому національному університеті на кафедрі електричної інженерії.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення роботи та її результати доповідались, обговорювались та були схвалені на таких науково-технічних конференціях: Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг – 2023р., 2024р., 2025р.); ХЗVII Всеукраїнська науково практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених (м. Кривий Ріг – 2024р., 2025р.); COLINS-2023: 7th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (Харків – 2023р.); IEEE 9th international conference of Energy smart systems (Київ – 2024р.); ICST-2024: Seventh International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (Одеса – 2024р.); Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві (Кропивницький – 2024р.); X Міжнародна науково-практична та навчально-методична конференція «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'24» (Київ – 2024р.); Аспірантські читання імені професора Артура Веніаміновича Праховника (Київ – 2025); Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва (Кривий Ріг – 2025); 19th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA) (19-21 June, Sofia, Bulgaria – 2025).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 4 статті у наукових фахових виданнях, 13 – у матеріалах конференцій, 3 – у

матеріалах конференцій, індексованих у наукометричних базах Scopus, за результатами дисертаційної роботи отримано 3 патенти України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 272 сторінки, з яких основний зміст викладений на 121 сторінках друкованого тексту, містить 58 рисунків, 12 таблиць. Список використаних джерел складається з 115 найменувань. Додатки містять додаткові матеріали, що доповнюють і поглиблюють основну частину дисертаційної роботи, акти впровадження результатів роботи, список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ РЕАКТИВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ. ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1.Сучасний стан електричних систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів

На рис. 1.1. представлені діаграми споживання електроенергії різними галузями в Україні за 2021-2024 роки [10, 11, 12]. Вони показують, що найбільшу частку електроенергії в Україні за останні три роки було спожито саме промисловістю, при цьому тенденцій до зниження її співвідношення до рівнів споживання іншими групами споживачів не спостерігається.

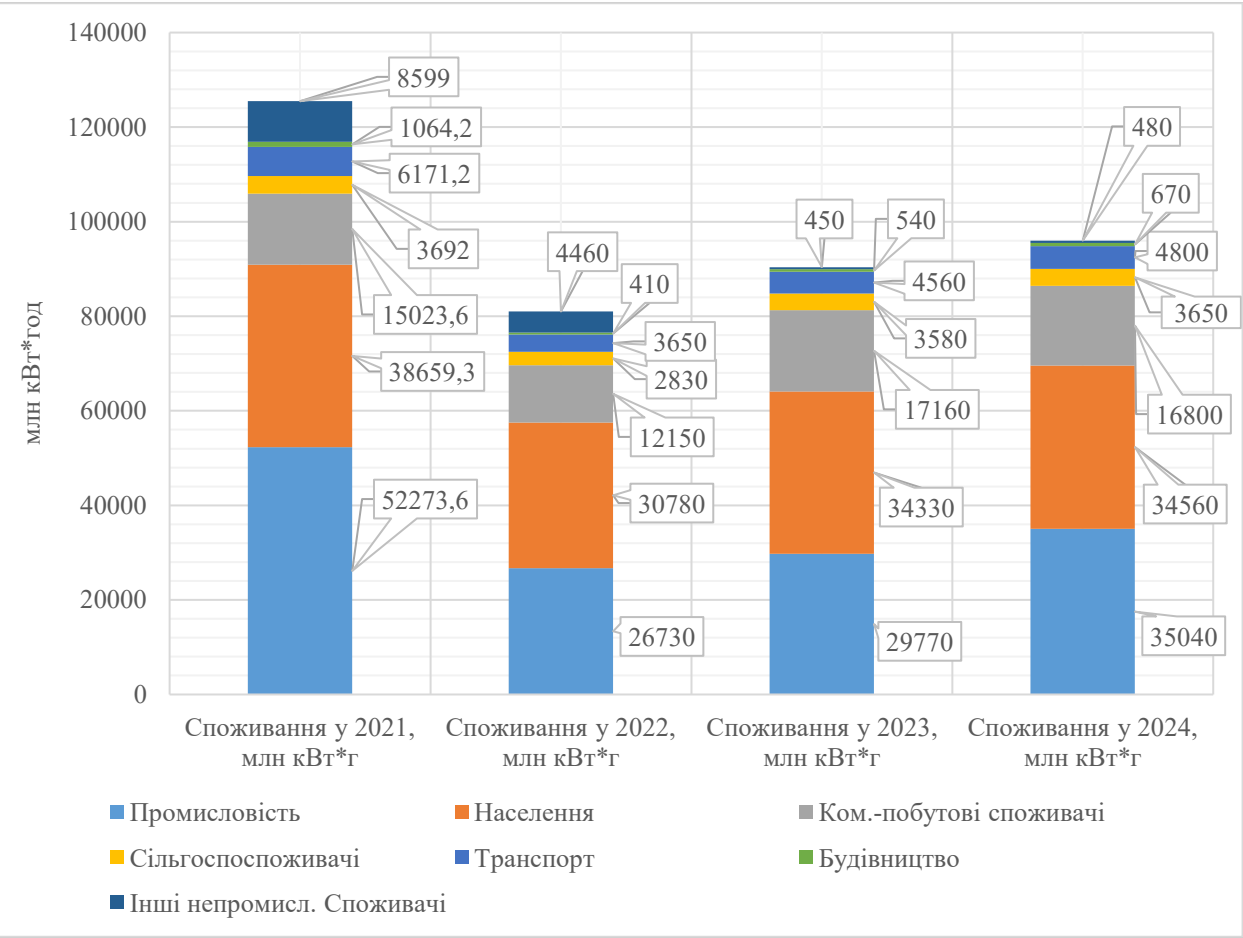


Рисунок 1.1. – Споживання електроенергії різними галузями в Україні за 2021-2024 роки

На відміну від населення, в промисловості потужні споживачі електроенергії в більшості мають індуктивний характер навантаження, через що якість електричної енергії може не відповідати діючим стандартам [13]. Тому актуальним є обґрунтування доцільності впровадження в енергетичну систему промислових підприємств синхронних двигунів (СД) та конденсаторних батарей (КБ) для компенсації реактивної потужності.

Гірничозбагачувальні комбінати мають у своїй структурі багато енергоємних споживачів ЕЕ. Станом на 2023-й рік загальна встановлена потужність електроприймачів підприємства ПрАТ «ПівнГЗК» складає 283МВ, що складає приблизно 4,6% від усього промислового сектору України.

В свою чергу, економіка промислових підприємств гірничозбагачувального комплексу визначається в значній мірі показниками якості функціонування СЕП. В сьогоднішні ці показники СЕП ГЗК мають низькі рівні. Одним із наднизьких показників стану функціонування СЕП є реактивна потужність. Це особливо актуально для гірничорудних підприємств (шахт, гірничозбагачувальних комбінатів). Пов'язано таке ствердження з тим, що саме на цих видах підприємств в їх загальному обсязі споживання ЕЕ існує в значному обсязі так звана, постійна складова споживання ЕЕ, рівні котрої не залежать від стану функціонування даного підприємства.

Компенсація реактивної потужності на підприємствах гірничозбагачувального комплексу є важливою через значний її вплив на ефективність енергоспоживання. Надлишок реактивної потужності призводить до зростання втрат електроенергії, зниження коефіцієнта потужності та перевантаження електрообладнання. Недостатня компенсація реактивної потужності знижує надійність електропостачання, що критично для стабільної роботи підприємств з високими виробничими навантаженнями. Оптимізація процесу керування реактивною потужністю дозволяє зменшити енерговитрати, покращити показники енергетичної

ефективності та підвищити загальну продуктивність підприємств комплексу. Саме тому в першу чергу необхідно виявити структурні елементи гірничо-збагачувальних комбінатів, впровадження заходів з компенсації реактивної потужності дозволить отримати найбільший ефект.

Рівні споживання ЕЕ структурними підрозділами підприємств гірничозбагачувального комплексу представляють собою наступні співвідношення (рис. 1.2). Як можна побачити з даного рисунка, більшу частку (64,60%) у споживанні ЕЕ в структурі споживачів вітчизняних гірничо-збагачувальних комбінатів складають саме рудозбагачувальні фабрики.

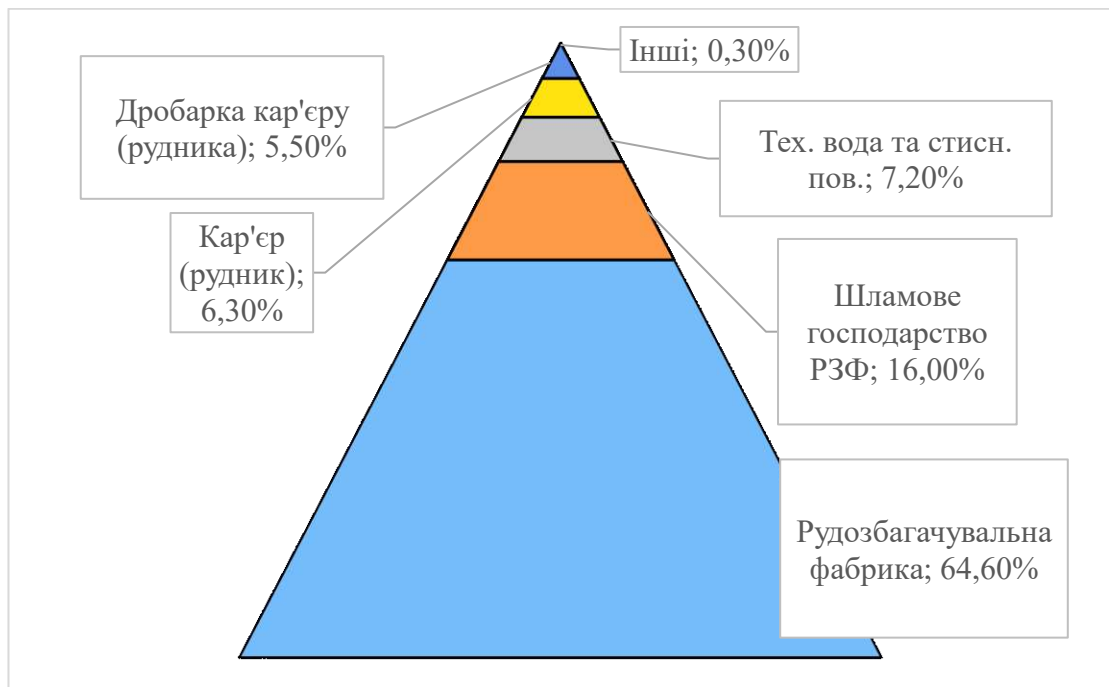


Рисунок 1.2 – Розподіл рівнів споживання електричної енергії між споживачами вітчизняних гірничо-збагачувальних комбінатів

Не менш важливим є питання розподілу реактивних втрат між різними типами електроенергетичного обладнання (асинхронні двигуни, трансформатори, тощо). Надлишкове реактивне навантаження зумовлює нераціональне використання трансформаторів і електродвигунів, які

функціонують у режимі часткового завантаження, що призводить до зниження їх енергоефективності та збільшення втрат у електричній мережі.

Для визначення втрат реактивної потужності трансформатора, при існуючих значеннях завантаження, можна скористатися аналітичною формулою [7, 14] та побудувати графік реактивних втрат (рис. 1.3, а) на прикладі трьох типів трансформаторів (ТМ 400/10-97У1; ТМ 630/10-97У1 та ТМГ 630/10(6)/0,4), які найчастіше використовуються у структурі енергосистеми досліджуваного підприємства гірничо-збагачувального комплексу. Аналогічно можна побудувати графіки реактивних втрат в асинхронних двигунах АК 4-400-6; АК3 12-49-6 та АК3 13-59-6 (рис. 1.3, б).

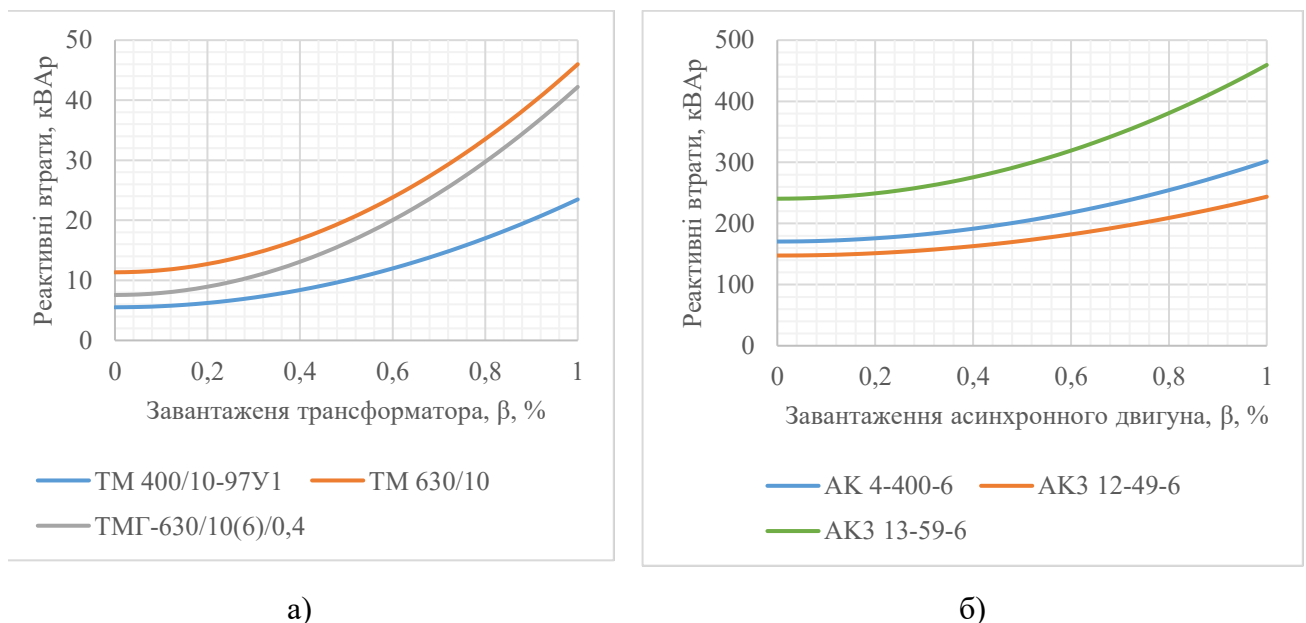


Рисунок 1.3. – Графіки реактивних втрат від завантаження в трансформаторах (а) та асинхронних двигунах (б)

При цьому можна спостерігати таку емпіричну залежність: при збільшенні навантаження реєструється помірне зростання реактивного струму, але це зростання набагато слабше за зростання активного. Це підтверджують навчальні та практичні джерела [3, 4].

Отримані графіки важливі для оцінки співвідношення реактивних втрат у електроенергетичній системі в різних її структурних елементах

(трансформаторні та розподільчі підстанції, пункт силового керування тощо). У такий спосіб, поєднавши проведений статистичний аналіз завантаження асинхронних двигунів та трансформаторів з існуючими даними, можна навести співвідношення реактивних втрат для різного силового обладнання (рис. 1.4).

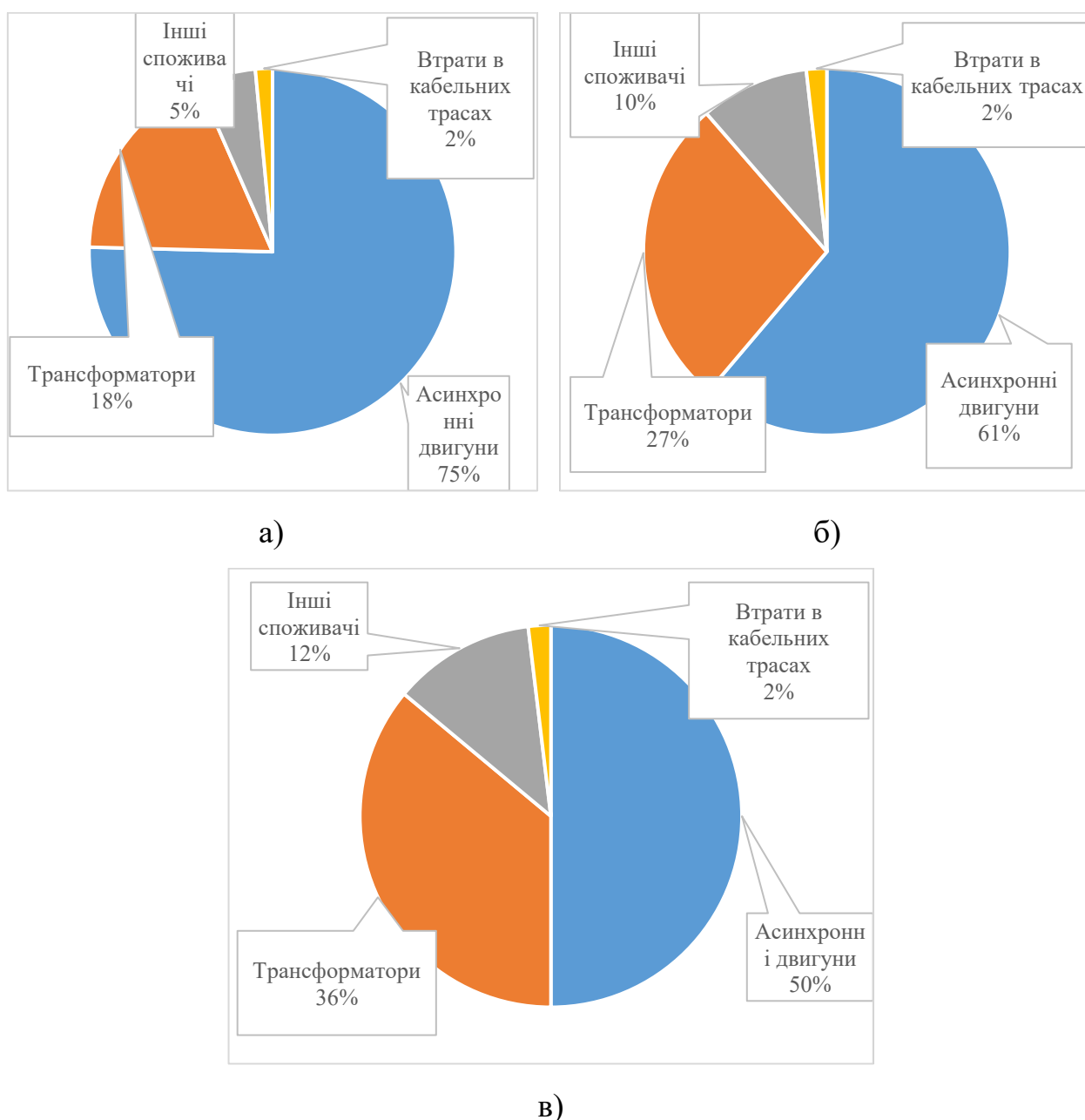


Рисунок 1.4. – Співвідношення споживання реактивної потужності різним силовим обладнанням (а – 2021 р.; б – 2023 р.; в – 2024 р.)

Отже, при нормальних умовах експлуатації (рис. 1.4, а), значну частку у споживанні реактивної потужності складають асинхронні двигуни (75%), трансформатори – лише 18%. Проте в умовах жорстких лімітів споживання ЕЕ (рис. 1.4, б) та відключень ЕЕ (рис. 1.4, в) спостерігається різка зміна даного співвідношення. Збільшення частки реактивних втрат у трансформаторах в таких випадках можна пояснити не збільшенням їх завантаження (рис. 1.3, а), а загальним зниженням споживання через відключення потужних споживачів.

На рис. 1.5 зображено графіки споживання електроенергії на ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4 та ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», аналіз яких дозволяє виявити ключові річні тенденції та сформулювати загальне уявлення про поточну ситуацію. На наведених графіках простежується чітка тенденція до зменшення обсягів споживання ЕЕ за вказаний період (найбільший спад при цьому зафіксовано у 2023-му році). В середньому спад обсягів споживання активної потужності склав 18-25%, при цьому споживання реактивної потужності знизилося на 7-12%.

У сучасних умовах спостерігається тенденція до обмеження споживання ЕЕ, що зумовлює зниження завантаженості силових трансформаторів та асинхронних двигунів. Це, у свою чергу, призводить до зростання частки РП у загальному енергетичному балансі підприємства. Додатковим чинником погіршення ситуації є можливі відключення компенсаторів - синхронних двигунів (СД).

Стабільно високий рівень реактивної потужності створює суттєві труднощі для ефективного управління енергетичними ресурсами підприємства. Зокрема, надлишкове реактивне навантаження зумовлює нераціональне використання трансформаторів і електродвигунів, які функціонують у режимі часткового завантаження, що призводить до зниження їх енергоефективності та збільшення втрат у електричній мережі.

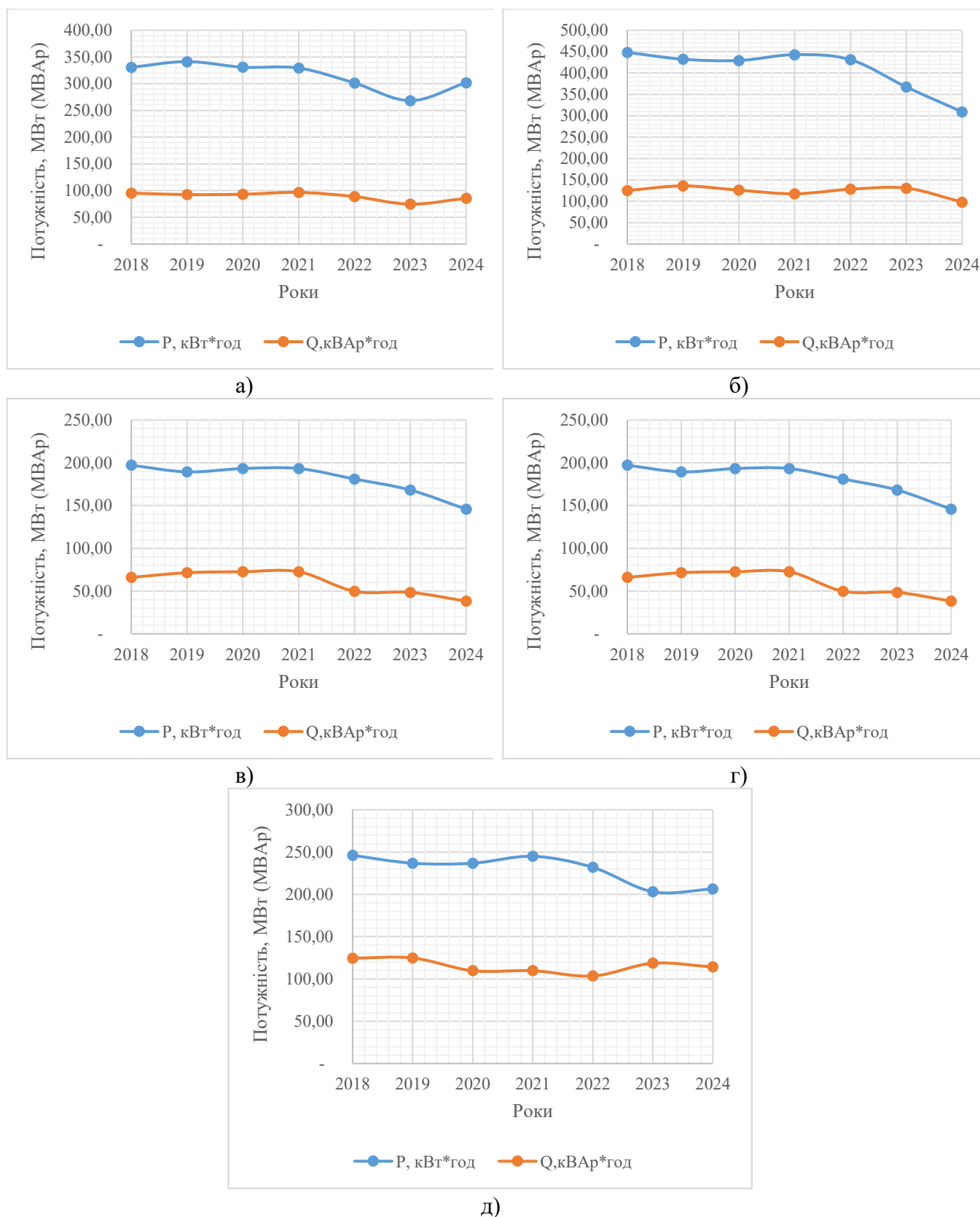
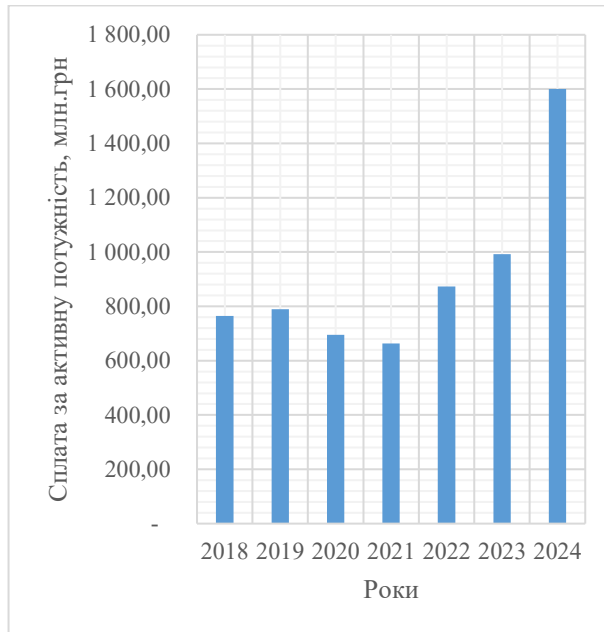
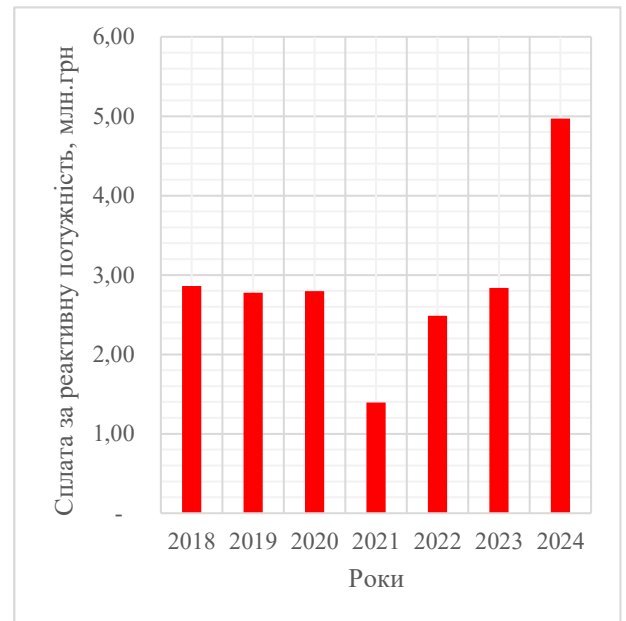


Рисунок 1.5 – Споживання електричної енергії споживачами ГЗП за 2018-2024 роки (а) – ГЗП №1; б) – ГЗП №2; в) – ГЗП №3; г) – ГЗП №4; д) – ГЗП №5)

На рис. 1.6-1.10 можна побачити сплату підприємством за реактивну потужність за останні роки.

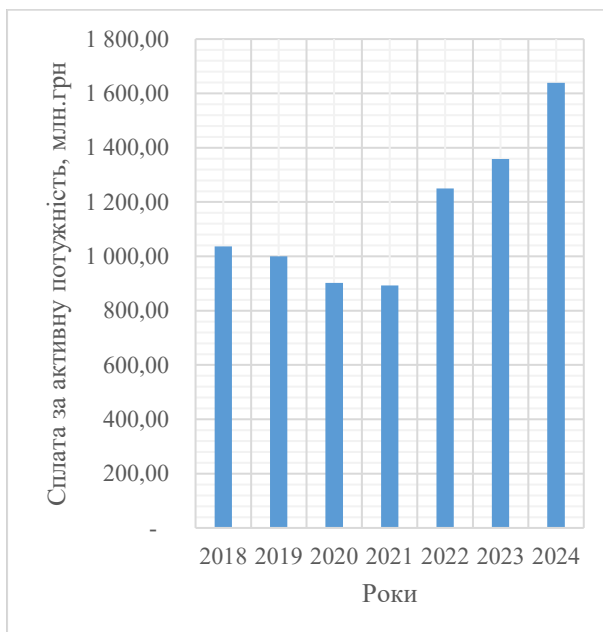


а)

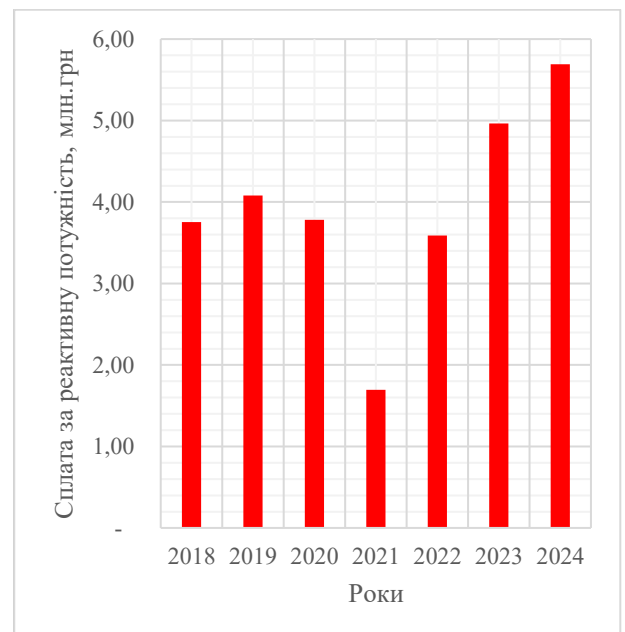


б)

Рисунок 1.6 – Сплата за електричну потужність ГЗП №1 за 2018-2023 роки  
(а) – активна потужність; б) – реактивна потужність)



а)



б)

Рисунок 1.7 – Сплата за електричну потужність ГЗП №2 за 2018-2023 роки  
(а) – активна потужність; б) – реактивна потужність)

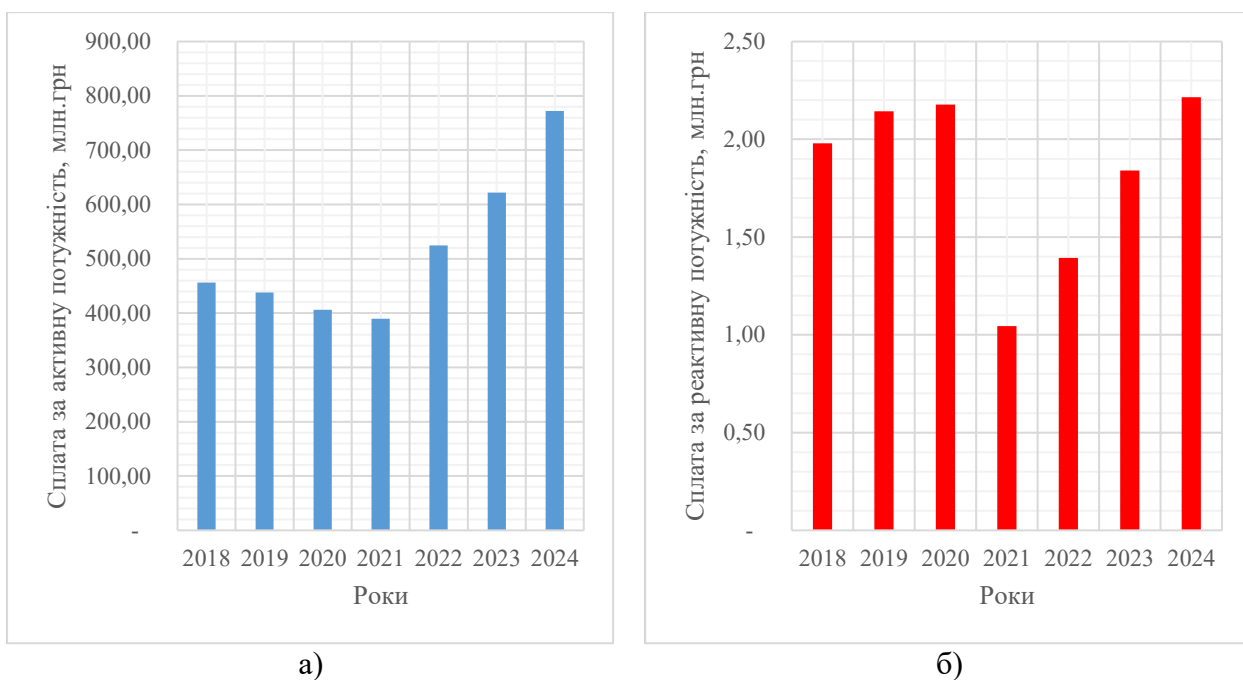


Рисунок 1.8 – Сплата за електричну потужність ГЗП №3 за 2018-2023 роки  
(а) – активна потужність; б) – реактивна потужність)

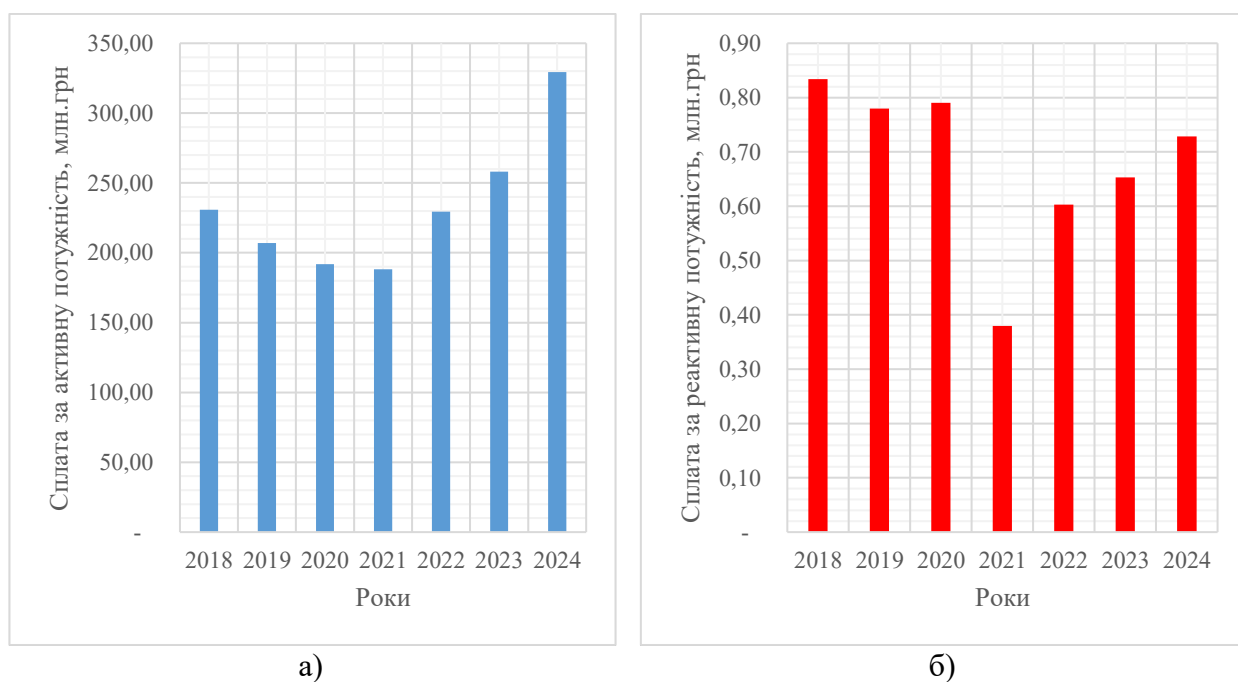


Рисунок 1.9 – Сплата за електричну потужність ГЗП №4 за 2018-2023 роки  
(а) – активна потужність; б) – реактивна потужність)

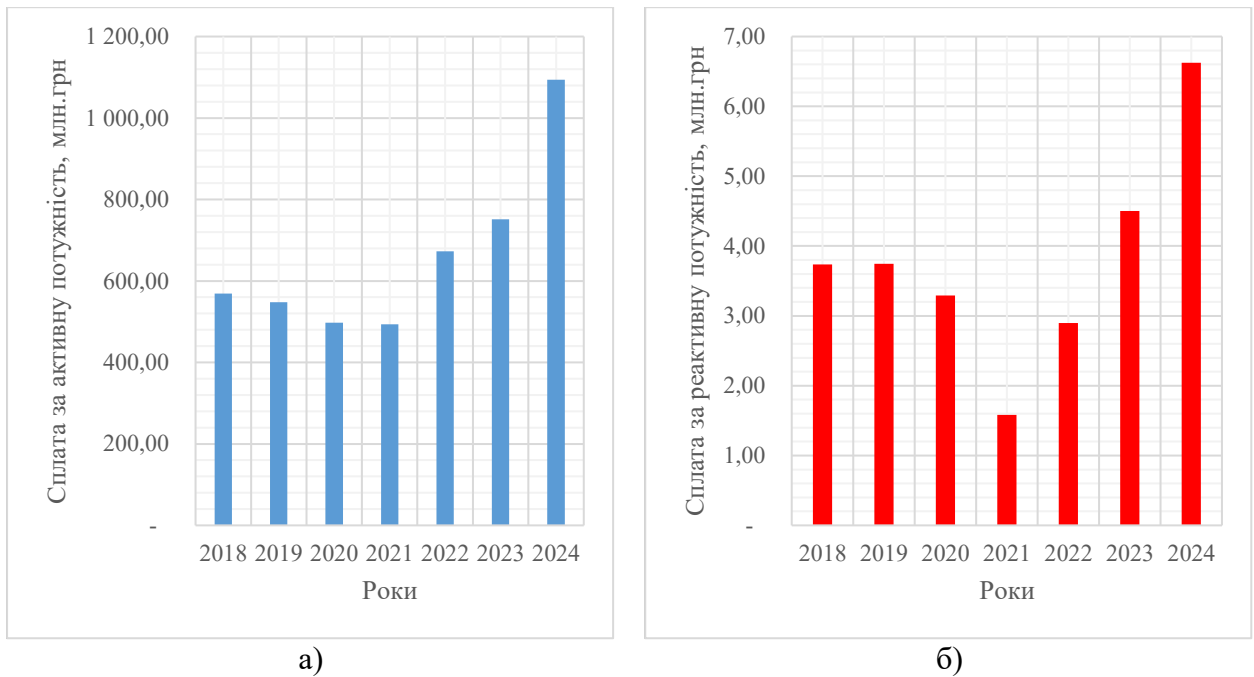


Рисунок 1.10 – Сплата за електричну потужність ГЗП №5 за 2018-2023 роки  
(а) – активна потужність; б) – реактивна потужність)

На вищевказаних графіках (рис. 1.6 – 1.10) помітне суттєве зниження обсягів споживання електричної енергії за останні роки (найбільший спад спостерігався у 2023 та 2024-му році, коли споживання споживачами ГЗП№1, ГЗП№2, ГЗП№3, ГЗП№4, ГЗП№5 зменшилось до 28,5% для активної та 17,44% для реактивної потужності). При цьому збільшення тарифів призвели до зниження сплати за реактивну потужність лише на 2%. Додатково відповідно до існуючих нормативних положень, підприємству можуть нараховуватись додаткові кошти у випадку недостатнього оснащення компенсаційними пристроями [5]. Проте ця сплата при існуючих умовах становить лише 1,5-2,3% від сплати за споживання реактивної потужності.

Зокрема, у першому півріччі 2025 року, порівняно з другою половиною 2024 року зафіксовано приріст тарифу на реактивну потужність 280% (рис. 1.11). За той самий період середня ціна активної електроенергії підвищилася лише на 20 % (рис. 1.12). При цьому простежується стійка тенденція до подальшого зростання вартості реактивної потужності, що підкреслює актуальність впровадження ефективних заходів з її оптимізації.

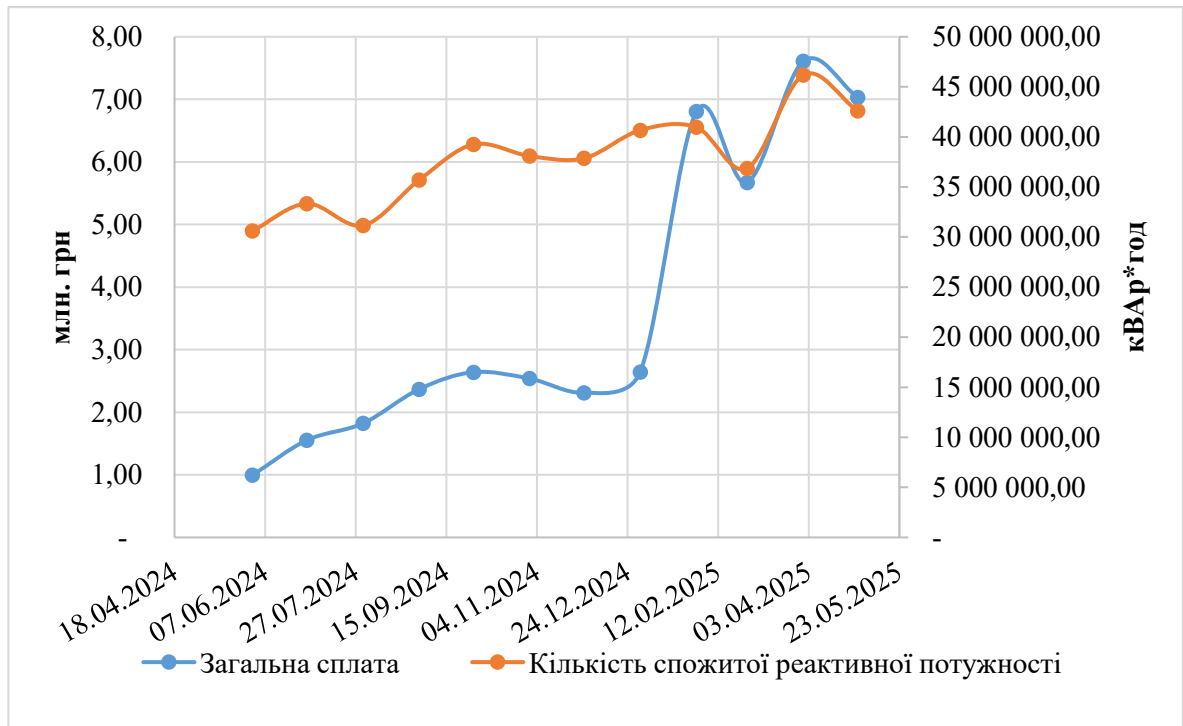


Рисунок 1.11 – Кількість спожитої реактивної потужності та сплата за неї підприємством за 2024-2025-й рік (синя лінія – сплата за реактивну потужність, помаранчева лінія – кількість спожитої реактивної потужності)

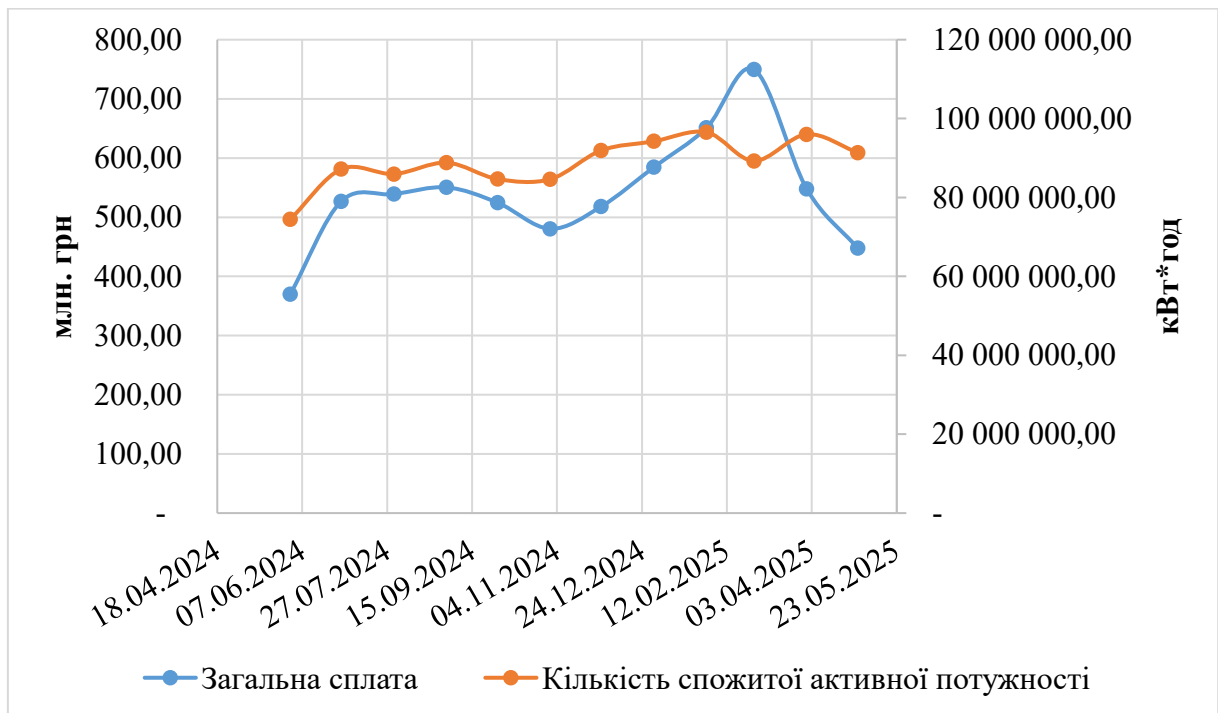


Рисунок 1.12 – Кількість спожитої активної потужності та сплата за неї підприємством за 2024-2025-й рік (синя лінія – сплата за активну потужність, помаранчева лінія – кількість спожитої реактивної потужності)

Така різка зміна співвідношень між сплатою за активну та реактивну потужність призводить до наступного висновку: впровадження компенсаційних пристроїв (КП) потребує попередньої економічної оцінки. Пов'язано це з тим, що КП, як будь-яке обладнання має свій показник активних втрат. Саме тому обґрунтоване використання КП з елементами адаптивності необхідне для підвищення енергоефективності підприємства.

## **1.2. Аналіз існуючих наукових досліджень та нормативних положень з компенсації реактивної потужності**

З точки зору фізики процесу індуктивна складова реактивної потужності виникає внаслідок накопичення електромагнітної енергії в індуктивних елементах. При протіканні струму крізь елементи, які мають індуктивний характер навантаження (трансформатори, двигуни, тощо) струм відстає за фазою від напруги. Для компенсації реактивної потужності використовують компенсатори реактивної потужності, які генерують протилежну ємнісну складову. Це дозволяє знизити втрати в мережі, покращити якість та забезпечити ефективнішу роботу електричних систем.

Проте використовувати компенсаційні пристрої потрібно, враховуючи низку факторів, серед яких найбільш широко використовуваними при проектуванні систем компенсації реактивної потужності, є статистика споживання електричної енергії споживачами та завантаження силового обладнання [9, 17]. Також важливо враховувати особливості кожного типу компенсаційних пристроїв, наприклад завантаження та температурні процеси в синхронних двигунах. Отже, досить простий захід підвищення якості електричної енергії шляхом компенсації реактивної потужності потребує детального аналізу та ідентифікації особливостей об'єкта, на якому він впроваджується.

Хоча тема компенсації реактивної потужності є досить відомою та широко освітленою у різних наукових виданнях, до сих пір питання якості електричної енергії промислового підприємства є актуальним. Так, в першу

чергу можна зазначити широку теоретичну базу як у вітчизняних, так і англomовних виданнях з компенсації реактивної потужності [3, 4, 7, 8, 75]. Разом з тим, стрімка трансформація технологічного базису сучасних інтелектуальних систем керування зумовлюють гостру необхідність актуалізації існуючих методичних підходів і проведення подальших досліджень, спрямованих на верифікацію впливу реактивної складової на економічну ефективність конкретних промислових об'єктів.

Зокрема, у науково-дослідній роботі [23] досліджено технічні ефекти від впровадження КБ у вузлах із комплексним навантаженням, тоді як у дослідженні [24] обґрунтовано кількісні параметри компенсації реактивної потужності як чинника підвищення експлуатаційної надійності систем електропостачання. Синергія підходів, представлених у зазначених роботах, формує ґрунтовний аналітичний базис для попередньої оцінки очікуваних результатів.

Одночасне гібридне використання СД та КБ у процесі компенсації розглядається в статті [25]. Запропонована авторами гібридна система компенсації дозволяє досягти необхідного коефіцієнта потужності, завдяки спільному контролю і регулюванню параметрів синхронних двигунів, та вимикачів конденсаторів. Проте адаптація такої системи до умов ГЗК потребує подальшого обґрунтування.

Також наявні роботи щодо прогнозування споживання реактивної потужності. Автори наукових досліджень залучають різні підходи, включаючи використання методів машинного навчання та штучного інтелекту, для підвищення точності використання компенсаційних пристроїв. Наприклад, дослідження показують, що використання нейронних мереж для прогнозування активної потужності забезпечують кращі результати порівняно з традиційними моделями завдяки їх здатності працювати з часовими рядами і складними патернами енергоспоживання [17]. Що стосується прогнозування реактивної потужності, це завдання є складнішим через характер її поведінки. Дослідження вказують, що розподіл

прогнозування активної та реактивної потужностей дозволяє точніше керувати ресурсами та підвищує інтеграцію відновлюваних джерел енергії в мережу [18]. При цьому двоступеневі алгоритми демонструють високу прогностичну спроможність навіть у випадках стохастичного характеру зміни енергоспоживання, що залежить від сукупності зовнішніх та внутрішніх параметрів [19]. В деяких випадках доцільним є розгляд прогнозу енергоспоживання у поєднанні з економічним ефектом [20]. Проте у випадках, коли майже або повністю відсутні статистичні дані, можна застосовувати методи короткочасного прогнозування [21, 22].

Загалом, сучасні дослідження роблять значний внесок у підвищення ефективності управління електричними мережами. Однак у випадку споживачів на потужних підприємствах, підхід до прогнозування може суттєво змінитися [114, 115]. Це передусім обумовлено високою складністю прогнозування в умовах великої кількості споживачів і змінним навантаженням протягом доби. В таких умовах недостатньо використовувати лише показники лічильників, необхідно впровадити моніторинг технологічних показників (наприклад для СД це температура ротора, статора, його завантаженість, тощо). Отже лише комплексне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у диспетчеризацію дозволить ефективно використовувати наявні ресурси.

Для КБ основними задачами є повна компенсація реактивної енергії і не менш важливими моментами є проблема перенапруг та їх надійності роботи, що можуть виникати при їх комутації, що вирішується за допомогою ряду заходів, що розглянуто у роботах [29, 30]. Оцінка показників ефективності такої системи важлива з точки зору надійності експлуатації технічного обладнання, стабільної якості енергетичних показників, тощо. Згідно з проведеними дослідженнями [31], використання засобів ІКТ дозволяє з високою точністю контролювати швидкі зміни станів енергетичної системи. При цьому застосування математичного апарату оптимізації [32] гарантує вибір оптимальних параметрів управління, що

сприяє зниженню ймовірності виникнення інцидентів у функціонуванні обчислювальних та комунікаційних мереж [33].

У працях окремих дослідників підтверджено ефективність розподіленої компенсації для підвищення коефіцієнта потужності в локальних вузлах електроенергетичної системи [35]. Водночас результати впровадження автоматизованих централізованих систем керування перетіканням реактивної потужності в промислових електричних мережах свідчать про зростання показника енергоефективності, в залежності від умов їх функціонування, на 15–20% [36]. Централізоване управління забезпечує більш точний і стабільний розподіл реактивної потужності між елементами системи [37].

Навіть за наявності розвиненої наукової бази, практичне застосування розроблених методів потребує індивідуального підходу та корекції відповідно до специфіки об'єкта. Це стосується попереднього аналізу рівнів споживання реактивної потужності, можливості включити синхронні двигуни (СД) у процес компенсації. Для спрощеного варіанту контролю компенсаційними пристроями в умовах неповноти даних або високої складності розрахунків можливо використовувати принципи нечіткої логіки. Наприклад, проблему розподілу конденсаторних потужностей в мережі вирішує наукова стаття [34]. В ній описано підхід нечіткої логіки, за допомогою якого досягається логічна та раціональна економічна вартість розподілу батарей конденсаторів.

Актуальність теми підтверджуються також і наявністю виконаних на базі КНУ науково-дослідних робіт по зниженню впливу реактивної потужності на енергетичну систему підприємства гірничо-збагачувального комбінату [26, 27, 28].

Аспекти функціонування електричних мереж регламентуються вимогами до роботи системи розподілу електроенергії, зокрема що стосується керування перетіканням реактивною потужністю зазначено у кодексі [15]. Основні визначення:

- параметри якості електричної енергії, які оператори системи розподілу (ОСР) зобов'язані забезпечувати, повинні включати допустимі рівні коефіцієнта потужності;

- обов'язки споживачів щодо компенсації реактивної потужності для уникнення перевантаження системи та забезпечення стабільності електропостачання;

- механізми розподілу відповідальності між ОСР і споживачами у випадку порушення нормативів якості енергії через неналежне керування реактивної потужності.

Закон України «Про ринок електричної енергії» [16] визначає основи функціонування конкурентного ринку електричної енергії, регулюючи відносини між його учасниками, зокрема постачальниками, споживачами, операторами систем передачі та розподілу. Документ акцентує увагу на створенні умов для прозорого ціноутворення, стимулювання інвестицій у модернізацію енергетичної інфраструктури та запровадженні механізмів компенсації реактивної потужності.

У Законі:

- визначено принципи тарифікації послуг з розподілу та передачі електроенергії, які враховують витрати на компенсацію реактивної потужності;

- закладено правові основи для створення стимулів до впровадження споживачами та операторами технологій, що мінімізують негативний вплив реактивної потужності на мережу;

- описано роль балансуючого ринку та диспетчеризації в забезпеченні належного рівня компенсації реактивної потужності на рівні ОЕС України.

Ці документи створюють цілісну нормативну базу для обґрунтованого використання компенсаційних пристроїв в СЕП енергоємних промислових підприємств для підвищення ефективності енергетичних процесів: Кодекс системи розподілу визначає технічні вимоги і механізми, тоді як Закон

регламентує економічні та правові аспекти управління реактивною потужністю.

Враховавши усі вищенаведені положення, комплексне керування реактивної потужності шляхом використання КБ сумісно з СД, дозволить підвищити коефіцієнт потужності. Через це основні складові проблеми зводяться до наступного: на основі реальних даних оцінити рівень споживання реактивної потужності з варіантами можливої її компенсації за допомогою КБ та СД, з врахуванням існуючих особливостей структури розподільчих підстанцій підприємства.

Отже, раціоналізація процесу компенсації реактивної потужності є ключовим чинником зниження електроенергетичних втрат і забезпечення стабільності роботи електромереж та обладнання, що безпосередньо сприяє підвищенню економічної ефективності підприємства. Сучасне енергоефективно-адаптивне керування компенсаторними пристроями, яке поєднує традиційні засоби – конденсаторні батареї та синхронні двигуни із новітніми алгоритмами автоматизації, дозволяє оперативно адаптуватися до змін споживання реактивної потужності у мережі. При цьому подальше удосконалення процесу компенсації реактивної потужності базуватиметься на синергії між технологіями збору даних, статистичними підходами та алгоритмами адаптивного керування.

Правильний вибір способу підвищення коефіцієнта потужності, типу і потужності компенсаційних пристроїв і їх розміщення у відповідних точках системи електропостачання підприємства, а також визначення оптимального ступеня компенсації є досить складним завданням [40]. Це завдання повинно вирішуватися комплексно з енергетичними системами на базі єдиного перспективного плану електрифікації даного району з урахуванням балансу активних і реактивних потужностей, а також питань рівнів та керування напруги. Настанови рекомендують нормативні значення середньозваженого коефіцієнта потужності, якими слід керуватися при визначенні необхідної потужності компенсаційних пристроїв у проекті електропостачання [13, 15].

При цьому існує ряд основних та допоміжних способів підвищення коефіцієнта потужності на підприємствах. У першу чергу при проектуванні та експлуатації розглядаються та впроваджуються заходи, що не вимагають застосування спеціальних компенсаційних пристроїв. До цих заходів відносяться:

- впорядкування технологічного процесу, що веде до поліпшення енергетичного режиму обладнання і підвищення коефіцієнта потужності;
- застосування перемикачів з трикутника на зірку для асинхронних двигунів з напругою живлення до 1кВ, які систематично завантажуються не більше ніж 40%;
- широке впровадження обмежувачів для усунення холостого ходу асинхронних двигунів в тих випадках, коли тривалість міжопераційного періоду перевищує 10 с;
- застосування синхронних двигунів в усіх випадках, де це економічно вигідно та технічно можливо і доцільно за умовами мережі та виробництва.

Правильний вибір потужності електродвигуна та трансформаторів, що забезпечує їх найбільш повне завантаження, а також застосування пристроїв, що усувають холостий хід двигунів та інших приймачів, споживаючих реактивну потужність, є важливими заходами, що забезпечують більше значення коефіцієнта потужності.

Отже, для подальшого збільшення ефективності компенсації реактивної потужності необхідно враховувати стохастичну природу добових коливань споживання електроенергії. Для цього необхідно визначити оптимальні «основні» рівні компенсації – конденсаторними батареями та можливості наявних синхронних двигунів.

### **1.3. Формування мети дисертаційного дослідження**

Виконаний попередній аналіз та оцінка сучасного стану реактивних навантажень в умовах гірничозбагачувальних комбінатів дозволив ідентифікувати ряд особливостей, які необхідно враховувати при

подальшому дослідженні. Проведена оцінка сучасного стану параметрів енергетичної системи та реактивної потужності, як її невід'ємної складової, є обґрунтованою й необхідною передумовою вирішення наукових завдань дисертаційної роботи.

Наведені дані по реактивним втратам в трансформаторах і асинхронних двигунах дозволяють безпосередньо оцінити вплив реактивних потоків в конкретних вузлах СЕП підприємства, визначивши тим самим пріоритети компенсації в місцях, де перетікання реактивної енергії викликають непропорційне зростання втрат або ризик перевантаження.

Першочерговим етапом дослідження є комплексний аналіз стохастичної природи процесів електроспоживання та реактивної потужності в межах структурних підрозділів гірничо-збагачувального комбінату. Оцінка імовірнісного характеру графіків навантаження дозволяє ідентифікувати реальний діапазон потреб у компенсації, що стає фундаментальною базою для подальшого визначення адаптивних рівнів потужності КБ та СД у реальних експлуатаційних режимах.

Сучасні системи регулювання синхронних машин (СД) та конденсаторних батарей (КБ) для компенсації реактивної потужності базуються на поєднанні силової електроніки, вимірювальної енергетичної метрології та алгоритмічних підсистем управління. До типових технічних рішень належать: автоматичні регулятори збудження (АРЗ) і системи перетворення збуджувального струму для СД із вбудованими контролерами коефіцієнта потужності; статичні компенсатори на основі тиристорно-керованих реакторів та конденсаторів, статичні синхронні компенсатори (СТАТКОМ) і статичні генератори реактивної потужності для швидкої її регуляції; ступінчаті КБ з контактним або тиристорним переключенням тощо.

Проте перспективним в цьому випадку є те, що вдосконалена централізована система керування компенсаційними пристроями відрізнятиметься від традиційних мікропроцесорних рішень на основі

автоматичного регулювання збудження (АРЗ) тим, що вона не буде мати обмеження лише локальним регулюванням параметрів окремого СД. Ця концепція передбачає інтегроване управління всією сукупністю компенсаційних пристроїв, зокрема КБ та СД, у межах розподільчої підстанції (РП) або, за можливості, декількох вузлів.

Така система вдосконалена використанням додаткових економічних, тарифних та технологічних критеріїв, що дозволяє оптимізувати процес компенсації у багатокритеріальних умовах. Ключовою особливістю при цьому є адаптивність, тобто можливість підлаштування керування компенсаційними пристроями залежно від динаміки навантажень. Крім цього, передбачена координація роботи різних компенсаторів із пріоритетом використання тих засобів, що забезпечить найнижчі втрати активної енергії при компенсації (відповідно, саме тому в першу чергу враховуються КБ). У моделі враховано обмеження по струму та нагріву обмоток СД, однак управління цими обмеженнями інтегрується у загальний оптимізаційний алгоритм, а не виконується локально. Додатково можна зазначити, що перспективним є використання запропонованої багатокритеріальної системи у випадках застарілого обладнання, коли відсутні АРЗ для СД, що підтверджено дослідженнями на прикладі потужних приводів гірничо-збагачувальних комплексів [9].

Отже, запропонована централізована система є не просто розширенням функціоналу існуючих цифрових регуляторів, а вона створює багаторівневу структуру з елементами адаптації й раціоналізації. У результаті забезпечується більш ефективне використання компенсаційних пристроїв та зменшення сумарних витрат підприємства на оплату електричної енергії. Використовуючи структуру, наведену в наступних розділах, є можливість раціонального використання наявних СД (незалежно від того, чи нова або застаріла система їх керування) у процесі компенсації реактивної потужності.

Отже, проаналізувавши існуючі рішення підвищення ефективності системи компенсації реактивної потужності, можна попередньо визначити основні шляхи вдосконалення методів та розробки заходів, щодо підвищення коефіцієнта потужності живлячих підстанцій шляхом раціонального керування перетіканням реактивної потужності з впровадженням адаптивної системи керування компенсаційними пристроями.

Крім технічних наслідків, оцінка сучасного стану є необхідною для економічного обґрунтування – визначення потенціалу економії енергії, зменшення штрафів за низький  $\tan\phi$ , скорочення витрат на обслуговування і продовження ресурсу обладнання; без кількісних вхідних даних будь-яка оптимізація буде менш ефективною або ризикованою. Саме тому необхідним є чітке визначення критерію оптимальності, відповідно до якого будуватиметься вся структура дослідження по раціоналізації використання компенсаційних пристроїв. Превентивна оцінка поточної ситуації, проведена в першому розділі, дозволила встановити два головні критерії, за якими можна оцінити оптимальність проведених робіт по компенсації реактивної потужності: мінімізація споживання реактивної потужності та активних втрат в компенсаційних пристроях. Більш точне та широко розкрите тлумачення представлено в третьому розділі даного дисертаційного дослідження.

Не менш важливим для ефективного керування компенсаційними пристроями є також статистичні характеристики (середні, дисперсії, екстремуми, кореляції) ЕЕ, спожитою підприємством, оскільки нелінійності навантажень і сезонні зміни визначають як стратегію перемикачів, так і необхідність застосування активних фільтрів. Від профілю добового і сезонного навантаження залежить вибір ємності КБ, режимів підключення та алгоритмів адаптивного регулювання.

Отже, у рамках дослідження необхідно провести систематичне дослідження ЕЕ, спожитою підприємством (реєстрація активної/реактивної енергії, завантаження асинхронних та синхронних двигунів, режимів трансформаторних підключень тощо) та провести техніко-економічний

аналіз. Такий підхід забезпечить надійну базу для розробки енергоефективних адаптивних алгоритмів керування КБ і СД та математичного обґрунтування очікуваного економічного ефекту при впровадженні компенсаційних заходів.

Отже, в результаті попередньо проведеного наукового пошуку можна сформулювати мету дисертаційного дослідження – підвищення електроенергетичної ефективності (коефіцієнта потужності) живлячих підстанцій шляхом вдосконалення методів і розробки заходів керування процесами перетікання реактивної потужності з впровадженням адаптивної системи керування компенсаційними пристроями.

Базуючись на аналізі наявних методів і заходів підвищення коефіцієнта потужності електроенергетичних систем в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів, та згідно з метою дисертаційного дослідження сформовано наступні наукові завдання для досліджень:

- Дослідити та провести аналіз режимів роботи основних енергоємних споживачів (трансформаторів, асинхронних та синхронних двигунів) з метою визначення їх реального впливу на споживання реактивної потужності в умовах змінного технологічного навантаження для виявлення і синтезу раціональних рішень по вибору потужностей компенсаційних пристроїв;
- Сформулювати систему правил раціонального керування конденсаторними батареями та синхронними двигунами на базі багатокритеріальних схем керування компенсаційними пристроями для забезпечення ефективної роботи в умовах змінних навантажень;
- Розробити розрахункову схему керування компенсаційними пристроями реактивної потужності та провести оцінку її роботи для реальних параметрів системи електропостачання.

#### 1.4. Висновки до розділу 1

За результатами виконання першого розділу можна зробити наступні висновки:

1. На основі представленого аналізу масиву статистичних даних за 2020-2025 роки по підприємству ПрАТ «ПівніЗК» була доведена актуальність розробки адаптивних рішень з компенсації реактивної потужності у розрізі існуючих систем електропостачання гірничозбагачувальних підприємств. При цьому було виявлено, що споживання активної потужності за вказаний період знизилось в середньому на 16,9%, реактивної – на 5,7%, в результаті чого була підвищена відносна частка реактивної потужності в середньому на 9,3%. Збільшення середніх значень тарифів на реактивну потужність на 280% в I кварталі 2025-го року в порівнянні з IV-м кварталом 2024-го року по підприємству, разом з тенденцією до подальшого їх зростання, додатково підкреслюють необхідність вирішення даної проблеми.

2. Аналіз існуючої наукової літератури підтверджує наявність глибокого теоретичного підґрунтя щодо використання КБ та СД, як засобів компенсації реактивної потужності. Проте, в умовах гірничо-збагачувальних підприємств, що характеризуються високою динамікою навантажень, стандартні підходи потребують перегляду. Якісне вдосконалення існуючих систем вбачається у переході від роздільного використання засобів компенсації до створення єдиної централізованої адаптивно-енергоефективної системи. Це дозволить реалізувати синергетичний ефект, де дискретність статичних конденсаторів доповнюється регулювальною гнучкістю синхронних електроприводів, забезпечуючи мінімізацію втрат у режимі реального часу.

3. Була сформована мета дисертаційної роботи. Базуючись на аналізі наявних методів і заходів підвищення коефіцієнта потужності електроенергетичних систем в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів сформовані наукові завдання для досліджень.

## **РОЗДІЛ. 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ГІРНИЧО- ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

### **2.1. Оцінка статистичних закономірностей динаміки споживання реактивної потужності із стохастичним аналізом їх часових рядів**

Для оцінки поточного стану енергоспоживання на підстанціях ГЗП №1 – №5 ПрАТ «ПівнГЗК» було проведено статистичний аналіз добових півгодинних значень активної та реактивної потужностей за січень і червень 2023 року. Ці підстанції обслуговують потужних споживачів електроенергії, діяльність яких істотно впливає на показники її якості. Метою проведеного дослідження є визначення ступеня впливу окремих споживачів на параметри якості електричної енергії та обґрунтування можливостей їхнього регулювання [43]. Значний вплив на формування енергоспоживання гірничо-збагачувальних підприємств надають електроприводи млинів, насосів, конвеєрів, класифікаторів, сепараторів тощо.

Поряд із загальним енергоспоживанням та його зниженням при виконанні технологічного процесу збагачення, принципово важливим є завдання управління енергетичними режимами споживачів комбінату, що забезпечують такі залежності загального споживання активної та реактивної потужності, які відповідають прогнозованому завантаженню енергосистеми [44]. З метою рішення вказаних завдань виконані дослідження характеристик енергоспоживачів ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4 та ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК».

В дослідженнях споживання ЕЕ аналізувалися наступні групи параметрів:

- 1) – споживана активна потужність механізму, кВт;
- 2) – споживана реактивна потужність механізму, кВАр;
- 3) – генерована реактивна потужність, кВАр;

При дослідженні енергоспоживання підприємство працювало в нормальному експлуатаційному режимі відповідно до технологічного процесу гірничо-збагачувального комбінату.

Фіксувалися спостереження з апаратури контролю за допомогою неперервно записуючого електронного облікового пристрою на лічильниках підстанцій. Аналіз отриманих результатів показує (додаток А), що добові графіки навантажень основних споживачів енергії мають, зазвичай, нормальний закон розподілу. Нерівномірність графіків навантаження окремих споживачів призводить до нерівномірного завантаження енергосистем. Коефіцієнт нерівномірності  $\alpha_n$  рівний відношенню мінімального навантаження до максимального, дає уявлення про варіацію завантаження за потужністю основних споживачів, а також дозволяє робити висновки про реальний діапазон регулювання параметрів споживачів.

Аналіз приведених графіків (додаток А) показує, що споживання реактивної потужності представляє собою стохастичний процес, оскільки його значення змінюються наперед невідомим способом [42]. Більше того, спостерігається протягом місяця періодичність зміни величини реактивної потужності, яка споживається. В даному випадку час розглядається дискретно, тому часовий ряд є дискретним [46].

Аналіз споживання реактивної потужності проведено на основі експериментальних даних, отриманих на промисловому об'єкті. А саме, як приклад на рис. 2.1. (також графік наявний в додатку А) представлений місячний графік споживання реактивної потужності за червень та січень 2023 року на ГЗП №1 підприємства ПівнГЗК. Через велику кількість споживачів, їх мінливості у характері навантажень та збурень, до системи контролю та керування споживанням реактивної потужності висуваються певні вимоги [5, 15, 17].

В подальшому, вважається доцільним для аналізу споживання реактивної потужності оцифрувати наведений графік, тобто подати у вигляді часового ряду – множини значень, що генеруються послідовно в часі [40, 44,

51]. В даному випадку час розглядається дискретно, тому часовий ряд є дискретним. Значення дискретного часового ряду, отримані у відповідні моменти часу  $t_1, t_2, \dots, t_N$ , можуть бути представлені у формі наступних позначень  $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N)$ . В нашому випадку розглядаються дискретні часові ряди, в яких виміри робляться через фіксований інтервал  $h$ . Коли є  $N$  послідовних значень такого ряду, можна записати  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , що є позначенням, зробленим за рівновіддалені моменти часу  $t_0 + h, t_0 + 2h, \dots, t_0 + Nh$ . В нашому випадку  $t_0 = 0$  і  $h = 1$ , тобто можна розглядати  $x_k$  як замір у момент часу  $k$ . В нашому випадку дискретний часовий ряд будується як вибірка з безперервного часового ряду, представленого на рис. 2.2. Значення вибіркової оцінки автокореляції відповідно побудованого дискретного часового ряду представлено в табл. 2.1. В нашому випадку  $\Delta t = 4,8$  год. згідно графіка на рис. 2.1.

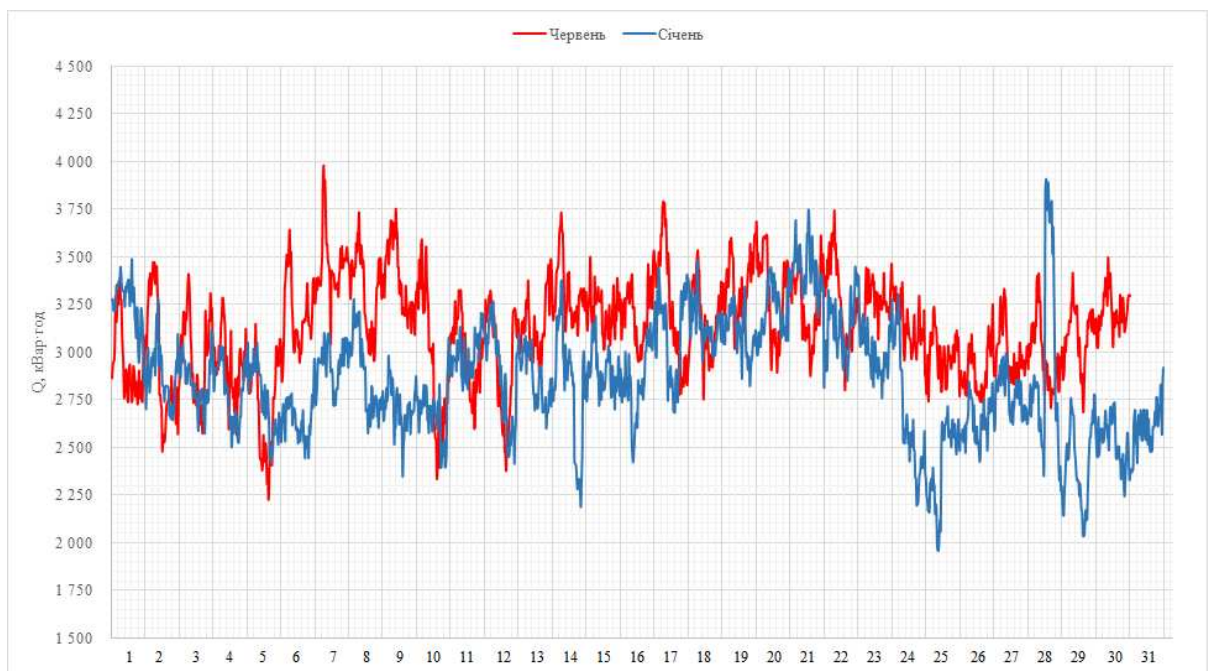


Рисунок 2.1 – Споживання реактивної потужності за місяць на підстанції ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК».

Для подальшого аналізу реактивної потужності, яка споживається, будемо розглядати часовий ряд як стаціонарний стохастичний процес [51], що підтверджується видом графіка на рис. 2.2.

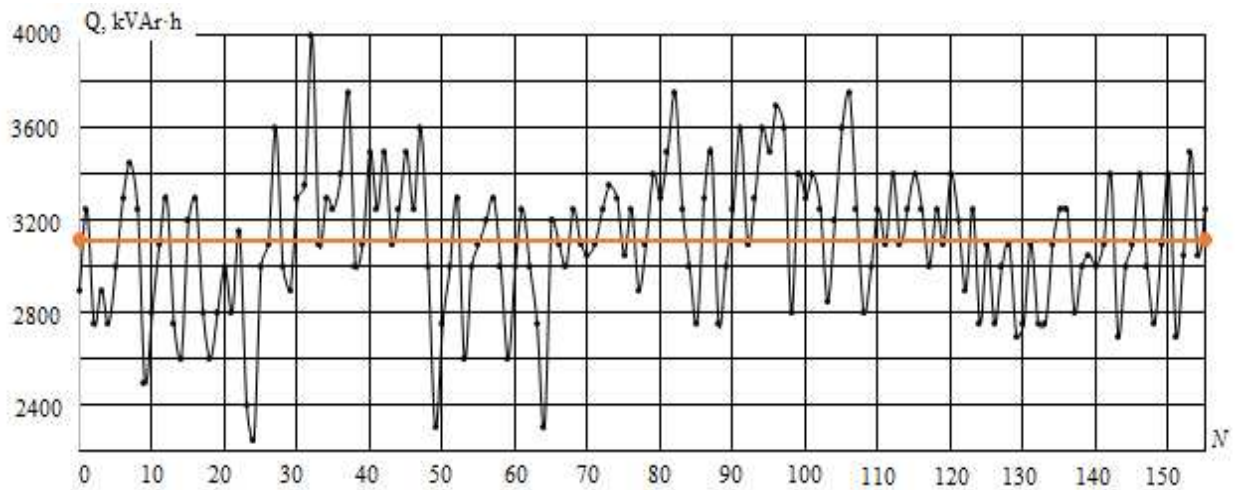


Рисунок 2.2 – Графік часового ряду споживання реактивної потужності за місяць на підстанції ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК» (вибіркове середнє представлено відрізком помаранчевого кольору)

Спочатку обчислюємо вибіркове середнє значення, по формулі (2.1).

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N x_k, \quad (2.1)$$

Далі вибірккову дисперсію за формулою (2.2).

$$s_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=0}^N (x_k - \bar{x})^2. \quad (2.2)$$

З припущення про стаціонарність випливає, що спільний розподіл ймовірностей однаковий для всіх часів, розділених одним і тим самим інтервалом. Внаслідок цього розподіл залежить від затримки часового ряду, що дозволяє користуватися для вивчення часових рядів автокореляцією. Вибіркова оцінка автокореляції обчислюється за формулою (2.3).

$$r_1 = \frac{c_1}{c_0}, \quad (2.3)$$

$$\text{де } c_1 = \frac{1}{154} \sum_{k=0}^{155-k} (x_k - \bar{x})(x_{k+1} - \bar{x}), l=0,1,\dots,L.$$

Обчислення по формулам (2.1) та (2.2) дали наступні результати:

$$\bar{x} = 3113,8, s_x^2 = 91889,5, s_x = 303,1 \quad (2.4)$$

Значення вибіркової оцінки автокореляції (2.3) приведені в табл.2.1.

Таблица 2.1. Значення вибіркової оцінки автокореляції

| <b>Показники вибіркової оцінки автокореляції</b> |                         |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| <b><math>k</math></b>                            | <b><math>r_k</math></b> |
| 0                                                | 1                       |
| 1                                                | 0,3094                  |
| 2                                                | 0,0184                  |
| 3                                                | 0,0500                  |
| 4                                                | 0,0500                  |
| 5                                                | 0,0200                  |

Отже, аналіз графіка споживання реактивної потужності на основі вибіркової оцінки автокореляції дозволяє продовжити аналіз графіку з подальшою метою виявлення характерних частот та амплітуд [45, 47]. Це важливо для планування ефективних стратегій управління споживанням реактивною потужністю та забезпечення стабільності електричної мережі [50, 52].

Враховуючи, що має місце лінійний стаціонарний процес представимо його як процес авторегресії другого порядку, що записується у вигляді формули (2.5).

$$y_k = \phi_1 \cdot y_{k-1} + \phi_2 \cdot y_{k-2} + a_k, \quad (2.5)$$

де  $y_k = x_k - \bar{x}$  – відхилення від середнього значення,

$\phi_1, \phi_2$  – параметри моделі,

$a_k$  – похибка, яка має нульове середнє і дисперсію  $\sigma_a^2$ .

Для знаходження параметрів моделі  $\phi_1, \phi_2$ , скористаємось рівняннями Юла-Уокера (2.6).

$$\begin{cases} r_1 = \phi_1 + \phi_2 \cdot r_1 \\ r_2 = \phi_1 \cdot r_1 + \phi_2 \end{cases} \quad (2.6)$$

Розв'язуючи (6) відносно параметрів, знаходимо (2.7):

$$\phi_1 = \frac{r_1(1-r_2)}{1-r_1^2}, \quad \phi_2 = \frac{r_2-r_1^2}{1-r_1^2}. \quad (2.7)$$

Враховуючи, що, згідно таблиці 2.1,  $r_1=0,3094$ ,  $r_2=0,0184$ , знаходимо параметри  $\phi_1, \phi_2$ :  $\phi_1 = 0,03359$ ,  $\phi_2 = 0,0184$ . В свою чергу, враховуючи значення параметрів  $\phi_1, \phi_2$ , формула (2.5) відносно параметра  $x_k$  прийме вигляд (2.8).

$$x_k = 0,3359 \cdot x_{k-1} - 0,08551 \cdot x_{k-2} + 2334,1 + a_k \quad (2.8)$$

Далі перевіряємо умови стаціонарності для знайденої моделі за виразами (2.9). Умови наступні:

$$-1 < r_1 < 1, \quad -1 < r_2 < 1, \quad r_1^2 < \frac{1}{2}(1+r_2). \quad (2.9)$$

Дійсно, згідно параметрів, зазначених в Таблиці 2.1, умови виконуються наступним чином (2.10).

$$\begin{aligned} -1 < 0,3094 < 1, \quad -1 < 0,0184 < 1, \\ 0,0957 < 0,509. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Тобто умови стаціонарності процесу (2.8) виконуються, оскільки кожен параметр знаходиться в його межах.

Параметри затухання  $d$  і частота  $f_0$  знаходяться по формулам (2.11) та (2.12).

$$d = \sqrt{-\phi_2}, \quad (2.11)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \arccos \left[ \frac{|\phi_1|}{2\sqrt{-\phi_2}} \right]. \quad (2.12)$$

Обчислення по формулам (2.11) та (2.12) дали такі результати:  $d=0,595$ ,  $f_0=0,2045=1/4,89$ . Отже, основний період функції автокореляції дорівнює значенню 4,89.

Знайдемо дисперсію процесу (2.8) по формулі (2.13).

$$\sigma_x^2 = \left( \frac{1 - \phi_2}{1 + \phi_2} \right) \frac{\sigma_a^2}{(1 - \phi_2)^2 - \phi_1^2}. \quad (2.13)$$

Згідно даних таблиці 2.1 і формули (2.8), знаходимо  $\sigma_a^2 = 102635,4$ .

Згідно (2.13), маємо, що  $\sigma_x^2 = 282623,9$ .

Отже, спектр моделі (2.8), знаходимо по формулі (2.14).

$$p(f) = \frac{2 \cdot \sigma_a^2}{(1 + \phi_1^2 + \phi_2^2 - 2\phi_1(1 - \phi_2)\cos(2\pi f) - 2\phi_2(1 - \phi_2)\cos(4\pi f))}, \quad (2.14)$$

$$0 \leq f \leq 0,5.$$

Проведене дослідження припускає доцільність застосування аналізу Фур'є щодо споживання реактивної потужності [47].

У розглянутому випадку  $N=50$ , тобто парне значення, і дорівнює  $2 \cdot 25$ , так що  $k$  може змінюватися по цілим числам у значеннях  $-25, \dots, 0, 1, \dots, 24$ . Зауважимо, що періодичні функції, що проходять через значення  $x(t)$  зазначені  $N$  моментів часу, можуть бути обрані безліччю способами.

Графік спектру (2.14) представлений на рис. 2.3.

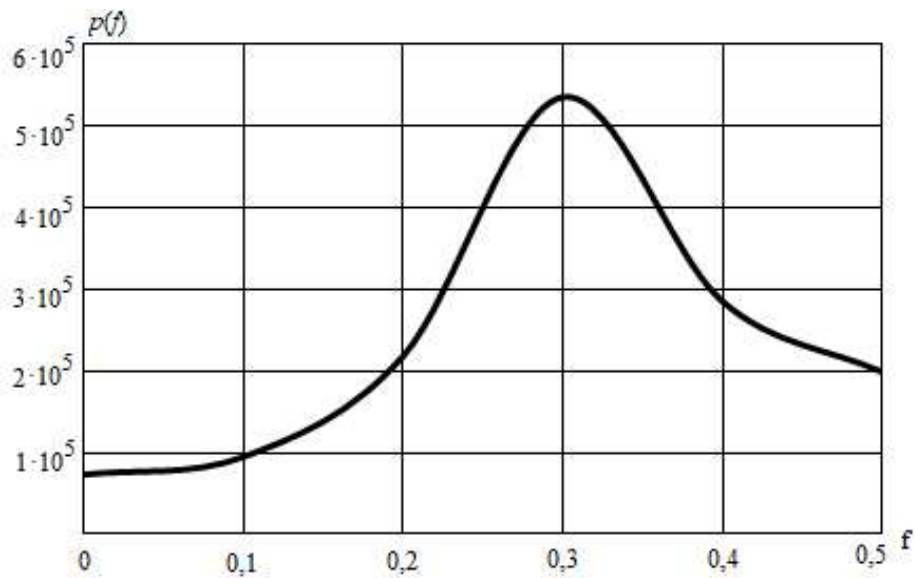


Рисунок 2.3 – Теоретичний нормалізований спектр процесу авторегресії

Наприклад, кінцевий ряд Фур'є (2.15) містить  $N$  констант  $A_m$  і  $B_m$ , які можна визначити так, щоб дискретні та неперервні значення збігалися в точках  $t=k\Delta$ , тобто  $\tilde{x}(k\Delta) = x_k$ .

$$\tilde{x}(t) = A_0 + 2 \sum_{m=1}^{n-1} (A_m \cos 2\pi m f_1 t + B_m \sin 2\pi m f_1 t) + A_n \cos 2\pi n f_1 t. \quad (2.15)$$

Отже, функція  $\tilde{x}(t)$  дає наближення до вхідної безперервної функції  $x(t)$  в інтервалі (2.16)

$$-\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2}. \quad (2.16)$$

Замінюючи  $t$  на  $k \cdot \Delta$  в (2.16) і вважаючи, що  $\tilde{x}(k\Delta) = x_k$ , отримуємо систему  $N$  рівнянь для  $N$  невідомих констант. Такі рівняння мають вигляд (2.17).

$$x_k = A_0 + 2 \sum_{m=1}^{n-1} (A_m \cos 2\pi m f_1 k\Delta + B_m \sin 2\pi m f_1 k\Delta) + A_n \cos 2\pi n f_1 k\Delta, \quad (k = -n, \dots, 0, 1, \dots, n-1). \quad (2.17)$$

Вибравши, що  $f_1 = \frac{1}{N\Delta}$ , сильно спростимо розв'язання системи рівнянь (2.18), тому що при цьому синуси та косинуси будуть ортогональні. Частота  $f_1$  – основна частота  $\tilde{x}(t)$ , вона відповідає періоду, який дорівнює довжині запису.

Отже, функція (2.15) складена із суми синусів і косинусів, частоти яких кратні основній частоті  $f_1$ , тобто є гармоніками основної частоти. Найвищою із присутніх частот є (2.18).

$$\frac{n}{N\Delta} = \frac{1}{2\Delta} \quad (2.18)$$

При цьому (2.19) відповідає періоду, який дорівнює двом інтервалам відліку.

Коефіцієнти  $A_m$  і  $B_m$  у разі  $f_1$  знаходяться шляхом множення обох частин рівняння (2.18) на тригонометричні функції та підсумовуючи по  $k$  з

урахуванням властивості ортогональності. В результаті будемо мати формули (2.19) та (2.20).

$$A_m = \frac{1}{N} \sum_{k=-n}^{n-1} x_k \cdot \cos \frac{2\pi mk}{N}, \quad (2.19)$$

$$B_m = \frac{1}{N} \sum_{k=-n}^{n-1} x_k \cdot \sin \frac{2\pi mk}{N}, \quad (2.20)$$

де  $m=0,1,\dots,n$ . При цьому  $A_0$  є середнім арифметичним  $x_k$ .

Іноді зручніше записувати рівняння (2.15), користуючись амплітудним та фазовим поданням, наприклад у вигляді (2.21).

$$\tilde{x}(t) = R_0 + 2 \sum_{m=1}^{n-1} R_m \cos(2\pi m f_1 t + \varphi_m) + R_n \cos 2\pi n f_1 t. \quad (2.21)$$

$$\text{де } R_m = \sqrt{A_m^2 + B_m^2} - \text{амплітуда гармоніки } m; \quad \varphi_m = \arctan\left(-\frac{B_m}{A_m}\right) -$$

фаза гармоніки  $m$ .

В Таблиці 2.2 приведені результати, які були отримані по формулам (2.19), (2.20), (2.21).

Середня потужність споживання реактивної потужності  $x_k$  дорівнює (2.22).

$$\frac{1}{N} \sum_{k=-n}^{n-1} x_k^2. \quad (2.22)$$

Таблиця 2.2. Розклад ряду Фур'є середньоквадратичного значення значення споживання реактивної потужності

| Порядок значень   | Показники |         |        |         |          |                                       |
|-------------------|-----------|---------|--------|---------|----------|---------------------------------------|
|                   | $m$       | $A_m$   | $B_m$  | $R_m$   | $\Phi_m$ | Внесок у середньоквадратичне значення |
| Середнє значення  | 0         | 3083,00 | 0,00   | 3083,00 | 0,00     | 9504889,00                            |
| Основна гармоніка | 1         | -1,09   | 117,10 | 117,10  | 89,46    | 27426,28                              |
| 2-а гармоніка     | 2         | -54,38  | 48,16  | 72,63   | 41,53    | 10551,43                              |

| Продовження таблиці 2.2. |    |        |        |        |        |            |
|--------------------------|----|--------|--------|--------|--------|------------|
| 3-а гармоніка            | 3  | 19,07  | 30,80  | 36,22  | -58,23 | 2624,33    |
| 4-а гармоніка            | 4  | -49,04 | 31,93  | 58,52  | 33,07  | 6849,25    |
| 5-а гармоніка            | 5  | 33,55  | 1,21   | 33,57  | -2,07  | 2253,94    |
| 6-а гармоніка            | 6  | -18,30 | 9,95   | 20,83  | 28,53  | 867,60     |
| 7-а гармоніка            | 7  | 10,86  | 12,29  | 16,40  | -48,53 | 538,21     |
| 8-а гармоніка            | 8  | 45,60  | 23,34  | 51,23  | -27,10 | 5248,19    |
| 9-а гармоніка            | 9  | 10,69  | 4,79   | 11,72  | -24,11 | 274,56     |
| 10-а гармоніка           | 10 | 125,10 | 65,33  | 141,13 | -27,57 | 39837,15   |
| 11-а гармоніка           | 11 | 5,69   | -15,06 | 16,10  | 69,29  | 518,61     |
| 12-а гармоніка           | 12 | -25,89 | 13,82  | 29,35  | 28,08  | 1722,47    |
| 13-а гармоніка           | 13 | -12,99 | 24,66  | 27,87  | 62,22  | 1553,98    |
| 14-а гармоніка           | 14 | 56,99  | -12,45 | 58,33  | 12,32  | 6805,61    |
| 15-а гармоніка           | 15 | -13,40 | -2,49  | 13,63  | -10,53 | 371,72     |
| 16-а гармоніка           | 16 | 7,19   | -30,23 | 31,08  | 76,62  | 1931,45    |
| 17-а гармоніка           | 17 | -26,05 | -1,21  | 26,07  | -2,65  | 1359,77    |
| 18-а гармоніка           | 18 | 7,39   | -20,91 | 22,17  | 70,54  | 983,38     |
| 19-а гармоніка           | 19 | -3,68  | 45,42  | 45,57  | 85,37  | 4153,05    |
| 20-а гармоніка           | 20 | -61,61 | 4,89   | 61,80  | 4,54   | 7638,51    |
| 21-а гармоніка           | 21 | -48,15 | 1,34   | 48,17  | 1,59   | 4640,50    |
| 22-а гармоніка           | 22 | -1,05  | -5,41  | 5,51   | -79,07 | 60,80      |
| 23-а гармоніка           | 23 | -21,85 | -11,52 | 24,70  | -27,80 | 1219,92    |
| 24-а гармоніка           | 24 | 13,96  | 0,26   | 13,97  | -1,05  | 390,05     |
| 25-а гармоніка           | 25 | 13,00  | 0,00   | 13,00  | 0,02   | 169,00     |
| Загальна кількість       |    |        |        |        |        | 9634878,90 |

Користуючись (2.15) і властивістю ортогональності, можна переконатися, що має місце формула (2.23).

$$\frac{1}{N} \sum_{k=-n}^{n-1} x_k^2 = R_0^2 + 2 \sum_{m=1}^{n-1} R_m^2 + R_n^2. \quad (2.23)$$

Рівність (2.24) стверджує, що середня потужність  $x_k$  може бути розкладена на складові для кожної гармоніки. Для нульової та  $n$ -ї гармоніки внесок дорівнюватиме  $R_0^2$  і  $R_n^2$ , відповідно. Для інших гармонік середня потужність дорівнює  $2R_m^2$ . Більш зручним є визначення середньоквадратичного значення  $x_k$  щодо середнього  $R_0$ . Воно дорівнює дисперсії (2.24).

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=-n}^{n-1} (x_k - R_0)^2 = 2 \sum_{m=1}^{n-1} R_m^2 + R_n^2. \quad (2.24)$$

Розкладання середньоквадратичного значення  $x_k$  наведено в останньому стовбці таблиці 2.2. Видно, що середнє значення складає близько 99,3% від усієї середньоквадратичної суми, що вказує на те, що дані дуже добре наближаються за допомогою моделі, яка визначає середнє значення (2.25) [54, 55].

$$x_k = A_0. \quad (2.25)$$

Розкладання дисперсії (2.15) можна представити у вигляді лінійчатого спектру Фур'є (періодограма), завдавши на графіку середню потужність гармоніки від частоти цієї гармоніки. Такий графік представлено на Рис. 2.4.

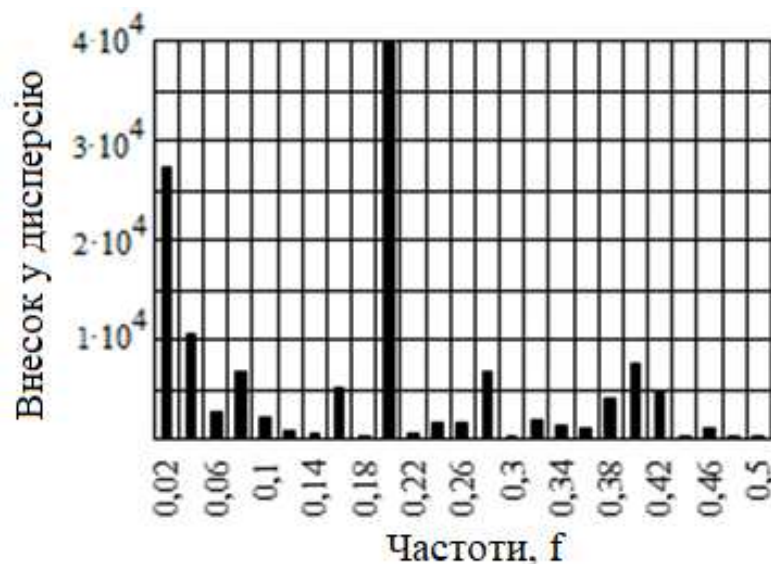


Рисунок 2.4 – Лінійчатий спектр Фур'є (періодограма)

У такий спосіб, поєднання стохастичних складових та гармонійного аналізу Фур'є формує нові синергетичні підходи щодо ефективності споживання ЕЕ в сенсі дослідження реактивної потужності.

Аналіз споживання реактивної потужності на основі вибіркової оцінки автокореляції дозволяє продовжити аналіз графіку з подальшою метою виявлення характерних частот та амплітуд [49, 50]. Це важливо для планування ефективних стратегій управління споживанням реактивною

потужністю та забезпечення стабільності електричної мережі [51, 52, 53]. Результати, використаних підходів до аналізу реальних показників енерговитрат, можуть бути в подальшому використані для машинного навчання системи предиктивного керування реактивною потужністю енергоспоживання підприємства [56, 57]. Отже, проведене теоретичне обґрунтування аналізу даних дозволяє перейти до подальшого етапу наукового пошуку [57, 58, 59].

## **2.2. Експериментальне визначення статистичних параметрів завантаження синхронних та асинхронних двигунів**

Статистичні дані, зняті за режимами роботи синхронних двигунів, що експлуатуються на ПрАТ «ПівніГЗК», показали, що середнє завантаження становить 58,18% [26].

У таблицях, наведених нижче (табл. 2.3, табл. 2.4), наведено результати статистичної обробки даних із завантаження СД та АД:

Таблиця 2.3 Розподіл завантаження синхронних двигунів

| Завантаження двигунів, % | Кількість двигунів | В.О.      | Частка від загальної кількості двигунів, % |
|--------------------------|--------------------|-----------|--------------------------------------------|
| 10                       | 1                  | 0,0153846 | 1,53                                       |
| 20                       | 4                  | 0,0615385 | 6,15                                       |
| 30                       | 7                  | 0,1076923 | 10,76                                      |
| 40                       | 10                 | 0,1538462 | 15,38                                      |
| 50                       | 12                 | 0,1846154 | 18,46                                      |
| 60                       | 14                 | 0,2153846 | 21,53                                      |
| 70                       | 9                  | 0,1384615 | 13,84                                      |
| 80                       | 5                  | 0,0769231 | 7,69                                       |
| 90                       | 3                  | 0,0461538 | 4,61                                       |
| 100                      | 0                  | 0         | 0                                          |
| Всього                   | 65                 | 1         | 100                                        |

Таблиця 2.4. Розподіл завантаження асинхронних двигунів

| Завантаження двигунів, % | Кількість двигунів | В.О.   | Частка від загальної кількості двигунів, % |
|--------------------------|--------------------|--------|--------------------------------------------|
| 10                       | 0                  | 0      | 0                                          |
| 20                       | 4                  | 0,0351 | 3,50                                       |
| 30                       | 8                  | 0,0702 | 7,01                                       |
| 40                       | 13                 | 0,114  | 11,40                                      |
| 50                       | 16                 | 0,1404 | 14,03                                      |
| 60                       | 19                 | 0,1667 | 16,66                                      |
| 70                       | 22                 | 0,193  | 19,29                                      |
| 80                       | 16                 | 0,1404 | 14,03                                      |
| 90                       | 10                 | 0,0877 | 8,77                                       |
| 100                      | 6                  | 0,0526 | 5,26                                       |
| Всього                   | 114                | 1      | 100                                        |

З достовірністю 89% закону розподілу завантаження може бути прийнятий «нормальним», при цьому зміна завантаження відбувається в межах 48,9 - 68,4% [27]. Достовірність 89% достатня до прийняття в теоретичних і практичних дослідженнях значення завантаження синхронних машин не більше 48,9 - 68,4% [28]. На рис. 2.5 показано розподіл завантаження СД на ПрАТ «ПівнГЗК».

Представлено розподіл завантаження асинхронних та синхронних двигунів є необхідною для раціоналізації процесу компенсації реактивної потужності, оскільки вона дозволяє точно оцінити енергетичні потреби та ефективність роботи кожного двигуна [39, 57]. Відстеження завантаження допомагає виявити недовикористання потужностей та оптимізувати розподіл навантаження, що мінімізує втрати електроенергії [60]. Крім того, аналіз статистичних даних дозволяє точно визначити точки, де необхідно встановити компенсаційні пристрої, і обрати їх оптимальні параметри, що підвищує загальну ефективність енергетичної системи. Також це сприяє

запобіганню перенавантаження та зменшенню витрат на електроенергію за рахунок зниження реактивної потужності.

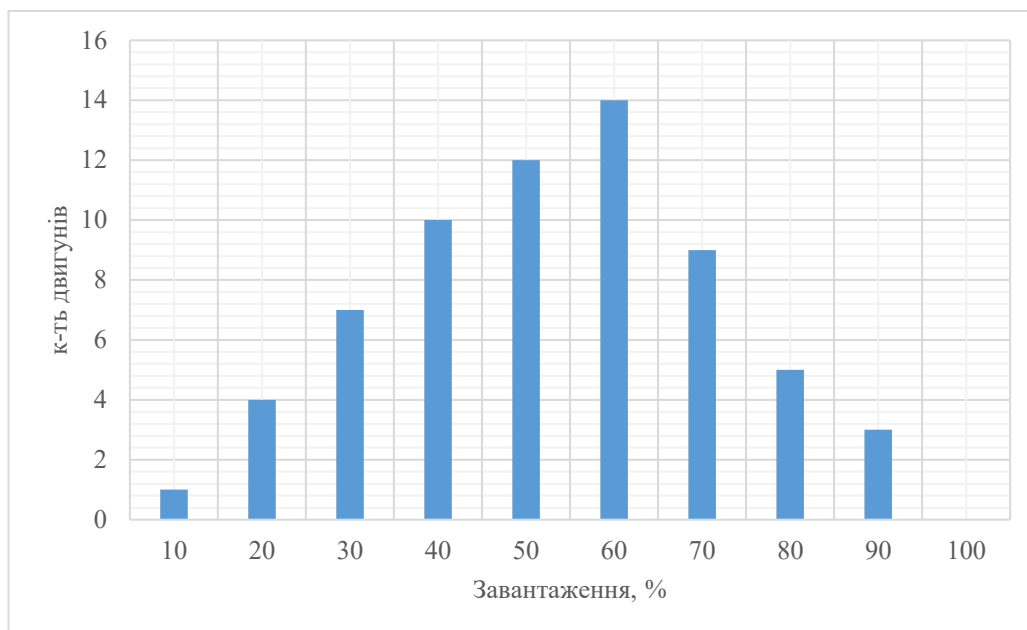


Рисунок 2.5 – Розподілення завантаження синхронних двигунів ПрАТ «ПівніЗК»

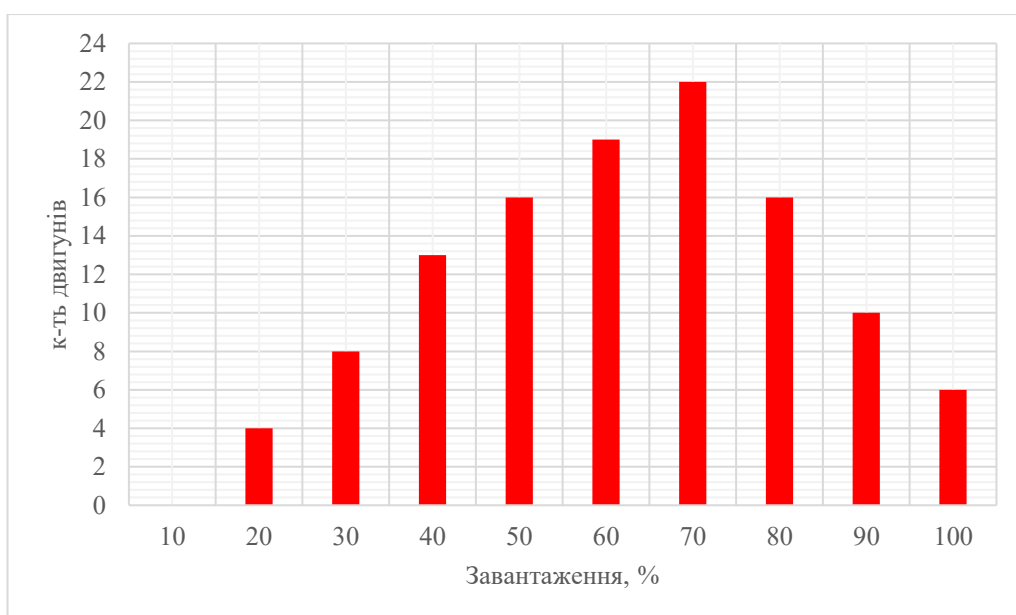


Рисунок 2.6 – Розподілення завантаження асинхронних двигунів ПрАТ «ПівніЗК»

Вплив на струм збудження дозволяє оперативно керувати синхронним двигуном, а саме кількістю реактивної потужності, яку він генерує в мережу. Проте при цьому для забезпечення стабільності та надійності його роботи

необхідно дотримуватись ряду правил. Відповідно, граничне значення повної потужності двигунів, задіяних у процесі компенсації можна визначити наступним чином [61]:

$$S_{\text{crit}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{H}}}{U}\right)^2 S_{\text{H}}^2 \left(1 + \frac{t_{\text{cr}}^{\circ} - t_{\text{r}}^{\circ}}{\Delta t_{\text{cr}}^{\circ}}\right)}, \quad (2.26)$$

де  $t_{\text{cr}}^{\circ}$  – гранично допустима температура охолоджуючого повітря;  $U_{\text{H}}$  – номінальна напруга двигуна;  $\Delta t_{\text{cr}}^{\circ}$  – гранично допустиме перевищення температури обмоток статора.

Показники температури з датчиків СД можуть бути використані як додатковий параметр при керуванні струмом збудження. Температурні процеси важливі для відслідковування, оскільки вони можуть свідчити не лише про перегрів двигуна у випадку несправної системи охолодження, але й слугувати сигналом про його перевантаження. Перевищення допустимих значень температури сигналізує про критичні режими роботи, зокрема перевантаження, і вимагає оперативної реакції по виведенню агрегата з процесу регулювання реактивної потужності [62]. Отже необхідно враховувати температурні обмеження для СД при формуванні допустимого діапазону струму збудження та уникати перегріву обмоток.

Застосування нечіткого керування може бути доцільним в таких умовах, оскільки воно забезпечує гнучку обробку неповних або неточних вимірів температури та автоматично коригує струм збудження з урахуванням багатьох факторів одночасно (температура, напруга, навантаження тощо), що підвищує стійкість та адаптивність системи керування. Окрім цього, слід брати до уваги чисельність двигунів, залучених до процесу компенсації, та рівень їхнього поточного навантаження. Визначити це можна, враховувавши завантаженість наявних СД, оскільки це прямо впливає на потенціал їх використання у компенсаційних процесах [64].

У випадках, коли регулювання реактивної потужності здійснюється сукупністю синхронних двигунів різної або однакової номінальної

потужності, ключовою є вимога забезпечення їх однаковим відносним завантаженням по повній потужності:

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2} = \text{const}, \quad (2.27)$$

Це, у свою чергу, безпосередньо впливає на сумарну спроможність системи щодо компенсації реактивної потужності за допомогою СД. Використання значної кількості агрегатів дозволяє забезпечити плавне регулювання. Така гнучкість досягається шляхом пріоритетного залучення до процесу машин, що працюють у режимі низького навантаження.

Відомо, що показник коефіцієнта кореляції Пірсона  $\chi^2$  визначається як:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f - f^*)^2}{f^*}, \quad (2.28)$$

де  $f$  – емпіричні частоти,  $f^*$  – теоретичні частоти.

У таблиці 2.6 подано значення коефіцієнтів кореляції Пірсона для рядів емпіричних значень даних.

Таблиця 2.5. Значення коефіцієнтів кореляції Пірсона для рядів емпіричних значень даних СД та АД.

| № Рядів | СД     | АД     |
|---------|--------|--------|
| 1-2     | 0,9907 | 0,9928 |
| 1-3     | 0,9862 | 0,9885 |
| 2-3     | 0,9907 | 0,9822 |

Формула (2.28) може бути використана і для оцінки співпадіння кількох емпіричних рядів даних. Оскільки отримані коефіцієнти вказують на майже повне співпадіння між значеннями у рядах, можливим є їх об'єднання шляхом знаходження простого середнього арифметичного для кожного значення абсциси згідно з формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad (2.29)$$

де  $n$  – кількість значень абсциси  $x$ .

На основі обчислень, наведених у таблиці, побудовані гістограми розподілу навантаження у загальній системі диспетчеризації, які представлені на рис. 2.7, рис. 2.8. Один із показників, які характеризують варіацію всіх варіантів навколо їх середнього, - це середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}. \quad (2.30)$$

Відхилення окремих варіантів від середнього арифметичного нормують за допомогою середньоквадратичного відхилення і називають нормованим відхиленням:

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}. \quad (2.31)$$

Крива нормального розподілу виражається наступним рівнянням [2, 23]:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (2.32)$$

За результатами обчислень для СД побудовані криві нормального та теоретичного розподілу (рис. 2.7, 2.8). Коефіцієнт кореляції Пірсона, обчислений для реальної та теоретичної кривих за формулою (2.28), склав для СД - 0,928, для АД - 0,846. Для АД виконуються аналогічні розрахунки з використанням формул (2.30. – 2.32).

Це дозволяє зробити висновок, що з вказаною ймовірністю можна вважати криві реального розподілу навантаження потужних синхронних двигунів нормальними. Відповідно площа, обмежена кривою нормального розподілу між абсцисами на відстані  $\sigma$  з обох сторін від середнього арифметичного, становить 0,683 площі. Це свідчить про те, що 68,3% усіх досліджених одиниць відхиляється від середнього арифметичного не більше, ніж на  $\sigma$ , отже - знаходиться в межах.  $(\bar{x} \pm \sigma)$ .

У таблицях 2.6 та 2.7 наведено результати обчислення параметрів кривої нормального розподілу навантаження потужних СД та АД відповідно.

Таблиця 2.6 Результати розрахунків параметрів кривої нормального розподілу завантаження потужних синхронних двигунів

| $x$ | $f$      | $x - \bar{x}$ | $t$      | $y$      | $f$      |
|-----|----------|---------------|----------|----------|----------|
| 10  | 0,015385 | -45           | -1,5667  | 0,116926 | 0,105795 |
| 20  | 0,061539 | -35           | -1,21854 | 0,18988  | 0,296196 |
| 30  | 0,107692 | -25           | -0,87039 | 0,273152 | 0,570818 |
| 40  | 0,153846 | -15           | -0,52223 | 0,348087 | 0,813881 |
| 50  | 0,146154 | -5            | -0,17408 | 0,392943 | 0,780333 |
| 60  | 0,215385 | 5             | 0,174078 | 0,392943 | 0,967413 |
| 70  | 0,138462 | 15            | 0,522233 | 0,348087 | 0,743555 |
| 80  | 0,076923 | 25            | 0,870388 | 0,273152 | 0,383069 |
| 90  | 0,046154 | 35            | 1,218544 | 0,18988  | 0,219667 |
| 100 | 0        | 45            | 1,566699 | 0,116926 | 0,068488 |

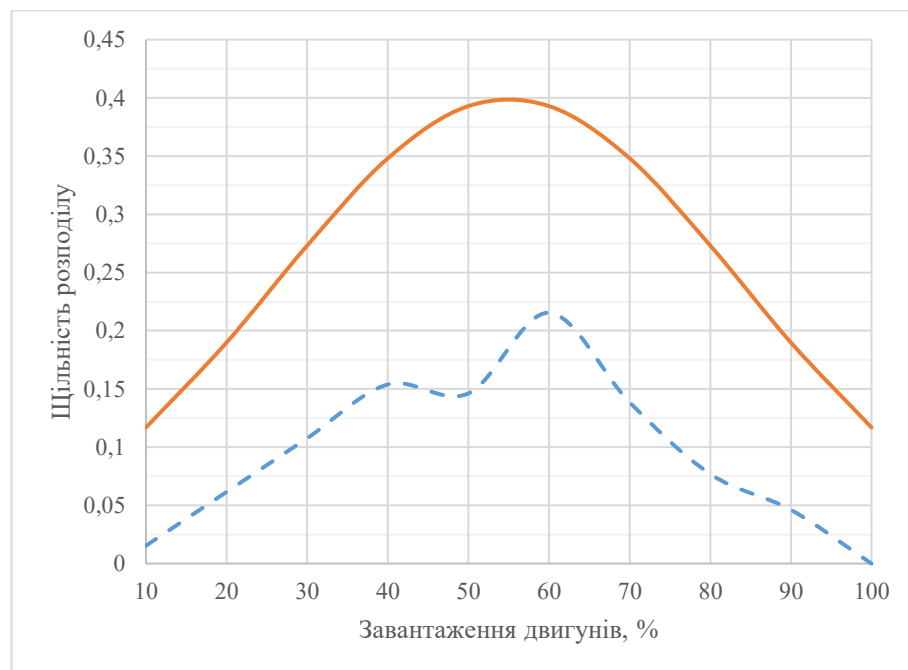


Рисунок 2.7 – Криві реального та теоретичного розподілу навантажень для потужних СД (пунктирна лінія - реальна, неперервна - теоретична). На осі абсцис відкладена завантаженість (%), на осі ординат – щільність розподілу

Таблиця 2.7. Результати розрахунків параметрів кривої нормального розподілу завантаження потужних асинхронних двигунів

| $x$ | $f$    | $x - \bar{x}$ | $t$      | $y$      | $f$      |
|-----|--------|---------------|----------|----------|----------|
| 10  | 0      | -45           | -1,5667  | 0,116926 | 0,043288 |
| 20  | 0,0351 | -35           | -1,21854 | 0,18988  | 0,13301  |
| 30  | 0,0702 | -25           | -0,87039 | 0,273152 | 0,30474  |
| 40  | 0,114  | -15           | -0,52223 | 0,348087 | 0,594729 |
| 50  | 0,1404 | -5            | -0,17408 | 0,392943 | 0,755566 |
| 60  | 0,1667 | 5             | 0,174078 | 0,392943 | 0,873435 |
| 70  | 0,193  | 15            | 0,522233 | 0,348087 | 0,94447  |
| 80  | 0,1404 | 25            | 0,870388 | 0,273152 | 0,755566 |
| 90  | 0,0877 | 35            | 1,218544 | 0,18988  | 0,416467 |
| 100 | 0,0526 | 45            | 1,566699 | 0,116926 | 0,20828  |

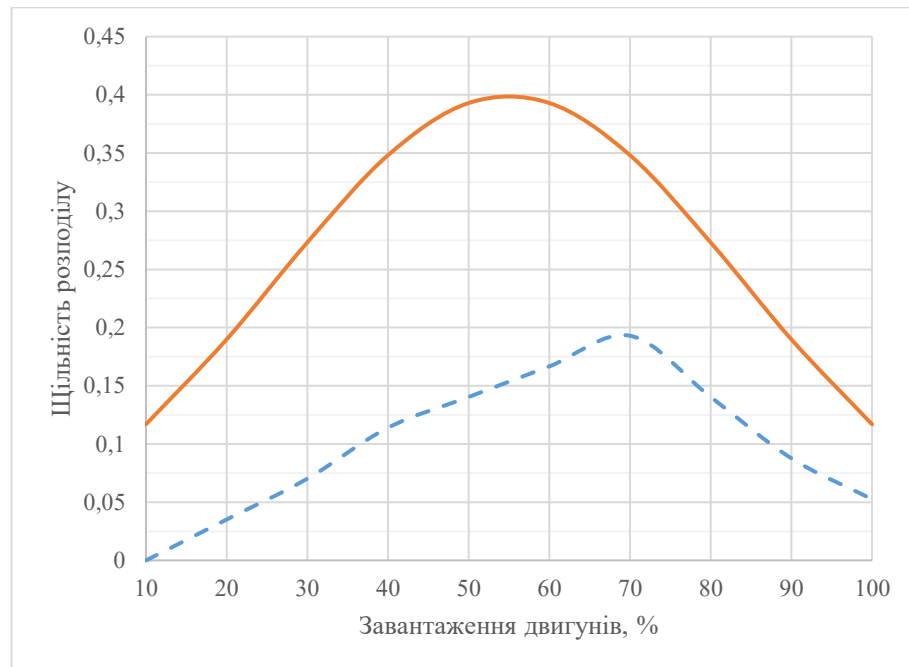


Рисунок 2.8 – Криві реального та теоретичного розподілу навантажень для потужних АД (пунктирна лінія - реальна, неперервна - теоретична). На осі абсцис відкладена завантаженість (%), на осі ординат – щільність розподілу

Попередньо, за викладеним вище можна зробити наступні висновки:

- На підприємствах гірничо-збагачувального комплексу потужні двигуни змінного струму найбільш суттєво впливають на режими електроживлення та кількість використовуваної електроенергії, працюючи з навантаженнями нижче номінальних;

- За допомогою статистичних досліджень було показано, що розподіл навантаження цієї групи двигунів - близький до нормального, визначено середнє значення навантаження та межі відхилень від нього.

- Це дозволяє оперувати конкретними значеннями навантаження при розрахунках, пов'язаних з реальними режимами роботи потужних синхронних двигунів.

- Статистична обробка даних дозволила визначити конкретні значення напруг, з якими можна оперувати в теоретичних та практичних розрахунках для гірничо-збагачувального комплексу.

### **2.3. Дослідження особливостей функціонування електротехнічних комплексів підстанцій гірничо-збагачувального комплексу**

Виконаний аналіз режимів по напрузі живлення на підстанціях ГПП1, ГПП2, ГПП3, ГПП4 і ГПП5 показав наступне: діюче значення напруги живлення в нормальному режимі тобто, поза часом компенсації реактивної потужності на кожній з чотирьох секцій підстанції змінювалося в межах 6,5-5,6кВ; під час компенсації реактивної потужності діюче значення напруги живлення на кожній секції підстанції зростало до величини 6,7-6,9кВ, при чому, на кожен 7-8МВАр реактивної потужності підвищення напруга становила порядку 100В; на підстанціях встановлено 4 силові трансформатори типу ТДГ-6000/150, що мають наступні технічні характеристики:

Група з'єднання –  $Y_0/\Delta$  - II

$U^{**} - 150000 \pm 2 \times 2, 5\% / 660В$

$I_{xx} - 1,3\%$

$$I_{ВН} - 219,9 \pm 243,2 \text{ А}$$

$$I_{НН} - 52 \text{ 50 А}$$

$$U_{КЗ} - 11,8\%$$

$$\Delta P_{XX} - 93,6 \text{ кВт}, \Delta P_{КЗ} - 288 \text{ кВт}.$$

Отже, номінальна вторинна напруга встановлених силових трансформаторів дорівнює 6,6кВ, а переважна більшість СД підстанцій мають  $U_n = 6\text{кВ}$ . Тривала експлуатація СД допустима при величині  $U_q=1,1$ ,  $U_n=6,6\text{кВ}$ , якщо врахувати, що в періоди компенсації реактивної потужності величина напруги живлення становила 6,7-6,9кВ, можна зробити висновок, що такі високі рівні напруги живлення, по-перше, негативно відбиваються на експлуатаційних характеристиках СД, а саме, на температурному режимі, на якості ізоляції, тощо; а по-друге, згідно різко знижують компенсаційні можливості СД. Для вибору технічних заходів, спрямованих на досягнення необхідних рівнів напруги живлення, проаналізуємо процеси, що призводять до зміни напруги живлення [66, 67].

Таблиця 2.8 Паспортні дані трансформаторів

| Тип  | Потужн.,<br>МВА | Напруга обм., кВ |      |               | Втрати,<br>кВт |     | Напруга КЗ, % |     |            | Струм<br>XX,<br>% |
|------|-----------------|------------------|------|---------------|----------------|-----|---------------|-----|------------|-------------------|
|      |                 | ВН               | СН   | НН            | XX             | КЗ  | В-С           | В-Н | Н-Н<br>С-Н |                   |
| ТРДН | 63              | 158              | -    | 6,3<br>(10,5) | 59             | 235 | -             | 10  | 16,5       | 0,65              |
| ТДТН | 63              | 158              | 38,5 | 6,6           | 67             | 285 | 10,5          | 18  | 6          | 0,7               |

В якості прикладу були використані дані за 2023 р. Дані місячного споживання активної та реактивної потужності трансформаторами наведені в додатку А. Як можна побачити з таблиці, коефіцієнти завантаження трансформаторів змінюються в широких межах: 0,0085 - 0,421. Найбільш завантаженими є трансформатори Т-1 та Т-2 на ГПП №1 (0,352 та 0,410). Найменш завантаженими є трансформатори Т-1 та Т-2 на ГЗП №3 (0,0089 та 0,189) та трансформатори Т-1 і Т-3 на ГЗП №4 (0,067 та 0,1).

Одночасно з даними про навантаження двигунів було проведено статистичну обробку даних щодо значень напруги на підстанціях 6 та 10 кВ гірничо-збагачувального комплексу за червень та січень 2023 року. Обробка цих даних показала, що в січні 2023 року реальна напруга на шинах 6 кВ становила  $6,325 \pm 0,207$  кВ, на шинах 10 кВ -  $10 \pm 0,363$  кВ; в червні відповідно -  $6,24 \pm 0,241$  кВ та  $10 \pm 0,377$  кВ. Отже можна сказати, що рівні живлення напруги на шинах 6 та 10 кВ – завищені [67].

Електроприймачі ГЗП за ступенем надійності електропостачання, належать до наступних категорій:

ГЗП №1 – до II категорії;

ГЗП №2 – до I категорії;

ГЗП №3 – до II категорії;

ГЗП №4 – до I категорії (на стороні 35 кВ);

ГЗП №5 – до II категорії.

На всіх підстанціях встановлені трансформатори, паспортні дані яких подано у табл. 2.8. Однолінійні схеми підстанцій наведено в додатку Д.

Те, що відображають дані графіки, наведені нижче, пояснимо на прикладі. Припустимо, завантаження трансформатора по активній потужності складає 24 МВт або  $\bar{P}=0,4$ , тоді за графіком на рис. 2.9 визначаємо, що для того, щоб знизити напругу живлення трансформатора до 0,9 або  $U_c=5,94$ кВ, трансформатор необхідно завантажити індуктивною реактивною потужністю  $\bar{Q}=0,8052$ ;  $S_n=48,3$ МВАр. Або якщо через трансформатор передається в мережу енергосистеми реактивна ємність потужністю  $Q=0,87$ ;  $S_n=52$ МВАр, а завантаження трансформатора за активною потужністю складає  $P=0,4S_n$ , то величина напруги живлення збільшиться до значення 1,1 ( $U_n=7,26$ кВ (див. Рис. 2.9).

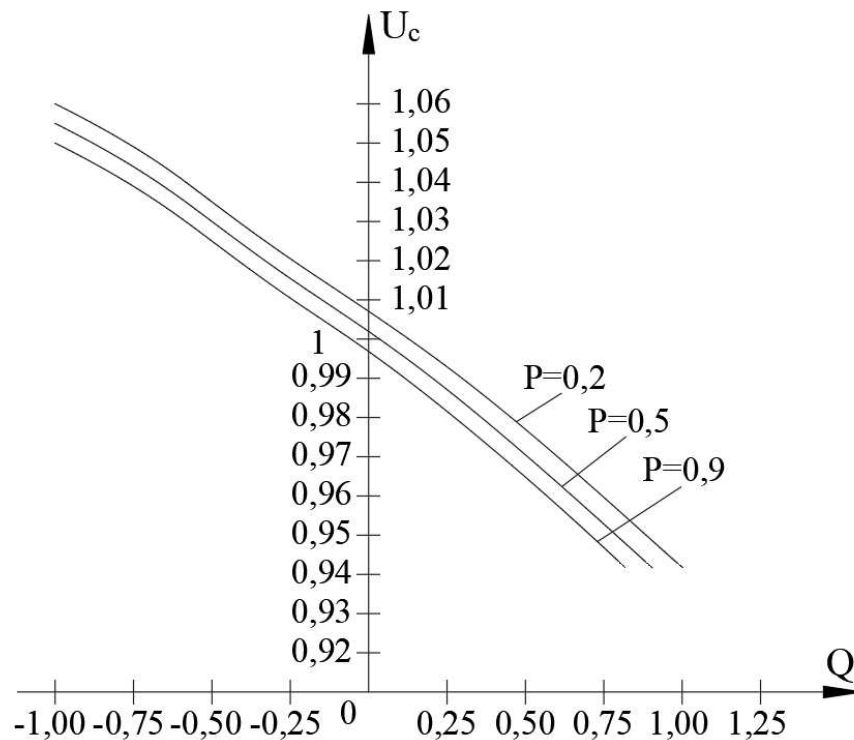


Рисунок 2.9 – Графік залежності  $U_c=f(Q)$  при  $P=\text{const}$  для  $\bar{P}=0,2; 0,5; 0,9$

За графіком на рис. 2.9 можна проаналізувати зміну величини напруги живлення при незмінному завантаженні по активній потужності в залежності від величини, що споживається або віддається в мережу реактивної потужності. Проаналізуємо, використовуючи отримані залежності деякі режими, характерні для електропостачальних мереж підстанцій.

Середнє завантаження трансформатора на підстанції по активній потужності становить 36МВт або  $\bar{P}=0,65$ , то за умови, що напруга на шинах підстанції має залишитися незмінною і рівною  $U_{2\text{трн}}=6,6\text{кВ}$ , трансформатор можна завантажити лише індуктивною реактивною потужністю, і не більше ніж на 3,77% від  $S_n$ , яка йде на покриття втрат у самому трансформаторі та синхронних машинах, при генерації ж ємносної реактивної потужності неминуче підвищення напруги [68, 69]. Як уже було сказано вище, при генерації через трансформатор ємнісної реактивної потужності  $Q=52\text{МВАр}$ , напруга на шинах підстанцій підніметься до значення  $U_c=7,26\text{кВ}$ , збільшення напруги відбулося на 660В, тобто, на кожні 7-8МВАр реактивної потужності збільшення напруги відбувається на 100В, що підтверджують дослідження

[60]. Отже, можна сказати, що отримані залежності дозволяють з достатньою для практичних цілей точністю виконувати аналіз кількісних співвідношень між споживаною та реактивною потужністю напруги живлення.

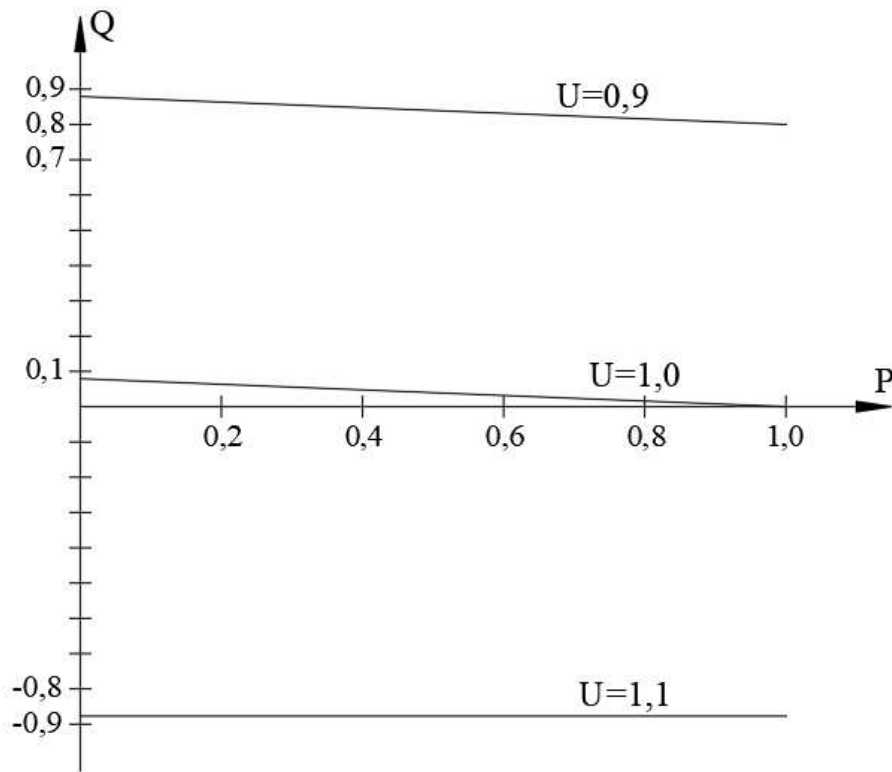


Рисунок 2.10 – Графік залежності  $Q=f(P)$  при  $U_c=\text{const}$  для  $U_c=0,9; 1,0; 1,1$

З графіків на рис. 2.10 можна зробити висновок, що навіть при завантаженні трансформатора активною потужністю на 90%  $S_n$  при генерації реактивної потужності  $Q=8\text{МВАр}$ , що відповідає середньому значенню для підстанції, підвищення напруги буде на 2% від  $U_n$  або на 130В.

Отже, виконаний вище аналіз режимів електропостачання підстанції по напрузі живлення, дозволяє зробити наступні висновки:

- Високі рівні напруги обумовлені насамперед неправильним вибором силових трансформаторів по вторинній напрузі;
- Підвищення напруги на шинах підстанції в режимах компенсації реактивної потужності до рівнів вище допустимих згідно з ПУЕ, з одного боку, знижує компенсаційні можливості синхронних машин, а з іншого, негативно впливає на експлуатаційні характеристики СД [65].

- Штучне зниження рівня напруги живлення в режимі компенсації реактивної потужності шляхом більшого завантаження трансформаторів по активній потужності або включенням послідовно в ланцюг реакторів неприйнятно в силу вище викладених причин.

Отже, з технічних заходів, що дозволяють знизити рівні напруги в режимі компенсації реактивної потужності, можна розглянути два варіанти:

- Заміна силових трансформаторів на трансформатори, укомплектовані регулятором напруги під навантаженням з вторинною номінальною напругою 6,0кВ;

- Введення в ланцюг трансформатора джерел напруги, що працюють як проти ЕРС основної фази напруги. Як таке джерело використовуємо трансформатор напруги типу ТМП-4000/І0УА, для якого  $P_n=4000\text{кВА}$ ,  $U_{вн}=6,6\text{кВ}$ ,  $U_{нп}=570\text{В}$ .

При другому варіанті буде зниження живлячої напруги на 370В, що дозволить збільшити максимальне значення реактивної потужності синхронних машин серії СТД на 17-30% від діючої.

На рис. 2.11 наведені графіки (у відносних одиницях отриманої залежності) максимально наявної потужності СД при заданому завантаженні від величини підведеного до СД напруги живлення.

За наявності регульованого джерела напруги живлення і використовуючи графіки на рис. 2.19 і 2.10 можна визначити раціональні рівні напруги живлення. Для цього за графіком на рис. 2.11 для кожного СД, який включається до режиму компенсації реактивної потужності, за заданими  $\beta$  і  $U_q$  визначаємо величину  $Q_m$ . Потім знаходимо сумарне значення генерованої реактивної потужності  $\sum Q$ . За графіком на рис. 2.11 або використовуючи залежність за відомою величиною завантаження трансформатора по активній потужності і  $\sum Q$  знаходимо очікуваний рівень напруги живлення. Якщо він перевищує допустимий для СД на величину  $\Delta U$ , зниження напруги на величину  $\Delta U$  відпрацьовуємо за допомогою регулятора напруги силового трансформатора.

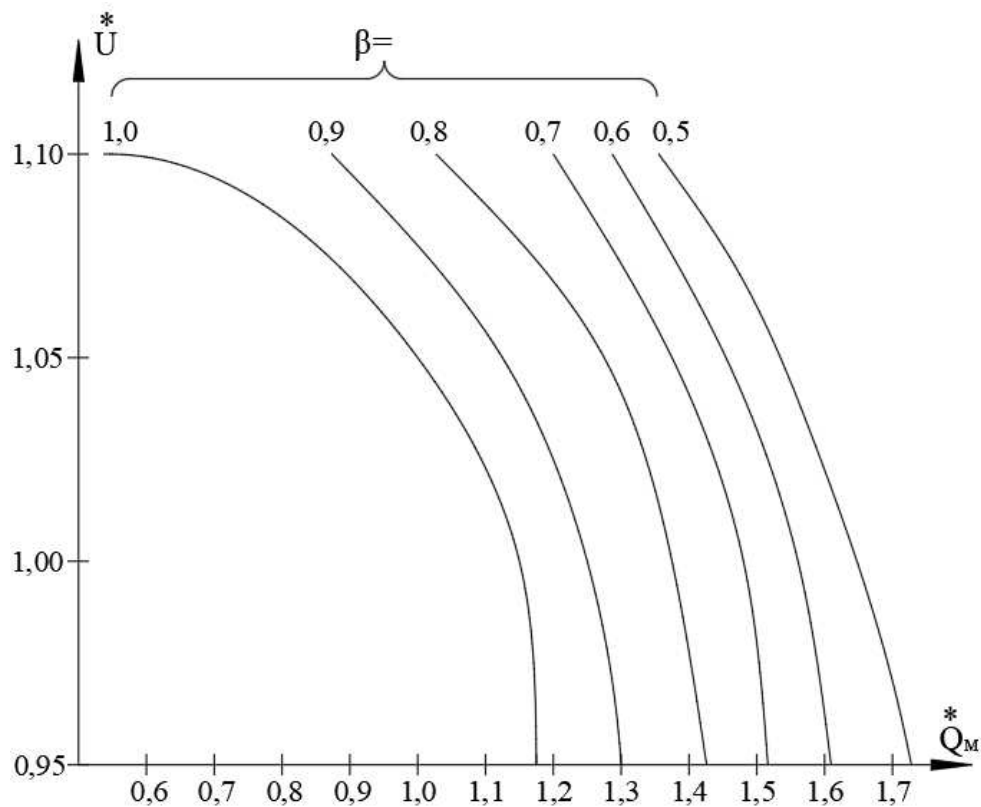


Рисунок 2.11 – Графік максимальної наявної потужності СД при заданому завантаженні від величини підведеного до СД напруги живлення

Отже, аналіз місячних рівнів споживання активної та реактивної потужності дозволив виявити значне недозавантаження трансформаторів 6(10) кВ, встановлених на головних знижувальних підстанціях. Відносний рівень їх завантаження знаходиться в діапазоні 0,0085–0,421, що свідчить про суттєвий дисбаланс між встановленою потужністю та фактичними навантаженнями. В умовах такого недозавантаження магнітний струм холостого ходу трансформаторів становить значну частку загального струму, що призводить до підвищеного споживання реактивної потужності. За оцінками, додаткове споживання реактивної потужності внаслідок роботи трансформаторів у зазначеному режимі може зростати приблизно на 20–30%. Це створює додаткове навантаження на електромережу, підвищує втрати

енергії та вимагає розробки заходів для оптимізації режимів роботи трансформаторного обладнання.

#### **2.4. Висновки до розділу 2**

Отже, за результатами виконання 2-го розділу дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Було проведено дослідження статистичних даних енергоспоживання ГЗП підприємства ПрАТ «ПівнГЗК» у місті Кривий Ріг. Оцінка отриманих даних включала в собі аналіз щоденних і щомісячних показників споживання електроенергії (з фіксацією кожні півгодини). Застосовуючи поєднання стохастичних складових та гармонійного аналізу Фур'є сформовано нові синергетичні підходи щодо ефективності споживання ЕЕ в сенсі дослідження реактивної потужності. Для усіх досліджуваних об'єктів виявлено добову періодичність у коливаннях споживання реактивної потужності (наприклад, для ГЗП №2 добові коливання споживання могли бути в межах 23647,2-34411,68кВт і 6958-11285кВАр для активної та реактивної потужності відповідно), що у подальшому дозволяє обрати відповідні параметри компенсаторів.

2. На основі статистичних даних завантаження СД встановлено критерій нормального розподілу на рівні 50-70% (за середньоквадратичним відхиленням). Виконана параметрична ідентифікація подібних двигунів потужністю більше 100кВт дозволяє перейти до більш точної оцінки потенціалу використання СД у процесі компенсації реактивної потужності. Аналогічно проаналізовані рівні завантаження наявних АД дозволили отримати критерій нормального розподілу їх більшої частини на рівні 40-60% (за середньоквадратичним відхиленням). Подальша параметрична ідентифікація подібних двигунів потужністю більше 100кВт дозволить орієнтовано визначити рівні споживання реактивної потужності кожним вузлом підстанції.

3. За результатами комплексної оцінки схем електропостачання та оцінювання місячних рівнів споживання активної і реактивної потужності виявлено недовантаження силових трансформаторів 6(10) кВ головних знижувальних підстанцій, коефіцієнт завантаження яких коливається в межах 0,0085–0,421. Встановлено, що функціонування в такому режимі спричиняє зростання питомого споживання реактивної потужності орієнтовно на 20–30%. Виявлений режимний дисбаланс підтверджує необхідність відходу від традиційних методів компенсації реактивної потужності та вказує на потребу в розробці адаптивних алгоритмів для підвищення показників енергоефективності ГЗК шляхом керування компенсаційними пристроями.

### РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕАКТИВНОЮ ПОТУЖНІСТЮ КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ

#### 3.1. Ідентифікація параметрів потрібної встановленої потужності компенсаційних пристроїв

Загальна величина реактивної потужності на головних знижувальних підстанціях у будь-який момент часу, як було доведено в попередньому розділі, є випадковою величиною і залежить від режимів роботи великої кількості споживачів. Протягом часу кількість споживачів і їх потужності змінюються відповідно до теореми Лапласа (якщо випадкова величина дорівнює сумі великої кількості слабо залежних одна від одної випадкових величин, кожна з яких вносить у загальний результат невеликий внесок, то вона має нормальний закон розподілу). Отже, з високою долею ймовірності, споживання реактивної потужності на великих підстанціях підпорядковується розподілу Гаусса (рис. 3.1) [57, 58]. Відповідні результати стосовно ГЗП №1-№5 ПрАТ «ПівнГЗК» в зимовий та літній періоди роботи наведені в додатку А.

Щільність розподілу дорівнює:

$$p(Q) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(Q-M)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  - значення реактивної потужності (випадкова величина);  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення випадкової величини;  $M$  - математичне очікування випадкової величини

Для великих підприємств існують періоди, які залежать від пори року, технологічного процесу, протягом яких споживання реактивної потужності є стаціонарним процесом, тому можна перейти до усереднення цього параметру за часом [73, 74]. Це означає, що ймовірність того, що в даний момент часу буде споживатися певна потужність, буде дорівнювати відносній тривалості споживання цієї потужності.

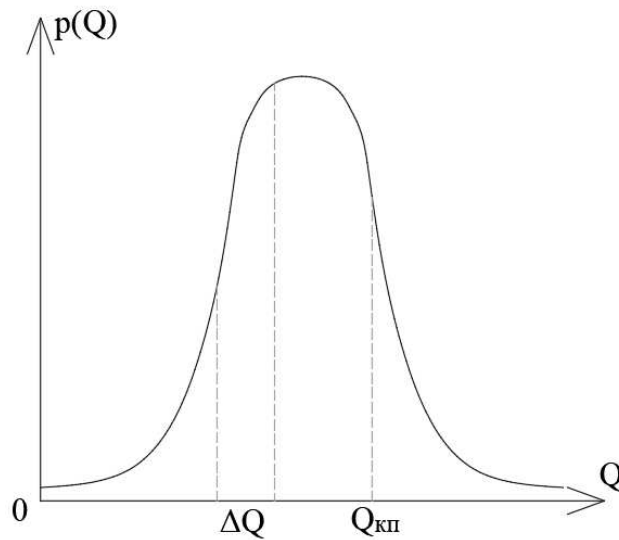


Рисунок 3.1. – Гауссовий розподіл споживання реактивної потужності

Абсолютний час споживання реактивної потужності визначеної величини дорівнює:

$$t(Q) = F(Q) \cdot T, \quad (3.2)$$

де  $T$  - інтервал стаціонарного та ергодичного навантаження;  $F(Q)$  - ймовірність споживання реактивної потужності  $Q$ .

Ймовірність потрапляння випадкової величини в заданий інтервал дорівнює площі фігури, обмеженої кривою розподілу. При наближенні інтервалу до нуля  $\Delta Q \rightarrow 0$  (рис. 3.1), отримуємо значення ймовірності неперервної величини:

$$F(Q) = p(Q) \cdot dQ, \quad (3.3)$$

Отже:

$$t(Q) = T \cdot p(Q) \cdot dQ. \quad (3.4)$$

Споживана від цього рівня реактивна потужність:

$$W = Q \cdot t(Q), \quad (3.5)$$

Тоді повна споживана енергія за весь інтервал дорівнює:

$$WQ = \int_0^{\infty} T \cdot Q \cdot p(Q) dQ. \quad (3.6)$$

Це дозволяє обрати середнє значення споживчої потужності за інтервал дослідження. При помилці у виборі потужності на 5% вартість збільшиться не більше, ніж на 5% від оптимального значення. Однак, як у нашому випадку, спостерігається сезонна зміна рівнів споживання реактивної потужності від 1900 кВАр·год до 3900 кВАр·год, або від 8% до 15%, що, в свою чергу, суттєво збільшує плату для підприємства. З метою врахування цієї сезонної зміни було запропоновано нове рішення щодо вибору компенсаційних рівнів на основі закону нормального розподілу.

На основі викладеного, пропонується нова методика вибору компенсаційних рівнів, основні положення якої ілюструються рис. 3.2.

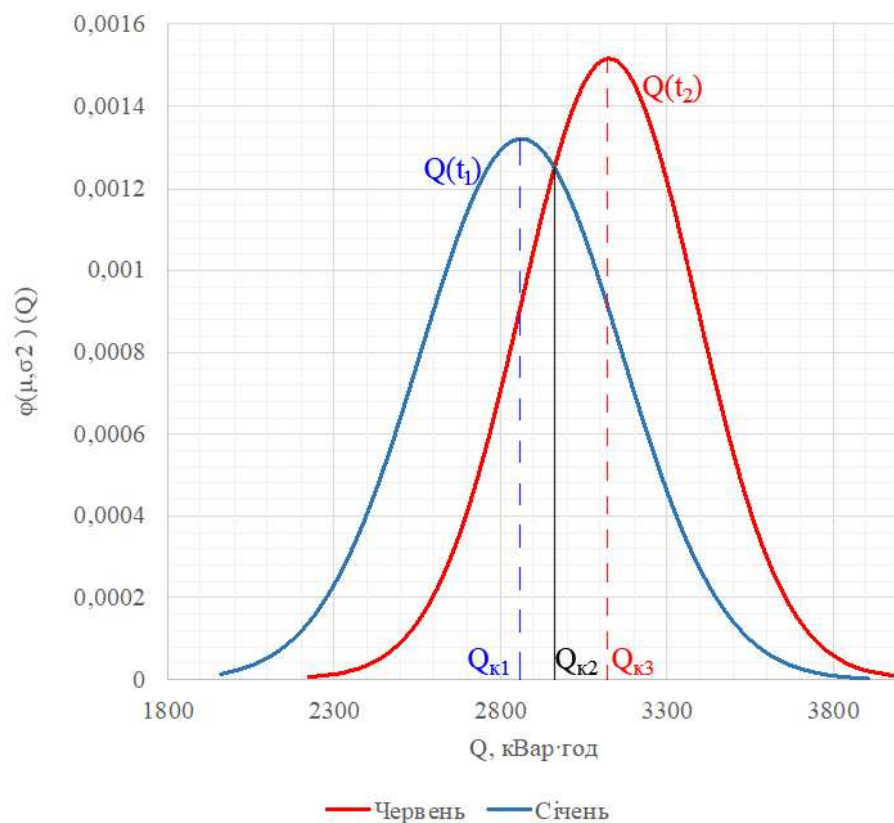


Рисунок 3.2. – Визначення основних раціональних рівнів компенсації за Гаусовим розподілом

Згідно рис. 3.2 і враховуючи зимовий та літній період роботи, маємо три характерні точки – два максимуми, які стосуються точок  $Q_{K1}$  і  $Q_{K3}$  і точка

пересічення характеристик  $Q(t_1)$  та  $Q(t_2)$ , яка відповідає значенню  $Q_{k2}$ . Тобто можна визначити три раціональні рівні компенсації, які характерні цим трьом точкам. При цьому вибираються потужності КБ, найбільш наближені до максимумів  $Q_{k1}$  та  $Q_{k3}$  і точки  $Q_{k2}$  на інтервал стандартного відхилення  $\pm\sigma$ . Значення вказаних максимумів є оптимальними для вибору потужностей конденсаторних батарей.

На основі статистично обґрунтованих значень рівнів споживання реактивної потужності реалізується методика використання конденсаторних батарей для компенсації її основної частини. Для досягнення більш високої точності роботи систему компенсації доцільно розширювати інтеграцією синхронних двигунів [76]. Синхронні двигуни, через свою здатність генерувати реактивну потужність при змінних вимогах навантажень, доповнюють процес компенсації і дозволяють забезпечити плавність регулювання в реальному часі [81, 83]. Тобто вони генерують реактивну потужність у ті моменти, коли можливості КБ вичерпані [77, 78]. Тому метод регулювання реактивної потужності на основі статистичних даних, шляхом комбінування КБ та СД, дозволить підвищити енергоефективність та точність функціонування системи.

Витрати підприємств на оплату реактивної потужності залежать від ефективності використання компенсаційних пристроїв, які здатні знижувати неактивну складову потужності, що циркулює у системі електропостачання. За умови правильної конфігурації та розміщення таких пристроїв у вузлах мережі, рівень реактивної потужності може бути оптимізованим, що мінімізує фінансові витрати на її оплату. Тому ефективність впровадження компенсаційних пристроїв значною мірою залежить від детального аналізу енергоспоживання, математичного моделювання та оптимального розрахунку їх параметрів.

При компенсації реактивної потужності виникають втрати в компенсаційних установках, але знижуються втрати на трансформаторах та

живленні лініях, тому вартість загальних втрат може бути як позитивною, так і негативною в залежності від співвідношення компонентів.

Одним з головних факторів у цьому випадку є плата за реактивну енергію, яка визначається за діючою методикою та тарифами. Згідно з нормативною методикою, для умов ПрАТ "ПівнГЗК" плата за споживання та генерацію реактивної енергії для ГЗП за тарифами різних років була розрахована та подана в додатку Б.

При використанні компенсаційних пристроїв плата за реактивну потужність, відповідно до наведеної методики розрахунків, змінюється за складною нелінійною залежністю. У визначеному вузлі мережі комбінату проводиться аналіз місячної динаміки споживання реактивної потужності з урахуванням денної та нічної тарифних зон. На рис. 3.3 показано характер зміни плати за реактивну потужність (В, грн) залежно від обраного компенсаційного пристрою  $Q_k$  (кВАр) з врахуванням добової диференціації тарифу на реактивну потужність.

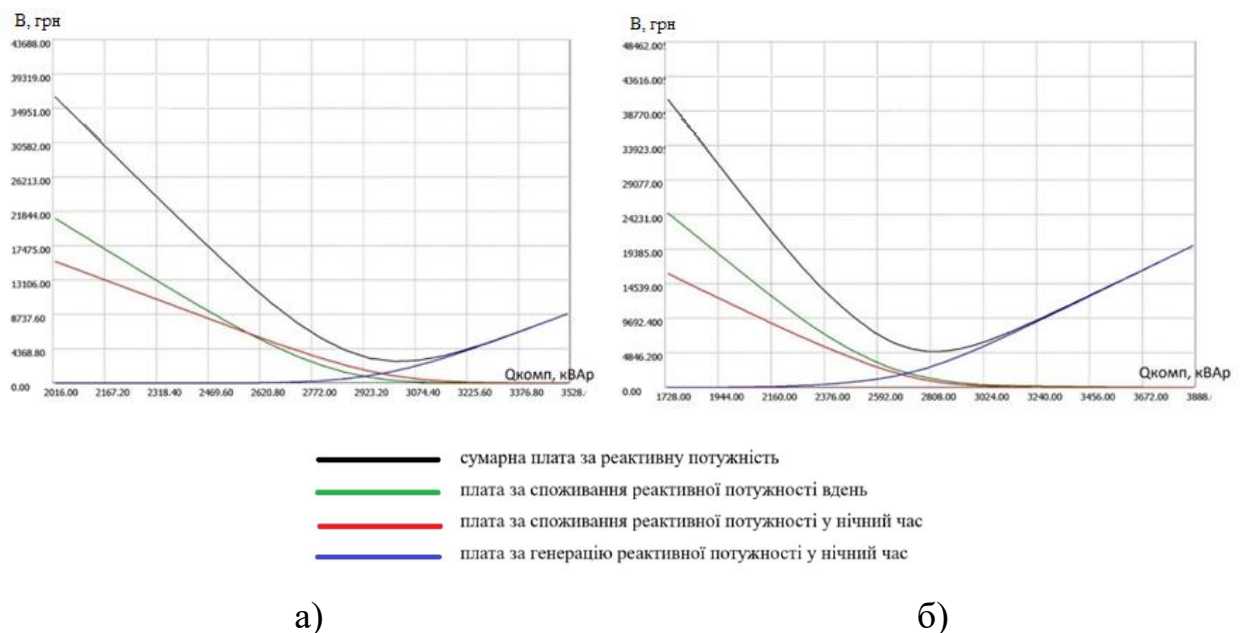


Рисунок 3.3 – Економічне обґрунтування вибору рівнів компенсації для точки ГЗП №1; а) – червень; б) – січень.

Дані графіки додатково можуть бути економічно обґрунтованою основою для вибору потужності компенсаційного пристрою, який забезпечує мінімум сплати за реактивну потужність [30].

Доцільним також є розгляд вартості одиничних базових значень конденсаторних батарей (Грн./кВАр), в залежності від необхідної їх потужності. Графік залежності вартості компенсаційних пристроїв за 1 кВАр від їхньої потужності є ефективним інструментом для оптимізації витрат на модернізацію систем електропостачання. За допомогою нього можна оцінити, як змінюється ціна одиниці реактивної потужності залежно від загальної потужності пристрою, що дає змогу обирати найбільш економічно вигідні варіанти обладнання для конкретних умов експлуатації.

Крім того, графік допомагає виявити точку економічної доцільності – потужність, за якої співвідношення ціни та ефективності пристрою є оптимальним. Це особливо важливо для нашого випадку, де заходи з компенсації реактивної потужності потребують раціональних рішень [80, 85]. Такий аналіз дозволяє врахувати не лише початкові капіталовкладення, але й потенційні економії за рахунок зменшення витрат на оплату реактивної потужності впродовж експлуатації.

Якщо при розподілі конденсаторів у мережах розрахункова потужність батареї на окремих ділянках виходить менш вказаних величин, то на цих ділянках конденсатори не встановлюються, а отримана розрахункова потужність конденсаторів перерозподіляється поміж близько розташованими та більш потужними батареями шляхом пропорційного збільшення їх потужності.

При вирішенні питання про доцільне розміщення конденсаторів доводиться стикатися з двома суперечними факторами: ступенем розвантаження елементів мережі від реактивної потужності, з одного боку, і ступенем використання конденсаторів і відносною вартістю конденсаторної установки, тобто вартістю одного усталеного кіловольт-ампера (реактивного), - з іншого. Так, проаналізувавши вартість конденсаторних

батареї 380В та 6кВ трьох фірм станом на 2024-й рік, отриманий графік таких залежностей (рис. 3.4) [71, 72].

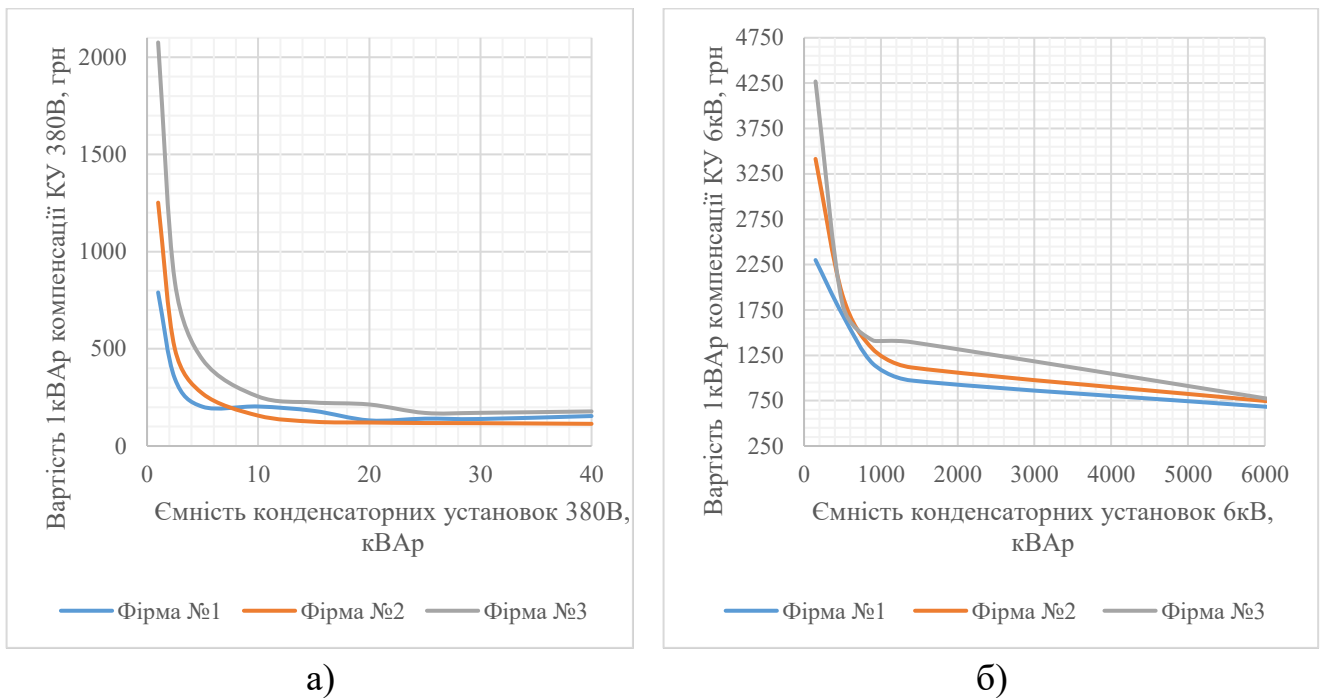


Рисунок 3.4. – Залежність плати за 1кВАр компенсації конденсаторними батареями: а) – конденсаторних установок 380В; б) – конденсаторних установок 6кВ

З графіку можна побачити, що спільним для КБ 6кВ та 0,4кВ є висока вартість установок компенсації «малої» потужності. Це можна легко пояснити тим, що затрати на виготовлення умовної одиниці ємності КБ (додатково комутаційної, захисної апаратури) вище, ніж масштабування потужностей КБ. Додатково з цього графіка можна оцінити раціональність витрат на одну ступінь більшої потужності з нижчою вартістю грн/кВАр, або 2-3 з більш високою вартістю у перерахунку у грн/кВАр. Це також додатковий момент, який для кожного випадку потребує індивідуального перегляду. Для нашого випадку в результаті аналізу добових графіків споживання було виявлено для кожного випадку використання 2-3 ступеней КБ для 6кВ та 0,4кВ.

Вибір типу КБ здійснюється відповідно до індивідуальних технічних і технологічних умов та ілюструється рис. 3.5.

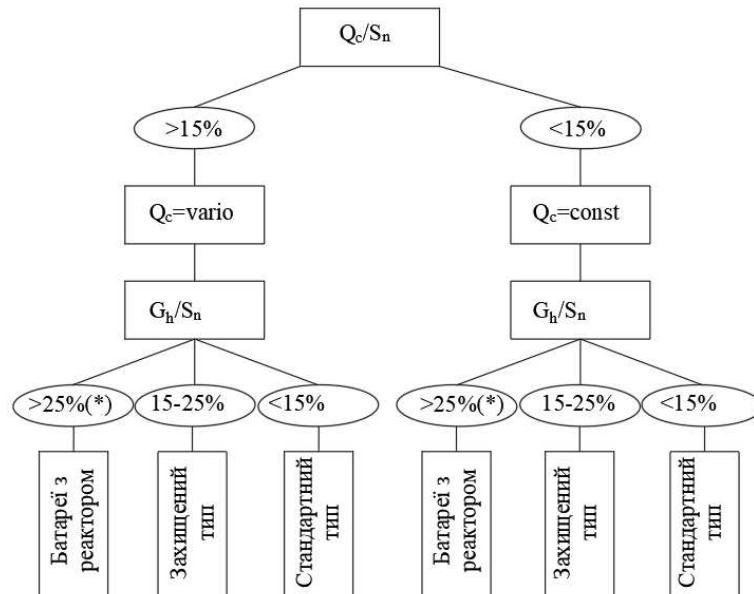


Рисунок 3.5 – Умови вибору типу конденсаторних батарей:

$Q_c$  – ємність конденсаторних батарей;  $S_h$  – загальна потужність системи;  $G_h$  – потужність перетворювачів (тиристорних).

Примітка\* Якщо  $G_h/S_h > 60\%$  - потрібні спеціальні дослідження

Отже, для підвищення енергоефективності систем електропостачання запропоновано вдосконалену методику вибору компенсаційних рівнів, яка базується на статистичній обробці сезонних графіків навантаження з використанням нормального (Гауссового) закону розподілу. Адекватність застосування такого підходу полягає в тому, що вибір саме трьох ступенів конденсаторних установок дозволяє з максимальною статистичною ймовірністю перекрити три ключові зони щільності розподілу реактивної потужності: базове (міжсезонне) споживання, математичне сподівання (найбільш ймовірне навантаження) та сезонні пікові відхилення.

Не менш важливим є те, що з точки зору економічної ефективності, дослідження графіка функції витрат – залежності сумарної вартості від встановленої потужності компенсаційного пристрою – доводить наявність яскраво вираженого мінімуму, який має сезонний характер зміни.

Відповідно, з точки зору економічної ефективності рекомендовано обирати 3 ступені конденсаторних установок, які забезпечують мінімальний показник грн/кВАр для реактивної потужності. Отже, запропонована з використанням Гаусовського розподілу вдосконалена методика вибору компенсаційних рівнів дає комплексне врахування стохастичної природи сезонних навантажень, і забезпечує найбільш вигідне використання КБ.

Відповідно, набутий подальшого розвитку підхід щодо вибору потужностей компенсаційних пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, який враховує сезонні та добові стохастичні коливання енергоспоживання та диференціацію добових тарифів електроенергії, в результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсаційних пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат.

### **3.2. Визначення критерію оптимізації енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями**

Визначення оптимальних рівнів компенсації реактивної потужності є необхідною, проте недостатньою умовою для комплексної оптимізації енергетичних режимів промислового підприємства. Об'єктивна оцінка енергоефективності потребує обов'язкового врахування додаткових втрат активної потужності, що виникають безпосередньо в КБ та СД під час їхньої роботи для компенсації реактивної потужності.

Ігнорування факту активних втрат призводить до суттєвих похибок у розрахунках фактичного економічного ефекту та перешкоджає досягненню максимально раціонального енергобалансу електроенергетичного комплексу. Такий підхід дозволяє чітко верифікувати межу рентабельності, за якою вартість додаткових активних втрат у компенсуювальних пристроях може перевищити фінансову вигоду від розвантаження мережі від реактивних перетоків. Визначення цього балансу є базовим критерієм для оптимізації

режимів роботи електротехнічного комплексу, що гарантує досягнення максимального економічного ефекту в умовах реального виробництва.

Відповідно за тарифними даними було побудовано графік додаткових витрат за активну потужність на компенсацію СД та КБ в порівнянні зі сплатою за спожиту реактивну потужність на рис. 3.6.

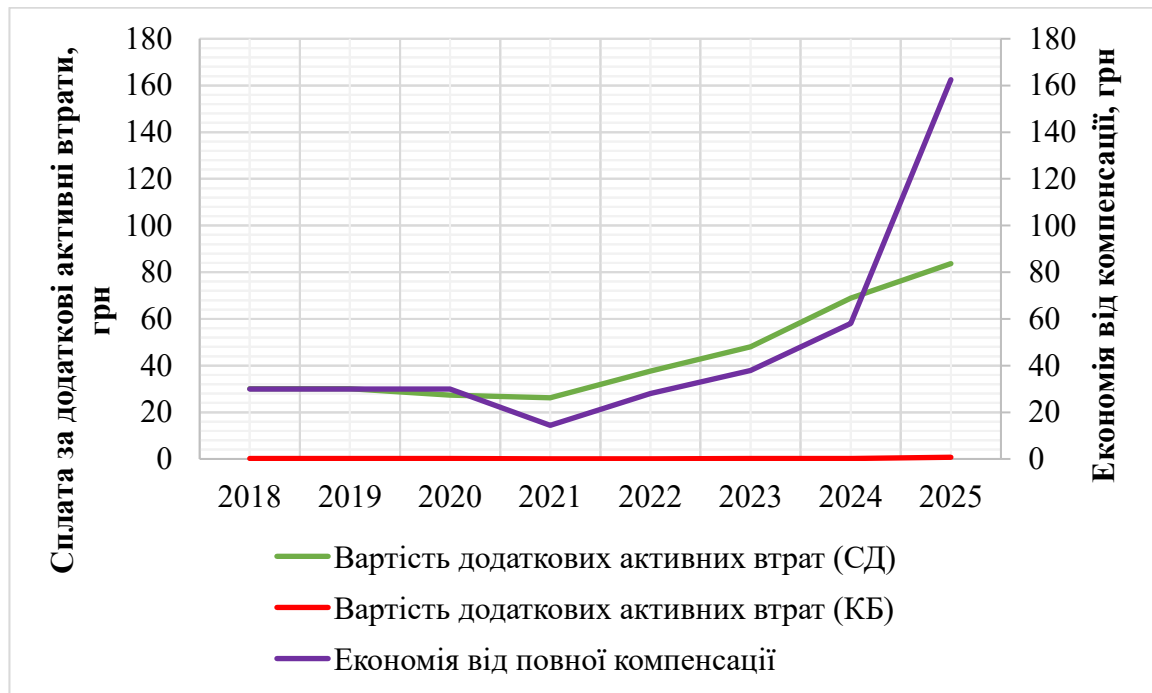


Рисунок 3.6 – Сплата за додаткові активні втрати та економія від компенсації реактивної потужності

Пояснити рис. 3.6 можна наступним чином: в середньому активні втрати для КБ становлять 2-4,5 Вт/кВАр, для СД – 13 Вт/кВАр [6]. Враховуючи диференціацію тарифів на ЕЕ, рисунок демонструє сплату за додаткові активні витрати (на СД та КБ) на компенсацію «умовних» 1000кВАр реактивної потужності. Згідно з наведеними даними, можна стверджувати, що компенсація реактивної потужності за допомогою КБ більш вигідна, тоді як використання СД потребує вищого тарифу на реактивну потужність для досягнення рентабельності. Проте це не означає що СД не доцільно використовувати для компенсації РП. СД дозволяє плавно

регулювати реактивну потужність і в умовах її гострого дефіциту (неможливості споживання з енергосистеми) для підтримки необхідної технології базового виробництва, використання цього способу може стати незамінним. Саме тому впровадження в процес керування СД повинно супроводжуватися спеціальними оптимізаційними розрахунками, враховуючи діючі тарифи і можливі штрафні санкції енергосистеми за перевищення ліміту споживання РП.

Запропонований підхід вибору основних компенсаційних рівнів і варіантів компенсації дозволить сформувати основний критерій оптимізації ефективності вдосконаленої системи, яка розробляється.

Регулювання потужності конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності є важливим заходом, спрямованим на підвищення енергоефективності систем електропостачання. Регулювання потужності конденсаторних батарей дозволяє підтримувати майже оптимальний рівень споживання системою реактивної потужності [78]. Використання декількох СД в такому разі дозволить плавно коригувати реактивну потужність. Саме завдяки такому спільному використанню цих компенсаційних пристроїв і буде забезпечено оптимізацію процесу компенсації реактивної потужності.

Ефективне застосування компенсаційних пристроїв (КБ та СД) у розподільних мережах має на меті дві основні цілі: зменшення потужності реактивного навантаження на вводі підстанції та мінімізацію активних втрат у мережі [79]. Відповідно, оптимізаційний критерій можна сформувати як комплексну задачу, у якій необхідно одночасно мінімізувати два показники: споживання реактивної потужності від джерела ( $Q_{ВХ}$ ) і суму активних втрат у всіх компенсаційних елементах мережі ( $P_{\text{комп\_СД\_КБ}}$ ). Зменшення реактивної потужності на вводі призводить до зменшення струмових потоків і, як наслідок, зниження втрат енергії в провідниках. У комплексному підході задачу можна формалізувати як мінімізацію функції  $F[P_{\text{комп\_СД\_КБ}}(x), Q_{ВХ}(x)] \rightarrow \min$ , де  $x$  – регулюючий вплив (стани КБ та СД). Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінювати питому ефективність компенсації, відстежуючи не

лише абсолютне значення скомпенсованих кВАр, а й наслідок використання КП у вигляді додаткових втрат активної потужності (кВт), що виникають компенсаційних пристроях.

Для реалізації запропонованої цільової функції введемо наступний вираз, який дозволяє визначити ефективність скомпенсованого значення реактивної потужності, з втратами активної потужності, приведені в відносних значеннях:

$$W(x) = w_1 \frac{P_{\text{комп сд кб}}(x)}{P_{\text{норм}}} + w_2 \frac{Q_{\text{вх}}(x)}{Q_{\text{норм}}}, \quad (3.7)$$

де  $P_{\text{комп сд кб}}(x)$  та  $Q_{\text{вх}}(x)$  – відповідно активні втрати та реактивна потужність на вводі при регулюючому впливі  $x$ ;  $P_{\text{норм}}$ ,  $Q_{\text{норм}}$  – величини (наприклад, базові значення), до компенсації;  $w_1$ ,  $w_2$  – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритет кожного показника.

Вибір вагових коефіцієнтів може залежати від технічних або економічних пріоритетів (наприклад, вартість втрат енергії або обмеження на реактивний потік). Однак важливо уточнити, що не на всіх КП є можливість встановити лічильники. Тому значення  $P_{\text{комп сд кб}}$  повинно бути пов'язано тільки з роботою КП.

Відповідно, якщо  $P_{\text{норм}}$ ,  $Q_{\text{норм}}$  – це початкові показники, то  $P_{\text{комп сд кб}}$  можна виразити як суму втрат в компенсаційних пристроях:

$$P_{\text{комп сд кб}} = P_{\text{норм}} + \left( \sum_{i=1}^n P_{\text{кб } 0,4\text{кВ}} + \sum_{i=1}^j P_{\text{кб } 6\text{кВ}} + \sum_{i=1}^m P_{\text{сд } 6\text{кВ}} \right), \quad (3.8)$$

де, відповідно  $P_{\text{кб } 0,4\text{кВ}}$  – активні втрати в КБ 0,4кВ, кВт;  $P_{\text{кб } 6\text{кВ}}$  – активні втрати в КБ 6кВ, кВт;  $P_{\text{сд } 6\text{кВ}}$  – активні втрати в СД 6кВ, кВт.

А значення  $Q_{\text{вх}}$ , в свою чергу, можна визначити за наступним значенням:

$$Q_{\text{вх}} = Q_{\text{норм}} - \left( \sum_{i=1}^n Q_{\text{кб } 0,4\text{кВ}} + \sum_{i=1}^j Q_{\text{кб } 6\text{кВ}} + \sum_{i=1}^m Q_{\text{сд } 6\text{кВ}} \right). \quad (3.9)$$

Додатково необхідно оцінити значення сплати за активні втрати та за залишкову РП після компенсації:

$$C = \frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{д}}}, \quad (3.10)$$

де  $C_{\text{д}}$  – сплата за активну та реактивну потужність до компенсації;  $C_{\text{п}}$  – сплата за активну та реактивну потужність після компенсації.

Спільне оцінювання цих показників (3.7 та 3.10) є необхідним для визначення оптимального балансу між ступенем залучення компенсаційних пристроїв та їх втратами.

Відповідно,  $C_{\text{д}}$  можна визначити наступним чином:

$$C_{\text{д}} = P_{\text{норм}} \cdot t_{\text{а}} + Q_{\text{норм}} \cdot t_{\text{р}} + Q_{\text{норм}} \cdot t_{\text{р}} \cdot (\tan \varphi_{\text{д}} - 0,25)^2, \quad (3.11)$$

де  $t_{\text{а}}$  – тариф на активну потужність, грн/кВт·год;  $t_{\text{р}}$  – тариф на реактивну потужність, грн/кВАр·год;  $\tan \varphi_{\text{д}}$  – тангенс в мережі до впровадження компенсаційних пристроїв.

Аналогічним чином визначається значення  $C_{\text{п}}$ :

$$C_{\text{п}} = P_{\text{комп сд кб}} \cdot t_{\text{а}} + Q_{\text{вх}} \cdot t_{\text{р}} + Q_{\text{вх}} \cdot t_{\text{р}} \cdot (\tan \varphi_{\text{п}} - 0,25)^2, \quad (3.12)$$

де  $\tan \varphi_{\text{п}}$  – тангенс в мережі після впровадження компенсаційних пристроїв.

Отже, представлена загальна реалізація критерію оптимізації в реальних числах, яка гарантує максимальну ефективність роботи компенсаційних пристроїв.

### **3.3. Розробка процедури керування реактивною потужністю синхронних двигунів**

Синхронний двигун – елемент електроенергетичної системи, керуванню якого потрібно приділити особливу увагу. Пов'язано це з тим, що на відміну від КБ, генерація реактивної потужності за допомогою СД потребує більш складних розрахунків та числа вхідних параметрів. Відповідно, в першу чергу необхідно визначити структуру схеми керування регулювання реактивної потужності синхронних двигунів.

Рациональна величина реактивної потужності синхронного двигуна визначається з умов мінімізації витрат на компенсацію; вона значно залежить

від споживання активної потужності на компенсацію (кВт/кВАр), що називається відносними втратами активної потужності.

Використання синхронних двигунів лише для компенсації повинно супроводжуватися відповідними оптимізаційними розрахунками, оскільки, як було сказано, в цьому режимі відносні втрати активної потужності на 1 кВАр стають дуже високими - у декілька разів більшими, ніж при використанні двигуна для приводу робочих механізмів [81, 82]. Це пояснюється двома обставинами. По-перше, в такому режимі всі втрати в двигуні, які дорівнюють втратам холостого ходу, можуть вважатися споживанням активної потужності для вироблення реактивної. По-друге, синхронні двигуни, які не несуть активного навантаження, так само як генератори, не можуть, через демагнетизаційну реакцію якоря, видавати реактивну потужність, рівну їх повній номінальній потужності. При цьому максимальна реактивна потужність ненавантаженого синхронного двигуна становить, в залежності від його конструкції, лише 60-80% його повної номінальної потужності. У підсумку, для раціонального використання компенсаційних можливостей синхронних двигунів необхідно враховувати його технологічні параметри (значення живлячої напруги, завантаження, температури охолоджуючого повітря, статора та побічно ротора).

Отже, доцільно буде прийняти рішення про обмежене використання синхронних двигунів лише для компенсації пікових значень реактивної потужності. У такий спосіб, як необхідна складова даної роботи, ввійшла й задача визначення раціонального способу використання СД у процесі компенсації. При цьому необхідно керуватися наступними умовами:

- повинен дотримуватися підсумковий баланс реактивної потужності у всіх вузлах;
- величина напруги у всіх пунктах мережі не повинна перевищувати допустимі норми;
- струмове навантаження будь-якого елемента мережі не повинно перевищувати допустиме струмове навантаження для цього елемента;

- величини генеруючих джерел реактивної потужності не повинні виходити за допустиму нижню та верхню межі.

При цьому слід враховувати, що через диференціацію тарифів на активну та реактивну потужність процес компенсації з точки зору грошової економії може бути нерівномірним протягом доби. Отже, при встановленні цільового значення реактивної потужності  $Q_p$  – як за показами датчика реактивної потужності, так і за вказівкою з блоку завдання – необхідно забезпечити її раціональний розподіл між СД. Розподіл за принципом рівності відносної повної потужності дозволяє уникнути локального перевантаження окремих двигунів та підвищити загальну ефективність компенсації реактивної потужності.

Потрібне значення компенсації реактивної потужності можна сформулювати двома способами:

- з лічильника -  $Q_c$ , який вказує кількість потрібної для компенсації реактивної потужності (асинхронні двигуни, трансформатори тощо):

$$Q_{СП} = \sum_{i=1}^n Q_{СПi}. \quad (3.13)$$

На випадок завдання на «нуль-перетікання» потрібно враховувати значення генерації синхронними двигунами  $Q_g$ :

- від спеціального задатчика -  $Q_{зрп}$ , якщо потрібно віддати до мережі певну кількість реактивної потужності.

Значення граничної повної потужності двигуна-компенсатора реактивної потужності визначається за таким співвідношенням [81]:

$$S_{гран.} = \sqrt{\left(\frac{U_H}{U}\right)^2 S_H^2 \left(1 + \frac{t_{рп}^o - t_r^o}{\Delta t_{рп}^o}\right) - P_i^2}, \quad (3.14)$$

де  $U_H$  – номінальна напруга двигуна, В;  $U$  – значення напруги на затискачах СД, В;  $S_H$  – повна номінальна потужність двигуна, кВА;  $t_{р.о.п.}^o$  – гранично допустима температура охолоджуючого повітря;  $t_p^o$  – поточна

температура охолоджуючого повітря;  $\Delta t^{\circ}_{\text{гран.}}$  – гранично допустиме перевищення температури обмоток статора.

Отримане значення потужності надходить до схем регулювання двигунів, які беруть участь у режимі компенсації реактивної потужності. Враховуючи вищесказане, можна сформулювати локальну спрощену схему керування режимами регулювання реактивної потужності синхронного двигуна (рис. 3.7).

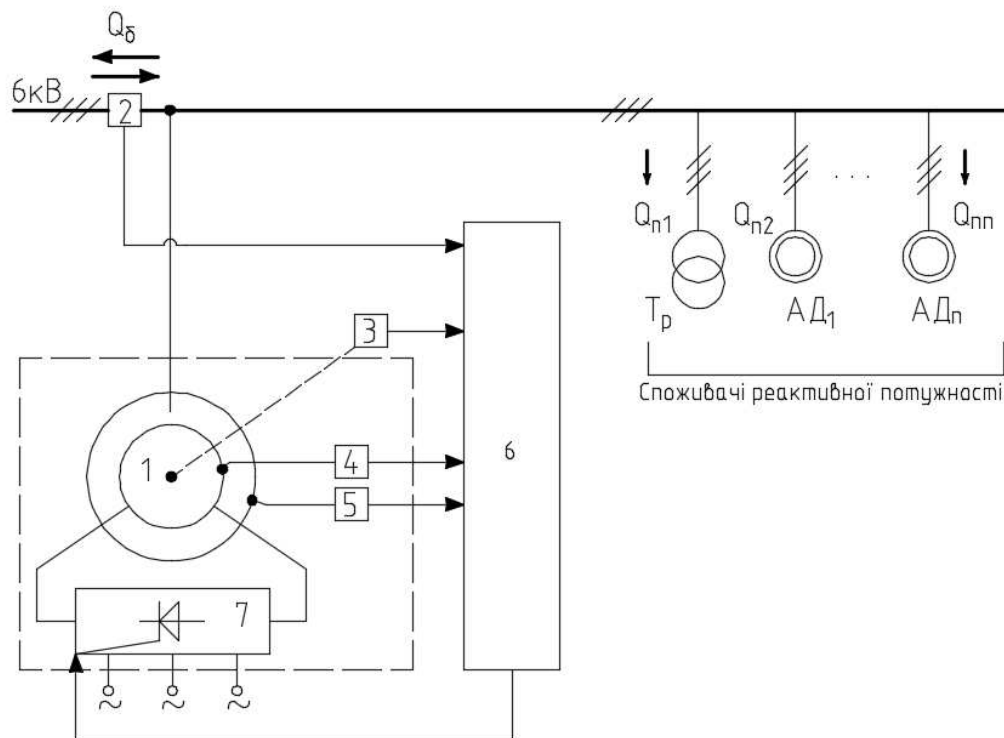


Рисунок 3.7 – Схема регулювання реактивної потужності синхронних двигунів:

1 – Синхронний двигун; 2 – лічильник реактивної потужності; 3 – технологічний механізм; 4 – датчик температури охолоджуючого повітря; 5 – датчик температури обмотки статора; 6 – контролер керування тиристорним збуджувачем; 7 – тиристорний збуджувач

Отже, впровадження системи керування синхронними двигунами для адаптивного регулювання рівня генерованої реактивної потужності є перспективним напрямом оптимізації енергоспоживання. Реалізація такого підходу потребує розробки алгоритму функціонування пристрою регулювання струмів збудження, що дозволить забезпечити гнучке та

ефективне керування електромагнітними процесами в синхронних машинах. Врахування динамічних режимів роботи, а також впливу параметрів навантаження та зовнішніх умов на процес компенсації реактивної потужності є необхідною умовою для досягнення високої енергоефективності та стабільності енергосистеми.

### **3.4. Розробка алгоритмів функціонування пристрою регулювання струмів збудження синхронних машин**

Наступним логічним кроком в удосконаленні способів застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень є розробка алгоритмів функціонування пристрою регулювання струмів збудження синхронних машин.

На підстанціях дозволена енергосистемою віддача мережі (іншим споживачам реактивної потужності). Однак, віддача її на підстанції ускладнена через підтримку на шинах високої напруги.  $(1,5 \div 1,15)U_n$  і відсутності автоматичного регулювання напруги за допомогою трансформаторів живлення (відсутність можливості регулювання напруги під навантаженням). Зважаючи на це, розроблено алгоритм регулювання струму збудження кожного синхронного двигуна на забезпечення максимально можливої віддачі реактивної потужності синхронними двигунами, що живляться від підстанції з постійним контролем робочих і температурних режимів двигунів.

За наведеним алгоритмом за допомогою обчислювального пристрою виставляються максимально можливі струми збудження в періоди максимуму навантаження енергосистеми, а в години мінімуму – оптимальні (мінімальні) щодо економії електроенергії та економічної експлуатації двигуна – регулятора реактивної потужності.

Можливості синхронних двигунів, що живляться від підстанції, в частині генерації реактивної потужності більше, ніж синхронних двигунів, що живляться від підстанції з огляду на те, що на шинах 6(10)кВ можливе

автоматичне регулювання рівня напруги під навантаженням за допомогою трансформаторів живлення. Однак, зважаючи на заборону генерації реактивної потужності в мережу, розроблено алгоритм регулювання струму збудження кожного синхронного двигуна на забезпечення нульового перетікання реактивної потужності в енергосистему підстанції. За розробленим алгоритмом, зважаючи на практично однакове завантаження по активній потужності, розподіл компенсаційних можливостей синхронних двигунів однаково [84]. При цьому здійснюється контроль робочих та температурних режимів двигунів та розрахунок оптимального (мінімального) струму збудження на період мінімуму навантаження енергосистеми.

При розробці алгоритмів функціонування пристрою враховувалися такі основні критерії, обмеження режимів роботи електричних машин та режимів електроспоживання у вузлах навантаження:

- генерація реактивної потужності синхронними машинами повинна здійснюватися в строго заданих часових інтервалах добового циклу, прив'язаних до годинника максимуму та мінімуму навантаження енергосистеми;

- у вузлах навантаження, де енергосистеми визначено ліміт на генерацію реактивної потужності, пристрій повинен здійснювати регулювання струмів збудження синхронних машин з урахуванням заданого ліміту та при дотриманні наступних обмежень:

- температурні режими електричних машин за період роботи в режимі компенсації реактивної потужності не повинні перевищувати допустимі значення;

- рівень напруги живлення на шинах, джерел електропостачання не повинен перевищувати значення, рівні  $1,1U_{\text{ном}}$  (де  $U_{\text{ном}}$  – найменша номінальна напруга споживача із сукупності всіх споживачів електричної енергії, підключених до джерела електропостачання за весь період генерації реактивної потужності;

- пристрій повинен сам блокуватися, тобто припинити процес регулювання при виникненні аварійних режимів як в електричних електричних машинах, так і в джерелах живлення і технологічних системах.

Система, що розробляється, являє собою замкнуту мікропроцесорну систему автоматизованого регулювання струмів збудження синхронних машин з негативним зворотним зв'язком по реактивній потужності об'єкта. Алгоритм функціонування пристрою включає наступні підпрограми:

- мікро операційну систему;
- контроль та вимірювання параметрів;
- регулювання реактивної потужності об'єкта;
- розрахунок уставок цифрового регулятора струмів збудження синхронної машини;
- функціонування цифрового регулятора;
- ручне регулювання струмів збудження синхронної машини;
- діагностика апаратних засобів пристрою та засобів контролю та вимірювання параметрів об'єкта регулювання.

Нижче розглянемо алгоритми функціонування підпрограм регулювання реактивної потужності об'єкта та розрахунок уставок для цифрового регулятора струму збудження СД, блок-схеми яких представлені на рис. 3.8 та рис. 3.9. Ці підпрограми є носіями новизни у цьому пристрої, інші підпрограми є технічні рішення відомих методів.

Алгоритми підпрограм регулювання реактивної потужності об'єкта та розрахунку уставок для цифрового регулятора розроблені для умов підстанції ПС-8. у вузлах навантаження якої в періоди компенсації реактивної потужності повинні дотримуватися «нуль-перетікання» реактивної потужності, тобто реактивна потужність не повинна не споживатися з енергосистеми, не генеруватися у енергосистем.

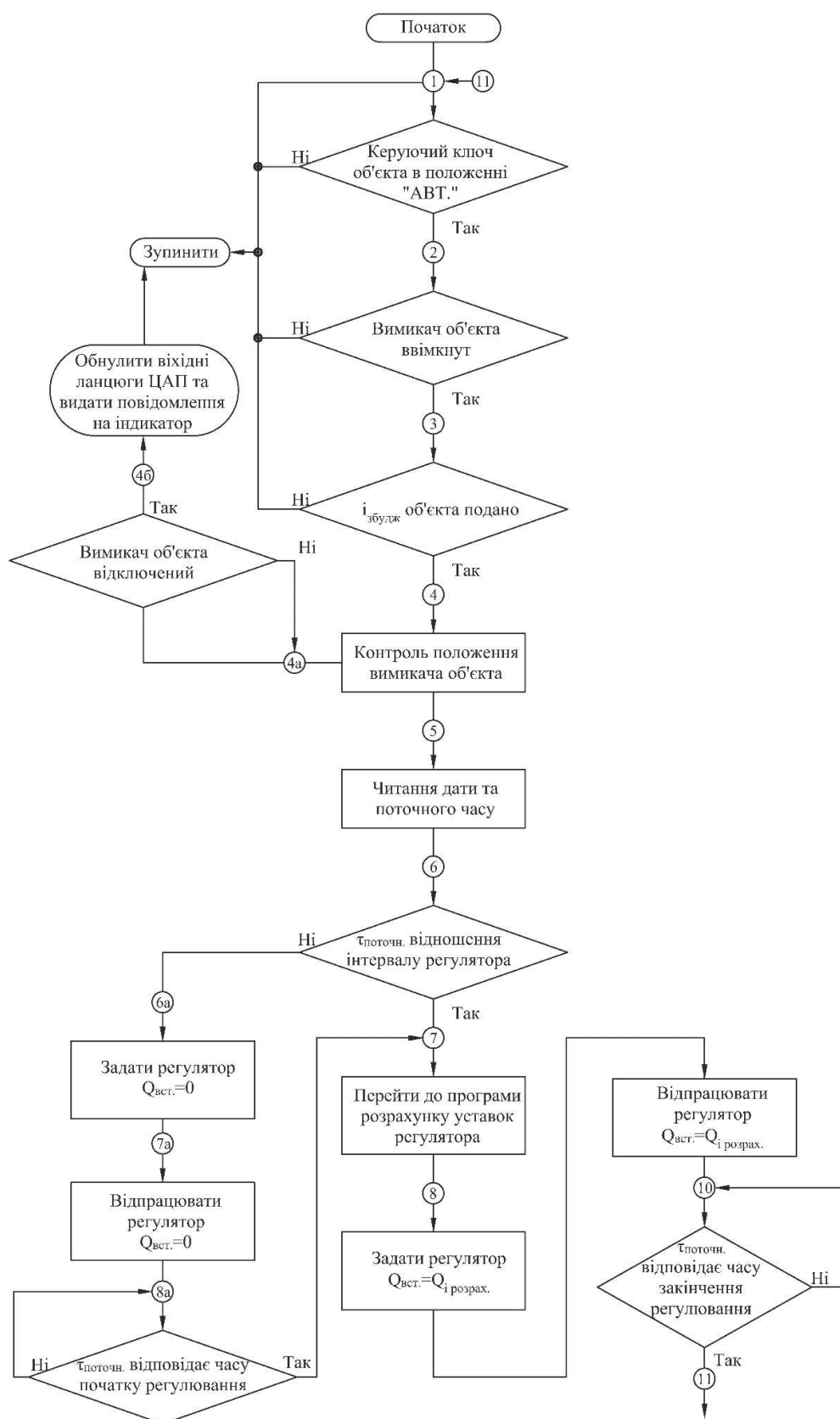


Рисунок 3.8 – Алгоритм початку роботи підпрограми періоду компенсації реактивної потужності

Після надходження команди на початок регулювання на етапах 1, 2 та 3 перевіряються умови захоплення об'єкта в процес регулювання, а саме ключ КК на панелі тиристорного збудника синхронної машини повинен бути в положенні «АВТ», масляний вимикач (МВ) об'єкта включений, на об'єкт подано збудження.

Одночасне дотримання цих трьох умов означає, що даний об'єкт (синхронна машина) може бути використаний як компенсатор реактивної потужності. Недотримання хоча б однієї з цих трьох умов призводить до зупинення регулювання на даному об'єкті.

На етапі (4) пристрій «захоплює» постійний контроль на весь період регулювання реактивної потужності даного об'єкта включене положення МВ об'єкта. У випадку, якщо МВ об'єкта вимкнено з будь-якої з причин (робота струмових або технологічних захистів, оперативне відключення) на вихідних ланцюгах ЦАП пристрою «обнулюється», сигнал для тиристорного збудника об'єкта і на індикатор видається аварійне повідомлення, відбувається зупинка підпрограми.

На етапі (5) пристроєм виконується «читання» дати та поточного часу, що відповідають початку роботи підпрограми (дата та поточний час перед введенням команди на початок роботи підпрограмою вводиться оператором з пульта управління пристроєм). Читання дати та поточного часу дозволяє пристрою «визначити», чи відповідає час початку роботи підпрограми періоду компенсації реактивної потужності чи ні.

Якщо поточний час відповідає періоду компенсації реактивної потужності, пристрій переходить до підпрограми розрахунку уставок для цифрового регулятора (рис. 3.9).

На (рис. 3.9) визначається величина реактивної потужності  $Q_k$ , яка має бути скомпенсована у вузлі навантаження у відповідний період добового циклу регулювання. Значення  $Q_k$  визначається за залежністю:

$$\pm Q_k = \pm Q_y - \left( \pm \sum Q_i \right), \quad (3.15)$$

де  $Q_y$  – виміряна реактивна потужність у вузлі навантаження;

$Q_i$  – виміряна реактивна потужність синхронної машини, що бере участь у компенсації у цьому вузлі навантаження. Знак "+" відповідає споживанню реактивної потужності; знак "-" відповідає генерації реактивної потужності.

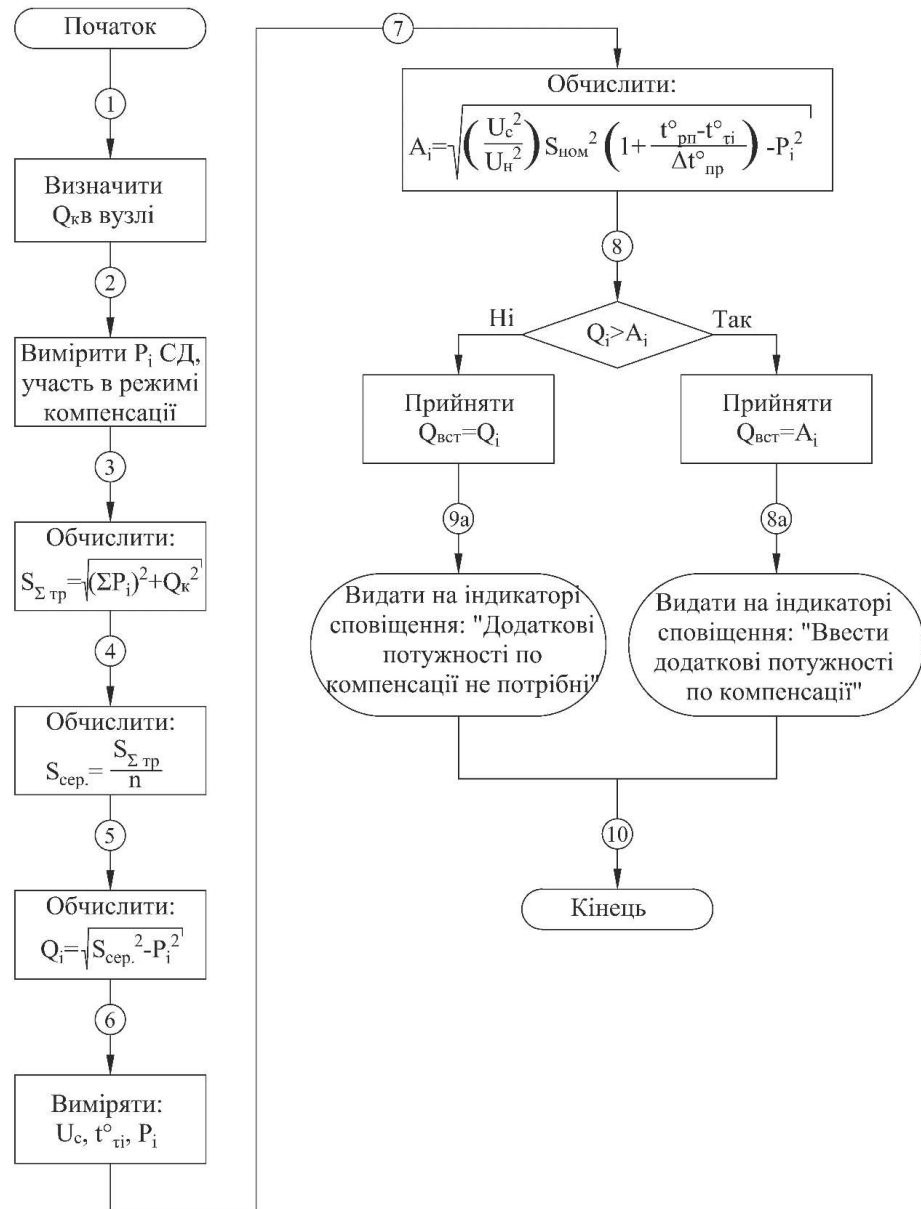


Рисунок 3.9 – Алгоритм роботи синхронного двигуна з цифровим регулятором

На етапі (2) виконується вимірювання та підсумовування активних потужностей  $P_i$  всіх синхронних машин, що у режимі компенсації.

На етапі (3) обчислюються очікувана повна (сумарна) потужність всіх синхронних машин, що беруть участь у режимі компенсації, за умови, що сумарне завантаження їх за реактивною потужністю в періоди регулювання дорівнює значенню  $Q_k$ .

На етапі (4) обчислюється очікувана середня повна потужність, що припадає на одну машину, яка бере участь у режимі компенсації.

На етапі (5) обчислюється очікувана величина реактивної потужності  $Q_i$ , котроря повинна бути завантажена синхронна машина в періоди регулювання для повної компенсації всіма об'єктами, що беруть участь у режимі компенсації величини  $Q_k$  у вузлі навантаження.

Операції, що виконуються на етапах (1) – (5) алгоритму розрахунку уставок, дозволяють оптимальним чином розподілити завантаження за реактивною потужністю СД, що беруть участь у режимі компенсації, за умови їх різного завантаження за активною потужністю.

На етапах (6) і (7), враховуючи теплову стійкість обмотки ротора в тривалому режимі роботи синхронної машини (7) виконується розрахунок гранично допустимої генерованої синхронної машини реактивної потужності  $A_i$  за умовою нагрівання обмоток статора залежно (8):

$$A_i = \sqrt{\left(\frac{U_H}{U_c}\right)^2 \cdot S_H^2 \left(1 + \frac{t_{\text{рп}}^{\circ} - t_{\text{т}}^{\circ}}{\Delta t_{\text{пр}}^{\circ}}\right) - P_i^2}, \quad (3.16)$$

де  $U_c$  – значення напруги на затискачах синхронної машини;

$U_H$  – номінальне значення напруги синхронної машини;

$S_H$  – повна номінальної потужності синхронної машини;

$t_{\text{рп}}^{\circ}$  – гранично допустима температура охолоджуючої машини середовища;

$t_{\text{т}}^{\circ}$  – поточне значення температури охолоджуючого середовища;

$\Delta t_{\text{пр}}^{\circ}$  – гранично допустиме перевищення температури обмоток статора;

$P_i$  – споживана синхронною машиною активна потужність.

На етапах (8), (8) та (9а) здійснюється вибір уставки для цифрового регулятора за найменшим значенням  $Q_i$  і  $A_i$ . У разі, якщо за встановлення приймається значення  $A_i$ , на індикаторі виводиться повідомлення «Ввести додаткові потужності компенсації».

Надалі, відповідно до алгоритму (рис. 3.9), обрана величина уставки задається цифровому регулятору струму в збудженні синхронної машини та відпрацьовується ним. Після закінчення періоду регулювання (етап 10) регулятору задається уставка  $Q_{уст}=0$  і відпрацьовується, чим забезпечується мінімальна величина втрат потужності в синхронній машині. На початку наступного періоду регулювання цикл повторюється.

Синтез цифрового регулятора для відпрацювання компенсації реактивної потужності зазначено в додатку Е. Отже, розроблено схему цифрового регулятора реактивної потужності для автоматичної підтримки параметрів синхронного двигуна-компенсатора, що дозволить оптимізувати його роботу

### **3.5. Розробка системи керування компенсаційними пристроями**

Розглянувши основні особливості компенсаційних пристроїв, наступним логічним кроком є об'єднання їх у єдину систему. Розробка автоматизованої системи керування компенсаційними пристроями, що включає синхронні двигуни 6 кВ та конденсаторні батареї 0,4 кВ і 6 кВ, ґрунтується на комплексній інтеграції кількох ключових підсистем. На рис. 3.10 зображена розроблена схема адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями.

В першу чергу підсистема вимірювання та збору даних забезпечує постійний моніторинг електричних параметрів мережі (напруга, струм, коефіцієнт потужності) та визначає фактичне споживання реактивної потужності (значення  $Q_{с0,4}$  та  $Q_{с6}$  з лічильників 0,4кВ та 6кВ відповідно), що є критично важливим для оперативного аналізу поточного стану системи [85, 86, 87]. Розроблена спеціальна обчислювальна система, яка складається з

трьох блоків. Блок керування КБ (0,4кВ та 6кВ) формує керуючі сигнали ( $C_{кб.0,4кВ}$ ,  $C_{кб.6кВ}$ ) на виконавчу апаратуру, яка комутує відповідні ступені. Блок керування СД плавно змінює керуючий вплив  $U_z$  у моменти коли можливості КБ вичерпані ( $Q_{сб}-C_{кб.6кВ}$ ). При цьому відбувається постійне відслідковування технологічних параметрів двигуна. Встановлення зворотного зв'язку (значення  $Q_{с0.4}-Q_{кб.0,4кВ}$  та  $Q_{сб}-Q_{кб.6кВ}$ ) необхідне для реалізації замкненого циклу адаптивного керування, що дозволяє підлаштовувати роботу компенсаційних пристроїв для мінімізації похибки компенсації в умовах змінного навантаження.

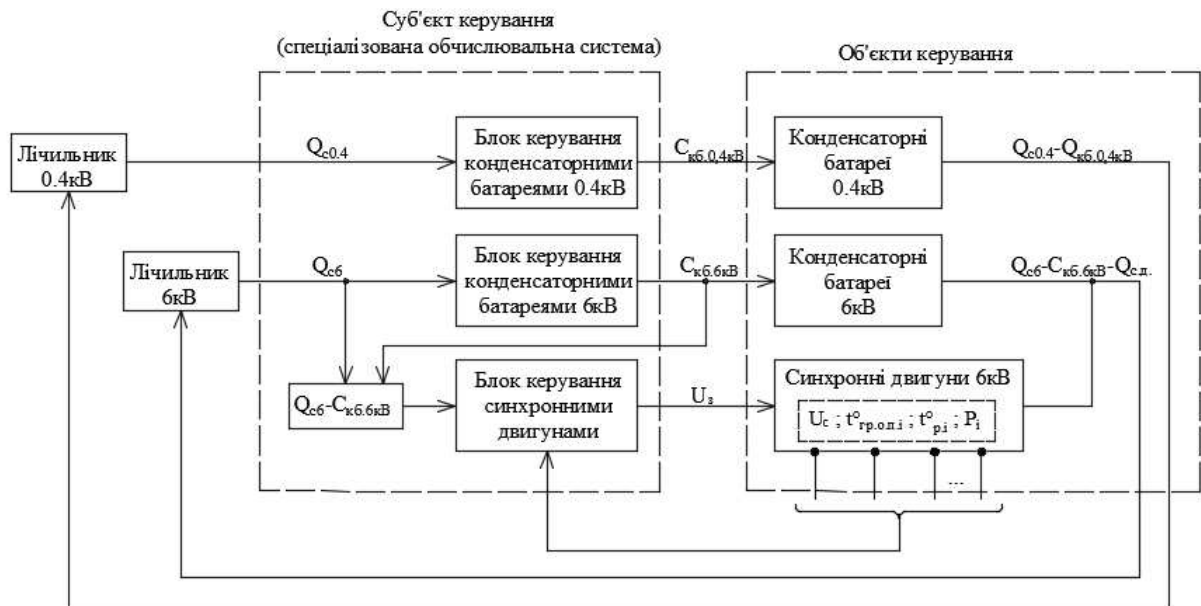


Рисунок 3.10 – Схема автоматизованої адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями

Проте у таких складних системах наявні збурення, які майже неможливо контролювати. Для СД та КБ такими параметрами  $Z_{сд}$  та  $Z_{кб}$  є коливання напруги, наявність технологічних механізмів з різкозмінним навантаженням, перехідні процеси при комутації потужного обладнання та зміна електричних параметрів застарілого обладнання.

Така багаторівнева структура забезпечує можливість адаптивного коригування рівня компенсації реактивної потужності в режимі реального часу. Інтеграція синхронних двигунів дозволяє здійснювати регулювання за

допомогою контролю технологічних параметрів, що сприяє раціональному генеруванню реактивної потужності, а конденсаторні батареї виконують роль базового компенсатора для зменшення основної частки реактивної потужності [41].

Інтерфейс оператора забезпечує можливість як ручного втручання, так і налаштування параметрів автоматизованої системи, що гарантує гнучкість управління та адаптацію до змін у навантаженні та умовах експлуатації. Отже, запропонована структура системи є комплексним рішенням для забезпечення стабільної, надійної та економічно ефективної компенсації реактивної потужності в сучасних енергетичних мережах. Надалі будемо приймати дану схему як кіберфізичну систему (КФС), оскільки вона за своїм визначенням (інтеграція обчислювальних можливостей АСУТП з фізичними процесами управління енергопостачанням) найбільш за неї схожа [92, 93, 94].

Розробка алгоритму функціонування адаптивної системи регулювання компенсаційними пристроями є ключовим етапом підвищення ефективності регулювання реактивної потужності на промислових підприємствах. Метою розробки адаптивного алгоритму є забезпечення синхронізованої роботи компенсаційних пристроїв для раціонального розподілу навантаження між конденсаторними батареями та синхронними двигунами з урахуванням змінних режимів роботи споживачів підприємства. Запропонований підхід ґрунтується на принципах пріоритетності, гнучкості та адаптивності, що дозволяє підтримувати оптимальний рівень компенсації реактивної потужності за мінімальних енергетичних і експлуатаційних витрат. Для оцінки ефективності алгоритму розроблено критерій оптимізації та відповідну цільову функцію, визначення яких подано в попередньому розділі. Значення, які отримані при реалізації алгоритму, використовуються для підстановки у цільову функцію для оцінки процесу компенсації.

При регулюванні реактивної потужності підстанцій з СД та конденсаторними батареями раціонально по-перше, задіяти КБ через те, що в середньому втрати активної потужності менші, ніж для СД [101]. По-друге,

генерованою потужністю КБ можна керувати лише дискретно. Тому основний рівень компенсації забезпечується введенням у дію ступенів КБ з найбільшою ємністю за умови недопустимості генерації реактивної потужності у мережу. Момент включення наступної ступені приблизно можна визначити за рівнем реактивної потужності  $1,05 \div 1,1 Q_{\text{ст}}$  (де  $Q_{\text{ст}}$  – потужність ступені КБ), відключення –  $0,9 \div 0,95 Q_{\text{ст}}$ . Дані уставки дозволяють мінімізувати ризик виникнення генерації реактивної потужності в живлячу мережу в нічні часи, що знизить сплату підприємства за це. В момент, коли досягнуто максимум компенсаційних можливостей за допомогою КБ, до моменту вводу наступної ступені, до процесу компенсації активно залучаються СД. Використовувати їх можливо через те, що статистичний аналіз обстеження режимів роботи потужних СД гірничо-збагачувального комплексу Криворіжжя, проведений у 2-му розділі даного дисертаційного дослідження, показав суттєвий потенціал використання СД у процесі компенсації реактивної потужності [26, 27]. Натомість необхідним є техніко-економічне обґрунтування їх використання.

Врахувавши необхідний рівень надійності та виділені рівні керування компенсаційними пристроями, побудовано загальний алгоритм керування. В якості вхідних даних закладено компенсаційну здатність конденсаторних батарей 0,4кВ ( $Q_{\text{к.б.1}(0.4)}$ ,  $Q_{\text{к.б.1+n}(0.4)}$ ) та 6кВ ( $Q_{\text{к.б.1}(6)}$ ,  $Q_{\text{к.б.1+n}(6)}$ ). Параметри  $Q_{\text{у.н.0.4}}$  та  $Q_{\text{у.н.6}}$  відповідають за уставку значення недокомпенсації реактивної потужності. Ці значення є додатковим запобіжником в системі від перекомпенсації, особливо в нічні часи.

Основна мета синтезованої в попередньому пункті підсистеми керування СД – забезпечення однакового відносного значення завантаження по повній потужності –  $S^*_i$  СД, задіяних в процесі компенсації [61]. Для цього системою визначається для кожного двигуна відносне граничне значення  $S^*_{\text{гран.і}}$  повної потужності, перевищення якого є небажаним. При цьому значення  $S^*_{\text{гран.і}}$  повинно бути однаковим для всіх СД, задіяних в компенсації. В залежності від конкретного завантаження СД –  $\beta_i$  і значення  $S^*_{\text{гран.і}}$

визначається конкретна компенсаційна можливість кожного двигуна –  $Q_i$ . Потрібне значення для компенсації –  $Q_{\Gamma}$  береться з датчика реактивної потужності на ввіді підстанції або задається. Потім визначається можливість компенсації за умовою:  $\sum Q_i > Q_{\Gamma}$ . Якщо подібна нерівність дійсна, значення  $Q_{\Gamma}$  розподіляється між всіма СД, задіяних в компенсації, за умови збереження рівності  $S_i^* = \text{const}$ . Якщо навпаки,  $\sum Q_i < Q_{\Gamma}$ , тобто необхідні додаткові компенсаційні ресурси, і враховуючи що  $S_{\text{гран.}i}^*$  визначається без можливого запасу по перевищенню потужності, рекомендується частково послідовно перевищити генерацію реактивної потужності синхронними двигунами з найменшим завантаженням  $\beta_i$  до моменту, коли буде здійснюватися умова:  $\sum Q_i = Q_{\Gamma}$ . При цьому номінальний струм збудження двигуна не повинен перевищувати раніше технологічно визначеного значення ( $I_z \leq I_{z.n.}$ ), а максимально можливе значення перекомпенсації:  $\Delta Q_{i \max} \leq (8 \div 10) \% Q_i$  [62].

Функціонування СД в режимі компенсатора реактивної потужності потребує обов'язкового контролю експлуатаційних показників. Для цього необхідно враховувати температуру охолоджувального повітря, стан обмоток статора та (опосередковано) ротора, а також рівень напруги живлення, забезпечуючи дотримання встановлених гранично допустимих значень цих показників [83].

Алгоритм, синтезований у даному пункті, стосується лише загальної логіки впровадження компенсаційних пристроїв у процес регулювання реактивної потужності [57, 84]. Схема реалізації алгоритму процесу компенсації наведено на рис. 3.11.

Описати роботи алгоритму по основним етапам можна наступним чином:

- 1) В систему керування задаються значення КБ (батареї 0,4кВ ( $Q_{к.б.1(0.4)}$ ,  $Q_{к.б.1+n(0.4)}$ ) та 6кВ ( $Q_{к.б.1(6)}$ ,  $Q_{к.б.1+n(6)}$ ), уставки  $Q_{у.н.0.4}$  та  $Q_{у.н.6}$  значення недокомпенсації реактивної потужності;
- 2) Знімаються покази лічильника 0,4кВ.

- 3) Визначається раціональна кількість ступенів різного номіналу, або їх комбінація  $(1...1+n)$ , необхідних для компенсації значення  $Q_{л0.4}$  з певною уставкою недокомпенсації  $Q_{у.н.0.4}$ ;
- 4) Аналогічним чином (пункти 2-3) визначається кількість ступенів КБ 6кВ;
- 5) Залишок  $Q_{с.д.}$  розподіляється за певними умовами (визначені у 3-му розділі) для раціонального використання синхронних двигунів;
- 6) Визначається необхідність подальшої компенсації виходом з циклу, або подальшою його роботою.

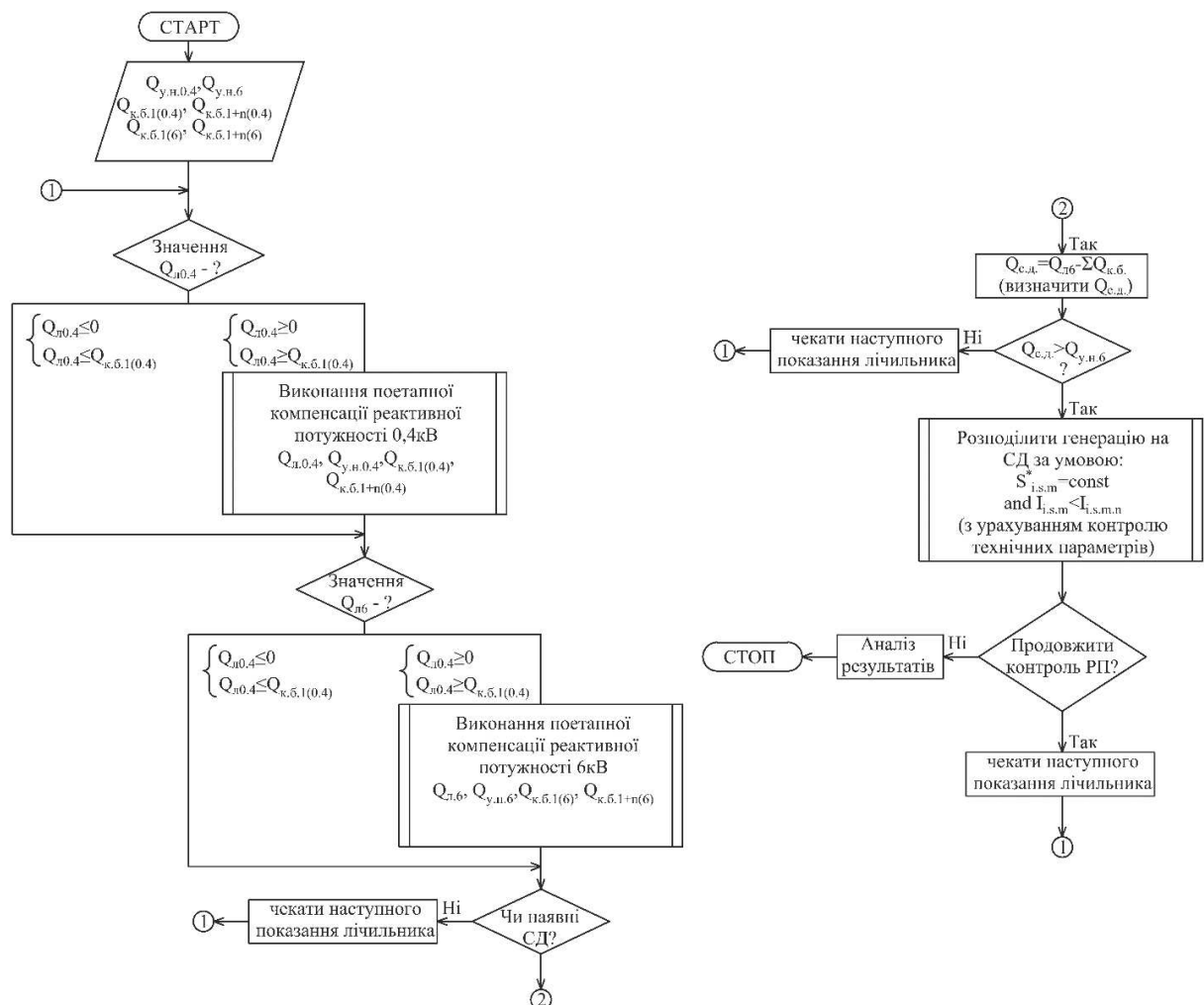


Рисунок 3.11. – Алгоритм роботи системи керування компенсаційних пристроїв

Крім того, необхідно враховувати, що добова диференціація тарифів на активну та реактивну енергію зумовлює специфіку добових режимів функціонування систем компенсації [88, 90, 91]. Наприклад, згідно останніх даних, підприємство сплачує за генерацію реактивної потужності лише в нічні часи. Проте відсутність штрафів за генерацію вдень не означає, що можна підключити всі наявні КП незалежно від показників споживання реактивної потужності. Пов'язано це з тим, що перекомпенсація спричиняє додаткові енергетичні проблеми для мережі, що і при відсутності КП.

Також в рамках підпрограм керування КП необхідно відслідковувати співвідношення активних втрат на СД та КБ [70]. Активні втрати в СД на 1 кВАр·год приблизно в 3 рази вище, ніж в КБ. Отже, в моменті переходу необхідно визначити наступний оптимальний рівень компенсації – продовження генерації РП за допомогою СД, чи перехід на комбінацію ступеней КБ. Аналогічним є врахування штрафів за генерацію в нічні часи для додаткового заходу проти перекомпенсації. Схема на рис. 4.5 демонструє схему порівняння витрат.



Рисунок 3.12. – Схема порівняння витрат

Розроблена система керування компенсаційними пристроями при застосуванні у поточних обставинах переходить від класичного підходу, як інструменту енергозбереження, до засобу забезпечення стійкості систем

електропостачання ГЗК в екстремальних умовах реального недовантаження та стохастичних збурень. Адаптивний алгоритм керування забезпечує мінімізацію перетоків реактивної потужності та економічність зменшенням супутніх витрат.

### **3.6. Висновки до розділу 3**

Отже, за результатами виконання 3-го розділу дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Вдосконалено методику вибору потужності компенсаційних пристроїв для умов змінних навантажень на основі Гаусового розподілу сезонних статистичних даних споживання реактивної потужності, що дозволило визначити раціональні умови їх функціонування в умовах добових стохастичних коливань. Виявлено, що конденсаторні установки доцільно впроваджувати як компенсатор основної частини реактивного навантаження з застосуванням 3 ступенів КБ, що дозволяє знизити частку реактивної потужності на 60-70%. Синхронні двигуни завдяки можливості їх плавного регулювання забезпечать компенсацію «залишкової» реактивної потужності, наблизивши систему до «нуль-перетікання».

2. Отримала подальший розвиток структура керування збудженням СД у вигляді алгоритму, яка, базується на моніторингу стану технологічних параметрів (температура охолоджуючого повітря, напруга, навантаження, струм статора, ротора, оптимальний струм обмотки збудження, тощо), що забезпечує рівномірне завантаження по повній потужності у відносних одиницях двигунів різної номінальної потужності.

3. Розроблено структурну схему системи керування, що базується на адаптивному алгоритмі керування сумісного використання СД та КБ. При цьому виконується ступінчате регулювання КБ, що компенсують основну частину реактивної потужності та плавне регулювання СД за допомогою підпрограми функціонування пристрою плавного регулювання струмів збудження синхронних машин.

## **РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ**

### **4.1. Формування кіберфізичної моделі системи розподільної підстанції**

Електричні мережі промислових підприємств, та як в нашому випадку, підстанцій гірничо-збагачувального комплексу є досить складними системами з великою кількістю споживачів з різкозмінним характером навантаженням. Така особливість робочого процесу майже унеможливорює передбачення виникнення збурень у споживанні електричної потужності. Водночас високий рівень розвитку систем автоматичного керування технологічним процесом дозволяє з відносно невеликою вартістю впровадити ці системи у кожен технологічний цикл підприємств. Керування компенсаційними пристроями (КБ та СД) в такому випадку повинно враховувати усі можливі фактори для мінімізації випадків перекомпенсації. В такому випадку доцільно розглядати підстанції як загальну КФС для керування СД та КБ за певним алгоритмом.

Для КБ основними задачами є повна компенсація реактивної енергії. Значні стрибки струму, що супроводжують комутацію потужних КБ призводять до зменшення їх експлуатаційного терміну, що вирішується за допомогою ряду заходів [26, 27, 29]. Для створення дієвої системи керування важливим практичним питанням залишається необхідність визначення вагомості певних величин (кількість СД, їх завантаженість, температура, тощо).

Оцінка показників ефективності такої енергосистеми важлива з точки зору надійності експлуатації технічного обладнання, стабільної якості енергетичних показників, тощо. В умовах різкозмінного навантаження в енергетичній системі доцільним є застосування ІКТ [89, 95]. Їх використання

в даних умовах дозволяє більш точно відслідковувати зміни параметрів та керувати відповідними компенсаційними пристроями.

Для забезпечення високих показників ефективності виробничого процесу та високого рівня енергоефективності на підстанціях промислових підприємств інтегрують обчислювальні можливості автоматичних систем управління технологічним процесом (АСУТП) з фізичними процесами управління енергопостачанням [104]. Такий підхід до структурування електропостачання є ключовим для ефективного і безпечного функціонування промислових об'єктів. КФС характеризуються взаємодією комп'ютерних алгоритмів і фізичних процесів [89]. В умовах підстанцій, комп'ютерні системи забезпечують моніторинг, управління, аналіз і оптимізацію роботи електрообладнання, що дозволяє виявляти і запобігати можливим збоям, а також здійснювати прогнозування стану обладнання.

Сучасні підстанції використовують різноманітні сенсори і пристрої збору даних, що збирають інформацію про стан електротехнічного обладнання, таких як трансформатори, автоматичні вимикачі, перетворювачі, пристрої плавного пуску, тощо [105, 106, 107]. Ці дані передаються в центральну систему управління, де з їх допомогою формуються команди для регулювання параметрів роботи обладнання, оптимізуючи у такий спосіб енергопостачання і підвищуючи загальну ефективність системи [108, 109].

Крім того, інтеграція з інформаційними технологіями дозволяє здійснювати дистанційне керування підстанціями, що значно підвищує безпеку, знижує ризики і збільшує швидкість реакції на аварійні ситуації [29]. Таке використання технологій робить підстанції частиною більш широких кіберфізичних систем, що взаємодіють з іншими елементами промислової інфраструктури, підвищуючи загальну надійність всієї системи [111, 112, 113].

Потужні підстанції підприємств гірничо-збагачувального комплексу є великими та комплексними системами, що включають у себе багатоступеневі ланки передачі та перетворення електричної енергії. В такому разі

комплексний аналіз енергетичних показників та керування КП буде досить складним та затратним. Тому доцільним буде розгляд обмеженої структури енергетичної системи, а саме підстанції на прикладі, що зображений на рис. 4.1. Так, від ГЗП на рис. 4.1. відходять живильні лінії до 10 розподільчих підстанцій (РП), 7 з яких мають у своєму активі від 2 до 6 синхронних двигунів потужністю 1250 кВА. РП, які не мають СД виконують компенсацію за допомогою КУ на 2-х рівнях: шини 0,38кВ трансформаторних підстанцій 6/0,4кВ та на шини 6кВ РП. РП, які мають мінімальну кількість СД, виконують компенсацію або на шини 0,38кВ трансформаторних підстанцій 6/0,4кВ або на шини 6кВ РП. Однолінійні схеми інших ГЗП №2, №3, №4 та №5 представлено в додатку Д, перелік АД та СД – в додатку В.

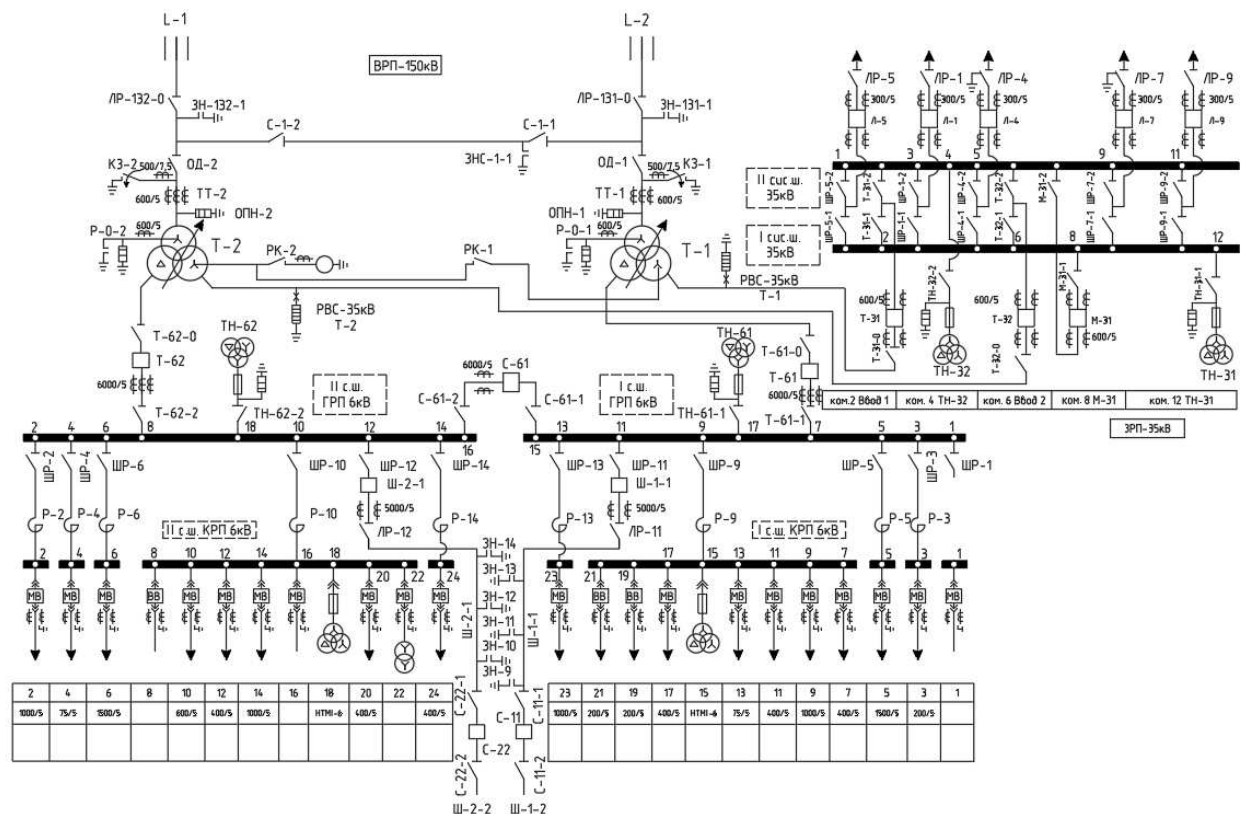


Рисунок 4.1 – Однолінійна схема головної знижувальної підстанції

В якості типового прикладу як одну з складових ГЗП, зображеної на рис. 4.1, можна навести однолінійну схему розподільної підстанції на рис. 4.2.

Однолінійна схема на рис. 4.2. представляє собою типову схему підстанції, які живляться від ГЗП, зображеної на рис. 4.1. На рис. 4.2 вказано основні потоки реактивної енергії на РП. В свою чергу, використовуючи принципи КФС, в якій датчики, обладнання та інформаційні системи поєднані у єдину структуру за допомогою інтернет протоколів дають нам змогу з великою точністю прогнозувати, налаштовувати та адаптувати до змін систему компенсації реактивної потужності [6].

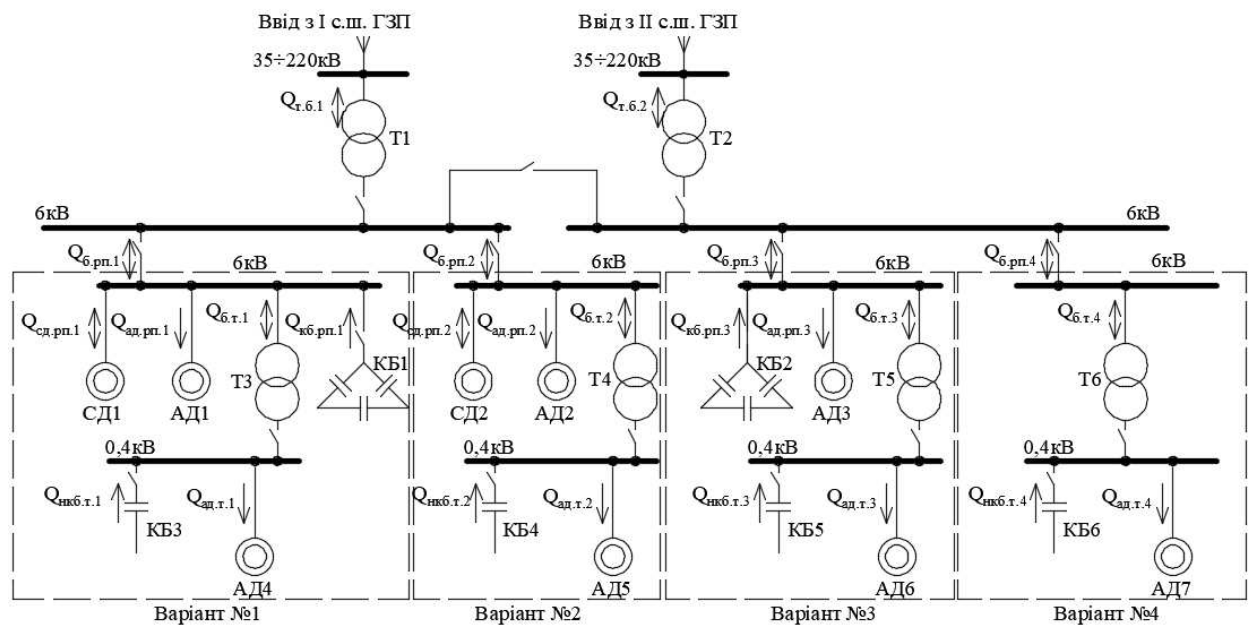


Рисунок 4.2. – Перетоки реактивної потужності на ГЗП

Схематичне зображення перетоків реактивної потужності на підстанції Рис. 4.2 представляє собою 4 приклади РП:

- наявне споживання АД та генерація за допомогою СД 6кВ та КУ на рівні 6кВ і 0,4кВ;
- наявне споживання АД та генерація за допомогою СД на рівні 6кВ, на рівні 0,4кВ – компенсація тільки за допомогою КУ;
- наявне споживання АД та генерація тільки за допомогою КУ на рівні 6кВ та 0,4кВ;
- наявне споживання АД на рівні 0,4кВ, компенсація за допомогою КУ тільки на рівні 0,4кВ.

Заданий бажаний рівень значень  $Q_{3.6.1}$  та  $Q_{3.6.2}$  (МВАр·год) повинен дорівнювати нулю, що означає те, що система не генерує та не споживає реактивну потужність з мережі. У такий спосіб можна значно скоротити сплату підприємством за електричну потужність [92]. При цьому бажано, щоб значення  $Q_{б.рп.1}$ ,  $Q_{б.рп.2}$ ,  $Q_{б.рп.3}$ ,  $Q_{б.рп.4}$  для 6кВ та  $Q_{б.тп.1}$ ,  $Q_{б.тп.2}$ ,  $Q_{б.тп.3}$ ,  $Q_{б.тп.4}$  для 0,4кВ також дорівнювали нулю. Така уставка дозволить уникнути ряду негативних явищ, зокрема перегріву провідників, виникнення перенапруг, виходу з ладу комутаційного та технічного обладнання. При цьому на вторинній стороні кожного трансформатора наявні лічильники електричної потужності. Такий моніторинг дозволить оперативно ідентифікувати лінію живлення, з якої відбувається надмірне споживання реактивної потужності або генерація її у мережу з метою контролю наявних на ній компенсаційних потужностей.

Враховуючи перераховані умови та особливості, з рис. 4.2 можна скласти граф РП за Варіантом №1 на рис. 4.3, що відображає перетоки реактивної потужності та систему її контролю. На рис. 4.3 зображені основні зв'язки між ланками мережі, необхідні для моніторингу та контролю споживання та генерації реактивної потужності. Варто врахувати, що даний рис. 4.3 можна модифікувати відповідно до існуючої системи.

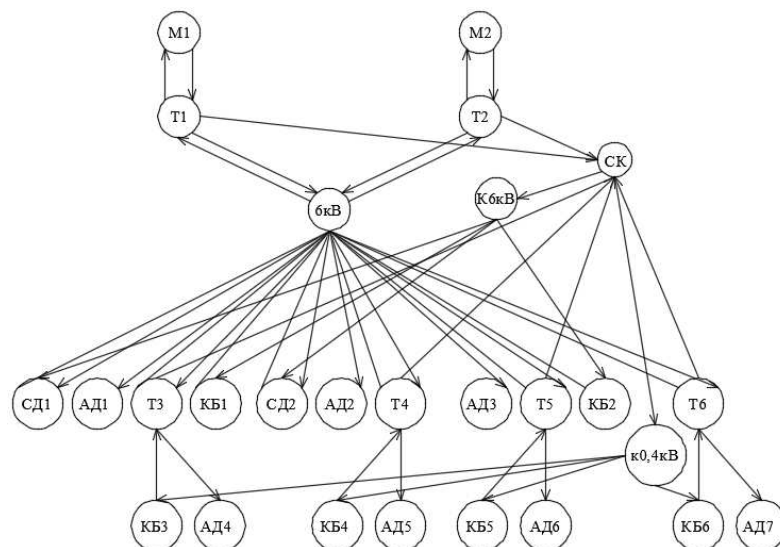


Рисунок 4.3. – Орієнтований граф підстанції та системи контролю перетоків реактивної потужності

В Таблиці 4.1 представлена матриця суміжності такого графа.

Таблиця 4.1. Матриця суміжності орієнтованого графа підстанції та системи контролю перетоків реактивної потужності

|      | M1 | M2 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | AD1 | AD2 | AD3 | AD4 | AD5 | AD6 | AD7 | CD1 | CD2 | KB1 | KB2 | KB3 | KB4 | KB5 | KB6 | 6кВ | K6 | СК | K0,4 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| M1   | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| M2   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| T1   | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| T2   | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| T3   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| T4   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| T5   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| T6   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  | 0    |
| AD1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD6  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| AD7  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| CD1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  | 0    |
| CD2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  | 0    |
| KB1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  | 0    |
| KB2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  | 0    |
| KB3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| KB4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| KB5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| KB 6 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| 6кВ  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| K6   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0    |
| СК   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 1  |      |
| K0,4 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   | 0  | 0  | 0    |

Та, відповідно складові матриці інцидентності (4.1) та (4.2). Так, перелік вершин (4.1):

$$\begin{aligned}
 V = \{ & M1, M2, T1, T2, 6кВ, K6, СК, CD1, AD1, \\
 & T3, KB1, CD2, AD2, T4, AD3, T5, \\
 & KB2, T6, K0,4, KB3, \\
 & AD4, KB4, AD5, KB5, AD6, KB6, AD7 \}.
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Та множина ребер (4.2):

$$\begin{aligned}
 E = [ & (M1, T1), (M2, T2), (T1, СК), (T2, СК), (6кВ, T1), \\
 & (6кВ, T2), (6кВ, SM1), (6кВ, AM1), (6кВ, T3), \\
 & (6кВ, CB1), (6кВ, SM2), (6кВ, AM2), (6кВ, T4),
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

(6kV, AM3), (6kV, T5), (6kV, CB2), (6kV, T6), (SC, K6),  
 (K6, SM1), (K6, CB1), (K6, SM2), (K6, CB2), (SC, K0,4), (CB3, T3),  
 (T3, AM4), (CB4, T4), (T4, AM5), (CB5, T3), (T5, AM6), (CB6, T6),  
 (T6, AM7), (K0,4, CB3), (K0,4, CB4), (K0,4, CB5), (K0,4, CB6)]

Отже, результуючу матрицю інцидентності  $\Lambda = \|\lambda_{ij}\|$  (де  $i, j = 1, \dots, 26$  – номери блоків;  $\lambda_{ij} = 1$ , якщо  $i$ -й блок є початком ребра, закінченням якого є блок  $j$ ;  $\lambda_{ij} = 0$ , якщо  $i = j$  або  $i$ -й блок не є початком ребра, закінченням котрого є блок  $j$ ; номери строк відповідають позначенню симплексів) для даного випадку в аналітичному вигляді представлено в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Матриця інцидентності орієнтованого графа підстанції та системи контролю перетоків реактивної потужності

|            | M1 | M2 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | АД1 | АД2 | АД3 | АД4 | АД5 | АД6 | АД7 | СД1 | СД2 | КБ1 | КБ2 | КБ3 | КБ4 | КБ5 | КБ6 | 6кВ | К6 | СК | К0,4 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| (M1,T1)    | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (M2,T2)    | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (T1,CK)    | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (T2,CK)    | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (T3,АД4)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (T4,АД5)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (T5,АД6)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (T6,АД7)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,T1)   | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,T2)   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,СД1)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,АД1)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,T3)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,КБ1)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,СД2)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,АД2)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,T4)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,АД3)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кV,T5)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кV,CB2)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (6кВ,T6)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0  | 0  |      |
| (СК,K6)    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 1  |      |
| (K6,СД1)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (K6,КБ1)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (K6,СД2)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (K6,КБ2)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  |      |
| (SC,K0,4)  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  | 1  |      |
| (КБ3,T3)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (КБ4,T4)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (КБ5,T3)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0  | 0  |      |
| (КБ6,T6)   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0  | 0  |      |
| (K0,4,КБ3) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 1  |      |
| (K0,4,КБ4) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0  | 1  |      |
| (K0,4,КБ5) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0  | 1  |      |
| (K0,4,КБ6) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0  | 1  |      |

#### **4.2. Оцінка надійності інформаційних потоків та керуючих впливів в кіберфізичній моделі підстанції**

Побудовані матриці суміжності та інцидентності забезпечують необхідний аналітичний інструментарій для дослідження топології побудованого графу типової РП. Симпліціальний аналіз використовує обидві ці матриці для побудови симпліціальних комплексів, які представляють собою набори симплексів, організованих за певними правилами [93]. Симпліціальні комплекси можуть бути аналізовані для вивчення топологічних властивостей мережі, як змінюється її структура при змінах параметрів вузлів чи зв'язків.

Для оцінювання ієрархічної структури управління та аналізу залежностей між інформаційними і керівними потоками на підстанції промислового підприємства застосовують алгоритм структурної  $q$ -зв'язності. Цей підхід є однією з найпоширеніших і добре вивчених якісних характеристик систем, що дозволяє формалізовано описати ступені зв'язності, ієрархічні взаємозв'язки та критичні точки мережі управління [94]. Використання алгоритму структурної  $q$ -зв'язності забезпечує можливість систематичного виявлення ключових каналів передачі інформації та пріоритетних елементів керування, що важливо для побудови надійної і адаптивної архітектури керування.

У межах системного дослідження принципів керування КБ пропонується декомпозиція графу електричної схеми підстанції. З огляду на необхідність підтвердження достовірності отриманих даних застосуємо метод симпліціального аналізу. Даний інструментарій дає змогу формалізувати суттєві зв'язки та оцінити топологічну цілісність об'єкта для оцінки надійності запропонованої схеми системи керування.

З метою системного дослідження, виявлення спільності завдань керування окремими КБ візьмемо за основу електричну схему підстанції (рис. 4.2) та застосуємо методологію декомпозиції. Актуальними залишаються питання дослідження достовірності отриманих результатів, а

також виявлення зв'язних концептів системи та зв'язків між ними. Тому, слід звернути увагу на симпліціальний аналіз, який дозволяє вирішити вказані актуальні питання. Здійснимо симпліціальний аналіз структури розробленої моделі підстанції гірничо-збагачувального комбінату.

Структурна збитність матриці  $\Lambda$  оцінюється на основі показника  $R_k \in \mathbb{R}$ :

$$R_k = \left[ \sum_{i=1}^{27} \sum_{j=1}^{35} \lambda_{ij} \right] \frac{1}{26} - 1 = \frac{70}{26} - 1 \approx 1,69 \quad (4.3)$$

Оскільки  $R_k=1,69>0$ , то система є зв'язною (без обривів) та має збитність (тобто потенційно надійна).

Виконуючи  $q$ -аналіз матриці  $\Lambda$ , шляхом сумування рядків та послідовного групування, отримуємо такі класи еквівалентності  $Q_{q_c}$  ( $Q_{q_c}$  – кількість симплексів розмірності  $q_c \in \mathfrak{I}$ ,  $q_c=0, \dots, 20$ ; {у фігурних дужках} позначаються номери  $q$ -зв'язних симплексів):

$$Q_0 = 7: \{\text{АД1}\}, \{\text{АД2}\}, \{\text{АД3}\}, \{\text{АД4}\}, \{\text{АД5}\}, \{\text{АД6}\}, \{\text{АД7}\};$$

$$Q_1 = 8: \{\text{М1}\}, \{\text{М2}\}, \{\text{КБ1}\}, \{\text{КБ2}\}, \{\text{КБ3}\}, \{\text{КБ4}\}, \{\text{КБ5}\}, \{\text{КБ6}\};$$

$$Q_2 = 3: \{\text{СД1}\}, \{\text{СД2}\}, \{\text{СД3}\};$$

$$Q_3 = 0;$$

$$Q_4 = 8: \{\text{Т1}\}, \{\text{Т2}\}, \{\text{Т3}\}, \{\text{Т4}\}, \{\text{Т5}\}, \{\text{Т6}\}, \{\text{К0,4кВ}\}, \{\text{К6кВ}\}; \quad (4.4)$$

$$Q_5 = Q_6 = 0;$$

$$Q_7 = 1: \{\text{СК}\};$$

$$Q_8 \dots Q_{19} = 0;$$

$$Q_{20} = 1: \{\text{6кВ}\}.$$

Структурний вектор комплексу має такий вигляд:

$$Q_k = (7; 8; 3; 0; 8; 0; 0; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 1). \quad (4.5)$$

Аналіз вектору  $Q_k$  показує, що він зв'язаний для великих ( $Q_{20}$ ), середніх ( $Q_2, Q_4$ ) та малих ( $Q_0, Q_1$ ) значень  $q_c$ . Зокрема, при  $q_c=0, 1, 2$  комплекс

розпадається на кілька незв'язних компонентів, що можна пояснити присутністю трьох рівнів  $q$ -зв'язних симплексів або двох геометричних перешкод у системі.

Ієрархічну організацію типової структури керування обладнанням підстанції умовах гірничо-збагачувального комбінату (наданої на рис. 4.1, рис. 4.2) підтверджується ідентичністю функціональних параметрів значень максимальної розмірності симплексів. Для представлення даних прийнято наступне: індекс симплекса наводиться у фігурних дужках, а перелік відповідних компонентів (блоків) – у круглих; символ  $\emptyset$  відповідає пустій множині. У такий спосіб групування показників виконано наступним чином:

$$\begin{aligned}
 q_c &= -1: \{\emptyset(\emptyset)\}; \\
 q_c &= 17: \{M1(T1)\}, \{M2(T2)\}, \{k6кВ(СК)\}, \{к0,4кВ(СК)\}, \\
 &\quad \{АД1(6кV)\}, \{АД2(6кV)\}, \{АД3(6кV)\}, \{КБ1(к6кВ)\}, \\
 &\quad \{КБ2(к6кВ)\}, \{КБ3(к0,4кВ)\}, \{КБ4(к0,4кВ)\}, \{КБ5(к0,4кВ)\}, \\
 &\quad \{КБ6(к0,4кВ)\}, \{АД4(T3)\}, \{АД5(T4)\}, \{АД6(T5)\}, \\
 &\quad \{АД7(T6)\}; \tag{4.6} \\
 q_c &= 9: \{СД1(6кВ, к6кВ)\}, \\
 &\quad \{СД2(6кВ, к6кВ)\}, \{6кВ(T1, T2)\}, \{T1(M1, 6кВ)\}, \\
 &\quad \{T2(M2, 6кВ)\}, \{T3(КБ3, 6кВ)\}, \\
 &\quad \{T4(КБ4, 6кВ)\}, \{T5(КБ5, 6кВ)\}, \{T6(КБ6, 6кВ)\}; \\
 q_c &= 1: \{СК(T1, T2, T3, T4, T5, T6)\},
 \end{aligned}$$

Аналіз груп малих значень  $q_c$  (-1, 0) показує, що їх зміст можна трактувати як симплекси, що характеризують вихідні та вхідні параметри споживання та контролю перетоками реактивної потужності.

Для формалізації відмінностей у максимальних розмірностях симплексів використовується показник  $\varepsilon \in \mathbb{R}$ , який визначає рівномірність розподілу

зв'язків в орієнтованому графі з заданою кількістю ребер ( $m_1 \in \mathfrak{Z}$ ) та вершин ( $m_2 \in \mathfrak{Z}$ ):

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^{m_2} (\rho_i - \rho_{aver})^2 = \sum_{i=1}^{m_2} \left( \rho_i - \frac{m_1}{m_2} \right)^2 \quad (4.7)$$

де  $\rho_{aver} \in \mathfrak{R}$  – середня ступінь вершини;

$\rho_i \in \mathfrak{Z}$  - дійсна ступінь  $i$ -ї вершини.

Для моделі споживання та контролю потоками реактивної потужності, що розглядається з урахуванням залежності  $\rho_{aver} = m_1/m_2 = 70/26 \approx 2,69$  отримуємо:

$$\varepsilon^2 = 16,66 \quad (4.8)$$

Отже, остаточно отримуємо:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon^2} \approx 4,08. \quad (4.9)$$

Отримане значення  $R_k > 0$  свідчить про те, що топологічна структура побудованої системи керування КП розглянутої підстанції в умовах ГЗК наближається до повного графа. Проте за умови  $\varepsilon \neq 0$  даний показник не є визначальним. За результатом зіставлення особливостей різних типів топологій на підставі  $R_k$  і  $\varepsilon$ , також результатів симпліціального та візуального аналізу схеми (рис. 4.3) підтверджується її ієрархічний характер [95]. Вирази (4.1, 4.2) можуть змінюватися, коли виключаються деякі складові матриць.

На основі цих матриць формуються матриці з ваговими коефіцієнтами, які відображають змінні параметри реактивної потужності, що оперативно, з певним періодом заміряються контролером з відповідними перетворювачами. На основі цих матриць розраховується доцільність компенсування реактивної потужності в кожний період прийняття рішень на підстанції і в кожному рівні електропостачання (0,4кВ і 6 кВ).

Далі цей процес буде розглянуто більше детально в розробленому алгоритмі.

Отже, у межах ієрархічної структури підстанції ГЗК можна виокремити три взаємопов'язані рівні управління роботою компенсаційних пристроїв:

- Компенсатори 0,4кВ (перший рівень керування);
- Компенсатори 6кВ (другий рівень керування);
- Синхронні двигуни, які здатні компенсувати реактивну потужність (третій рівень керування).

Зазначена модель реалізована з урахуванням загальноприйнятих підходів до автоматизації виробництва і узгоджується зі стандартами побудови АСК, АСКП і АСК ТП, що забезпечує її сумісність із сучасними системами управління [96], а також міжнародним: МЭК(IEC)-1131; ISA S88, S95, ISO/IEC 14908) [97, 98, 99, 100].

#### **4.3. Розробка правил нечіткої логіки для моделювання адаптивної системи керування компенсаційними пристроями**

##### **4.3.1. Обґрунтування вибору нечіткої логіки для керування компенсаційними пристроями**

Реалізація стратегій регулювання реактивної потужності можлива із залученням традиційних контролерів АКРП або інтелектуальних систем на основі нечіткої логіки. Проте дані типи пристроїв суттєво різняться за принципами функціонування та критеріями ефективності в різних режимах роботи мережі

АКРП мають вбудовані точні алгоритми, які забезпечують автоматичне включення і виключення конденсаторів в залежності від рівня реактивної потужності в електричній мережі. АКРП можуть також включати і вимикати конденсатори в залежності від рівня напруги та струму в мережі, щоб забезпечити оптимальну компенсацію реактивної потужності.

Натомість, застосування нечіткої логіки у системах керування компенсаційними пристроями дає змогу реалізувати стратегію багатокритеріального керування. На відміну від АКРП, нечітка логіка дозволяє інтегрувати значну кількість вхідних змінних без необхідності побудови громіздких аналітичних моделей об'єкта [110].

Слід зауважити, що хоча апарат нечіткої логіки за своєю природою не забезпечує високої математичної точності регулювання, властивій АКРП, він виявляється корисним у складних експлуатаційних умовах, де застосування традиційних алгоритмів є обмеженим або неефективним внаслідок перевищення коливань, на які розрахована автоматика. Також нечітка логіка керування компенсаційними пристроями може бути корисною для спрощеної системи диспетчизації. На рис. 4.5 зображені основні переваги та недоліки звичайних АКРП та контролерів на базі нечіткої логіки.



Рисунок 4.4 – Порівняння АКРП і КРП на основі нечіткої логіки для компенсації реактивної потужності

Основною особливістю та, водночас, перевагою даної системи для нашого випадку є:

1. Нечітке керування дозволяє працювати з нечіткими вхідними даними, що є корисним при роботі зі складними системами [102]. Наприклад, як в нашому випадку, підстанціями з великою кількістю споживачів електричної енергії.

2. Використання та налаштування контролерів на базі нечіткої логіки є більш інтуїтивним та простим для налаштування на основі експертних правил.

У випадку СД рівень генерації реактивної потужності визначається за допомогою зміни струму збудження. Однак, значний приріст струму збудження може призвести до перегріву та дострокового виходу двигуну з ладу. Тому для раціонального контролю струму збудження варто розробити певний набір правил відстеження температури обмоток. Значний розвиток контролерів дозволяє легко відстежувати усі необхідні параметри [103].

У такий спосіб висока складність параметризації інтелектуальних контролерів на базі нечіткої логіки дає можливість реалізації алгоритму керування у випадку складних систем електропостачання з мінливим навантаженням. Отже, застосування методів нечіткої логіки для керування перетіканням реактивної потужності в заданих умовах, дозволить забезпечити більш точну і ефективну компенсацію [104].

#### **4.3.2. Моделювання системи керування на основі правил нечіткої логіки**

Налаштування нечіткого регулятора виконано засобами пакету Fuzzy Logic Toolbox (MATLAB). Для дослідження ефективності нечіткого керування компенсаційними пристроями, вирішимо такі задачі:

1. Створимо та налаштуємо нечіткий контролер, який буде приймати рішення про компенсацію реактивної потужності на основі вхідних даних про стан електричної мережі.
2. Оцінимо ефективність компенсатора реактивної потужності з нечітким керуванням на основі результатів експериментальних даних добового споживання.

На рис. 4.5 вказано вхідні параметри для нечіткого контролера. При збільшенні навантаження на синхронний двигун зростають активні втрати та

втрати на перемагнічування, що призводить до підвищення температури машини. Отже, температурний режим є прямим індикатором теплового навантаження та наближення до експлуатаційних обмежень. Низьке значення температури при одночасно високому електричному навантаженні може свідчити про несправність системи датчиків температури або наявність аварійних режимів роботи. З огляду на це доцільно розглядати навантаження і температуру як взаємопов'язані характеристики і застосувати їх у вигляді комбінованого показника, який відображатиме потенціал компенсаційної здатності СД і слугуватиме критерієм для прийняття рішення про включення/виключення машин у процесі компенсації [104].

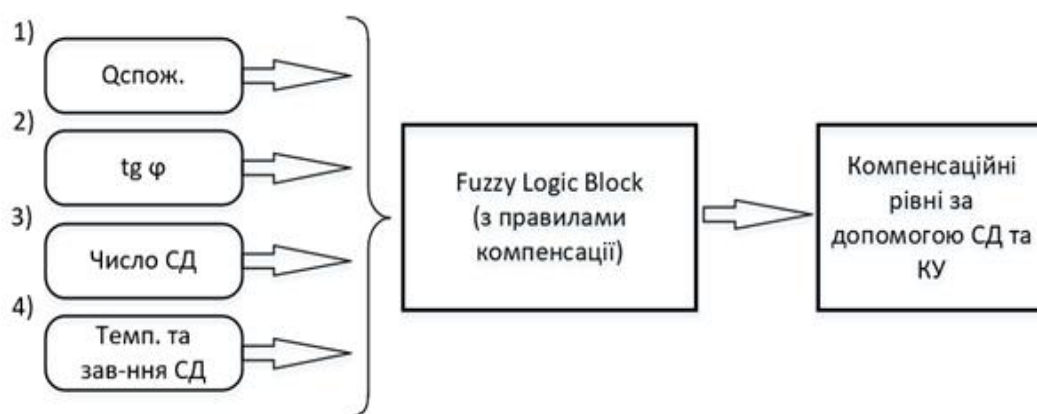


Рисунок 4.5 – Параметри блока нечіткої логіки

Першим параметром є величина споживаної реактивної потужності  $Q_{\text{спож}}$ , яку можна класифікувати за трьома рівнями (низький, середній, високий). Другий параметр –  $\text{tg}\varphi$ , що характеризує співвідношення реактивної та активної потужності, за яким можна зробити висновок про доцільність впровадження компенсаційних пристроїв. Вказані параметри для нечіткої логіки орієнтовно можуть бути сформовані завдяки попередньо проведеному статистичному аналізу відповідних параметрів, з урахуванням пори року, місяця, часу тощо. Відповідно, знаючи кількість АД в роботі, можна з певною достовірністю стверджувати про рівень споживання

активної та реактивної потужності. Число СД, які можна задіяти в процесі компенсації, можна визначити лінгвістичною змінною, знаючи їх кількість в роботі відносно загального числа в активі підстанції [63]. Це, в свою чергу, з використанням проведеної статистичної оцінки дає змогу приблизно оцінити їх завантаження. Проведемо моделювання роботи блоку нечіткої логіки на основі ряду статистичних даних з ГЗП №1.

Значення  $Q_{\text{спож}}$  (в програмі задано  $Q_{\text{cons}}$ ) задамо трьома рівнями – lowconsQ, normconsQ та highconsQ (відповідно, «низький», «середній» та «високий» рівень споживання реактивної потужності). Вхідна змінна normconsQ формується навколо математичного очікування досліджуваного статистичного ряду навантажень. Відповідно, значення lowconsQ та highconsQ визначають статистично менш вірогідні режими. Наявність плоскої вершини створює зону нечутливості, яка запобігає надмірному реагуванню блоку нечіткої логіки на незначні коливання в межах робочого процесу. Відповідно, криві вхідної функції  $Q_{\text{спож}}$  показані на рис. 4.6.

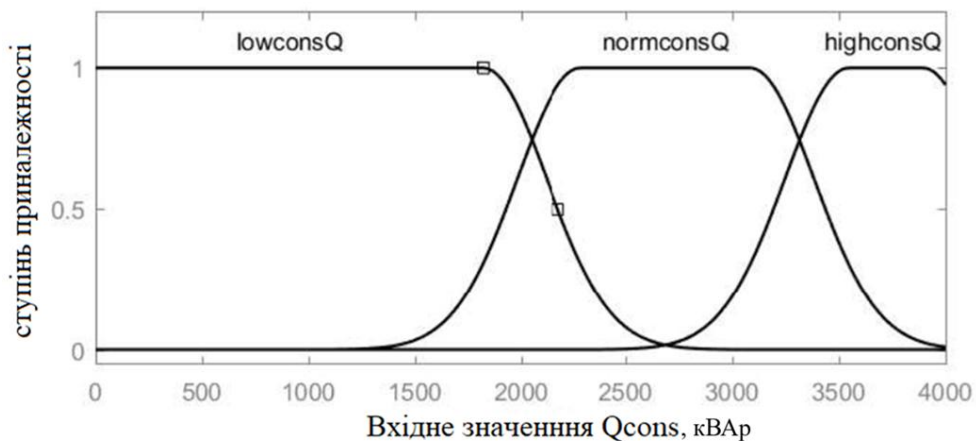


Рисунок 4.6 – Функції приналежності для змінної « $Q_{\text{спож}}$ » блоку нечіткої логіки

Функція gauss2mf (задана в програмі) є синтезом двох гаусових розподілів і задається масивом з чотирьох параметрів  $[\sigma_1, c_1, \sigma_2, c_2]$ . Її аналітичний вираз описується наступною системою:

$$\mu(x) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-c_1)^2}{2\sigma_1^2}}, & \text{якщо } x < c_1 \\ 1, & \text{якщо } c_1 \leq x \leq c_2 \\ e^{-\frac{(x-c_2)^2}{2\sigma_2^2}}, & \text{якщо } x > c_2, \end{cases} \quad (4.10)$$

де:  $x$  – поточне значення вхідної змінної  $Q_{\text{cons}}$  (кВАр);  $c_1$  та  $c_2$  – математичні сподівання, що обмежують плоску вершину кривої зліва та справа;  $\sigma_1$  та  $\sigma_2$  – середньоквадратичні відхилення, що параметризують похилість лівого та правого краю кривої.

Значення  $\text{tg}\varphi$  (в програмі задано  $\text{tanFI}$ ) задамо двома рівнями –  $\text{normtanFI}$  та  $\text{badtanFI}$  (відповідно, «задовільний», та «перевищений»). Відмітка 0,25 є критичною межею. Перевищення цього значення трактується нечітким контролером, як вихід за межі нормативних показників [5]. Потужність компенсаційних пристроїв, задіяних при таких значеннях, наближається до максимуму за умови відсутності перекомпенсації. Криві вхідної функції  $\text{tg}\varphi$  показані на рис. 4.7.

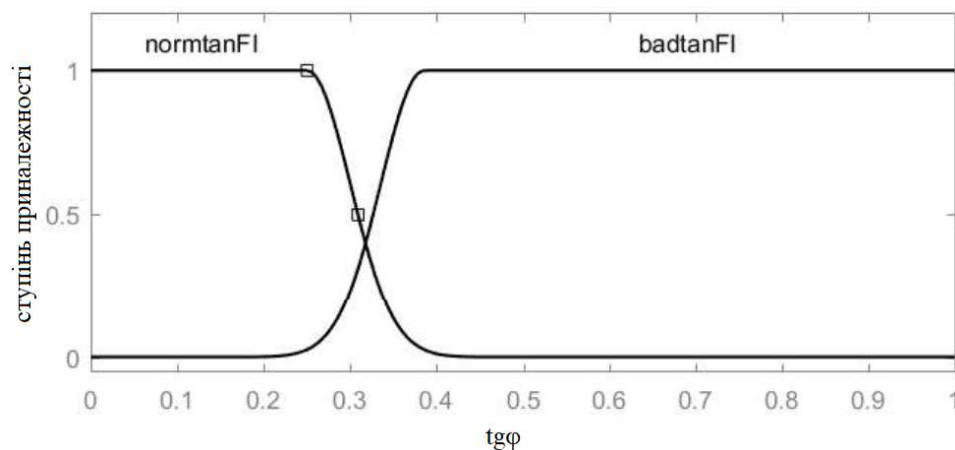


Рисунок 4.7 – Функції приналежності для змінної « $\text{tg}\varphi$ » блоку нечіткої логіки

Аналітичний вираз сигмоїдальної функції приналежності  $\text{tg}\varphi$  має вигляд:

$$\mu(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}, \quad (4.11)$$

де:  $x$  – поточне вхідне значення  $\text{tg}\varphi$  (кВт/кВАр) у мережі;  $a$  – параметр, що визначає крутизну переходу між термами. Для спадної кривої  $\text{normtanFI}$

цей коефіцієнт є від'ємним ( $a < 0$ ), а для зростаючої  $\text{badtanFI}$  – додатним ( $a > 0$ );  $c$  – абсциса точки перегину кривої, де ступінь приналежності дорівнює  $\mu = 0.5$ .

Для фазифікації лінгвістичної змінної «кількість двигунів» застосовано кусково-лінійні трикутні функції приналежності (відповідно, на рис. 4.8. показано  $\text{lowNSM}$  – для низької кількості двигунів,  $\text{AverNSM}$  – для середнього та  $\text{highNSM}$  – для високого їх числа). Вибір такої форми є обґрунтованим, оскільки кількість увімкнених агрегатів є дискретною, цілочисельною величиною. Застосування гладких експоненційних чи дзвоноподібних кривих у цьому випадку є експлуатаційно надлишковим, адже проміжних дробових станів обладнання не існує.

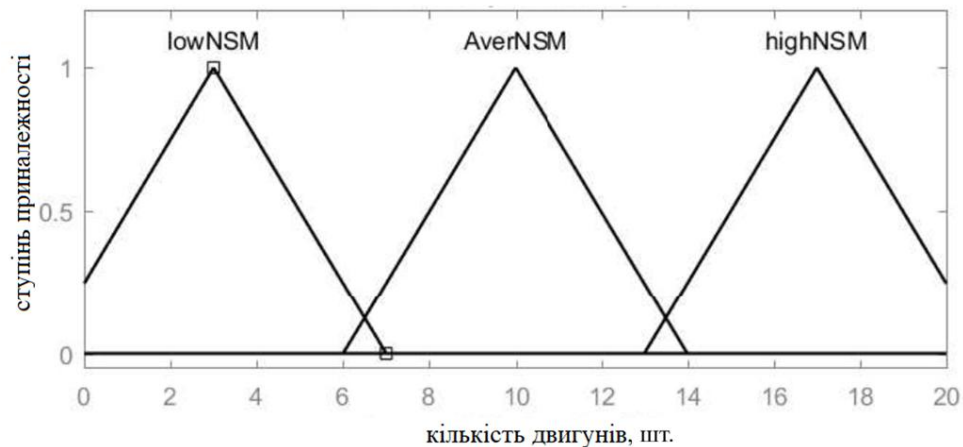


Рисунок 4.8 – Функції приналежності для змінної «кількість двигунів» блоку нечіткої логіки

Аналітичний вираз трикутної функції описується наступним рівнянням:

$$\mu(x; a, b, c) = \max \left( \min \left( \frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right), \quad (4.12)$$

де  $x$  – поточна фактична кількість увімкнених двигунів (вхідне значення на осі абсцис,  $x \in [0, 20]$ , шт.);  $a$  – ліва координата основи трикутника (точка початку зростання ступеня приналежності);  $b$  – координата вершини трикутника, що ідентифікує ядро лінгвістичного терму, де  $\mu = 1$ ;  $c$  – права координата основи трикутника.

Для формалізації лінгвістичної змінної «завантаження двигуна» застосовано двосторонні гаусові функції приналежності. Виділено три терми

(lowTZSM – «низьке завантаження», AverageTZSM – «нормальне завантаження» та highTZSM – «високе завантаження»). При цьому їхнє позиціонування ґрунтується на статистичному розподілі експлуатаційних режимів промислових електроприводів, отриманих у 2-му розділі даного дисертаційного дослідження та показує, що ймовірність роботи двигуна має яскраво виражене математичне сподівання в зоні номінального технологічного режиму, що описується центральним термом AverageTZSM. Відповідно, вхідна функція приналежності «завантаження двигунів» показана на рис. 4.8.

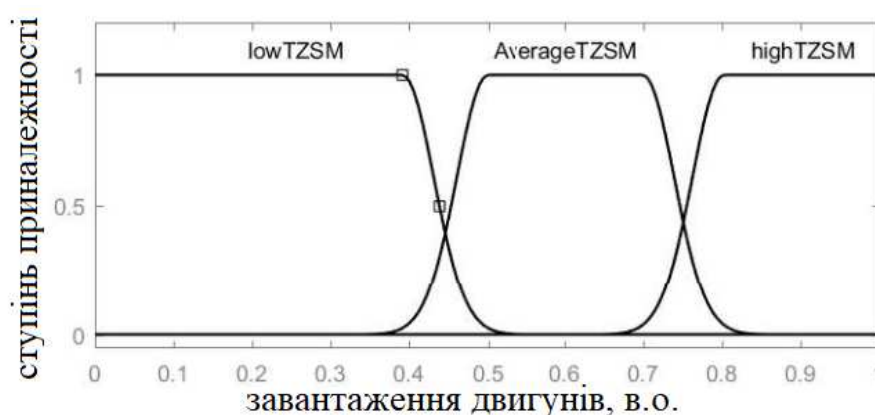


Рисунок 4.8 – Функції приналежності для змінної «завантаження синхронних двигунів» блоку нечіткої логіки

Формули кривих відповідають формулі (4.10), де значення відповідають:  $x$  – поточне значення завантаження СД у відносних одиницях,  $x \in [0,1]$ , в.о.;  $c_1$  та  $c_2$  – абсциси початку та кінця зони істинності терму;  $\sigma_1$  та  $\sigma_2$  – середньоквадратичні відхилення, які визначають крутизну спадання (лівого та правого фронтів) кривої у зонах переходу.

Проведемо моделювання отриманої нечіткої системи. Для початку змоделюємо роботу лише КБ. Форми кривих, зображені на рис. 4.9, демонструють допустимі межі використання КБ.

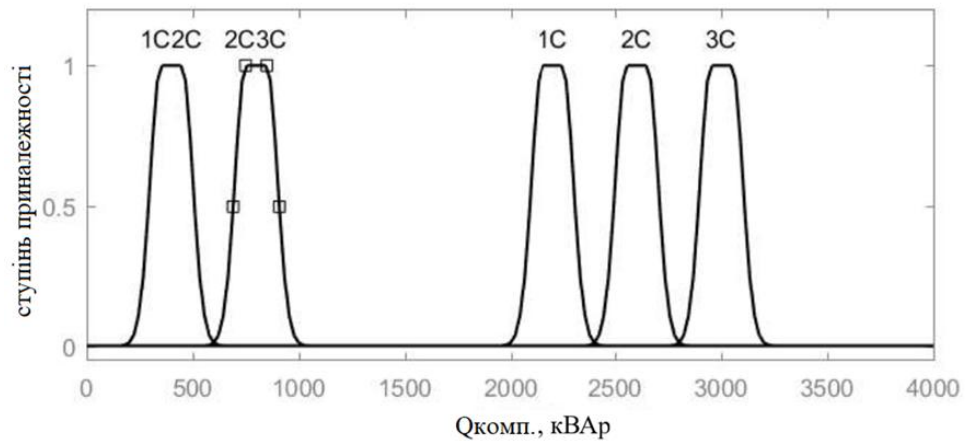


Рисунок 4.9 – Функції приналежності для змінної « $Q_{\text{комп}}$ » блоку нечіткої логіки роботи лише з конденсаторними батареями

Результуючу поверхню демонструє рис. 4.10.

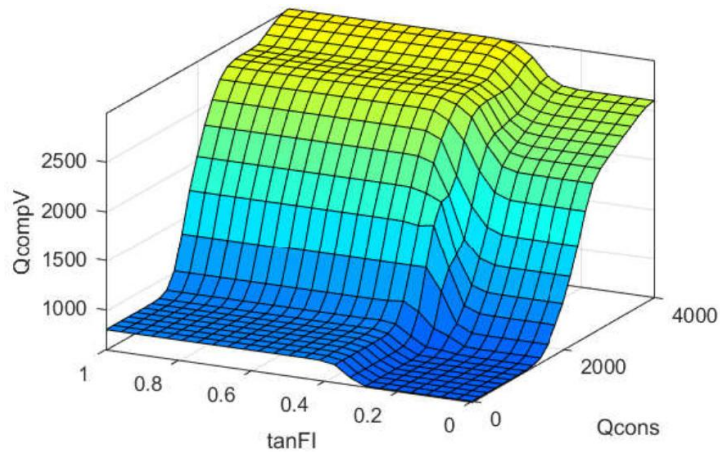


Рисунок 4.10 – Вихідна поверхня моделювання блоку нечіткої логіки для конденсаторних батарей

На рис. 4.10:  $\tan FI$  –  $\text{tg}\varphi$ ;  $Q_{\text{cons}}$  – значення споживання реактивної потужності, кВАр;  $Q_{\text{compV}}$  – значення компенсації за допомогою КБ, кВАр. Як можна побачити, в результаті дій блоку нечіткої логіки за заданими умовами система ефективно знижує вхідне значення споживання реактивної потужності при високому рівні її споживання або ненормованого  $\text{tg}\varphi$ .

Далі проведемо моделювання роботи системи лише для синхронних двигунів. Для цього задамо вихідні гладкі двосторонні гаусові функції приналежності змінної « $Q_{\text{комп}}$ » (рис. 4.11), що забезпечить формування неперервної та плавної поверхні відгуку контролера після процедури дефазифікації.

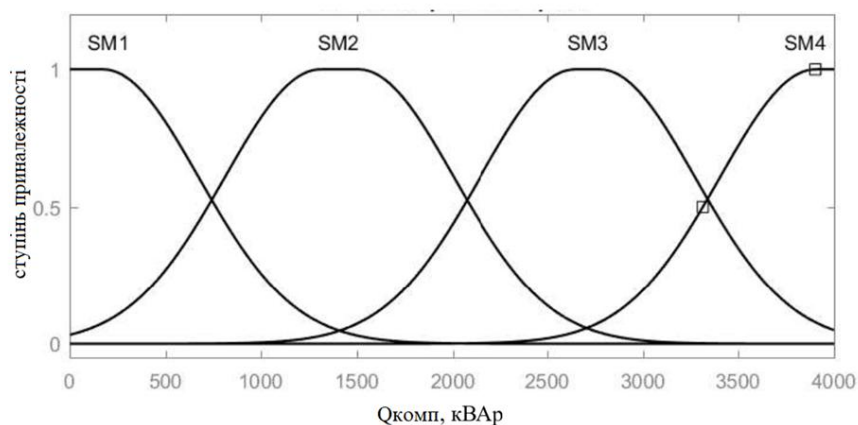


Рисунок 4.11 – Функції приналежності для змінної « $Q_{\text{комп}}$ » блоку нечіткої логіки роботи лише з синхронними двигунами

Результуючі поверхні демонструє рис. 4.12. Кількість двигунів для моделювання – 10 шт., завантаження – 0,3 в.о.; 0,6 в.о. та 0,9 в.о., відповідно.

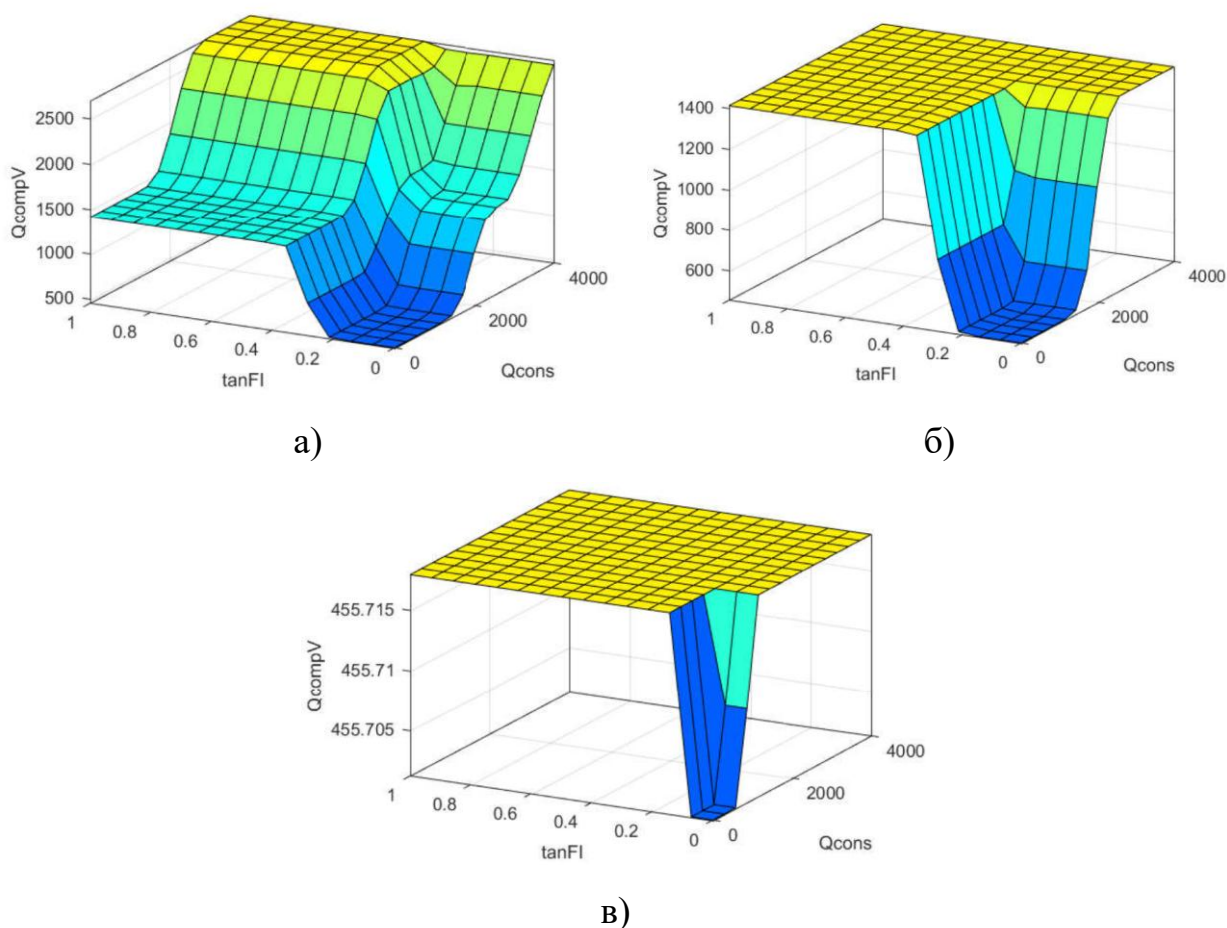


Рисунок 4.12 – Вихідна поверхня моделювання блоку нечіткої логіки для синхронних двигунів (а – «середня кількість двигунів» та «низьке завантаження»; б – «середня кількість двигунів» та «нормальне завантаження»; в – «середня кількість двигунів» та «високе завантаження»)

Як можна побачити з вихідних поверхонь на рис. 4.12, система розподіляє необхідну для компенсації реактивну потужність відповідно завантаження СД. Проте, незважаючи на те, що система може забезпечити високий рівень компенсації (рис. 4.12, а), використання СД потребує додаткового проведення ТЕО.

Проведемо сумісне моделювання роботи КБ та СД від нечіткого контролера. Рис. 4.13 демонструє вихідні функції приналежності  $Q_{\text{комп}}$ . Значення компенсаційних рівнів КБ відповідають рис. 4.9, розподіл залишкових значень реактивної потужності для СД – відповідно до алгоритму (розділ 3, пункт 3.4).

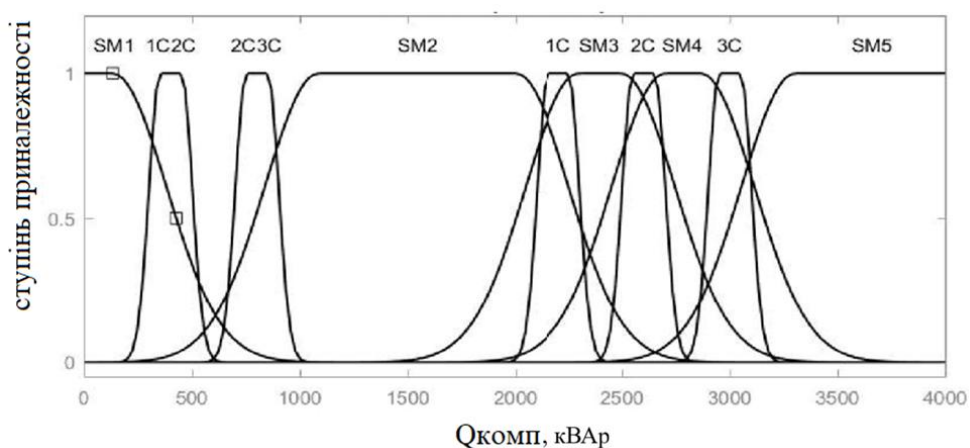


Рисунок 4.13 – Функції приналежності для змінної « $Q_{\text{комп}}$ » блоку нечіткої логіки роботи з сумісним використанням синхронних двигунів та конденсаторних батарей

Рис. 4.14 демонструє результуючу поверхню. Кількість двигунів для моделювання – 10 шт., завантаження – 0,3 в.о.; 0,6 в.о. та 0,9 в.о., відповідно. Як можна побачити з даних поверхонь, побудована система керування компенсаційними пристроями за допомогою нечіткої логіки забезпечує достатнє покриття необхідних для генерації значень реактивної потужності. В даному випадку можна побачити, що при вказаних показниках: споживання реактивної потужності  $Q_{\text{cons}}$ , співвідношення реактивної до активної потужності  $\text{tg}\varphi$ , числа СД і їх завантаження, ми маємо змогу повної



структура окремої розподільної підстанції (РП) як частину функціонального вузла підприємства [6].

У процесі аналізу однолінійних електричних схем мереж для дробильно-збагачувальної фабрики (ДЗФ) було виявлено типову конфігурацію РП: асинхронні двигуни (АД) підключені до шин 0,4 кВ та 6 кВ; синхронні двигуни (СД) – до шин 6 кВ; конденсаторні батареї (КБ) присутні на рівнях 0,4 кВ і 6 кВ. Рівень генерації реактивної потужності конденсаторними батареями регулюється дискретно через включення/виключення ступенів; наявність у парку підприємства СД визначає доцільність їх залучення як компенсаторів.

Централізована система керування компенсаційними пристроями наведена на рис. 4.15.

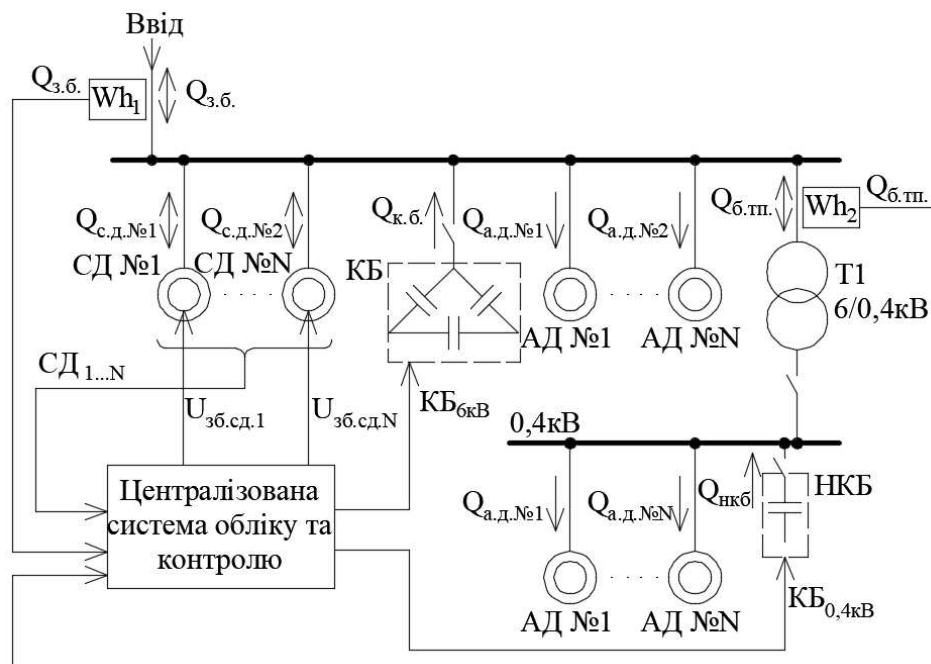


Рисунок 4.15 – Схема системи централізованого обліку та моніторингу перетоків реактивної потужності

Де на рис. 4.15:  $Q_{з.б.}$  – показник споживання РП споживачами;  $Q_{к.б.}$  – значення реактивної потужності, що генерується конденсаторними батареями напругою 6кВ;  $Q_{а.д.№1} \dots Q_{а.д.№N}$  – реактивна потужність, споживана асинхронними електроприводами;  $Q_{с.д.№1} \dots Q_{с.д.№N}$  – значення генерації

(споживання) СД;  $Q_{б.тп.}$  – результуюча реактивна потужність трансформаторної підстанції 0,4 кВ;  $Q_{нкб}$  - значення реактивної потужності, що генерується конденсаторними батареями напругою 0,4кВ; КБ<sub>0,4кВ</sub> (КБ<sub>6кВ</sub>) – керуючий вплив ступенями 6кВ та 0,4кВ КБ; СД<sub>1...N</sub> – інформація про технологічні параметри СД;  $U_{зб.сд.1...U_{зб.сд.N}}$  – напруга збудження СД.

Централізована система керування виконує моніторинг технологічних параметрів синхронних машин (кількість СД, температура охолодного повітря, температура обмоток статора та, опосередковано, ротора, а також величина живлячої напруги) з метою запобігання перевищенню допустимих експлуатаційних меж і забезпечення безпечного режиму роботи [61, 62]. Отже централізована система керування перетіканням реактивної потужності стає адаптивною для можливості врахування стохастичного характеру добової динаміки активного та реактивного енергоспоживання [51].

На основі інформації, що надходять від лічильників (для синхронних двигунів – їх технологічні параметри), розташованих у вузлових точках електричної мережі, система реалізує адаптивну стратегію керування: алгоритми коригують режими роботи компенсаційних пристроїв (СД та КБ) у реальному часі. Таке поєднання комп'ютерних алгоритмів з фізичними процесами відповідає раніше розглянутим принципам кіберфізичних систем (КФС) [92].

Керування КП реалізується централізовано через комбінований вплив: плавне регулювання параметрів збудження СД (змінюю  $U_{зб.сд.1... U_{зб.сд.N}}$ ) та дискретне перемикання секцій КБ (КБ<sub>0,4кВ</sub> і КБ<sub>6кВ</sub>), що дозволяє адаптувати компенсаційну здатність обладнання до поточних потреб мережі. Процес керування компенсаційними пристроями відбувається відповідно до адаптивного алгоритму, розробленому в п.4.3. Реалізація зазначеного алгоритму контролю спрямована на мінімізацію результуючого балансу  $Q_{з.б.}$ . Це свідчить про повну компенсацію реактивної складової в межах системи та мінімізацію її перетоків через точку приєднання до енергомережі [94].

З урахуванням вищезазначених особливостей, у середовищі Simulink (Matlab) було розроблено імітаційну модель, загальний вигляд якої представлено на рис. 4.16.

У пункті 4.1 даного розділу розглядалась побудова кіберфізичної системи на основі існуючих схем електропостачання. Було доведено, що наведена схема контролю (граф на рис. 4.3) є потенційно надійною. Централізована система контролю, зображена на рис. 4.15 зображає частину даної схеми, а отже можна стверджувати що вона також є надійною. Тому для подальшого моделювання будемо керуватися саме нею. Алгоритм роботи системи розроблено у пункті 4.3 (принцип роботи підпрограми керування СД, як частини загального алгоритму), нечіткі правила – у 4.4. Отже, виконаний науковий пошук створює необхідне підґрунтя для розробки імітаційної моделі та подальшої оцінки показників енергоефективності системи. Відповідно, це дозволяє створити модель (рис. 4.16) та дослідити енергоефективність запропонованої системи.

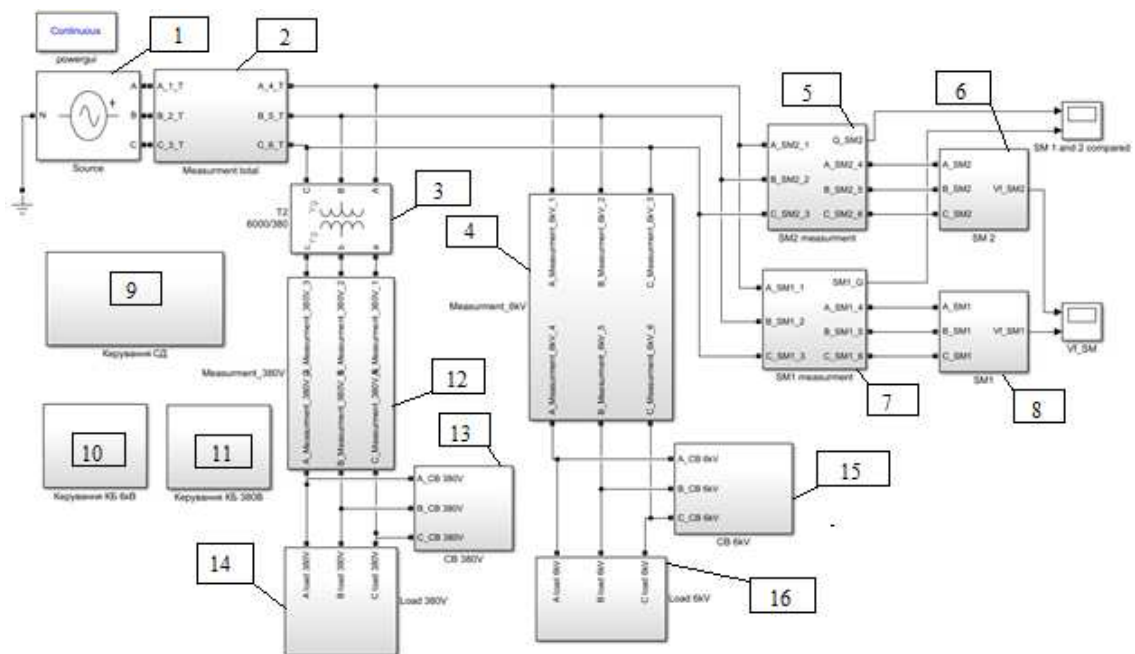


Рисунок 4.16 – Модель адаптивно-енергоефективної системи керування компенсаційними пристроями

На рис. 4.16: Система живлення: джерело напруги 6 кВ (поз. 1) та силовий трансформатор 6000/380 В (поз. 3); вимірювальні вузли: блоки

моніторингу активної та реактивної потужності на рівнях 6 кВ та 0,4 кВ (поз. 4, 12), а також індивідуальні блоки вимірювання параметрів СД (поз. 5, 7); електроспоживачі: навантаження напругою 6 кВ та 0,4 кВ (поз. 16 та 14 відповідно), а також СД (поз. 6, 8); засоби компенсації: конденсаторні батареї відповідних рівнів напруги (6 кВ – поз. 15, 0,4 кВ – поз. 13); керування: підсистеми управління синхронними двигунами (поз. 9) та секціями КБ (поз. 10, 11)

Керування напругою збудження СД відбувається за допомогою цифрового регулятора, синтез якого подано в додатку Е. На рис. 4.17 розкрито керування КБ на прикладі ступеней 380В.

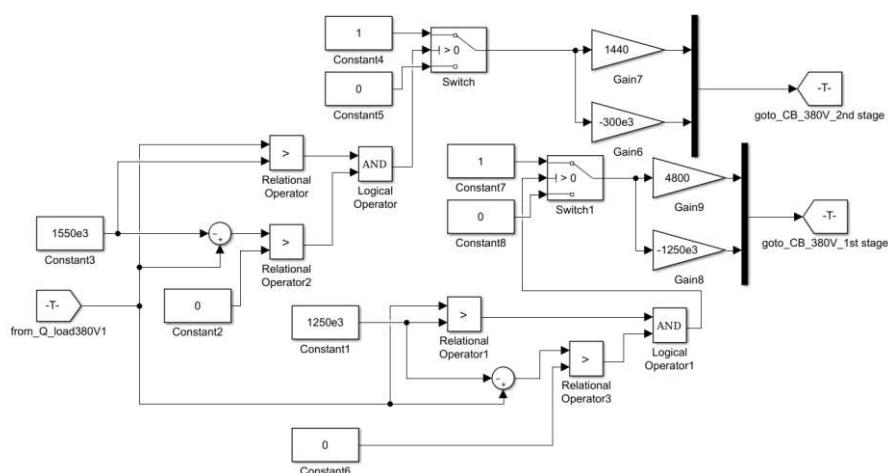


Рисунок 4.17 – Схема керування ступенями конденсаторних батарей 380В

Принцип керування ступенями КБ повністю відповідає алгоритму, зазначеному раніше у розділі 3. Ступені КБ представляють собою блоки зі змінним навантаженням, значення якого задається ступінчато.

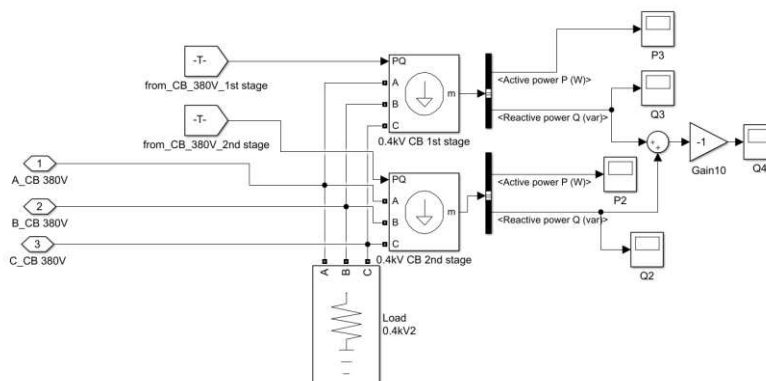


Рисунок 4.18 – Схема моделі двоступеневої конденсаторної батареї 380В

Навантаження реалізовано за допомогою блоку динамічного навантаження, значення якого змінюється наперед заданим значенням (рис. 4.19).

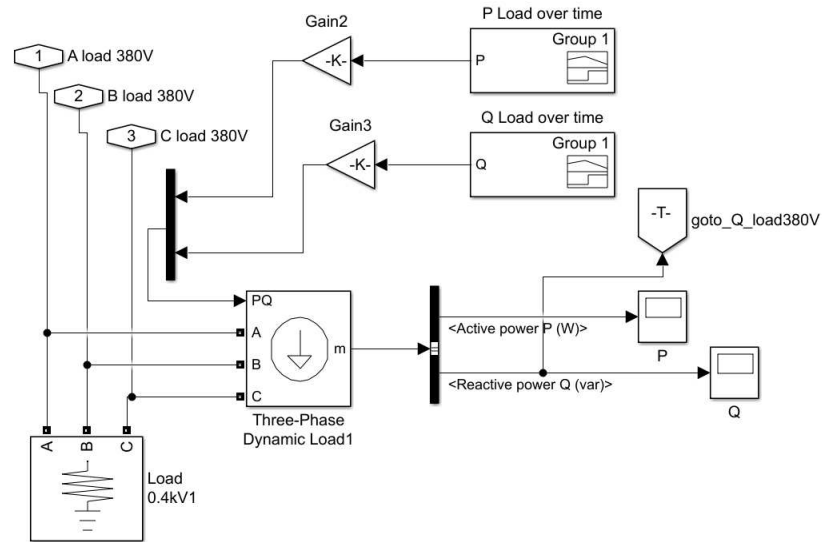


Рисунок 4.20 – Схема моделі навантаження 380В

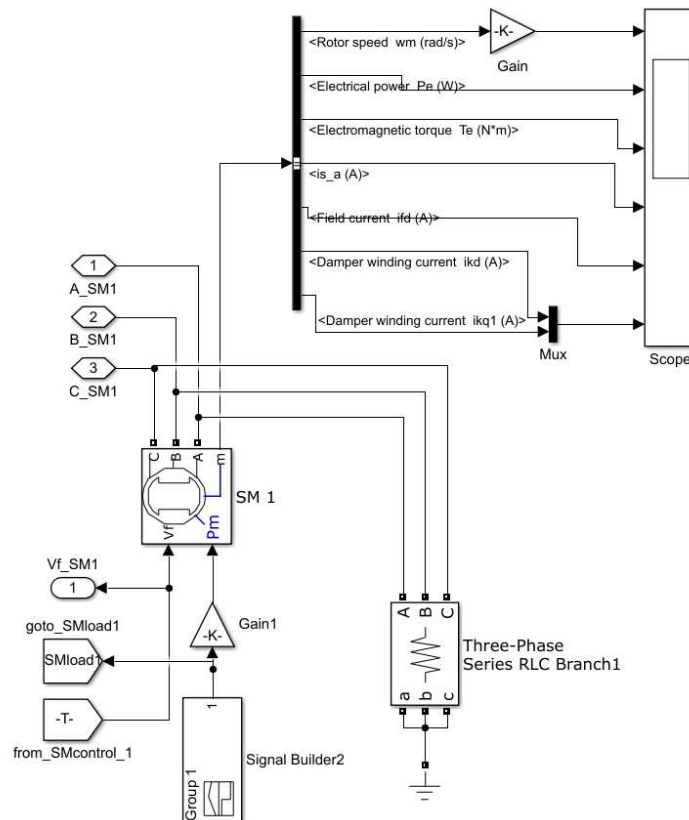


Рисунок 4.21 – Схема моделі синхронного двигуна

Нижче наведені графіки порівняння споживання електричної енергії з використанням адаптивної системи компенсації реактивної потужності та без

неї. На графіках: пунктирна лінія – відповідне значення до компенсації, суцільна - після.

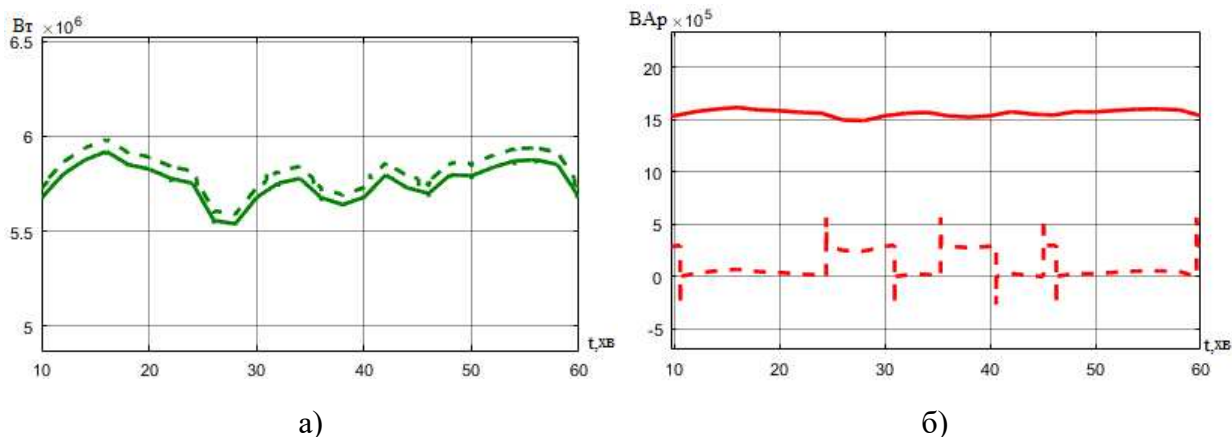


Рисунок 4.22 – Порівняння графіків активної та реактивної потужності до та після компенсації з лічильника 380В (а – активна потужність; б – реактивна потужність)

Як можна побачити з графіків, система ефективно знижує реактивну складову на рівні 380В. При комутації та відключенні ступеней КБ спостерігаються незначні «кидки» по реактивній потужності.

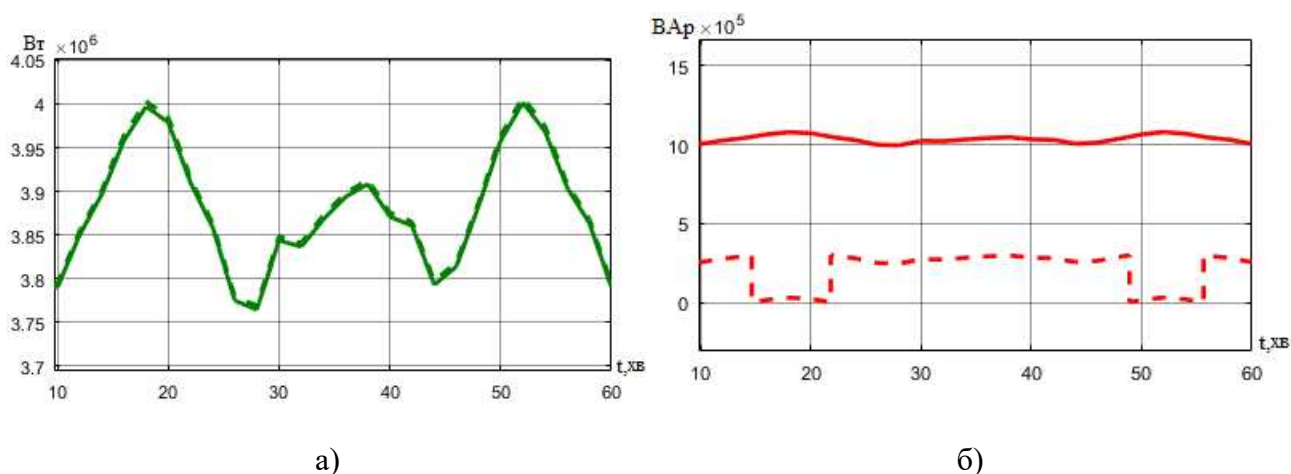
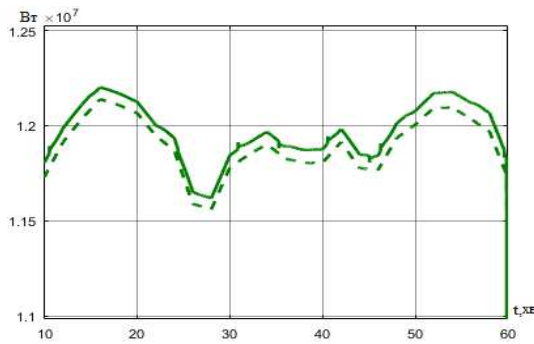
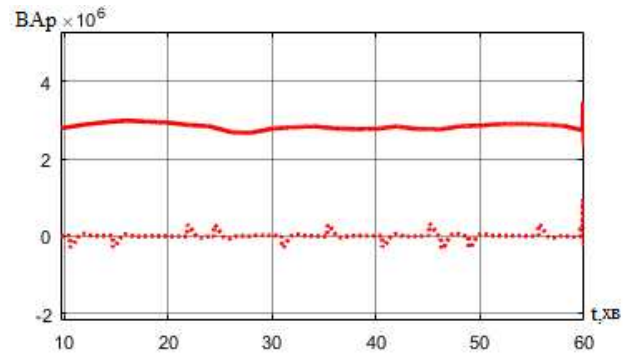


Рисунок 4.23 – Порівняння графіків активної та реактивної потужності до та після компенсації з лічильника 6кВ (а – активна потужність; б – реактивна потужність)

Як можна побачити з графіків, система ефективно знижує реактивну складову на рівні 6кВ. При комутації та відключенні ступеней КБ «кидки» по реактивній потужності відсутні.

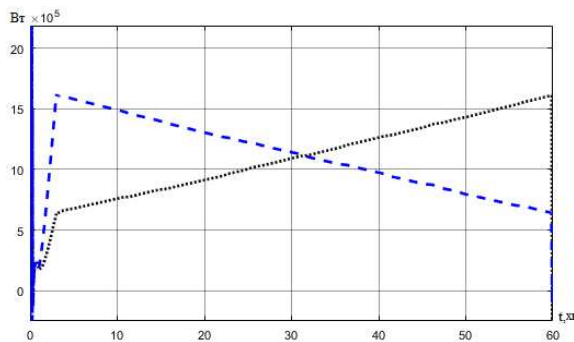


а)

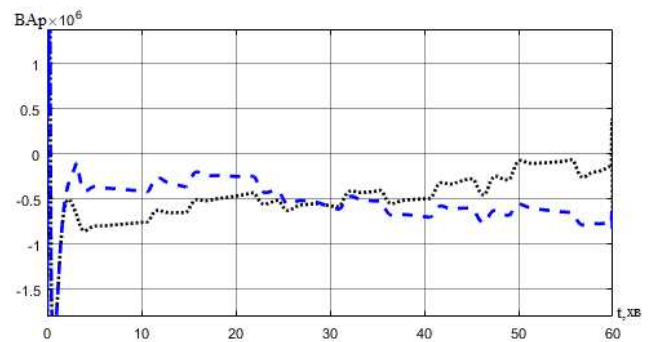


б)

Рисунок 4.24 – Порівняння графіків активної та реактивної потужності до та після компенсації з лічильника 6кВ на вводі системи (а – активна потужність; б – реактивна потужність)



а)



б)

Рисунок 4.25 – Порівняння показників споживання електричної енергії на вводі синхронних двигунів (а – активна потужність; б – реактивна потужність)

Згідно з рис. 4.25, видно, що розроблена система реалізує рівномірний розподіл за відносно однакового значення повної потужності між СД. При цьому враховується фактичне завантаження двигунів, що дозволяє вирівняти їхні режими роботи за показником повної потужності та запобігти перевантаженню окремих агрегатів. На рис. 4.25 прослідковується зміна генерації реактивної потужності синхронними двигунами, в залежності від активного завантаження СД №1 та №2. (для СД №1 (а), зміна завантаження склала з 65 до 35%; для СД №2 (б), зміна завантаження склала з 35 до 65%). Завдяки такій оптимізації забезпечується раціональний розподіл потужності,

що створює передумови для подовження експлуатаційного ресурсу обладнання

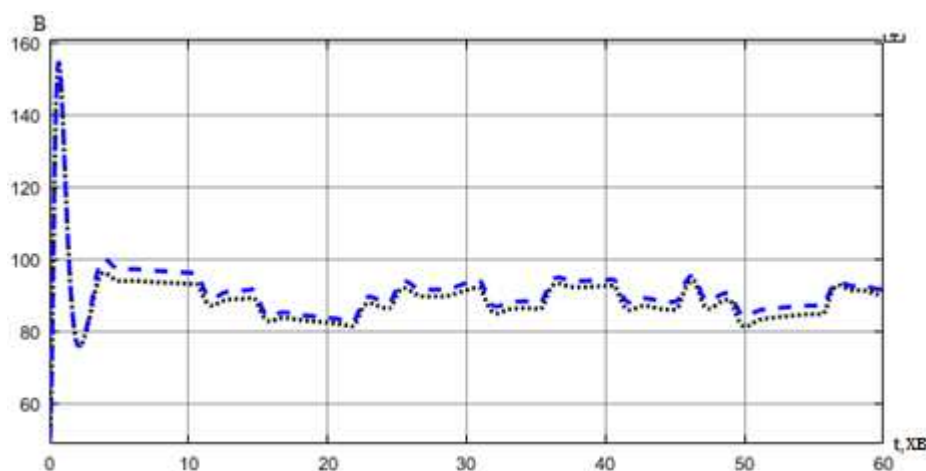


Рисунок 4.26 – Напряга збудження синхронних двигунів (синя пунктирна – СД №1, чорна пунктирна – СД №2)

Як можна побачити з графіків 4.22-4.24, повністю досягти «нульового перетікання» на вводі системи практично неможливо, оскільки в досліджуваній моделі присутні два потужні синхронні двигуни ( $P_n=1250$  кВт кожен) та по два ступені конденсаторних установок на рівнях 6 кВ і 0,4 кВ. В даному випадку важливо враховувати перехідні процеси.

По-перше, характеристики перехідних процесів значною мірою залежать від параметрів самих СД – їхньої інерції, активних та реактивних опорів обмоток тощо. Ці електромеханічні параметри визначають час реакції двигуна, діапазон і швидкість регулювання струму збудження, а також фактичний потенціал двигуна у компенсації реактивної потужності без виходу за допустимі експлуатаційні межі. По-друге, динаміка системи залежить також від властивостей КБ: їхньої ємності, номінальної напруги, а також від частоти перемикавання ступенів. Параметри КБ визначають амплітуди і тривалість коливань напруги й струмів під час переключень, а отже впливають на стабільність і якість компенсації.

Проте не зважаючи на незначні недоліки, система адаптивно залучала компенсаційні пристрої (СД – рис. 4.25; КБ – рис. 4.22 та рис. 4.23) до процесу компенсації, та знизилу загальне споживання реактивної потужності.

Графіки результатів моделювання спільної роботи КБ та СД (рис. 4.24) показують незначне зростання споживання активної потужності (орієнтовно на 0,34 %). Водночас додаткові витрати на активну потужність у такому разі будуть приблизно в 3,7 раза нижчими, ніж обсяг платежів за РП до впровадження компенсаційних заходів. Слід підкреслити, що показники терміну окупності та фактична економічна ефективність в такому разі визначаються сукупністю чинників (спосіб технічної реалізації, наявність КП в активі підприємства), а отже, потребують диференційованого розрахунку для кожного конкретного об'єкта [38].

Оцінимо ефективність визначеного критерію оптимізації для чотирьох варіантів:

- Система без компенсаційних пристроїв;
- Система лише з конденсаторними батареями;
- Система лише з синхронними двигунами;
- Система з синхронними двигунами та конденсаторними батареями.

Тобто, стане можливим порівняння різних варіантів регулювання реактивної потужності на прикладі типової підстанції (пункт 4.1). Отримані розрахункові значення за цільовою функцією представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 Розрахункові значення критерію оптимізації за цільовою функцією

| Показник | Без<br>компенсаційних<br>пристроїв | Без<br>конденсаторних<br>батарей | Без<br>синхронних<br>двигунів | З синхронними<br>двигунами та<br>конденсаторними<br>батарейми |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| $W(x)$   | 2                                  | 0,79                             | 1,21                          | 0,65                                                          |
| C        | 1                                  | 0,94                             | 0,83                          | 0,75                                                          |

Дані отримані при розрахунку критерію оптимізації за цільовою функцією для чотирьох випадків дозволяють зробити наступні висновки:

1. У випадку компенсації реактивної потужності лише синхронними двигунами показник ефективності скомпенсованого значення реактивної потужності  $W(x)$  значно знижується, проте співвідношення сплати за електричну енергію залишається високим. Пояснити останнє можна через те, що за відсутності КБ у системі, СД залучаються у процес компенсації на максимумі своїх можливостей. Через це значно зростають втрати активної потужності.

2. Компенсація  $W(x)$  без СД менш ефективна через те, що КБ можуть підключатись лише ступінчасто. Через це залишаються значні обсяги некомпенсованого реактивного навантаження. Проте при цьому активні втрати в КБ значно менші, що впливає на показник співвідношення сплати  $C$  за електричну енергію.

3. Керування СД та КБ за енергоефективним адаптивним алгоритмом, згідно визначених показників критерію оптимізації  $W(x)$  та  $C$ , є найбільш оптимальними через їх мінімальні значення відносно інших варіантів.

Отже запропонована система керування компенсаційними пристроями є найбільш найбільш ефективною в даних умовах. Це доводить проведене моделювання на основі типової підстанції.

#### **4.5. Перевірка адекватності моделі адаптивної системи компенсації реактивної потужності**

Адекватність комп'ютерної моделі оцінюється через кілька груп показників порівняння її результатів із еталонними (експериментальними чи аналітичними) даними [113]. Для визначення адекватності комп'ютерної моделі, яка була наведена у п.4.5, порівняємо отримані з неї дані (загальні 6кВ).

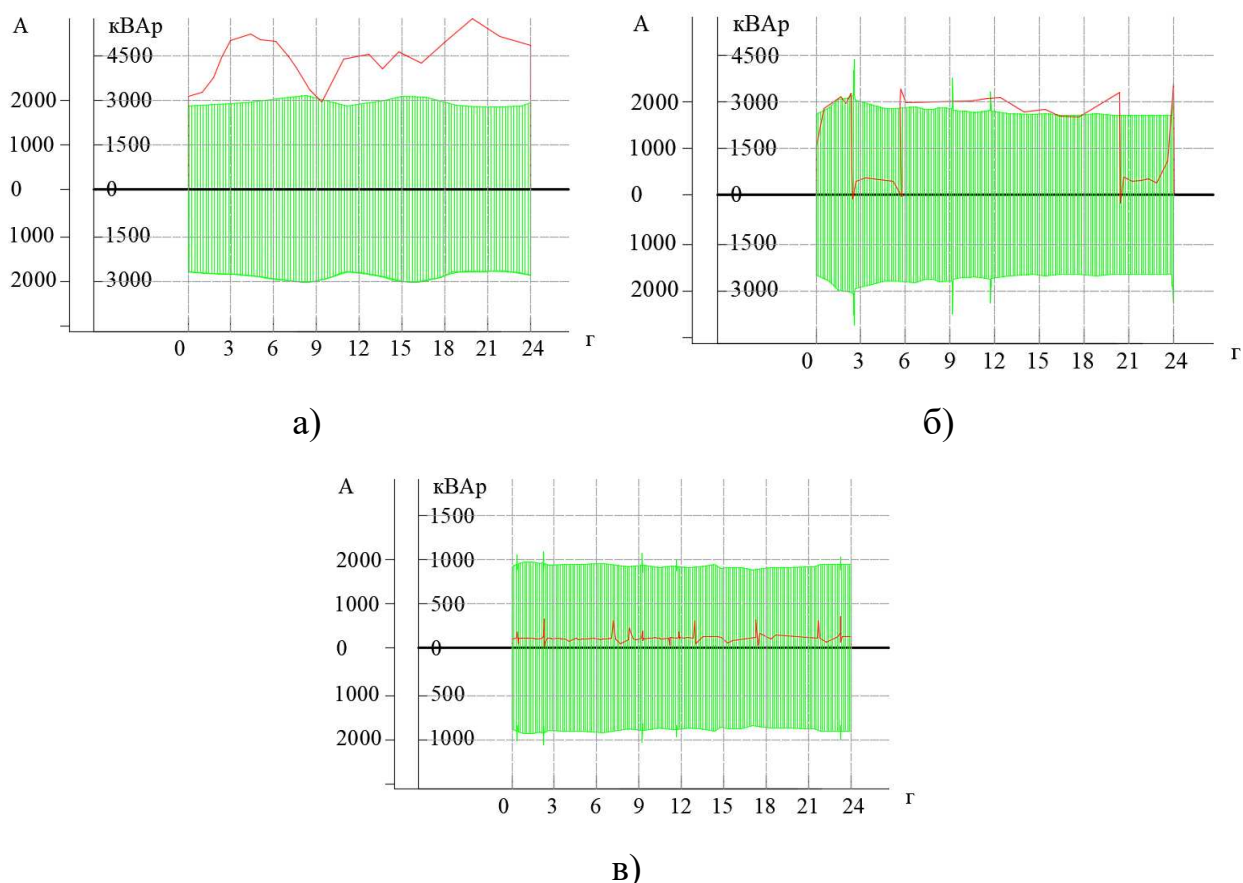


Рисунок 4.27 – Графік споживання реактивної потужності та струму навантаження: а) – до підключення КП; б) – після використання КБ; в) – після сумісного використання КБ та СД

Одним з показників для розрахунку адекватності моделі є похибки за часом (часові ряди). Перша з них це середньоквадратична похибка (RMSE) на прикладі реактивної потужності  $Q(t)$ :

$$\text{RMSE}_Q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( Q_{\text{мод.}}(t_i) - Q_{\text{експ.}}(t_i) \right)^2}. \quad (4.13)$$

де  $Q_{\text{мод.}}(t_i)$  і  $Q_{\text{експ.}}(t_i)$  – значення вихідного сигналу моделі й виміряного сигналу в момент  $t_i$ , а  $NN$  – число точок.

RMSE дає уявлення про середню величину розбіжності в тих самих одиницях, що й сигнал. Аналогічно можна розрахувати для інших вимірних показників ( $I_{\text{мод.}}(t_i)$ ;  $I_{\text{експ.}}(t_i)$ ;  $U_{\text{мод.}}(t_i)$ ;  $U_{\text{експ.}}(t_i)$ ;  $P_{\text{мод.}}(t_i)$ ;  $P_{\text{експ.}}(t_i)$ , тощо).

Середня похибка (MAE) менш чутлива до поодиноких великих викидів і показує абсолютну величину помилки:

$$\text{RMSE}_Q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( Q_{\text{мод.}}(t_i) - Q_{\text{експ.}}(t_i) \right)^2}. \quad (4.14)$$

Нормована середньоквадратична похибка (NRMSE):

$$\text{NRMSE}_Q = \frac{\text{RMSE}_Q}{Q_{\text{макс.}} - Q_{\text{мін.}}} \cdot 100\%, \quad (4.15)$$

де  $Q_{\text{макс.}}$  і  $Q_{\text{мін.}}$  – максимальне та мінімальне значення експериментального сигналу. NRMSE дозволяє порівнювати якість моделі для сигналів різного масштабу.

Коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \left( Q_{\text{експ.}}(i) - Q_{\text{мод.}}(i) \right)^2}{\sum_{i=1}^N \left( Q_{\text{експ.}}(i) - \bar{Q}_{\text{мод.}} \right)^2}, \quad (4.16)$$

де  $\bar{Q}_{\text{мод.}}$  – середнє експериментального сигналу.  $R^2$  показує частку розсіювання експериментальних даних, пояснену моделлю (ідеальне значення наближається до 1).

І, також показник максимальної похибки:

$$\Delta_{\text{макс.}} = \max_i |Q_{\text{мод.}}(i) - Q_{\text{експ.}}(i)|. \quad (4.17)$$

Додатково в нашому випадку потрібно враховувати час встановлення перехідного процесу  $t_s$ , та перерегулювання. Усі зазначені розрахункові показники адекватності моделі на прикладі рівня споживання реактивної потужності зазначено в таблиці 4.4.

Отже, можна стверджувати що модель є адекватною [114, 115].

Таблиця 4.4. Показники адекватності моделі по реактивній потужності

| Показник                     | Значення | Одиниці вимірювання                 |
|------------------------------|----------|-------------------------------------|
| $RMSE_Q$                     | 0,062    | В.О.                                |
| $MAE_Q$                      | 0,055    | В.О.                                |
| $NRMSE_Q$                    | 6,1 %    | Нормовано по $[Q_{\min}; Q_{\max}]$ |
| $R^2_Q$                      | 0,97     | —                                   |
| $\Delta_{\max.Q}$            | 0,45     | В.О.                                |
| Час встановлення $t_s$ (2 %) | 1,71     | с                                   |
| Перерегулювання $M_p$        | 4,3 %    | % від $Q_{уст}$                     |
| NSE                          | 0,93     | —                                   |
| IoA                          | 0,97     | —                                   |
| Критерій Дарбіна-Уотсона     | 1,90     | перевірка автокореляції залишків    |
| р-значення Шапіро-Вілка      | 0,08     | нормальність залишків               |
| $\Delta A$ (50 Гц)           | 1,2 %    | відхилення АЧХ                      |

#### 4.6. Висновки до розділу 4

Отже, за результатами виконання 4-го розділу дисертаційного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Розроблена КФС типової розподільчої підстанції гірничо-збагачувального підприємства та системи керування компенсаційними пристроями. В результаті чого було створено граф, що відображає керуючі зв'язки компенсаторів та напрями перетікання реактивної потужності. Симпліціальний аналіз матриці графу підстанції підтвердив її топологічну зв'язність та достатню структурну надмірність, що гарантує стійкість системи керування компенсаційними пристроями до можливих режимних збурень

2. Розроблена система правил керування компенсаційними пристроями на базі нечіткої логіки, що дозволяє оптимізувати швидкодію процесу компенсації реактивної потужності.

3. Проведена оцінка енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями типової підстанції. Створена система забезпечує високу швидкодію реагування на зміну навантаження (час регулювання близько  $t_p \approx 4,5$  секунд, перерегулювання  $\delta_p \leq 10,7\%$ ). Сумісне впровадження у процес компенсації КБ (0,4кВ та 6кВ) та СД (6кВ) дозволило знизити споживання реактивної потужності майже до нуля.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі досліджено проблему підвищення електроенергетичної ефективності (коефіцієнта потужності) живлячих підстанцій та отримано наукові результати і наведено практичні результати. За результатами виконаних при написанні дисертаційної роботи досліджень зроблено наступні висновки:

1. Проведено дослідження статистичних даних енергоспоживання ГЗП підприємства ПрАТ «ПівнГЗК» у місті Кривий Ріг. Оцінка отриманих даних включала в собі аналіз щоденних і щомісячних показників споживання електроенергії (з фіксацією кожні півгодини). Застосовуючи поєднання стохастичних складових та гармонійного аналізу Фур'є сформовано нові синергетичні підходи щодо ефективності споживання ЕЕ в сенсі дослідження реактивної потужності. Для усіх досліджуваних об'єктів виявлено добову періодичність у коливаннях споживання реактивної потужності (наприклад, для ГЗП №2 добові коливання споживання могли бути в межах 23647,2-34411,68кВт і 6958-11285кВАр для активної та реактивної потужності відповідно). При цьому виявлено недовантаження силових трансформаторів 6(10) кВ головних знижувальних підстанцій, коефіцієнт завантаження яких коливається в межах 0,0085–0,421, що спричиняє зростання питомого споживання реактивної потужності орієнтовно на 20–30%. Отримані результати сформували необхідну основу, що дозволило перейти до етапу обґрунтування параметрів компенсаційних пристроїв.

2. На основі статистичних даних завантаження СД встановлено критерій нормального розподілу на рівні 50-70% (за середньоквадратичним відхиленням). Виконана параметрична ідентифікація подібних двигунів потужністю більше 100кВт дозволила перейти до більш точної оцінки потенціалу використання СД у процесі компенсації реактивної потужності. Аналогічно проаналізовані рівні завантаження наявних АД дозволили отримати критерій нормального розподілу їх більшої частини на рівні 40-60%

(за середньоквадратичним відхиленням). Подальша параметрична ідентифікація подібних двигунів потужністю більше 100кВт дозволила орієнтовано визначити рівні споживання реактивної потужності кожним вузлом підстанції.

3. Вдосконалено методику вибору потужності компенсаційних пристроїв для умов змінних навантажень на основі Гаусового розподілу сезонних статистичних даних споживання реактивної потужності, що дозволило визначити раціональні умови їх функціонування в умовах добових стохастичних коливань. Виявлено, що конденсаторні установки доцільно впроваджувати як компенсатор основної частини реактивного навантаження з застосуванням 3 ступенів КБ, що дозволяє знизити частку реактивної потужності на 60-70%. Синхронні двигуни завдяки можливості їх плавного регулювання забезпечать компенсацію «залишкової» реактивної потужності, наблизивши систему до «нуль-перетікання».

4. Отримала подальший розвиток структура керування збудженням СД у вигляді алгоритму, яка, базується на моніторингу стану технологічних параметрів (температура охолоджуючого повітря, напруга, навантаження, струм статора, ротора, оптимальний струм обмотки збудження, тощо), що забезпечує рівномірне завантаження по повній потужності у відносних одиницях двигунів різної номінальної потужності.

5. Розроблено структурну схему системи керування, що базується на адаптивному алгоритмі керування сумісного використання СД та КБ. При цьому виконується ступінчате регулювання КБ, що компенсують основну частину реактивної потужності та плавне регулювання СД за допомогою підпрограми функціонування пристрою плавного регулювання струмів збудження синхронних машин.

6. Розроблена КФС типової розподільчої підстанції гірничо-збагачувального підприємства та системи керування компенсаційними пристроями. В результаті чого було створено граф, що відображає керуючі зв'язки компенсаторів та напрями перетікання реактивної потужності.

Симпліціальний аналіз матриці графу підстанції підтвердив її топологічну зв'язність та достатню структурну надмірність, що гарантує стійкість системи керування компенсаційними пристроями до можливих режимних збурень.

7. Розроблена система правил керування компенсаційними пристроями на базі нечіткої логіки, що дозволяє оптимізувати швидкодію процесу компенсації реактивної потужності.

8. Проведена оцінка енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями типової підстанції. Створена система забезпечує високу швидкодію реагування на зміну навантаження (час регулювання близько  $t_p \approx 4,5$  секунд, перерегулювання  $\delta_p \leq 10,7\%$ ). Сумісне впровадження у процес компенсації КБ (0,4кВ та 6кВ) та СД (6кВ) дозволило знизити споживання реактивної потужності майже до нуля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

[1]. Сінчук І. О., Гузов Е. С., Кольсун В. А. Енергозбереження на підприємствах гірничовидобувної промисловості. Проблеми, шляхи реалізації : монографія. Кременчук : Щербатих О. В., 2016. 340 с.

[2]. Європейські тенденції інноваційного розвитку в енергетичному секторі та сферах кінцевого енергоспоживання / Денисюк С., Стрелкова Г., Пфайфер К., Стрелков М., Іщенко О. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2. С. 7–19.

[3]. Реактивна потужність в електричних мережах : монографія / Жежеленко І. В., Півняк Г. Г., Трофімов Г. Г., Папаїка Ю. А. Дніпро: НТУ «ДП», 2020. 72 с.

[4]. Жежеленко І. В., Саєнко Ю. Л. Реактивна потужність в системах електропостачання : навч. посіб. для спец. «Електропостачання». Київ : УМКВО, 1989. 105 с.

[5]. Про затвердження Методики розрахунку плати за перетікання реактивної електроенергії : наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 06 лютого 2018 року № 87 : із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства енергетики № 764 від 30.11.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0392-18>.

[6]. Шерстньов Ю. В. Керування реактивною потужністю на основі кіберфізичної моделі підстанції гірничозбагачувального підприємства. *Енергетика: економіка, технологія, екологія*. 2025. № 2 (80). С. 62–69. DOI: 10.20535/1813-5420.2.2025.327362.

[7]. Wolfgang H., Jürgen S., Wolfgang J. Reactive Power Compensation: A Practical Guide. E-Book, 2012. 304 p. URL: [https://books.google.com.ua/books/about/Reactive\\_Power\\_Compensation.html?id=cp-pNy-QkSEC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ua/books/about/Reactive_Power_Compensation.html?id=cp-pNy-QkSEC&redir_esc=y).

[8]. Singh L. P Advanced power system, analysis and dynamics. New York : Halsted Press, 1983. 398 p.

[9]. Підвищення енергетичної ефективності потужних електроприводів турбомеханізмів гірничо-металургійних комплексів : монографія / Осадчук Ю. Г., Учитель А. Д., Жуков С. А. та ін. Кривий Ріг, 2018. 345с.

[10]. Споживання електроенергії в Україні. URL: <https://uaea.com.ua/news/pek-news/ee-consumption-12.html> (дата звернення: 10.11.2023).

[11]. Українська енергетика. URL: <https://ua-energy.org/> (дата звернення: 10.12.2024).

[12]. НЕК «Укренерго». URL: <https://ua.energy/> (дата звернення: 06.09.2025).

[13]. ДСТУ 50160:2023. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Чинний від 2023-12-08. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ , 2023. 32 с.

[14]. Електропостачання промислових підприємств :Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.

[15]. Про затвердження Кодексу систем розподілу : постанова Національної комісії, що здійснює державне керування у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.03.2018 №310 : із змінами №1713 від 09.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text> (дата звернення: 07. 04.2026).

[16]. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII : Із останніми змінами, внесеними згідно із Законом від 10.02.2026 № 4777-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 07.04.2025).

[17]. Kontogiannis D., Bargiotas D., Daskalopulu D. Minutely Active Power Forecasting Models Using Neural Networks. *Sustainability*. 2020. № 12(8). 3177. URL: <https://doi.org/10.3390/su12083177>.

- [18]. Segovia E., Vukovic V., Bragatto T., Comparison of Baseline Load Forecasting Methodologies for Active and Reactive Power Demand. *Energies*. 2021, 14(22). 7533. URL: <https://doi.org/10.3390/en14227533>.
- [19]. A two-stage electricity consumption forecasting method integrated hybrid algorithms and multiple factors / Wang Z., Yao D., Shi Y. et al. *Electric Power Systems Research*. 2024. Vol. 234. 110600. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110600>.
- [20]. Enhancing the accuracy of China's electricity consumption forecasting through economic cycle division: An MSAR-OPLS scenario analysis / Xie P., Shu Y., Sun F., Pan X. *Energy*, 2024, vol. 293, 130618. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.130618>.
- [21]. The new hybrid approaches to forecasting short-term electricity load / Fan Guo-Feng, Liu Yan-Rong, Wei Hui-Zhen et al. *Electric Power Systems Research*. 2022. Vol. 213. 108759. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108759>.
- [22]. Haq R., Ni Z. A New Hybrid Model for Short-Term Electricity Load Forecasting. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. 125413-125423. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2937222. URL: <https://www.researchgate.net/publication/335375994>.
- [23]. Компенсація реактивної потужності в нелінійному вузлі навантаження системи електропостачання : звіт про НДР (заключний) / Національний університет «Львівська політехніка» ; виконавці: Сабат М., Сегеда М., Лисяк В., Шелех Ю. Львів, 2021. 22 с. № ДР 0117U004019. Державний обліковий номер 0222U002658.
- [24]. Reactive power compensation for reliability improvement of power systems / Mohammed B., Samer S., Yuting T., Joydeep M. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)* : Conference paper. 2016. DOI: 10.1109/TDC.2016.7519910. URL: <https://www.researchgate.net/publication/305685964>.

[25]. Dirik H., Gezegin G., Dirik H. S. Reactive power compensation with hybrid compensator combining a synchronous motor and switched capacitors. *Electric Power Systems Research*. 2023 Vol. 216. 109010. DOI: [10.1016/j.epsr.2022.109010](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.109010).

[26]. Розробка засобів підвищення сумісності фільтро-компенсуючих пристроїв та системи електропостачання ДФ-3 та Первомайського кар'єру : звіт про НДР : договір № 646 від 22.06.21 / Криворізький національний університет. Кривий Ріг, 2021. 137 с. № ДР 0121U113164.

[27]. Розробка та впровадження раціональних науково-технічних та проектних рішень щодо зниження плати підприємства за реактивну потужність та мінімізація втрат в електропостачальних мережах ЦСП : звіт про НДР : договір № 752/19-50-19 від 24.06.2019 / Криворізький національний університет. Кривий Ріг, 2019. 101 с. № ДР 0119U002986.

[28]. Розробка засобів моніторингу для підвищення якості електричної енергії в мережах підприємства : звіт про НДР : договір № 185/19-39-19 від 19.02.2019 / Криворізький національний університет. Кривий Ріг, 2019. 128 с. № ДР 0119U002985.

[29]. El-Sehiemy, Critical Issues of Optimal Reactive Power Compensation Based on an HVAC Transmission System for an Offshore Wind Farm / Rehman A., Koondhar M. A., Ali Z. at al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(19). 14175. URL: <https://doi.org/10.3390/su151914175>.

[30]. Viawan F., Karlsson D. Voltage and Reactive Power Control in Systems With Synchronous Machine-Based Distributed Generation. *IEEE Transactions on Power Delive*. 2008. Vol. 23. 1079–1087. DOI: [10.1109/TPWRD.2007.915870](https://doi.org/10.1109/TPWRD.2007.915870).

[31]. Gholami M., Gholami A., Mohammadtaheri M. Cyber-physical power system reliability assessment considering multi-state independent components. *Electric Power Systems Research*. 2023. Vol. 217. 109141. DOI: [10.1016/j.epsr.2023.109141](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109141).

[32]. Wang X., McArthur S., Strachan S., Kirkwood J. D. A Data Analytic Approach to Automatic Fault Diagnosis and Prognosis for Distribution Automation. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2017. May. 1-9. DOI: [10.1109/TSG.2017.2707107](https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2707107).

[33]. Xiang Y., Wang L., Zhang Y. Adequacy evaluation of electric power grids considering substation cyber vulnerabilities. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2018. Vol. 96. 368-379. DOI: [10.1016/j.ijepes.2017.10.004](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.10.004).

[34]. Mahdad B., Bouktir T., Srairi K. Dynamic Compensation of the Reactive Energy using a Fuzzy Controller. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*. 2005. June. 4(7). URL: <https://www.researchgate.net/publication/26446257>.

[35]. Comprasion of Reactive Power Compensation Methods in an Industrial Electrical System with Power Quality Problems / Salim Adolfo G.Y., Vladimir S.S., Kelly B.S., John E. Candelo-Becerra, Jorge de la Cruz. *Electricity*. 2024. Vol. 5, issue 3. P. 642–661. URL: <https://doi.org/10.3390/electricity5030032>.

[36]. Lionginas L. The methods of reactive power compensation in the 25kV, 50Hz contact network. *Transport Problems*. 2018. Vol. 13, issue 5. P. 59–68. DOI: [10.21307/tp.2018.13.1.6](https://doi.org/10.21307/tp.2018.13.1.6).

[37]. Alireza A., Hossein H. An improved centralized/decentralized accurate reactive power sharing methond in AC mircogrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2023. Vol. 148. 108908. DOI: [10.1016/j.ijepes.2022.108908](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108908).

[38]. Автоматичні установки для регулювання та підтримки коефіцієнта потужності навантаження мережі шляхом компенсації реактивної потужності : звіт про НДР (заклучний) : 19-205-25 / Криворізький національний університет ; наук. керівник Сінчук О. М. ; відповід. виконавець Шерстньов Ю. В. Кривий Ріг, 2025. 60 с. № ДР №125U003256.

[39]. Шерстньов Ю. В. Раціоналізація процесу керування пристроями компенсації реактивної потужності в умовах гірничозбагачувальних комбінатів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського : збірник наукових праць. 2025. Вип. 4(153). С. 409–417.

[40]. Moradi P., Ahmadian S., Akhlaghian F. An effective trust-based recommendation method using a novel graph clustering algorithm. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2015. Vol. 436. P. 462–481. DOI: [10.1016/j.physa.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.05.008).

[41]. Підвищення якості електропостачання підстанцій гірничозбагачувальних комбінатів / Купін А. І., Осадчук Ю. Г., Савицький О. І., Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. *Наукові записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33 (72), № 4. С. 149–159. URL: [http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/4\\_2022/4\\_2022.pdf](http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022/4_2022/4_2022.pdf).

[42]. Computational Intelligence. A Methodological Introduction Nature / Kruse R., Mostaghim S., Borgelt C. et al. Switzerland AG : Springer Verlag, 2022. 639 p. DOI: [10.1007/978-3-030-42227-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42227-1).

[43]. Hybrid stochastic risk-based approach for a microgrid participating in coupled active and reactive power market / Nikpour A., Nateghi M., Shafie-Khan J. P., Catalao S. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2021. Vol. 131. 107080. DOI: [10.1016/j.ijepes.2021.107080](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107080).

[44]. Reactive market power analysis using must-run induces. /Feng Donghan, Jin Shong, Gan Deqiang. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2008. Vol. 23, №2. P. 755–765. DOI: 10.1109/TPWRS.2008.919416.

[45]. Zakharchenko V. I. Correct use of the regression analysis in economic research. *Economic journal Odessa polytechnic university*. 2019. № 4(10). P. 68–75. DOI: 10.5281/zenodo.3835659.

[46]. A Procurement market model for reactive power services considering system security / Ismael El-S., Kankar B., Claudio C., et al. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2008. Vol. 23, № 1. P. 137–149. DOI: 10.1109/TPWRS.2007.913296.

[47]. Deng J., Guo J., Wang Y. A novel k-medoids clustering recommendation algorithm based on probability distribution for collaborative filtering. *Knowledge-Based Systems*. 2019. Vol. 175. P. 96–106. DOI: [10.1016/j.knosys.2019.03.009](https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.03.009).

[48]. Tan Z., He L. An efficient similarity measure for user-based collaborative filtering recommender systems inspired by the physical resonance principle. *IEEE Access*. 2017. Vol. 5. 27211–27228. DOI: [10.1109/ACCESS.2017.2778424](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2778424).

[49]. Jiahui W., Weishi M., Zhiyu Z. Short-Term Load Forecasting Based on GA-PSO Optimized Extreme Learning Machine. *Proceedings 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration*. 2018. No 8582545. DOI: 10.1109/EI2.2018.8582545.

[50]. Xuan Y. Distributed state estimation with the measurements of phasor measurement units : Master's thesis Ph.D. School of Electronic, Electrical and Computer Engineering / The University of Birmingham. Birmingham, 2013. P. 181 URL: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4479/1/Yang13PhD.pdf>.

[51]. Шерстньов Ю. В. Синергетичні підходи до аналізу та оптимізації споживання електричної енергії промисловим підприємством на основі раціоналізації процесу компенсації реактивної потужності. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2024. С. 87.

[52]. Online analysis and prediction of the inertia in power systems with renewable power generation based on a minimum variance harmonic finite impulse response filter / Carlini E. M., Del Pizzo F., Giannuzzi G. M. et al. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2021. Vol. 131. 107042. DOI: [10.1016/j.ijepes.2021.107042](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107042).

[53]. A two-stage stochastic programming approach for planning of SVCs in PV microgrids under load and PV uncertainty considering PV inverters reactive power using Honey Badger algorithm / Elazab R., Ser-Alkhatm M., Abu Adma M. A., Abdel-Latif K. M. *Electric Power Systems Research*. 2024. Vol. 228. 109970. DOI: [10.1016/j.epsr.2023.109970](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109970).

[54]. Day-ahead local flexibility market for active and reactive power with linearized network constraints / Papazoglou G. K., Forouli A. A., Bakirtzis E. A. et al. *Electric Power Systems Research*. 2022. Vol. 212. 108317. DOI: [10.1016/j.epsr.2022.108317](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108317).

[55]. A new collaborative filtering recommendation algorithm based on dimensionality reduction and clustering techniques / Zarzour H., Al-Sharif Z., Al-Ayyoub M., Jararweh Y. *Proc. of the Ninth IEEE Information and Communication Systems (ICICS) Conf.* Irbid, 2018. P. 102–106. DOI: [10.1109/IACS.2018.8355449](https://doi.org/10.1109/IACS.2018.8355449).

[56]. Application of Artificial Neural Networks for Predicting Energy Consumption of a Mining Enterprise / Busher V., Tytiuk V., Kuznetsov V., Kuznetsov V., Romanets A., Sherstnov Y. 19th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Sofia, Bulgaria. 2025. P. 1-5, doi: [10.1109/ELMA65795.2025.11083463](https://doi.org/10.1109/ELMA65795.2025.11083463).

[57]. Алгоритм керування фільтро-компенсуючими пристроями за умови наявності синхронних двигунів / Вербінець В. М., Шерстньов Ю. В., Сільченко С. А., Купін А. І., Осадчук Ю. Г., Савицький О. І. *Наукові записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 34 (73), № 1. С. 173 – 179. URL: <http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/archive>.

[58]. Підвищення якості напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів / Осадчук Ю. Г., Савицький О. І., Купін А. І., Шерстньов Ю. В. *Вісник Криворізького Національного Університету : збірник наукових праць*. Кривий Ріг, 2022. Вип. 55. С. 39–45. DOI:

10/31721/2306-5451-2022-1-55.

URL:

<http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/5200>.

[59]. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування перетікання реактивної потужності підприємств гірничо-збагачувального комбінату. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2025. С. 125. URL: <http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/7812>.

[60]. Дослідження та аналіз режимів споживання реактивної потужності в електропостачальних мережах КМК "Криворіжсталь" та створення експериментального пристрою для регулювання реактивної потужності синхронних двигунів технологічних цехів КМК : звіт про НДР : 19-324-89 / Криворізький національний університет. Кривий Ріг, 2003. 128 с. № ДР 0102U006888.

[61]. Пристрій для підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 153672 Україна. № 202300302 ; заявл. 30.01.2023 ; опубл. 09.08.2023, Бюл. №32. 6 с.

[62]. Спосіб підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 157230 Україна. № 202401359 ; заявл. 14.03.2024 ; опубл. 19.09.2024, Бюл. №38. 6 с.

[63]. Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. Застосування Fuzzy Logic для регулювання реактивної потужності підстанцій гірничо-збагачувального комплексу. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2023. С. 72.

[64]. Осадчук Ю. Г., Шерстньов Ю. В. Омельченко А. Ю. Визначення основних технологічних параметрів контролю режимів роботи синхронних двигунів – компенсаторів реактивної потужності. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2025. С. 132.

[65]. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. Вид. Офіц. Х. : Форт, 2017. 760 с.

[66]. Мірошніченко О. Г. Компенсація реактивної потужності в вузлах енергосистеми з урахуванням фактичних графіків навантажень. *Електротехніка і електроенергетика*. 2007. № 2, С. 76–82.

[67]. Kupin A. Senko A. Principles of intellectual control and classification optimization in conditions of technological processes of beneficiation complexes. *CEUR Workshop Proceedings*. 2015. (1356). P. 153–160. URL: <https://www.researchgate.net/publication/283877294>.

[68]. Sinchuk O., Kupin A., Sinchuk I., Rohoza M., Plieshkov P. Certain aspects concerning the development of a functioning scheme of the automated system to control energy flows of underground iron-ore enterprises. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. № 14(3). P. 101–111. URL: <https://doi.org/10.33271/mining14.03.101>.

[69]. Sinchuk I. Harmonization of modeling systems for assessing the electric-power consumption levels at mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*. 2018. № 12(4). P. 100–107. URL: <https://doi.org/10.15407/mining12.04.100>.

[70]. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне регулювання перетікання реактивної потужності підприємств гірничозбагачувального комбінату. *Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві* : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. Кропивницький, 2024. С. 93–95.

[71]. Високовольтні конденсаторні установки на 6 кВ або 10 кВ. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/vysokovoltnoe-oborudovanie/ustrojstva-kompensacii-reaktivnoj-moshhnosti-tipa-ukm04-i-uk610.html> (дата звернення: 16.09.2024).

[72]. Конденсаторні батареї PowerLogic™ PFC. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/61501-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%96->

[%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%97-powerlogic-pfc/#products](#) (дата звернення: 16.09.2024).

[73]. Гулак С. О. Підвищення енергетичних показників електровозів змінного струму за рахунок адаптованої до системи електропостачання компенсації реактивної потужності : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.09 - Електротранспорт. Харків, 2020. 26 с.

[74]. Лобода Ю. В. Система керування статичними компенсаторами реактивної потужності в несиметричних несинусоїдних режимах розподільчих мереж : дис. д-ра філософії : 141 - Електрична інженерія . Вінниця, 2020. 156 с.

[75]. В. А. Волков Удосконалення управління силовим активним фільтром у промислових розподільчих мережах : дис. канд. техн. наук : 05.09.03. Запоріжжя, 2011. 242 с.

[76]. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування компенсаційними пристроями гірничозбагачувального підприємства. *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених. Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2025. С. 324–326.

[77]. Шерстньов Ю. В. Адаптивне керування компенсаторами реактивної потужності підприємств гірничозбагачувального комбінату. *Аспірантські читання імені професора Артура Веніаміновича Праховника* : матеріали Всеукраїнської наукової конференції. Київ : КПІ ім. Сікорського, 2025. С. 58–63.

[78]. Шерстньов Ю. В. Оптимізація споживання електричної енергії промисловим підприємством на основі раціоналізації процесу компенсації реактивної потужності. *Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва* : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих учених. Кривий Ріг, 2025. С. 18.

[79]. Бурбело М., Слободян Р. Стратегія керування джерелами

реактивної потужності у розподільних електричних мережах для оптимізації втрат електроенергії. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук : КрНУ, 2024. Вип. 1. С. 209–214. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.28>.

[80]. Бурбело М., Бабенко О., Лебедь Д. Аналіз процесу керування STATCOM за швидких змін напруги. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук : КрНУ, 2025. Вип. 1. С. 284–291. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2025.1.35>.

[81]. Підвищення ефективності діагностики шихтованих осердь та визначення поточного стану синхронних двигунів / Прус В. В., Дегтяренко О. О., Конох І. С., Дзюбан В. С. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук : КрНУ, 2021. Вип. 3. С. 105–110. DOI: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2021.3.105-110>.

[82]. Шерстньов Ю. В. Енергоефективне керування компенсаційними пристроями підприємств гірничо-збагачувального комплексу. *Актуальні питання енергоефективності гірничо-металургійного виробництва* : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих учених. Кривий Ріг, 2025. С. 50.

[83]. Пристрій для підвищення енергоефективності технічних систем технологічних агрегатів з синхронними приводами : пат. 159062 Україна. № 202401954 ; заявл. 15.04.2024 ; опубл. 23.04.2025, Бюл. №17. 8 с.

[84]. Шерстньов Ю. В., Осадчук Ю. Г. Розробка алгоритму оптимізації рівнів споживання електричної енергії підстанцій гірничо-збагачувального комбінату за допомогою інтелектуальних систем. *Вісник Криворізького Національного Університету* : збірник наукових праць. Кривий Ріг, 2024. Вип. 58. С. 116–128. Doi: 10.31721/2306-5451-2024-1-58.

[85]. Optimized operational approach for multi-type reactive power compensation to enhance the grid integration strength of newenergy clusters / Li L., Qin J., Hu H., Zhang Q., Luo L. *Front Energy Reseat.* 2024. Vol. 11. 11:1342770. DOI:[10.3389/fenrg.2023.1342770](https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1342770).

- [86]. Conventional models and artificial intelligence-based models for energy consumption forecasting : a review / Wei N., Li Ch., Peng X. at al. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2019. Vol. 181. 106187. DOI: [10.1016/j.petrol.2019.106187](https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106187).
- [87]. He Y., Zheng Y., Xu Q. Forecasting energy consumption in Anhui province of China through two Box-Cox transformation quantile regression probability density methods. *Measurement*. 2019. Vol. 136. P. 579–593. DOI: [10.1016/j.measurement.2019.01.008](https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.01.008).
- [88]. Wang R., Lu Sh., Feng W. A novel improved model for building energy consumption prediction based on model integration. *Applied Energy*. 2020. Vol. 262. 114561. DOI: [10.1016/j.apenergy.2020.114561](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114561).
- [89]. Monteiro R. L. F., Rodrigues Y. R., Zambroni de Souza A. C. Cybersecurity in Cyber–Physical Power Systems. *Energies*. 2023. Vol. 16(12). P. 1–34. URL: <https://doi.org/10.3390/en16124556>.
- [90]. Cross-temporal aggregation: Improving the forecast accuracy of hierarchical electricity consumption / Spiliotis E., Petropoulos F., Kourentzes N., Assimakopoulos V. *Applied Energy*. 2019. Vol. 2611. 114339. DOI: [10.1016/j.apenergy.2019.114339](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114339).
- [91]. Kupin A. Vdovichenko I. Muzyka I., Kuznetsov D. Development of an intelligent system for the prognostication of energy produced by photovoltaic cells in smart gridsystems. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5, №8 (89). P. 4–9. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112278>.
- [92]. The Main Aspects of Building Cyber-Physical Systems for Optimal Regulation of Reactive Power Flows in Main Step-Down Substations of Mining and Processing Plants Kupin A., Sherstnov Y., Osadchuk Y., Savytskyi O. *ICST-2024: Seventh International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems – 2024*. 2024. Vol. 3790. P. 306-317.

[93]. Купін А. І. Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології. Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. 204 с.

[94]. Шерстньов Ю. В. Керування реактивною потужністю на основі кіберфізичної моделі підстанції гірничозбагачувального підприємства. *Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS`24* : матеріали X Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції. Київ, 2024. С. 114–116.

[95]. Zharikov E., Telenyk S., Rolik O. Method of Distributed Two-Level Storage System Management in a Data Center *Advances in Intelligent Systems and Computing. Advances in Computer Science for Engineering and Education II*. Springer International Publishing, 2020. P. 301–315. DOI: [10.1007/978-3-030-16621-2\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2_28).

[96]. ДСТУ 62264-1:2019. Інтегрування систем керування підприємством та виробництвом. Частина 1. Моделі та термінологія. Чинний від 2019-09-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2019. 77 с.

[97]. IEC 61131-3:2013. International Electrotechnical Commission. Programmable controllers. Part 3. Programming languages. Geneva : IEC, 2013. 346 с. URL: <https://webstore.iec.ch/en/publication/4552>.

[98]. ISA S88 International Society of Automation. Batch Control: standard ANSI/ISA-88.00.01-2010 (IEC 61512-1 Mod). Research Triangle Park, NC: ISA, 2010. 138 p.

[99]. ISA S95 International Society of Automation. Enterprise-Control System Integration: Part 1. Models and terminology: standard ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC/ISO 62264-1 Mod). Research Triangle Park, NC: ISA, 2010. 178 p.

[100]. ISO/IEC 14908 International Organization for Standardization. Information technology. Control network protocol. Part 1. Protocol stack: standard ISO/IEC 14908-1:2012. Geneva : ISO/IEC, 2012. 215 p.

[101]. Шерстньов Ю. В., Гончарова М. О. Алгоритм раціонального керування пристроями компенсації реактивної потужності підстанцій

гірничо-збагачувального комплексу. *Розвиток промисловості та суспільства* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. : тези доповідей. Кривий Ріг, 2023. С. 83.

[102]. Bublikov A. V., Tkachov V. V. Automation of the control process of the mining machines based on fuzzy logic. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. Vol. 3. P. 112–118. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2019\\_3\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2019_3_17).

[103]. Binbusayyis A. Deep embedded fuzzy clustering model for collaborative filtering recommender system. *Intelligent Automation & Soft Computing*. 2022. Vol. 33, № 1. P. 501–513. DOI: [/10.32604/iasc.2022.022239](https://doi.org/10.32604/iasc.2022.022239).

[104]. Intellegent Control of Industrial Compensating Devices Based on the Application of Fuzzy Logic / Kupin A., Sherstnov Y., Osadchuk Y., Savytskyi O. *CEUR Workshop Proceedings*. 2023. Vol. 3403. P. 218–230. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Intelligent-Control-of-Industrial-Compensating-on-Kupin-Sherstnov/84908fda2f40815d126421a0076aabc6ec2b6ec4>.

[105]. Bornschlegl M., Bregulla M., France J. Methods-Energy Measurement An approach for sustainable energy planning of manufacturing technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 1351. P. 644–656. DOI: [10.1016/j.jclepro.2016.06.059](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.059).

[106]. Biel K., Glock C. Systematic literature review of decision support models for energy-efficient production planning. *Computers & Industrial Engineering*. 2016. Vol. 101. P. 243–259. DOI: [10.1016/j.cie.2016.08.021](https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.021).

[107]. Bobadilla J., Ortega F., Gutiérrez A., Alonso S. Classification-based deep neural network architecture for collaborative filtering recommender systems. *International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence*. 2020. Vol. 6, № 1. P. 68–77. DOI: [10.9781/ijimai.2020.02.006](https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.02.006).

[108]. Yohanandhan R., Elavarasan R. M., Manoharan P., Mihet-Popa L. Cyber-Physical Power System (CPPS): A Review on Modeling, Simulation, and

Analysis with Cyber Security Applications. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. 151019–151064. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.3016826](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016826).

[109]. Oscar D. M., Walter G. Dynamic active and reactive power compensation in distribution networks with batteries: A day-ahead economic dispatch approach. *Computers & Electrical Engineering*. 2020. Vol. 85. 106710. DOI: [10.1016/j.compeleceng.2020.106710](https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106710).

[110]. Czarnowski I., Jędrzejowicz J., Jędrzejowicz P. Designing RBFNs Structure Using Similarity-Based and Kernel-Based Fuzzy C-Means Clustering Algorithms. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. 4411–4422. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.3048104](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048104).

[111]. Aprocurement market model for reactive power services considering system security / El-Samahy I., Bhattacharya K., Canizares C. at al. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2008. Vol.23, №1. P. 137–149. DOI: [10.1109/TPWRS.2007.913296](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2007.913296).

[112]. A novel market-based reactive power management scheme / Lin X. J., Yu C. W., David A. K. at al. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 2006. Vol. 28, № 2, 2006. P. 127–132. DOI: [10.1016/j.ijepes.2005.11.007](https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2005.11.007).

[113]. Zhang M., Liu Y., Gao Y. Modeling and fault diagnosis of distribution networks cyber physical system based on IEC61850. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. Vol. 53, part B. 102609. DOI: [10.1016/j.seta.2022.102609](https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102609).

[114]. Wang J. Q., Du Y., Wang J. LSTM based long-term energy consumption prediction with periodicity. *Energy*. 2020. Vol. 197. 117197. DOI: [10.1016/j.energy.2020.117197](https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117197).

[115]. Long term load forecasting accuracy in electric utility integrated resource planning / Carvallo J. P., Larsen P., Sanstad A. H., Goldman Ch. *Energy Policy*. 2018. Vol. 119. P. 410–422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.060>.

## **ДОДАТКИ**

## **ДОДАТОК А**

### **ДАНІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СПОЖИВАЧАМИ ГЗП ПІДПРИЄМСТВА ПРАТ "ПІВНГЗК"**

Таблиця А.1. – Споживання активної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

| Час   | Число    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
|       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11      | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       |  |  |
| 00:30 | 11466    | 11643,36 | 11349,12 | 11139,36 | 11130    | 9788,16  | 11307,84 | 11188,32 | 10560,24 | 10919,76 | 9314,16 | 9812,88  | 11196,48 | 11554,56 | 10881,6  | 10651,2  | 12052,32 | 10068,96 | 11684,88 | 12396,96 | 12588,24 | 11975,04 | 12671,04 | 12262,8  | 11554,08 | 10992,72 | 12007,2  | 11363,04 | 10588,32 | 10660,32 |  |  |
| 01:00 | 11422,08 | 11553,12 | 11375,52 | 11207,52 | 11112,48 | 9948,72  | 11293,68 | 11260,8  | 10623,36 | 10847,04 | 9346,32 | 9715,2   | 11192,4  | 11483,28 | 11479,44 | 10927,68 | 11945,04 | 11219,28 | 11919,36 | 12462,24 | 12650,64 | 12084    | 12683,76 | 12121,44 | 11639,76 | 10753,44 | 11994,24 | 11443,2  | 10583,52 | 10509,36 |  |  |
| 01:30 | 11430,72 | 11513,76 | 11435,76 | 11126,4  | 11120,64 | 10036,56 | 11248,8  | 11182,56 | 10598,4  | 10635,84 | 9343,44 | 9760,56  | 11328,96 | 11491,44 | 11584,56 | 11682,48 | 12193,92 | 11440,08 | 11629,68 | 12456,48 | 12764,88 | 12154,56 | 12492,96 | 12331,2  | 11525,76 | 10725,6  | 12105,36 | 11364,96 | 10646,88 | 10594,08 |  |  |
| 02:00 | 11376,72 | 11673,36 | 11345,28 | 11151,36 | 11129,04 | 10683,6  | 11052,96 | 11306,64 | 10543,68 | 10228,32 | 9337,68 | 9638,88  | 11330,4  | 11525,04 | 11605,92 | 11770,08 | 12062,64 | 11404,08 | 11642,4  | 12446,88 | 12692,88 | 12583,92 | 11705,52 | 12245,04 | 12022,56 | 10755,84 | 12124,08 | 11430,72 | 11233,68 | 10596,48 |  |  |
| 02:30 | 11468,64 | 11836,8  | 11490,72 | 11071,2  | 11062,08 | 10586,64 | 11086,56 | 11358    | 10649,04 | 10103,52 | 9333,36 | 9709,44  | 11403,36 | 11539,92 | 11617,92 | 11841,36 | 12136,08 | 11494,08 | 11675,04 | 12438,24 | 12674,88 | 12643,44 | 11512,32 | 12275,28 | 12134,64 | 11282,64 | 11997,84 | 11366,4  | 11236,08 | 10799,76 |  |  |
| 03:00 | 11533,92 | 11776,56 | 11604,24 | 11141,76 | 11019,84 | 10637,76 | 11013,12 | 10608,24 | 10523,28 | 10079,76 | 9291,6  | 10346,88 | 11332,08 | 11560,56 | 10822,32 | 11722,56 | 11705,04 | 11418,48 | 11604,48 | 12456,72 | 12597,6  | 12671,76 | 11455,68 | 12276    | 12147,6  | 11421,84 | 12072,24 | 11421,36 | 11161,44 | 11026,08 |  |  |
| 03:30 | 11514    | 11820,96 | 11436,96 | 11151,6  | 11040,48 | 10834,8  | 11009,52 | 10521,84 | 10454,88 | 10150,56 | 9296,4  | 10592,88 | 11187,6  | 11556,24 | 10444,8  | 11718,72 | 12042,48 | 11483,76 | 11657,28 | 12528,72 | 12595,68 | 12744,24 | 11677,92 | 11674,08 | 12140,88 | 11171,28 | 12000,24 | 11363,76 | 11166,24 | 11104,08 |  |  |
| 04:00 | 11573,04 | 11646,24 | 11481,84 | 11177,76 | 11058,72 | 11111,52 | 11013,12 | 10802,16 | 10056,48 | 9376,08  | 9286,56 | 10536,72 | 10829,28 | 11499,36 | 10569,12 | 11796,72 | 12018,48 | 11383,92 | 11554,08 | 12458,88 | 12669,12 | 12780    | 12520,8  | 11462,16 | 12126,24 | 11294,4  | 12049,68 | 11424    | 11171,04 | 11038,32 |  |  |
| 04:30 | 11466,24 | 11604,72 | 11431,92 | 11102,64 | 11018,16 | 11049,84 | 11017,44 | 10803,36 | 10282,8  | 9198,24  | 9254,64 | 10483,44 | 10835,76 | 11542,08 | 10507,2  | 11798,88 | 12105,6  | 11465,04 | 11679,84 | 12535,44 | 12602,88 | 12626,64 | 12658,32 | 11413,2  | 12186,96 | 11088,96 | 12133,92 | 11433,12 | 11097,6  | 11022    |  |  |
| 05:00 | 11551,92 | 11777,52 | 11551,68 | 11192,64 | 10994,16 | 11085,6  | 11025,36 | 10602,24 | 10784,16 | 9211,68  | 9282    | 10270,32 | 10908,96 | 11289,12 | 9941,04  | 11740,56 | 12110,4  | 11416,32 | 11684,4  | 12618,72 | 12588    | 12686,88 | 12692,64 | 11124,96 | 12179,52 | 11128,32 | 12070,56 | 11382,24 | 11173,68 | 11124,96 |  |  |
| 05:30 | 11522,64 | 11730    | 11476,08 | 11401,44 | 10893,84 | 11356,8  | 11213,76 | 10685,04 | 10993,92 | 9459,84  | 9584,64 | 10289,52 | 10866,72 | 11284,8  | 10026    | 11551,92 | 12158,64 | 11502,72 | 11853,12 | 12574,8  | 12626,64 | 12772,32 | 12842,64 | 11301,12 | 12285,36 | 11242,8  | 12088,56 | 11467,92 | 11201,04 | 11144,16 |  |  |
| 06:00 | 11616,96 | 11794,8  | 11649,6  | 11839,44 | 10495,44 | 11386,8  | 11318,16 | 10745,76 | 11032,56 | 9933,84  | 9549,6  | 10077,36 | 10908,96 | 11553,12 | 10008,96 | 11009,04 | 12215,52 | 11640,24 | 11811,84 | 12532,32 | 12683,52 | 12842,88 | 12741,36 | 11747,04 | 12231,84 | 11407,44 | 11217,42 | 11513,04 | 11233,92 | 11094    |  |  |
| 06:30 | 11513,04 | 11772,72 | 11604,24 | 11549,28 | 9886,56  | 11293,2  | 11172,24 | 10722,48 | 11014,8  | 10245,36 | 9574,08 | 10386,24 | 10892,64 | 11601,36 | 9989,76  | 10708,8  | 12132    | 11494,56 | 11815,2  | 12576    | 12251,76 | 12805,44 | 12249,84 | 11558,64 | 12241,92 | 11340,48 | 12370,56 | 11527,92 | 11302,8  | 11167,92 |  |  |
| 07:00 | 11532,24 | 11731,68 | 11716,8  | 11600,64 | 9878,4   | 11376,72 | 11320,8  | 10671,84 | 10741,44 | 10242,24 | 9696,72 | 10191,36 | 10851,6  | 11571,84 | 10440    | 10845,12 | 12141,6  | 11502,24 | 11923,92 | 12462    | 12766,08 | 12905,52 | 12712,08 | 11518,56 | 12246,24 | 11313,12 | 12679,44 | 11517,12 | 11234,88 | 11107,44 |  |  |
| 07:30 | 11511,84 | 11697,6  | 11632,32 | 11649,36 | 9870,72  | 11294,16 | 11171,52 | 10539,6  | 10950,72 | 10207,2  | 9608,16 | 10235,28 | 10832,64 | 11486,64 | 11005,92 | 10835,52 | 12108,24 | 11574    | 11964    | 12447,36 | 12666    | 12535,92 | 12815,04 | 11034,96 | 12172,32 | 11288,16 | 12693,6  | 11447,28 | 11234,64 | 10741,68 |  |  |
| 08:00 | 11515,68 | 11664    | 11516,16 | 11480,64 | 9873,84  | 11313,36 | 11175,84 | 10428,48 | 11034,96 | 10143,12 | 9615,6  | 10304,88 | 10843,92 | 11501,76 | 11156,16 | 10773,36 | 12168,24 | 11455,2  | 11953,2  | 12387,12 | 12667,44 | 12833,28 | 12239,28 | 10882,56 | 12187,44 | 11316,72 | 12690,96 | 11433,12 | 11227,92 | 10636,56 |  |  |
| 08:30 | 11164,8  | 11724,24 | 11501,52 | 11399,76 | 9630,48  | 11221,44 | 11178,72 | 10668,96 | 10955,04 | 9761,04  | 9537,84 | 10082,64 | 10824    | 11493,12 | 11152,8  | 10651,68 | 12105,6  | 11375,52 | 11853,6  | 12343,2  | 12640,32 | 12445,68 | 12024    | 10922,16 | 12168,48 | 11282,16 | 12580,8  | 11370,48 | 11256,24 | 10763,28 |  |  |
| 09:00 | 11300,4  | 11651,28 | 11009,76 | 11253,12 | 9006,96  | 11274,96 | 11111,52 | 10660,56 | 10946,64 | 9625,2   | 9465,36 | 10144,08 | 10758,96 | 11404,56 | 11154,72 | 10716,48 | 11960,64 | 11508    | 11882,16 | 12301,2  | 12644,64 | 12158,4  | 12085,2  | 10917,12 | 12235,72 | 11278,32 | 12578,64 | 10941,12 | 11174,88 | 10667,28 |  |  |
| 09:30 | 11524,8  | 11557,92 | 10430,64 | 11376    | 9076,8   | 11211,36 | 11215,2  | 10625,52 | 11004,96 | 9971,52  | 9684,24 | 10152,72 | 10912,56 | 11489,52 | 11159,04 | 10684,8  | 11808,24 | 10991,04 | 11817,12 | 12305,04 | 12572,16 | 12170,64 | 12011,76 | 10945,44 | 12234,72 | 111262   | 12582,48 | 10798,08 | 11244,72 | 10674,96 |  |  |
| 10:00 | 11456,4  | 10837,2  | 10426,32 | 11415,12 | 9072     | 11286    | 11236,32 | 10178,64 | 11003,52 | 10193,04 | 9680,64 | 10133,52 | 11393,28 | 11500,32 | 11136,96 | 10550,64 | 12000,48 | 11409,12 | 11839,44 | 11613,36 | 12706,8  | 12345,6  | 12133,68 | 11160,48 | 12127,68 | 11210,64 | 12625,44 | 10848    | 11291,28 | 10733,04 |  |  |
| 10:30 | 11545,44 | 10648,8  | 10461,84 | 11380,32 | 9152,4   | 11286,48 | 11164,08 | 10502,4  | 10995,6  | 10140,72 | 9727,92 | 10123,2  | 11311,68 | 11571,36 | 11145,84 | 10504,08 | 11279,28 | 11296,08 | 11831,76 | 11247,84 | 12499,68 | 11998,32 | 12121,2  | 11450,64 | 11996,88 | 9789,6   | 12480,24 | 10830,96 | 11223,12 | 10559,52 |  |  |
| 11:00 | 11545,92 | 10692,48 | 10462,56 | 11001,6  | 9149,04  | 11291,52 | 11056,56 | 10692    | 11022,72 | 10057,92 | 9654,72 | 10069,92 | 11414,88 | 11447,76 | 10585,2  | 10679,76 | 11191,2  | 11780,4  | 11339,52 | 12564    | 11821,68 | 12031,2  | 11501,04 | 12130,08 | 9724,08  | 12265,2  | 10853,52 | 11091,36 | 10648,32 |          |  |  |
| 11:30 | 11506,8  | 10735,92 | 10496,16 | 11517,6  | 9638,88  | 11358    | 11117,52 | 10597,68 | 10953,84 | 10057,92 | 9636,48 | 10062,96 | 11393,76 | 11589,12 | 10603,2  | 9765,12  | 11194,08 | 11309,04 | 11969,76 | 11277,84 | 12641,76 | 12010,8  | 12078,24 | 11361,6  | 12084    | 9877,92  | 12251,76 | 10854,96 | 10581,6  | 10646,88 |  |  |
| 12:00 | 11581,68 | 10634,64 | 10442,16 | 11518,32 | 9595,2   | 11296,08 | 11194,8  | 10661,76 | 10942,08 | 9544,8   | 9648,48 | 9772,08  | 11347,68 | 11514,48 | 10493,28 | 9041,52  | 11123,04 | 11313,12 | 11950,56 | 11413,92 | 12488,4  | 12152,16 | 12167,28 | 11390,4  | 12112,56 | 9775,44  | 12259,2  | 10856,16 | 10620,96 | 10560    |  |  |
| 12:30 | 11633,04 | 10783,2  | 10639,2  | 11562,72 | 9546,72  | 11368,08 | 11204,64 | 10609,2  | 10943,04 | 9058,32  | 9583,2  | 9554,4   | 11328,48 | 11034,72 | 10918,56 | 9364,08  | 11294,4  | 11769,12 | 11773,92 | 11434,56 | 12587,04 | 12170,16 | 12118,56 | 11535,36 | 12207,36 | 9902,88  | 12278,4  | 10849,68 | 10602,48 | 10638    |  |  |
| 13:00 | 11646,72 | 11372,64 | 10660,32 | 11388    | 9653,76  | 11284,56 | 11132,16 | 10646,4  | 10952,64 | 9225,36  | 9687,12 | 9564,48  | 11537,28 | 10893,12 | 11766,48 | 10203,12 | 11281,2  | 11849,52 | 12131,52 | 11426,88 | 12526,56 | 12071,04 | 12119,04 | 11458,08 | 12247,92 | 9825,6   | 12132    | 10835,52 | 10492,56 | 10642,56 |  |  |
| 13:30 | 11576,88 | 11648,16 | 10562,16 | 11382,48 | 9622,8   | 11337,6  | 11184,48 | 10638    | 11017,2  | 9151,92  | 9526,8  | 9549,12  | 11473,92 | 10797,12 | 11680,8  | 10123,68 | 11265,36 | 11763,36 | 12276,24 | 11342,4  | 12440,88 | 12134,88 | 11992,32 |          |          |          |          |          |          |          |  |  |

Таблиця А.2. – Споживання реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    |
| 00:30 | 2 990 | 3 211 | 3 153 | 3 155 | 3 027 | 2 910 | 3 356 | 3 504 | 3 475 | 3 457 | 3 196 | 3 275 | 3 121 | 3 294 | 3 228 | 3 175 | 3 575 | 3 162 | 3 419 | 3 552 | 3 460 | 3 419 | 3 308 | 3 480 | 2 922 | 3 040 | 3 125 | 3 184 | 2 994 | 3 208 |
| 01:00 | 3 057 | 3 136 | 3 163 | 3 141 | 2 943 | 2 950 | 3 427 | 3 432 | 3 392 | 3 318 | 3 151 | 3 165 | 3 118 | 3 372 | 3 327 | 3 245 | 3 452 | 3 179 | 3 269 | 3 630 | 3 388 | 3 527 | 3 321 | 3 412 | 3 094 | 2 957 | 3 052 | 3 123 | 2 998 | 3 195 |
| 01:30 | 3 069 | 3 295 | 3 215 | 3 030 | 2 946 | 3 058 | 3 366 | 3 510 | 3 548 | 3 554 | 3 221 | 3 186 | 3 190 | 3 328 | 3 389 | 3 370 | 3 498 | 3 339 | 3 252 | 3 510 | 3 596 | 3 462 | 3 255 | 3 402 | 2 859 | 2 974 | 3 177 | 3 132 | 3 042 | 3 215 |
| 02:00 | 3 076 | 3 367 | 3 079 | 3 008 | 2 940 | 3 196 | 3 442 | 3 618 | 3 590 | 3 459 | 3 133 | 3 227 | 3 269 | 3 402 | 3 441 | 3 320 | 3 476 | 3 333 | 3 291 | 3 582 | 3 521 | 3 606 | 3 257 | 3 451 | 2 995 | 2 958 | 3 205 | 3 197 | 3 218 | 3 363 |
| 02:30 | 3 179 | 3 472 | 3 233 | 3 005 | 2 932 | 3 393 | 3 416 | 3 577 | 3 589 | 3 351 | 3 245 | 3 246 | 3 278 | 3 522 | 3 610 | 3 389 | 3 541 | 3 462 | 3 417 | 3 557 | 3 516 | 3 503 | 3 173 | 3 471 | 3 132 | 2 993 | 3 209 | 3 280 | 3 141 | 3 288 |
| 03:00 | 3 389 | 3 480 | 3 330 | 3 072 | 2 993 | 3 425 | 3 427 | 3 528 | 3 652 | 3 591 | 3 350 | 3 395 | 3 280 | 3 547 | 3 386 | 3 238 | 3 624 | 3 452 | 3 495 | 3 528 | 3 510 | 3 622 | 3 260 | 3 334 | 3 223 | 3 059 | 3 208 | 3 174 | 3 221 | 3 359 |
| 03:30 | 3 253 | 3 506 | 3 286 | 3 033 | 3 037 | 3 510 | 3 406 | 3 493 | 3 666 | 3 609 | 3 179 | 3 391 | 3 210 | 3 550 | 3 273 | 3 391 | 3 586 | 3 500 | 3 438 | 3 536 | 3 433 | 3 697 | 3 267 | 3 338 | 3 149 | 2 931 | 3 209 | 3 280 | 3 227 | 3 305 |
| 04:00 | 3 316 | 3 386 | 3 213 | 3 160 | 3 059 | 3 568 | 3 406 | 3 531 | 3 533 | 3 342 | 3 238 | 3 413 | 3 293 | 3 584 | 3 253 | 3 387 | 3 553 | 3 452 | 3 402 | 3 538 | 3 503 | 3 582 | 3 295 | 3 426 | 3 177 | 2 972 | 3 369 | 3 262 | 3 235 | 3 383 |
| 04:30 | 3 424 | 3 446 | 3 316 | 3 087 | 3 061 | 3 516 | 3 484 | 3 537 | 3 598 | 3 219 | 3 245 | 3 332 | 3 220 | 3 695 | 3 342 | 3 398 | 3 710 | 3 386 | 3 482 | 3 695 | 3 509 | 3 528 | 3 323 | 3 361 | 3 150 | 2 905 | 3 449 | 3 186 | 3 225 | 3 357 |
| 05:00 | 3 352 | 3 483 | 3 277 | 3 162 | 3 023 | 3 489 | 3 568 | 3 665 | 3 676 | 3 230 | 3 237 | 3 258 | 3 371 | 3 746 | 3 227 | 3 470 | 3 705 | 3 306 | 3 633 | 3 708 | 3 542 | 3 733 | 3 454 | 3 364 | 3 321 | 2 970 | 3 370 | 3 275 | 3 295 | 3 387 |
| 05:30 | 3 447 | 3 562 | 3 366 | 3 260 | 3 107 | 3 582 | 3 898 | 3 621 | 3 759 | 3 231 | 3 388 | 3 210 | 3 382 | 3 757 | 3 486 | 3 415 | 3 837 | 3 525 | 3 580 | 3 711 | 3 582 | 3 668 | 3 571 | 3 295 | 3 338 | 3 076 | 3 303 | 3 268 | 3 301 | 3 473 |
| 06:00 | 3 487 | 3 517 | 3 459 | 3 306 | 3 260 | 3 663 | 3 991 | 3 715 | 3 752 | 3 486 | 3 360 | 3 147 | 3 328 | 3 828 | 3 359 | 3 351 | 3 877 | 3 596 | 3 658 | 3 706 | 3 541 | 3 744 | 3 496 | 3 463 | 3 251 | 3 188 | 3 257 | 3 482 | 3 294 | 3 456 |
| 06:30 | 3 387 | 3 555 | 3 515 | 3 406 | 3 032 | 3 495 | 3 859 | 3 706 | 3 754 | 3 567 | 3 362 | 3 261 | 3 473 | 3 733 | 3 345 | 3 371 | 3 873 | 3 620 | 3 585 | 3 715 | 3 634 | 3 726 | 3 377 | 3 350 | 3 233 | 3 149 | 3 377 | 3 514 | 3 380 | 3 538 |
| 07:00 | 3 382 | 3 444 | 3 480 | 3 407 | 3 028 | 3 559 | 3 916 | 3 812 | 3 608 | 3 368 | 3 390 | 3 163 | 3 309 | 3 726 | 3 404 | 3 453 | 3 865 | 3 530 | 3 564 | 3 735 | 3 624 | 3 859 | 3 548 | 3 448 | 3 229 | 3 160 | 3 478 | 3 383 | 3 380 | 3 478 |
| 07:30 | 3 218 | 3 510 | 3 378 | 3 369 | 2 874 | 3 328 | 3 748 | 3 647 | 3 742 | 3 325 | 3 290 | 3 216 | 3 226 | 3 559 | 3 379 | 3 466 | 3 744 | 3 529 | 3 555 | 3 726 | 3 444 | 3 650 | 3 509 | 3 280 | 3 149 | 3 068 | 3 439 | 3 530 | 3 519 | 3 468 |
| 08:00 | 3 137 | 3 530 | 3 225 | 3 309 | 2 867 | 3 250 | 3 591 | 3 561 | 3 667 | 3 249 | 3 279 | 3 109 | 3 072 | 3 400 | 3 440 | 3 488 | 3 785 | 3 296 | 3 274 | 3 491 | 3 383 | 3 684 | 3 377 | 3 093 | 3 070 | 3 217 | 3 420 | 3 367 | 3 381 | 3 396 |
| 08:30 | 3 061 | 3 414 | 3 147 | 3 234 | 2 717 | 3 172 | 3 599 | 3 769 | 3 671 | 3 027 | 3 042 | 3 042 | 3 145 | 3 310 | 3 366 | 3 315 | 3 637 | 3 356 | 3 096 | 3 358 | 3 218 | 3 522 | 3 389 | 3 042 | 2 996 | 3 131 | 3 298 | 3 378 | 3 336 | 3 628 |
| 09:00 | 2 903 | 3 353 | 3 008 | 3 006 | 2 548 | 3 083 | 3 516 | 3 767 | 3 819 | 3 035 | 3 115 | 2 887 | 3 071 | 3 237 | 3 369 | 3 313 | 3 504 | 3 275 | 3 313 | 3 477 | 3 385 | 3 591 | 3 461 | 3 114 | 3 148 | 3 118 | 3 210 | 3 177 | 3 330 | 3 458 |
| 09:30 | 2 978 | 3 342 | 3 018 | 3 154 | 2 549 | 3 084 | 3 500 | 3 684 | 3 726 | 3 024 | 3 114 | 2 804 | 3 140 | 3 328 | 3 367 | 3 320 | 3 621 | 3 139 | 3 235 | 3 328 | 3 348 | 3 534 | 3 473 | 3 234 | 3 141 | 3 050 | 3 134 | 3 158 | 3 312 | 3 473 |
| 10:00 | 3 001 | 2 882 | 2 881 | 3 029 | 2 543 | 3 190 | 3 482 | 3 636 | 3 700 | 3 040 | 3 179 | 2 947 | 3 069 | 3 389 | 3 362 | 3 156 | 3 539 | 3 107 | 3 232 | 3 142 | 3 268 | 3 478 | 3 526 | 3 190 | 3 133 | 3 135 | 3 050 | 3 142 | 3 364 | 3 551 |
| 10:30 | 3 055 | 2 907 | 2 940 | 2 986 | 2 499 | 3 205 | 3 408 | 3 492 | 3 536 | 3 024 | 3 090 | 3 005 | 3 214 | 3 526 | 3 415 | 3 122 | 3 342 | 2 875 | 3 236 | 3 058 | 3 222 | 3 374 | 3 469 | 3 326 | 2 907 | 2 920 | 3 107 | 3 045 | 3 369 | 3 446 |
| 11:00 | 2 952 | 2 867 | 2 919 | 2 774 | 2 535 | 3 200 | 3 090 | 3 320 | 3 539 | 2 969 | 3 007 | 2 806 | 3 313 | 3 405 | 3 195 | 3 231 | 3 234 | 3 036 | 3 263 | 3 159 | 2 268 | 3 343 | 3 485 | 3 267 | 2 908 | 2 976 | 3 112 | 3 061 | 3 223 | 3 373 |
| 11:30 | 2 893 | 2 851 | 2 940 | 3 074 | 2 687 | 3 202 | 3 474 | 3 307 | 3 393 | 3 070 | 2 997 | 2 800 | 3 215 | 3 541 | 3 190 | 3 105 | 3 240 | 3 266 | 3 330 | 3 258 | 3 282 | 3 387 | 3 301 | 3 207 | 3 077 | 2 916 | 3 033 | 2 927 | 3 099 | 3 295 |
| 12:00 | 2 910 | 2 643 | 2 881 | 3 078 | 2 556 | 3 118 | 3 467 | 3 258 | 3 465 | 2 689 | 2 928 | 2 720 | 3 162 | 3 335 | 3 118 | 3 048 | 3 251 | 3 174 | 3 412 | 3 262 | 3 224 | 3 321 | 3 403 | 3 181 | 3 066 | 2 903 | 3 108 | 3 000 | 3 207 | 3 176 |
| 12:30 | 3 052 | 2 732 | 3 027 | 3 264 | 2 601 | 3 146 | 3 467 | 3 211 | 3 387 | 2 622 | 3 019 | 2 658 | 3 236 | 3 343 | 3 129 | 3 042 | 3 378 | 3 101 | 3 352 | 3 192 | 3 283 | 3 294 | 3 441 | 3 183 | 3 154 | 2 925 | 3 115 | 3 083 | 3 139 | 3 359 |
| 13:00 | 3 069 | 2 755 | 2 985 | 2 993 | 2 638 | 3 032 | 3 470 | 3 186 | 3 451 | 2 583 | 2 940 | 2 650 | 3 227 | 3 330 | 3 260 | 3 054 | 3 258 | 3 247 | 3 268 | 3 263 | 3 291 | 3 232 | 3 367 | 3 154 | 3 111 | 2 921 | 3 081 | 3 060 | 2 990 | 3 283 |
| 13:30 | 2 978 | 2 721 | 2 900 | 2 988 | 2 590 | 3 072 | 3 442 | 3 196 | 3 301 | 2 589 | 2 841 | 2 717 | 3 084 | 3 243 | 3 329 | 3 056 | 3 157 | 3 163 | 3 472 | 3 180 | 3 149 | 3 155 | 3 428 | 3 021 | 2 966 | 2 885 | 3 025 | 3 080 | 2 972 | 3 294 |
| 14:00 | 2 989 | 2 754 | 2 825 | 2 959 | 2 465 | 3 073 | 3 401 | 3 128 | 3 326 | 2 386 | 2 850 | 2 570 | 3 091 | 3 300 | 3 293 | 3 132 | 3 232 | 3 077 | 3 390 | 3 163 | 3 028 | 3 162 | 3 191 | 3 074 | 2 966 | 2 866 | 3 174 | 2 946 | 3 031 | 3 329 |
| 14:30 | 2 904 | 2 834 | 2 787 | 3 021 | 2 534 | 3 117 | 3 404 | 3 180 | 3 323 | 2 458 | 2 843 | 2 570 | 3 015 | 3 250 | 3 275 | 3 058 | 3 240 | 3 000 | 3 184 | 3 056 | 3 061 | 2 939 | 3 348 | 3 151 | 2 971 | 2 884 | 3 036 | 2 950 | 2 908 | 3 380 |
| 15:00 | 2 950 | 2 901 | 2 893 | 2 884 | 2 391 | 3 245 | 3 420 | 3 035 | 3 318 | 2 592 | 2 775 | 2 485 | 3 102 | 3 318 | 3 184 | 3 108 | 3 114 | 3 070 | 3 256 | 3 150 | 3 114 | 3 087 | 3 423 | 3 212 | 3 115 | 2 953 | 2 988 | 3 024 | 2 831 | 3 311 |
| 15:30 | 3 060 | 2 910 | 2 820 | 3 063 | 2 464 | 3 243 | 3 412 | 3 066 | 3 300 | 2 723 | 2 846 | 2 623 | 3 174 | 3 325 | 3 262 | 3 150 | 3 221 | 3 081 | 3 262 | 3 252 | 3 191 | 3 232 | 3 421 | 3 306 | 3 201 | 2 861 | 3 087 | 3 004 | 2 964 | 3 308 |
| 16:00 | 3 041 | 2 910 | 2 784 | 2 999 | 2 670 | 3 234 | 3 424 | 3 207 | 3 453 | 2 451 | 2 948 | 2 618 | 3 052 | 3 300 | 3 366 | 3 148 | 3 106 | 3 008 | 3 266 | 3 131 | 3 138 | 3 155 | 3 369 | 3 138 | 3 120 | 2 877 | 3 089 | 2 869 | 3 088 | 3 308 |
| 16:30 | 3 003 | 2 915 | 2 748 | 2 747 | 2 536 | 3 243 | 3 339 | 3 059 | 3 384 | 2 539 | 2 701 | 2 684 | 3 183 | 3 280 | 3 157 | 3 220 | 3 224 | 3 075 | 3 348 | 3 191 | 3 151 | 3 223 | 3 353 | 3 140 | 3 147 | 2 874 | 2 930 | 2 918 | 3 180 | 3 237 |
| 17:00 | 2 920 | 2 904 | 2 924 | 2 880 | 2 534 | 3 235 | 3 420 | 3 170 | 3 313 | 2 573 | 2 708 | 2 761 | 3 217 | 3 358 | 3 248 | 3 236 | 3 223 | 3 005 | 3 353 | 3 290 | 3 316 | 3 172 | 3 382 | 3 061 | 3 123 | 2 941 | 2 945 | 2 957 | 3 189 | 3 453 |
| 17:30 | 2 920 | 2     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Таблиця А.3. – Генерація реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число |     |     |     |     |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Час   | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16    | 17  | 18  | 19 | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
| 00:30 | 128   | 123 | 135 | 128 | 135 | 63 | 50 | 106 | 104 | 93  | 93  | -   | 125 | 126 | 115 | 106   | 106 | 139 | 60 | 110 | 129 | 120 | 139 | 133 | 106 | 139 | 177 | 142 | 140 | 177 |
| 01:00 | 122   | 110 | 123 | 124 | 147 | 77 | 41 | 153 | 105 | 90  | 89  | 1   | 125 | 131 | 114 | 108   | 110 | 110 | 62 | 108 | 127 | 125 | 138 | 130 | 108 | 132 | 179 | 146 | 131 | 175 |
| 01:30 | 120   | 93  | 127 | 133 | 165 | 80 | 41 | 144 | 99  | 72  | 89  | 4   | 129 | 118 | 115 | 113   | 108 | 94  | 58 | 113 | 131 | 120 | 132 | 133 | 118 | 137 | 184 | 143 | 132 | 175 |
| 02:00 | 115   | 98  | 135 | 128 | 144 | 84 | 49 | 138 | 84  | 17  | 88  | 3   | 119 | 112 | 110 | 110   | 103 | 94  | 58 | 110 | 132 | 120 | 130 | 131 | 119 | 147 | 172 | 140 | 141 | 171 |
| 02:30 | 110   | 96  | 122 | 121 | 141 | 61 | 52 | 132 | 83  | 14  | 77  | 3   | 117 | 110 | 109 | 110   | 103 | 89  | 58 | 111 | 125 | 118 | 130 | 129 | 119 | 165 | 166 | 132 | 139 | 173 |
| 03:00 | 95    | 92  | 120 | 124 | 134 | 46 | 52 | 120 | 79  | 22  | 82  | 97  | 117 | 112 | 113 | 108   | 98  | 94  | 58 | 112 | 131 | 118 | 131 | 127 | 120 | 164 | 163 | 121 | 141 | 177 |
| 03:30 | 93    | 93  | 118 | 124 | 128 | 60 | 57 | 95  | 77  | 19  | 82  | 96  | 114 | 108 | 108 | 108   | 101 | 94  | 60 | 112 | 129 | 120 | 127 | 125 | 112 | 154 | 162 | 126 | 134 | 166 |
| 04:00 | 95    | 88  | 121 | 127 | 120 | 56 | 57 | 90  | 72  | 14  | 77  | 90  | 110 | 101 | 106 | 107   | 96  | 91  | 60 | 112 | 130 | 118 | 136 | 124 | 115 | 147 | 165 | 137 | 144 | 168 |
| 04:30 | 101   | 88  | 113 | 128 | 134 | 47 | 47 | 93  | 70  | 14  | 71  | 79  | 110 | 96  | 103 | 103   | 91  | 89  | 59 | 106 | 131 | 113 | 133 | 122 | 106 | 135 | 158 | 139 | 133 | 166 |
| 05:00 | 102   | 88  | 110 | 123 | 120 | 37 | 45 | 93  | 72  | 12  | 62  | 77  | 109 | 91  | 91  | 103   | 96  | 94  | 53 | 103 | 120 | 115 | 130 | 122 | 103 | 118 | 154 | 125 | 130 | 161 |
| 05:30 | 104   | 89  | 113 | 118 | 111 | 26 | 24 | 97  | 67  | 14  | 65  | 70  | 106 | 91  | 91  | 98    | 86  | 96  | 58 | 103 | 120 | 113 | 127 | 122 | 101 | 137 | 159 | 134 | 133 | 161 |
| 06:00 | 103   | 84  | 107 | 120 | 113 | 23 | 11 | 88  | 67  | 12  | 60  | 70  | 98  | 94  | 96  | 96    | 86  | 91  | 58 | 109 | 122 | 115 | 125 | 129 | 103 | 144 | 166 | 123 | 137 | 161 |
| 06:30 | 107   | 86  | 104 | 121 | 110 | 28 | 15 | 82  | 70  | 14  | 60  | 72  | 96  | 96  | 94  | 91    | 86  | 86  | 55 | 114 | 120 | 110 | 122 | 102 | 99  | 139 | 153 | 113 | 121 | 147 |
| 07:00 | 108   | 85  | 113 | 129 | 116 | 37 | 15 | 79  | 67  | 9   | 65  | 74  | 106 | 98  | 91  | 94    | 84  | 96  | 58 | 117 | 120 | 115 | 118 | 82  | 104 | 147 | 148 | 121 | 105 | 159 |
| 07:30 | 108   | 81  | 127 | 156 | 120 | 51 | 19 | 102 | 67  | 17  | 72  | 70  | 114 | 98  | 96  | 89    | 84  | 102 | 66 | 123 | 129 | 113 | 122 | 80  | 105 | 126 | 146 | 116 | 103 | 142 |
| 08:00 | 128   | 81  | 130 | 141 | 124 | 57 | 26 | 96  | 72  | 23  | 74  | 77  | 114 | 109 | 98  | 82    | 89  | 98  | 75 | 132 | 142 | 115 | 115 | 85  | 116 | 124 | 144 | 106 | 110 | 146 |
| 08:30 | 129   | 89  | 144 | 141 | 144 | 82 | 32 | 209 | 65  | 19  | 72  | 81  | 110 | 123 | 101 | 84    | 95  | 106 | 79 | 141 | 152 | 115 | 115 | 86  | 135 | 128 | 142 | 108 | 113 | 132 |
| 09:00 | 144   | 91  | 139 | 161 | 106 | 84 | 33 | 242 | 65  | 23  | 72  | 89  | 114 | 129 | 98  | 86    | 96  | 109 | 72 | 133 | 140 | 103 | 113 | 86  | 114 | 133 | 163 | 103 | 114 | 124 |
| 09:30 | 142   | 97  | 131 | 176 | 114 | 84 | 41 | 240 | 70  | 25  | 79  | 88  | 122 | 123 | 94  | 84    | 98  | 81  | 83 | 138 | 143 | 103 | 110 | 86  | 108 | 138 | 177 | 110 | 111 | 130 |
| 10:00 | 138   | 107 | 147 | 178 | 117 | 89 | 44 | 155 | 78  | 21  | 79  | 94  | 124 | 115 | 98  | 89    | 102 | 121 | 79 | 135 | 152 | 113 | 115 | 96  | 108 | 145 | 176 | 124 | 121 | 136 |
| 10:30 | 148   | 130 | 144 | 184 | 120 | 86 | 51 | 104 | 91  | 33  | 88  | 93  | 121 | 113 | 96  | 86    | 107 | 124 | 81 | 152 | 162 | 86  | 118 | 102 | 115 | 125 | 181 | 142 | 126 | 140 |
| 11:00 | 151   | 142 | 171 | 180 | 123 | 93 | 47 | 114 | 94  | 31  | 94  | 91  | 123 | 116 | 102 | 96    | 112 | 76  | 83 | 149 | 156 | 53  | 115 | 99  | 114 | 129 | 189 | 145 | 123 | 144 |
| 11:30 | 154   | 151 | 156 | 181 | 123 | 91 | 46 | 119 | 85  | 36  | 111 | 91  | 130 | 120 | 106 | 89    | 108 | 74  | 80 | 144 | 153 | 122 | 118 | 95  | 115 | 126 | 193 | 151 | 121 | 157 |
| 12:00 | 172   | 163 | 160 | 176 | 132 | 91 | 53 | 117 | 90  | 43  | 116 | 90  | 128 | 118 | 106 | 86    | 106 | 78  | 79 | 145 | 148 | 132 | 122 | 108 | 124 | 131 | 199 | 145 | 131 | 151 |
| 12:30 | 154   | 171 | 149 | 152 | 101 | 89 | 58 | 118 | 90  | 36  | 90  | 88  | 127 | 107 | 110 | 94    | 113 | 82  | 73 | 143 | 146 | 132 | 122 | 112 | 124 | 135 | 195 | 131 | 132 | 153 |
| 13:00 | 134   | 190 | 149 | 168 | 117 | 86 | 58 | 120 | 95  | 38  | 95  | 89  | 124 | 110 | 113 | 98    | 118 | 83  | 77 | 143 | 147 | 139 | 122 | 111 | 138 | 129 | 190 | 142 | 130 | 151 |
| 13:30 | 145   | 195 | 148 | 183 | 132 | 80 | 61 | 131 | 100 | 46  | 100 | 94  | 121 | 117 | 113 | 101   | 121 | 81  | 82 | 148 | 145 | 143 | 122 | 56  | 157 | 124 | 191 | 143 | 137 | 158 |
| 14:00 | 147   | 188 | 160 | 199 | 157 | 85 | 69 | 135 | 93  | 48  | 95  | 95  | 124 | 114 | 117 | 96    | 118 | 85  | 78 | 151 | 151 | 143 | 124 | 82  | 163 | 126 | 182 | 146 | 146 | 157 |
| 14:30 | 165   | 183 | 164 | 210 | 152 | 82 | 74 | 60  | 100 | 51  | 100 | 104 | 130 | 117 | 119 | 96    | 114 | 96  | 76 | 164 | 146 | 139 | 122 | 138 | 159 | 126 | 171 | 147 | 146 | 158 |
| 15:00 | 167   | 183 | 169 | 199 | 166 | 85 | 64 | 48  | 103 | 54  | 96  | 110 | 120 | 116 | 115 | 101   | 114 | 93  | 72 | 155 | 150 | 141 | 125 | 121 | 173 | 121 | 158 | 153 | 146 | 158 |
| 15:30 | 135   | 177 | 157 | 206 | 156 | 80 | 62 | 44  | 108 | 50  | 107 | 107 | 119 | 112 | 117 | 96    | 116 | 95  | 78 | 144 | 155 | 137 | 124 | 110 | 167 | 123 | 154 | 162 | 139 | 153 |
| 16:00 | 132   | 173 | 161 | 194 | 143 | 80 | 60 | 46  | 107 | 53  | 109 | 116 | 119 | 116 | 121 | 89    | 116 | 86  | 66 | 147 | 147 | 139 | 129 | 108 | 158 | 121 | 144 | 161 | 144 | 152 |
| 16:30 | 147   | 157 | 170 | 182 | 124 | 69 | 49 | 52  | 103 | 85  | 104 | 120 | 122 | 119 | 118 | 65    | 118 | 85  | 65 | 160 | 144 | 143 | 131 | 108 | 160 | 124 | 155 | 161 | 147 | 152 |
| 17:00 | 154   | 162 | 170 | 171 | 122 | 73 | 20 | 44  | 109 | 135 | 101 | 112 | 120 | 116 | 121 | 103   | 122 | 85  | 67 | 165 | 147 | 145 | 130 | 101 | 156 | 119 | 144 | 151 | 153 | 153 |
| 17:30 | 146   | 159 | 163 | 148 | 123 | 65 | 23 | 39  | 112 | 120 | 88  | 106 | 120 | 110 | 117 | 101   | 109 | 81  | 65 | 160 | 141 | 141 | 135 | 94  | 136 | 114 | 137 | 153 | 149 | 148 |
| 18:00 | 152   | 157 | 127 | 147 | 103 | 57 | 18 | 34  | 112 | 118 | 89  | 104 | 117 | 117 | 115 | 106   | 109 | 73  | 68 | 140 | 132 | 138 | 129 | 94  | 132 | 116 | 127 | 156 | 132 | 148 |
| 18:30 | 161   | 154 | 117 | 135 | 84  | 50 | 16 | 37  | 101 | 135 | 83  | 101 | 115 | 110 | 115 | 108   | 103 | 73  | 67 | 135 | 130 | 137 | 87  | 89  | 125 | 225 | 111 | 148 | 141 | 138 |
| 19:00 | 152   | 137 | 110 | 123 | 89  | 46 | 17 | 20  | 100 | 133 | 82  | 100 | 118 | 110 | 113 | 108   | 103 | 73  | 64 | 129 | 130 | 136 | 103 | 87  | 119 | 197 | 119 | 134 | 130 | 144 |
| 19:30 | 144   | 145 | 110 | 113 | 65  | 46 | 19 | 6   | 97  | 106 | 74  | 25  | 116 | 107 | 115 | 106   | 122 | 69  | 60 | 131 | 132 | 132 | 138 | 77  | 118 | 171 | 123 | 128 | 127 | 149 |
| 20:00 | 135   | 146 | 103 | 107 | 60  | 48 | 25 | 3   | 91  | 102 | 67  | 1   | 108 | 106 | 112 | 106   | 133 | 71  | 62 | 132 | 134 | 137 | 130 | 73  | 120 | 186 | 125 | 108 | 126 | 144 |
| 20:30 | 126   | 143 | 96  | 113 | 55  | 51 | 27 | -   | 89  | 102 | 67  | 1   | 108 | 101 | 106 | 106</ |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Таблиця А.4. – Споживання активної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

|       | Число    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |         |  |  |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|--|--|
| Час   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       | 31      |  |  |
| 00:30 | 10960,08 | 10523,76 | 10671,12 | 11628,96 | 10892,6  | 10856,64 | 10079,52 | 10543,44 | 11443,68 | 11353,68 | 11353,44 | 10417,68 | 11590,8  | 10551,12 | 10439,52 | 10423,68 | 11385,6  | 10582,8  | 10653,84 | 11653,44 | 11408,16 | 10422    | 10212,72 | 10253,76 | 8276,88  | 10725,12 | 11083,68 | 9981,84  | 10293,6  | 9851,76  | 8154,72 |  |  |
| 01:00 | 10941,12 | 10631,76 | 10603,92 | 11674,8  | 10812,24 | 10925,04 | 10129,68 | 10400,64 | 11356,32 | 11422,08 | 11487,12 | 10370,6  | 11657,52 | 10467,84 | 10377,12 | 10362,96 | 11205,84 | 10537,68 | 10570,8  | 11641,92 | 11425,68 | 10297,2  | 10009,68 | 10225,92 | 8266,32  | 10788,48 | 11484,24 | 10041,84 | 10500    | 9783,36  | 8235,12 |  |  |
| 01:30 | 11028,96 | 10630,8  | 10595,76 | 11589,6  | 10801,68 | 10925,04 | 10244,64 | 10475,52 | 11417,52 | 11231,76 | 11493,36 | 10371,36 | 11558,88 | 10539,36 | 10427,76 | 10416,24 | 11094    | 10427,28 | 10572,24 | 11626,32 | 11513,28 | 10308    | 9996,96  | 10158    | 8285,28  | 10634,16 | 11542,8  | 10054,32 | 10645,2  | 9781,2   | 8233,92 |  |  |
| 02:00 | 11028,96 | 10733,76 | 10666,56 | 11672,64 | 10867,2  | 10930,08 | 10309,2  | 10406,4  | 10863,36 | 11306,16 | 11441,52 | 10359,6  | 11638,32 | 10536,48 | 10420,56 | 10400,4  | 10521,6  | 10439,52 | 10567,44 | 11623,92 | 11523,36 | 10180,56 | 10066,32 | 10169,76 | 8218,08  | 10689,36 | 11473,2  | 10117,92 | 10357,2  | 9959,52  | 8262,72 |  |  |
| 02:30 | 10972,56 | 10667,76 | 10467,36 | 11593,68 | 10796,16 | 10862,4  | 10238,4  | 10405,4  | 10974,96 | 11362,56 | 11278,56 | 10409,52 | 11699,52 | 11040,72 | 10274,16 | 10405,44 | 10489,44 | 10517,52 | 10646,4  | 11565,84 | 11491,92 | 10300,32 | 9975,6   | 10255,2  | 8262,48  | 10695,36 | 11613,6  | 9754,32  | 9318     | 9854,4   | 8626,08 |  |  |
| 03:00 | 10911,6  | 10598,88 | 9823,44  | 11590,8  | 10852,8  | 10797,12 | 10256,88 | 10395,12 | 10862,64 | 11307,36 | 10987,92 | 10399,2  | 11637,12 | 11681,52 | 10287,36 | 10394,64 | 10638    | 10520,16 | 10575,84 | 11620,08 | 11434,8  | 10963,2  | 10043,76 | 10242    | 7981,68  | 10767,36 | 11471,04 | 10330,32 | 9232,8   | 9916,32  | 9345,6  |  |  |
| 03:30 | 11004,24 | 10597,68 | 9581,76  | 11613,6  | 10790,64 | 10862,16 | 10260,48 | 10536,48 | 10890,96 | 10911,6  | 10986,96 | 10449,6  | 11657,28 | 11679,12 | 10425,36 | 10474,08 | 10632    | 10414,32 | 10498,8  | 11628,48 | 11568,72 | 10830    | 10040,16 | 10180,08 | 7314,72  | 10763,52 | 11615,04 | 10479,6  | 9459,84  | 9926,4   | 9378,72 |  |  |
| 04:00 | 10955,76 | 10680    | 9642     | 11533,44 | 10804,8  | 10872,48 | 10331,28 | 10532,88 | 10996,56 | 10838,16 | 10974,48 | 10453,2  | 11654,64 | 11670,72 | 10502,4  | 10377,84 | 10513,2  | 10438,32 | 10210,56 | 11694,48 | 11580,96 | 10881,36 | 10115,76 | 10251,6  | 7175,76  | 10691,52 | 11537,04 | 10544,16 | 10001,28 | 9922,8   | 9409,68 |  |  |
| 04:30 | 10968    | 10735,44 | 9638,88  | 11610,72 | 10877,28 | 10871,28 | 10270,32 | 10470,96 | 10929,84 | 10956,96 | 11067,6  | 10468,56 | 11732,16 | 10856,4  | 10445,76 | 10399,2  | 10506,96 | 10526,4  | 10080    | 11644,8  | 11547,36 | 10970,16 | 9976,8   | 10266,96 | 7111,68  | 10768,56 | 10830,48 | 10543,92 | 9938,4   | 9930     | 9191,28 |  |  |
| 05:00 | 10987,92 | 10778,88 | 9575,76  | 11622,96 | 10883,52 | 10951,2  | 10348,32 | 10472,88 | 11471,04 | 10876,8  | 11366,64 | 10389,6  | 11762,64 | 10690,32 | 10458    | 10390,8  | 10454,64 | 10500    | 10436,4  | 11641,44 | 11529,6  | 10827,12 | 9973,44  | 10559,76 | 7231,44  | 10843,2  | 11281,44 | 10590,24 | 10024,32 | 9945,12  | 8964,48 |  |  |
| 05:30 | 10959,6  | 10709,28 | 9613,92  | 11667,36 | 10919,28 | 10916,88 | 10291,68 | 10587,36 | 11488,32 | 10961,52 | 11533,44 | 10509,84 | 11760    | 10738,08 | 10498,32 | 10445,76 | 10619,04 | 10406,88 | 10682,4  | 11665,68 | 11571,6  | 10852,56 | 10012,08 | 10507,2  | 6444,24  | 10940,64 | 11671,92 | 10532,4  | 9987,6   | 9966,72  | 8562,72 |  |  |
| 06:00 | 10938    | 10559,04 | 9732,24  | 11680,8  | 10894,56 | 10927,92 | 10332    | 10619,04 | 11588,88 | 10927,44 | 11544,48 | 10554,88 | 11732,16 | 10839,84 | 10596,24 | 10562,64 | 10469,52 | 10630,56 | 10643,28 | 11684,88 | 11702,16 | 10839,36 | 10071,12 | 9330,72  | 6383,04  | 10979,52 | 11638,32 | 10559,28 | 10097,76 | 10017,84 | 8689,44 |  |  |
| 06:30 | 10983,84 | 10472,4  | 9566,16  | 11585,76 | 10951,44 | 10848,96 | 10387,92 | 10607,76 | 11586    | 10996,8  | 11384,4  | 10377,12 | 11846,4  | 10768,08 | 10494,24 | 10340,64 | 9524,16  | 10582,32 | 10559,52 | 11663,04 | 11617,44 | 10660,32 | 10105,44 | 9291,6   | 6245,04  | 10866    | 11629,92 | 11307,36 | 10437,6  | 10077,6  | 9586,08 |  |  |
| 07:00 | 11075,76 | 10480,08 | 9726,72  | 11727,12 | 10958,16 | 10954,08 | 10353,12 | 10551,84 | 11546,16 | 10997,28 | 11501,04 | 10419,84 | 11703,6  | 10725,6  | 10522,32 | 10303,2  | 9670,08  | 10522,08 | 10565,52 | 11697,36 | 11646,72 | 10590,24 | 10159,68 | 9253,92  | 6063,12  | 11020,08 | 11560,08 | 11209,44 | 10623,84 | 10086,48 | 9462,96 |  |  |
| 07:30 | 10950,72 | 10541,04 | 9616,8   | 11759,52 | 10875,84 | 10876,56 | 10264,8  | 10624,08 | 11508,48 | 10997,28 | 11415,12 | 10460,64 | 11651,04 | 10688,72 | 10514,4  | 9485,04  | 9782,88  | 10488,72 | 10717,2  | 11198,16 | 11507,28 | 10758,72 | 10142,4  | 9318,72  | 5857,2   | 11040,24 | 11430    | 11148,48 | 10751,76 | 10668,96 | 9524,88 |  |  |
| 08:00 | 10879,44 | 10682,88 | 9761,76  | 11696,64 | 10875,84 | 10849,92 | 10335,12 | 10554,96 | 11539,2  | 10931,76 | 11569,68 | 10473,84 | 11799,36 | 9653,04  | 10490,64 | 9287,76  | 10511,52 | 10565,04 | 10712,4  | 10867,68 | 11588,16 | 10801,68 | 10202,4  | 9251,76  | 6272,4   | 10954,8  | 11501,52 | 10724,88 | 10678,8  | 10668    | 9594,48 |  |  |
| 08:30 | 10737,84 | 10530,72 | 9689,28  | 11612,4  | 10817,28 | 10799,52 | 10263,6  | 10478,16 | 11519,04 | 10917,6  | 11571,6  | 10388,64 | 11654,64 | 9527,04  | 10468,56 | 9060,48  | 10555,2  | 10503,6  | 10717,92 | 10860,24 | 11395,2  | 10735,2  | 10137,6  | 9231,12  | 6294,96  | 10956,48 | 11565,6  | 10694,16 | 10577,28 | 10582,56 | 9440,64 |  |  |
| 09:00 | 10882,32 | 9793,92  | 9685,68  | 11604,72 | 10377,6  | 10878,96 | 10338    | 10536,24 | 11352,48 | 10933,2  | 11575,44 | 10388,16 | 11630,4  | 9659,52  | 10406,4  | 9573,84  | 10480,32 | 10613,76 | 10652,64 | 10658,64 | 11496    | 10838,64 | 10201,92 | 9308,16  | 6227,76  | 10963,44 | 11589,84 | 10704    | 10435,92 | 10504,56 | 9354,72 |  |  |
| 09:30 | 10884,96 | 9262,32  | 9769,2   | 11533,44 | 10835,28 | 10954,08 | 10342,32 | 10637,76 | 11514,96 | 10926,72 | 11590,8  | 10340,64 | 10714,56 | 9702     | 10546,32 | 10659,36 | 9526,08  | 10574,4  | 10519,2  | 10559,04 | 11402,88 | 10993,28 | 10090,56 | 9303,12  | 6315,12  | 10923,36 | 11764,08 | 10486,8  | 11257,92 | 10468,56 | 9587,52 |  |  |
| 10:00 | 10941,84 | 9274,8   | 9684,24  | 11611,92 | 10360,   | 10925,52 | 10314,48 | 10603,68 | 11526    | 11047,68 | 11449,92 | 10465,44 | 10332,24 | 9888,96  | 10551,12 | 10952,64 | 9437,76  | 10568,16 | 10490,16 | 10684,08 | 11384,4  | 10987,2  | 10125,12 | 9066     | 6510,24  | 10740,48 | 11896,8  | 10612,56 | 10711,68 | 10670,16 | 9676,32 |  |  |
| 10:30 | 10867,44 | 9408,96  | 9747,36  | 11606,64 | 10290,24 | 10946,4  | 10330,8  | 10606,32 | 11496,48 | 10981,44 | 11056,56 | 10476,72 | 10326,24 | 10084,56 | 10109,52 | 10375,92 | 9504     | 10691,28 | 10421,52 | 10559,52 | 11413,2  | 10902,72 | 10337,76 | 9279,12  | 7789,44  | 10631,28 | 11757,6  | 11063,52 | 10460,4  | 10623,6  | 9668,64 |  |  |
| 11:00 | 10844,16 | 9635,28  | 9774,96  | 11628,48 | 10312,32 | 10819,68 | 10490,4  | 10550,1  | 11548,56 | 10999,2  | 11135,28 | 10979,68 | 10499,52 | 10308,72 | 10489,92 | 10165,44 | 9317,28  | 10787,28 | 10584,24 | 10724,4  | 11420,4  | 11145,12 | 10422,24 | 9155,76  | 10019,28 | 10712,16 | 11762,4  | 9635,04  | 10253,52 | 10584,48 | 9591,12 |  |  |
| 11:30 | 10962,48 | 9703,44  | 9624,72  | 11375,76 | 10224,96 | 10947,84 | 11065,68 | 10865,52 | 11638,56 | 11010,96 | 11210,4  | 11663,76 | 10423,68 | 10379,52 | 10468,32 | 10586,88 | 9399,12  | 10859,04 | 10586,16 | 10634,16 | 11519,52 | 11062,08 | 10443,84 | 9215,52  | 10008,24 | 10764,24 | 11772    | 9545,52  | 10309,68 | 10372,32 | 9560,16 |  |  |
| 12:00 | 11049,6  | 9638,88  | 9749,28  | 10457,76 | 9507,6   | 10793,52 | 11136    | 11340,72 | 11630,64 | 11058    | 11333,76 | 11383,2  | 10549,68 | 10380,24 | 10458,96 | 10227,6  | 9757,44  | 10777,44 | 10638,72 | 10621,44 | 11551,2  | 11126,4  | 10471,68 | 9207,84  | 10055,52 | 10775,28 | 11454,24 | 12619,2  | 10352,64 | 10075,92 | 9654,24 |  |  |
| 12:30 | 10953,12 | 9579,36  | 9718,56  | 10457,76 | 9439,44  | 10938,96 | 11164,08 | 11391,12 | 11593,44 | 11114,4  | 11304,96 | 11575,2  | 10399,68 | 10370,88 | 10433,04 | 10303,2  | 9706,56  | 10925,76 | 10630,32 | 10613,04 | 11602,32 | 11135,52 |          |          |          |          |          |          |          |          |         |  |  |

Таблиця А.5. – Споживання реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВтАр·год

|       | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |           |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13        | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      | 31      |  |  |
| 00:30 | 3332,64 | 2929,2  | 3056,16 | 3004,8  | 3174    | 2862,72 | 2832,72 | 3057,36 | 2895,84 | 2987,28 | 3078,72 | 3045,84 | 3155,28   | 2931,84 | 2961,6  | 3040,08 | 3413,52 | 3334,32 | 3143,76 | 3186,72 | 3427,92 | 3126,72 | 3407,76 | 3193,44 | 2405,76 | 2728,8  | 2794,8  | 2681,04 | 2433,36 | 2558,64 | 2391,6  |  |  |
| 01:00 | 3342,24 | 3124,56 | 3055,2  | 3066    | 2935,44 | 2861,28 | 2878,08 | 2982,96 | 2903,04 | 2941,68 | 3086,4  | 3009,6  | 3148,32   | 2988,48 | 3101,28 | 2938,56 | 3134,64 | 3194,64 | 3066    | 3184,8  | 3520,8  | 3127,2  | 3191,04 | 3084,24 | 2394,72 | 2730    | 2805,6  | 2672,88 | 2364    | 2490,24 | 2413,68 |  |  |
| 01:30 | 3292,08 | 3141,6  | 3202,8  | 3126,24 | 2934,48 | 2931,84 | 2940,48 | 2991,6  | 2983,68 | 2804,16 | 3171,36 | 2957,28 | 3085,2    | 2988    | 3134,64 | 2973,6  | 3137,76 | 3067,2  | 3070,8  | 3225,36 | 3480,96 | 3184,8  | 3050,64 | 3167,04 | 2326,32 | 2702,64 | 3021,12 | 2753,28 | 2364    | 2483,04 | 2397,6  |  |  |
| 02:00 | 3291,12 | 3242,4  | 3202,8  | 3126,24 | 3068,64 | 2860,56 | 2968,08 | 2986,8  | 2941,68 | 2890,08 | 3185,76 | 3093,36 | 3101,52   | 2997,36 | 3049,44 | 2989,68 | 3316,32 | 3147,84 | 3066    | 3298,32 | 3513,6  | 3021,6  | 3115,44 | 3098,88 | 2331,36 | 2753,04 | 2951,76 | 2828,64 | 2445,6  | 2691,84 | 2409,6  |  |  |
| 02:30 | 3281,04 | 3077,76 | 3210,96 | 3134,4  | 2997,6  | 2790    | 2975,52 | 3063,1  | 3046,08 | 2966,16 | 3157,2  | 3043,92 | 3128,4    | 3141,84 | 3053,28 | 3055,2  | 3196,32 | 3321,36 | 3218,4  | 3243,36 | 3548,16 | 3121,68 | 3068,64 | 3199,44 | 2319,12 | 2682,48 | 2951,04 | 2661,6  | 2388    | 2497,44 | 2420,4  |  |  |
| 03:00 | 3291,12 | 3001,2  | 3151,2  | 3126,24 | 2993,04 | 2789,52 | 2950,32 | 3209,28 | 2976,48 | 2897,76 | 3165,6  | 3174    | 3204,48   | 3362,4  | 3073,92 | 2957,04 | 3433,2  | 3160,08 | 3141,84 | 3224,4  | 3571,68 | 3453,12 | 3139,68 | 3257,28 | 2490,48 | 2688,96 | 2951,04 | 2809,92 | 2476,8  | 2558,64 | 2653,44 |  |  |
| 03:30 | 3410,88 | 3073,2  | 3151,2  | 3152,4  | 3068,64 | 2941,2  | 2951,52 | 3278,4  | 3020,88 | 2925,84 | 3164,88 | 3166,8  | 3213,36   | 3291,84 | 3169,68 | 3187,68 | 3369,36 | 3277,68 | 3146,4  | 3297,36 | 3672    | 3294,96 | 3214,08 | 3264,24 | 2344,08 | 2763,84 | 3030,96 | 2733,6  | 2552,4  | 2630,64 | 2719,44 |  |  |
| 04:00 | 3423,12 | 3075,84 | 3147,6  | 3140,64 | 3013,68 | 2894,64 | 2955,12 | 3130,8  | 3211,68 | 2925,84 | 3101,04 | 3246    | 3249,84   | 3317,04 | 3323,76 | 3034,8  | 3300,72 | 3234,96 | 3144,96 | 3369,36 | 3766,8  | 3399,6  | 3212,64 | 3209,28 | 2348,88 | 2620,56 | 3032,4  | 2798,88 | 2574,24 | 2629,68 | 2735,04 |  |  |
| 04:30 | 3407,04 | 3160,56 | 3039,6  | 3153,36 | 3145,2  | 2952,24 | 2960,88 | 3202,8  | 3137,04 | 2993,04 | 3266,4  | 3215,04 | 3180,96   | 3281,28 | 3236,16 | 3050,88 | 3203,28 | 3253,44 | 3144,96 | 3298,32 | 3558,24 | 3409,68 | 3065,04 | 3351,84 | 2285,76 | 2772    | 3009,36 | 2877,12 | 2493,6  | 2630,64 | 2581,2  |  |  |
| 05:00 | 3437,52 | 3125,52 | 3114,96 | 3235,2  | 3073,2  | 2950,32 | 3031,44 | 3136,32 | 3146,16 | 3045,36 | 3161,04 | 3139,44 | 3259,2    | 3228,96 | 3247,2  | 2957,52 | 3214,32 | 3296,88 | 3287,28 | 3299,28 | 3599,76 | 3333,84 | 3142,8  | 3285,36 | 2409,36 | 2772,48 | 2958,48 | 2845,44 | 2499,12 | 2561,52 | 2544,72 |  |  |
| 05:30 | 3431,28 | 3183,6  | 3044,16 | 3173,76 | 3091,68 | 2895,36 | 2938,8  | 3141,84 | 3127,68 | 2937,12 | 3235,68 | 3163,92 | 3070,56   | 3198,24 | 3339,84 | 2935,2  | 3218,64 | 3095,52 | 3221,28 | 3291,6  | 3555,36 | 3336,48 | 3002,64 | 3191,28 | 2325,84 | 2790    | 3111,6  | 2812,56 | 2581,2  | 2563,68 | 2463,84 |  |  |
| 06:00 | 3437,76 | 3082,08 | 3126,96 | 3227,04 | 3024,48 | 2952,72 | 2953,2  | 3144,24 | 3018,24 | 2942,16 | 3220,08 | 3265,68 | 3223,68   | 3367,68 | 3295,92 | 3168,24 | 3243,36 | 3360,72 | 3224,88 | 3337,68 | 3675,36 | 3355,2  | 3008,4  | 2965,92 | 2305,2  | 2830,56 | 3048,48 | 2818,32 | 2656,56 | 2573,04 | 2657,04 |  |  |
| 06:30 | 3508,8  | 3158,64 | 3126,48 | 3160,32 | 3028,8  | 2961,84 | 3101,28 | 3216    | 3106,32 | 3042    | 3325,92 | 3155,76 | 3229,2    | 3375,36 | 3363,36 | 3058,56 | 3118,3  | 3480,24 | 3300    | 3412,32 | 3675,36 | 3277,92 | 3190,56 | 2945,04 | 2156,64 | 2986,56 | 3120,96 | 2868    | 2800,08 | 2645,52 | 2710,32 |  |  |
| 07:00 | 3446,88 | 3016,56 | 3136,56 | 3236,88 | 3181,92 | 2909,28 | 3020,88 | 3147,36 | 3082,32 | 3027,6  | 3261,12 | 3086,88 | 3217,92   | 3305,76 | 3102,96 | 3055,2  | 3128,16 | 3319,68 | 3302,4  | 3411,6  | 3605,04 | 3171,36 | 3132,24 | 2950,32 | 2206,8  | 2922,72 | 2974,32 | 2861,76 | 2764,56 | 2717,04 | 2618,4  |  |  |
| 07:30 | 3384,72 | 3192    | 3090,96 | 3163,92 | 3086,64 | 2973,36 | 2951,76 | 3215,28 | 2989,92 | 2867,52 | 3092,4  | 3145,68 | 3151,92   | 2990,64 | 3180,48 | 2976,96 | 3210,24 | 3270    | 3224,88 | 3399,6  | 3436,08 | 3245,28 | 3015,36 | 2807,52 | 2172    | 2930,16 | 2989,92 | 2876,64 | 2750,4  | 2652    | 2606,4  |  |  |
| 08:00 | 3371,28 | 3329,76 | 3010,32 | 3006,48 | 3083,04 | 2809,92 | 2874,96 | 2999,76 | 2775,36 | 2862    | 3085,44 | 2998,8  | 3223,92   | 2943,36 | 3069,12 | 2732,64 | 3253,44 | 3119,76 | 3231,36 | 3443,04 | 3439,92 | 3390    | 3003,84 | 2579,28 | 2001,12 | 2871,84 | 2918,88 | 2649,12 | 2723,52 | 2643,36 | 2732,88 |  |  |
| 08:30 | 3372,24 | 3311,52 | 3007,2  | 3078,48 | 3025,44 | 2891,28 | 3027,84 | 2930,4  | 2850,72 | 2798,16 | 3034,56 | 2997,36 | 3228,24   | 2799,6  | 3051,36 | 2642,16 | 3168    | 3131,76 | 3314,16 | 3314,64 | 3355,92 | 3173,04 | 3005,28 | 2654,64 | 1991,04 | 2878,08 | 3132,24 | 2721,12 | 2717,76 | 2587,2  | 2577,84 |  |  |
| 09:00 | 3368,64 | 3385,92 | 3010,32 | 3014,64 | 3025,44 | 2899,92 | 3090,72 | 3073,68 | 2856,96 | 2941,68 | 3127,68 | 2993,52 | 3235,68   | 3031,44 | 2915,04 | 2614,32 | 3030,24 | 3115,92 | 3233,28 | 3439,68 | 3278,88 | 3184,8  | 2934,72 | 2584,32 | 1994,64 | 2843,04 | 3082,32 | 2720,16 | 2622,24 | 2569,2  | 2576,88 |  |  |
| 09:30 | 3295,2  | 3044,4  | 3008,64 | 3008,4  | 3030    | 2894,64 | 3095,52 | 3007,68 | 3007,44 | 2936,4  | 3296,4  | 3073,92 | 3096,48   | 2972,88 | 3047,52 | 2678,4  | 2748    | 3216,48 | 3158,16 | 3419,28 | 3358,32 | 3101,76 | 2888,64 | 2650,32 | 2076,72 | 2712,24 | 3148,08 | 2649,12 | 2713,92 | 2514,48 | 2594,64 |  |  |
| 10:00 | 3397,44 | 3095,52 | 2936,16 | 3026,4  | 2948,8  | 2879,04 | 3097,68 | 2999,04 | 3044,64 | 2931,84 | 3141,6  | 2995,92 | 3019,44   | 3014,64 | 3089,28 | 2752,32 | 2895,84 | 3049,2  | 3085,92 | 3417,36 | 3364,32 | 3191,52 | 3103,2  | 2668,8  | 2147,28 | 2780,64 | 3042,48 | 2577,84 | 2640    | 2694    | 2736    |  |  |
| 10:30 | 3368,64 | 3167,28 | 3012,96 | 2943,6  | 2821,92 | 2805,6  | 3024    | 2924,88 | 2956,8  | 2862,96 | 3059,04 | 2999,04 | 2945,28   | 2940    | 2935,44 | 2825,76 | 2817,12 | 3116,88 | 3009,36 | 3443,52 | 3400,56 | 3188,88 | 2952,48 | 2727,36 | 2106,96 | 2571,84 | 3035,28 | 2574,24 | 2550    | 2738,64 | 2722,8  |  |  |
| 11:00 | 3406,56 | 3091,92 | 3021,12 | 2958    | 2886,96 | 2817,36 | 2976,72 | 2930,4  | 2997,36 | 2799,6  | 3041,04 | 3140,4  | 2946,48   | 3017,04 | 3063,36 | 2811,36 | 2844,48 | 3124,56 | 3089,28 | 3364,08 | 3304,8  | 3334,56 | 2960,64 | 2668,08 | 2713,44 | 2565,84 | 2867,04 | 2537,76 | 2513,28 | 2656,32 | 2674,08 |  |  |
| 11:30 | 3415,44 | 3163,92 | 2958,96 | 2886    | 2939,04 | 2816,88 | 3010,56 | 3034,08 | 2865,84 | 2963,04 | 3048,24 | 3155,04 | 2871,6    | 3023,76 | 2992,56 | 2880,24 | 2940,48 | 3164,64 | 3182,16 | 3344,16 | 3436,08 | 3268,08 | 3173,76 | 2584,32 | 2810,88 | 2557,2  | 2843,52 | 2480,16 | 2512,32 | 2649,12 | 2576,16 |  |  |
| 12:00 | 3433,44 | 3009,12 | 2941,44 | 2825,76 | 2805,84 | 2736,24 | 3012,24 | 2914,08 | 3026,88 | 2952,24 | 3022,32 | 3024,48 | 2956,56   | 3089,28 | 2981,04 | 2804,64 | 2880,96 | 3081,6  | 3165,36 | 3264,24 | 3624    | 3348,48 | 3182,4  | 2645,76 | 2702,88 | 2645,52 | 2814,72 | 3060,48 | 2513,04 | 2659,44 | 2730,24 |  |  |
| 12:30 | 3409,44 | 3000,24 | 2942,64 | 2877,84 | 2967,84 | 2799,12 | 3013,68 | 2990,64 | 2916,24 | 2962,08 | 3236,88 | 2981,28 | 2952,24   | 3014,64 | 2984,64 | 3031,68 | 2919,36 | 3158,4  | 3151,92 | 3408,72 | 3622,08 | 3208,08 | 3051,84 | 2496,96 | 2774,88 | 2579,04 | 2889,36 | 4069,2  | 2438,4  | 2745,6  | 2728,32 |  |  |
| 13:00 | 3292,08 | 3000,24 | 2882,4  | 2727,6  | 2800,56 | 2806,08 | 2934    | 2980,32 | 2917,2  | 2903,04 | 3097,44 | 2846,88 | 2940,24   | 3020,64 | 3002,88 | 2965,44 | 2842,56 | 3187,2  | 3093,12 | 3365,28 | 3745,44 | 3105,84 | 2906,4  | 2652,72 | 2701,92 | 2580,96 | 2910    | 4149,12 | 2507,76 | 2755,2  | 2552,16 |  |  |
| 13:30 | 3375,12 | 2923,68 | 2970,48 | 2797,68 | 2820,24 | 2744,4  | 2932,32 | 2833,4  | 2837,04 | 2883,6  | 3175,92 | 2836,32 | 2881,44</ |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |

Таблиця А.6. – Генерація реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

|       | Число  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |       |       |        |       |       |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |       |       |  |  |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--|--|
| Час   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11    | 12     | 13     | 14    | 15    | 16     | 17    | 18    | 19    | 20     | 21     | 22     | 23     | 24    | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30    | 31    |  |  |
| 00:30 | 61,92  | 228,96 | 189,6  | 206,88 | 128,16 | 204    | 108    | 5,76   | 254,88 | 222,24 | 204   | 0      | 187,2  | 189,6 | 196,8 | 201,6  | 158,4 | 0     | 20,16 | 197,76 | 117,6  | 96     | 14,4   | 63,36 | 156,96 | 158,4  | 208,8  | 0      | 222,24 | 34,56 | 27,36 |  |  |
| 01:00 | 66,24  | 218,4  | 188,64 | 216,96 | 138,72 | 199,2  | 111,84 | 5,76   | 243,36 | 229,44 | 213,6 | 0      | 184,8  | 192   | 189,6 | 201,6  | 158,4 | 0     | 24,48 | 203,04 | 96     | 117,6  | 20,16  | 67,68 | 166,08 | 166,56 | 172,8  | 0      | 219,84 | 36    | 27,36 |  |  |
| 01:30 | 74,88  | 218,4  | 188,64 | 212,64 | 144    | 204    | 108,48 | 5,76   | 238,08 | 227,04 | 211,2 | 0      | 182,4  | 189,6 | 184,8 | 196,8  | 168   | 0     | 25,92 | 203,04 | 93,6   | 127,2  | 21,6   | 66,24 | 158,88 | 157,92 | 165,6  | 0      | 220,8  | 34,56 | 28,8  |  |  |
| 02:00 | 73,44  | 219,84 | 180,96 | 214,08 | 133,44 | 203,04 | 10,08  | 4,32   | 240    | 220,8  | 206,4 | 0      | 180    | 182,4 | 182,4 | 189,6  | 0     | 0     | 24,48 | 195,36 | 86,4   | 122,4  | 21,6   | 64,8  | 153,12 | 159,36 | 160,8  | 0      | 174,72 | 33,12 | 33,12 |  |  |
| 02:30 | 69,12  | 210,72 | 170,88 | 225,12 | 131,04 | 220,8  | 7,2    | 1,44   | 235,2  | 220,8  | 206,4 | 0      | 182,4  | 182,4 | 182,4 | 189,6  | 0     | 0     | 21,6  | 186,72 | 81,6   | 120    | 23,04  | 60,48 | 158,88 | 154,08 | 158,4  | 0      | 51,84  | 34,56 | 36    |  |  |
| 03:00 | 67,68  | 214,08 | 180,96 | 219,36 | 131,04 | 254,88 | 7,2    | 2,88   | 235,2  | 223,2  | 201,6 | 0      | 175,2  | 177,6 | 180   | 187,2  | 0     | 0     | 21,6  | 197,76 | 79,2   | 131,04 | 18,72  | 60,48 | 176,16 | 155,04 | 156    | 0      | 51,84  | 36    | 38,88 |  |  |
| 03:30 | 67,68  | 218,4  | 196,32 | 210,72 | 132,48 | 189,6  | 8,64   | 4,32   | 238,08 | 218,4  | 199,2 | 0      | 181,44 | 177,6 | 182,4 | 187,2  | 0     | 0     | 28,8  | 202,08 | 84     | 127,68 | 15,84  | 59,04 | 24     | 151,2  | 153,6  | 0      | 48,96  | 33,12 | 44,64 |  |  |
| 04:00 | 69,12  | 202,08 | 192    | 212,16 | 132,48 | 195,84 | 11,52  | 4,32   | 234,24 | 218,4  | 199,2 | 0      | 182,4  | 182,4 | 184,8 | 184,8  | 0     | 0     | 31,68 | 194,4  | 79,2   | 127,68 | 14,4   | 60,48 | 12,96  | 148,8  | 156    | 0      | 53,28  | 34,56 | 40,32 |  |  |
| 04:30 | 72     | 190,56 | 205,44 | 202,56 | 129,12 | 189,6  | 7,2    | 4,32   | 235,68 | 218,4  | 206,4 | 0      | 180    | 120   | 184,8 | 189,6  | 0     | 0     | 25,92 | 187,68 | 86,4   | 126,72 | 18,72  | 51,84 | 10,08  | 144    | 79,2   | 0      | 57,6   | 31,68 | 43,2  |  |  |
| 05:00 | 69,12  | 191,04 | 203,04 | 206,4  | 126,24 | 192    | 7,2    | 4,32   | 240,48 | 218,4  | 206,4 | 0      | 177,6  | 0     | 182,4 | 187,2  | 0     | 0     | 40,32 | 192,96 | 85,92  | 130,56 | 15,84  | 56,16 | 14,4   | 146,4  | 134,4  | 0      | 53,28  | 36    | 40,32 |  |  |
| 05:30 | 63,36  | 186,72 | 210,72 | 207,36 | 127,68 | 192    | 5,76   | 2,88   | 243,36 | 218,4  | 208,8 | 0      | 184,8  | 0     | 184,8 | 187,2  | 0     | 0     | 33,12 | 200,16 | 139,2  | 126,24 | 17,28  | 53,28 | 15,84  | 139,2  | 153,6  | 0      | 53,28  | 34,56 | 43,2  |  |  |
| 06:00 | 63,36  | 156    | 209,28 | 197,76 | 127,68 | 192    | 2,88   | 4,32   | 243,36 | 218,4  | 204   | 0      | 180    | 0     | 182,4 | 182,4  | 0     | 0     | 28,8  | 206,4  | 132    | 106,08 | 14,4   | 46,08 | 7,2    | 151,2  | 151,2  | 0      | 44,64  | 30,24 | 38,88 |  |  |
| 06:30 | 63,36  | 141,12 | 199,2  | 204,96 | 132,48 | 192    | 1,44   | 8,64   | 242,4  | 218,4  | 194,4 | 0      | 177,6  | 0     | 182,4 | 184,8  | 0     | 0     | 21,6  | 206,88 | 114,24 | 100,32 | 14,4   | 41,76 | 4,32   | 144    | 146,4  | 25,92  | 44,64  | 23,04 | 40,32 |  |  |
| 07:00 | 60,48  | 138,72 | 195,36 | 213,12 | 132,48 | 192    | 1,44   | 7,2    | 237,12 | 225,6  | 194,4 | 1,44   | 177,6  | 0     | 187,2 | 180    | 0     | 0     | 20,16 | 204,48 | 42,72  | 107,04 | 15,84  | 43,2  | 4,32   | 141,6  | 146,4  | 31,68  | 48,96  | 24,48 | 40,32 |  |  |
| 07:30 | 59,04  | 133,44 | 166,08 | 223,2  | 134,4  | 192    | 1,44   | 7,2    | 240,48 | 223,2  | 216   | 2,88   | 177,6  | 0     | 187,2 | 180    | 0     | 0     | 20,16 | 125,28 | 0      | 109,92 | 23,04  | 44,64 | 2,88   | 129,6  | 144    | 53,28  | 48,96  | 25,92 | 37,44 |  |  |
| 08:00 | 51,84  | 132    | 179,04 | 226,56 | 138,72 | 193,44 | 2,88   | 7,2    | 256,32 | 228    | 230,4 | 7,2    | 175,2  | 0     | 194,4 | 192    | 1,44  | 0     | 21,6  | 61,92  | 0      | 112,8  | 23,04  | 50,4  | 21,6   | 115,2  | 144    | 59,04  | 50,4   | 28,8  | 37,44 |  |  |
| 08:30 | 51,84  | 126,72 | 182,4  | 232,32 | 144,48 | 192    | 1,44   | 7,2    | 252,48 | 220,8  | 237,6 | 7,2    | 175,2  | 0     | 192   | 187,2  | 0     | 0     | 18,72 | 57,6   | 0      | 115,2  | 24,48  | 57,6  | 33,12  | 120    | 144    | 64,8   | 53,28  | 36    | 37,44 |  |  |
| 09:00 | 59,04  | 114,72 | 185,28 | 215,04 | 146,88 | 193,44 | 1,44   | 7,2    | 252,48 | 223,2  | 232,8 | 12,96  | 172,8  | 0     | 196,8 | 192    | 0     | 0     | 20,16 | 10,08  | 0      | 147,84 | 23,04  | 63,36 | 33,12  | 115,2  | 148,8  | 67,68  | 113,76 | 28,8  | 41,76 |  |  |
| 09:30 | 59,04  | 114,72 | 177,12 | 221,28 | 149,76 | 195,84 | 0      | 8,64   | 236,64 | 220,8  | 220,8 | 14,4   | 160,8  | 0     | 194,4 | 196,8  | 1,44  | 48,96 | 20,16 | 0      | 0      | 133,92 | 24,48  | 60,48 | 30,24  | 127,2  | 173,76 | 72     | 254,88 | 25,92 | 41,76 |  |  |
| 10:00 | 57,6   | 108    | 178,56 | 204,96 | 139,2  | 202,08 | 0      | 11,52  | 232,8  | 216    | 213,6 | 14,4   | 163,2  | 93,6  | 192   | 204    | 0     | 96,48 | 21,6  | 0      | 0      | 117,12 | 24,48  | 59,04 | 27,36  | 60     | 181,44 | 77,76  | 225,6  | 25,92 | 38,88 |  |  |
| 10:30 | 56,16  | 138,24 | 178,56 | 217,44 | 136,32 | 213,6  | 0      | 14,4   | 237,6  | 213,6  | 206,4 | 14,4   | 165,6  | 88,8  | 184,8 | 200,64 | 0     | 53,28 | 15,84 | 0      | 0      | 116,16 | 92,16  | 54,72 | 42,24  | 38,4   | 179,52 | 66,24  | 202,56 | 25,92 | 36    |  |  |
| 11:00 | 51,84  | 186,24 | 186,72 | 228    | 145,92 | 212,16 | 81,6   | 15,84  | 245,76 | 213,6  | 211,2 | 309,12 | 172,8  | 69,6  | 177,6 | 200,64 | 0     | 44,64 | 18,72 | 0      | 0      | 118,08 | 141,12 | 63,36 | 212,64 | 36     | 189,6  | 66,24  | 188,64 | 27,36 | 31,68 |  |  |
| 11:30 | 48,96  | 182,88 | 189,12 | 233,28 | 148,8  | 217,44 | 108    | 112,32 | 246,24 | 211,2  | 213,6 | 227,04 | 177,6  | 74,4  | 177,6 | 199,68 | 14,4  | 40,32 | 20,16 | 0      | 14,4   | 116,64 | 125,28 | 64,8  | 177,6  | 38,4   | 180,48 | 118,08 | 183,36 | 27,36 | 37,44 |  |  |
| 12:00 | 54,72  | 176,16 | 186,24 | 223,2  | 137,76 | 216    | 103,2  | 224,16 | 249,12 | 220,8  | 213,6 | 218,88 | 177,6  | 76,8  | 182,4 | 197,28 | 63,36 | 31,68 | 20,16 | 0      | 4,8    | 113,76 | 126,72 | 70,56 | 165,6  | 36     | 181,44 | 205,92 | 193,44 | 21,6  | 36    |  |  |
| 12:30 | 54,72  | 178,56 | 198,24 | 218,88 | 140,64 | 217,44 | 156    | 288,48 | 245,28 | 223,2  | 218,4 | 214,56 | 175,2  | 74,4  | 182,4 | 184,8  | 56,16 | 40,32 | 21,6  | 0      | 4,8    | 126,24 | 57,6   | 70,56 | 158,4  | 36     | 187,2  | 236,16 | 192    | 21,6  | 33,12 |  |  |
| 13:00 | 51,84  | 183,84 | 211,2  | 225,12 | 149,28 | 216    | 216    | 282,24 | 256,8  | 223,2  | 225,6 | 206,4  | 180    | 74,4  | 180   | 180    | 48,96 | 30,24 | 24,48 | 0      | 0      | 128,64 | 14,4   | 77,76 | 163,2  | 52,8   | 173,76 | 243,36 | 197,28 | 24,48 | 36    |  |  |
| 13:30 | 51,84  | 185,28 | 200,64 | 224,64 | 151,68 | 213,6  | 212,64 | 259,68 | 264,48 | 228    | 228   | 204    | 177,6  | 141,6 | 184,8 | 189,6  | 44,64 | 28,8  | 27,36 | 0      | 0      | 129,12 | 15,84  | 76,32 | 160,8  | 160,8  | 159,36 | 253,44 | 195,84 | 27,36 | 48,96 |  |  |
| 14:00 | 48,96  | 183,84 | 217,92 | 159,84 | 142,08 | 213,6  | 207,84 | 138,72 | 269,76 | 225,6  | 225,6 | 210,24 | 180    | 199,2 | 187,2 | 192    | 51,84 | 37,44 | 24,48 | 122,4  | 0      | 118,08 | 22,32  | 77,76 | 160,8  | 156    | 158,4  | 260,64 | 203,52 | 28,8  | 46,08 |  |  |
| 14:30 | 48,96  | 176,16 | 213,6  | 171,84 | 136,8  | 205,92 | 210,24 | 183,84 | 265,92 | 228    | 225,6 | 207,36 | 177,6  | 196,8 | 187,2 | 196,8  | 53,28 | 40,32 | 21,6  | 117,6  | 48     | 114,72 | 18     | 83,52 | 156    | 153,6  | 156,48 | 254,88 | 207,36 | 28,8  | 33,12 |  |  |
| 15:00 | 72     | 175,68 | 204    | 189,12 | 151,68 | 211,2  | 206,4  | 230,4  | 259,68 | 223,2  | 216   | 207,36 | 175,2  | 194,4 | 184,8 | 192    | 48,96 | 34,56 | 21,6  | 110,4  | 132    | 132,48 | 98,64  | 84,96 | 160,8  | 146,4  | 147,84 | 266,4  | 188,16 | 27,36 | 38,88 |  |  |
| 15:30 | 252,48 | 177,12 | 195,36 | 137,28 | 146,4  | 207,36 | 201,6  | 254,4  | 262,08 | 216    | 208,8 | 196,8  | 175,2  | 218,4 | 184,8 | 192    | 40,32 | 28,8  | 21,6  | 103,2  | 127,2  | 122,88 | 140,4  | 97,92 | 168    | 146,4  | 144    | 250,56 | 186,72 | 23,04 | 38,88 |  |  |
| 16:00 | 228,48 | 183,84 | 202,56 | 135,36 | 162,72 | 219,84 | 206,4  | 240,48 | 257,28 | 204    | 228   | 192,96 | 177,6  | 230,4 | 187,2 | 177,6  | 44,64 | 31,68 | 23,04 | 98,4   | 124,8  | 124,8  | 120,24 | 90,72 | 153,6  | 148,8  | 93,6   | 259,2  | 180    | 24,48 | 34,56 |  |  |
| 16:30 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |       |       |        |       |       |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |       |       |  |  |

Таблиця А.7. – Споживання активної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівніЗК», кВт·год

| Час   | Число    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |          |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
|       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28        | 29       | 30       |
| 00:30 | 32429,28 | 32676,96 | 32179,2  | 30695,52 | 31096,8  | 31396,32 | 30590,88 | 30537,6  | 32585,28 | 31646,88 | 27134,4  | 33352,32 | 33652,8  | 33141,12 | 30187,2  | 32549,76 | 33020,16 | 31400,64 | 31490,4  | 30322,08 | 31654,56 | 31751,04 | 30288,48 | 31017,6  | 32056,32 | 30972,48 | 33265,92 | 31604,64  | 32625,6  | 31975,2  |
| 01:00 | 32498,88 | 32665,92 | 32328    | 30640,8  | 30863,52 | 31545,12 | 30626,4  | 31029,12 | 32558,88 | 31536,48 | 27296,16 | 33488,64 | 33242,88 | 33421,44 | 30606,72 | 32563,68 | 33101,28 | 32506,56 | 31344,48 | 30336,48 | 31823,52 | 31678,56 | 31515,36 | 31169,28 | 32056,32 | 31022,4  | 33326,88 | 30806,4   | 32622,24 | 31995,84 |
| 01:30 | 32634,72 | 32488,32 | 32620,32 | 30523,68 | 30960,96 | 31596,48 | 30618,72 | 31585,92 | 32562,24 | 31416,48 | 27504    | 33337,92 | 33423,36 | 33427,2  | 30519,84 | 32855,04 | 32390,88 | 34010,88 | 31475,52 | 30479,04 | 31404    | 31764,96 | 30570,24 | 31167,84 | 32049,12 | 30941,76 | 33283,2  | 31814,88  | 32558,4  | 31907,04 |
| 02:00 | 32674,08 | 32287,68 | 32842,08 | 30592,32 | 30939,36 | 31527,36 | 30516,48 | 31541,76 | 32490,24 | 31448,64 | 27391,68 | 33067,2  | 33810,24 | 32594,4  | 30705,6  | 33119,04 | 33675,36 | 33924,96 | 31425,6  | 31413,6  | 30031,2  | 31662,72 | 30295,68 | 31166,4  | 32033,76 | 30780,48 | 33350,4  | 32910,72  | 33356,16 | 31982,4  |
| 02:30 | 32108,64 | 32633,76 | 32896,8  | 30696,48 | 30885,6  | 31458,72 | 30680,64 | 31463,5  | 32489,28 | 31542,24 | 27457,44 | 33186,72 | 33670,56 | 31604,16 | 32210,4  | 33056,64 | 34257,6  | 33785,76 | 31434,24 | 31518,72 | 31226,4  | 31377,6  | 30147,84 | 31095,84 | 32025,12 | 30885,6  | 33179,52 | 33044,64  | 33558,72 | 31780,8  |
| 03:00 | 30866,88 | 32864,64 | 32088    | 30625,92 | 30936,96 | 31586,88 | 30537,6  | 30538,56 | 32551,2  | 31622,4  | 27348    | 33252,96 | 33860,16 | 31713,12 | 31683,36 | 33060    | 34284,48 | 34038,24 | 31484,64 | 31617,12 | 31150,08 | 31759,2  | 30228    | 30728,16 | 32029,92 | 31335,84 | 33284,16 | 33123,84  | 33551,52 | 31588,32 |
| 03:30 | 30699,84 | 32945,28 | 31254,24 | 30732    | 31009,44 | 31413,12 | 30340,8  | 30562,56 | 32498,88 | 31346,88 | 27322,08 | 33260,16 | 33940,8  | 31284,48 | 31347,36 | 33192,48 | 34326,72 | 33924    | 31332    | 31679,52 | 31223,52 | 31823,52 | 32108,64 | 30382,08 | 32015,04 | 31249,92 | 33412,32 | 33056,16  | 33487,2  | 31694,4  |
| 04:00 | 30713,76 | 32856,96 | 31092    | 30751,68 | 30301,44 | 31482,24 | 30487,2  | 30396,96 | 32560,8  | 30974,88 | 27447,36 | 33454,08 | 33785,28 | 30992,16 | 31586,4  | 33135,84 | 34300,32 | 34133,28 | 31256,64 | 31214,88 | 31067,52 | 31810,56 | 32739,36 | 32177,28 | 32071,68 | 31325,76 | 33116,16 | 33488,64  | 33418,08 | 31999,68 |
| 04:30 | 30666,72 | 32393,28 | 31082,88 | 30676,32 | 31320,96 | 31988,16 | 30332,16 | 30463,2  | 32575,2  | 31121,76 | 27326,4  | 33109,92 | 33660,96 | 32503,68 | 31921,44 | 33041,76 | 34411,68 | 33853,92 | 31151,04 | 30780    | 31221,12 | 31860,48 | 32963,04 | 32413,44 | 32058,24 | 31142,4  | 33274,56 | 33184,32  | 33490,08 | 32037,12 |
| 05:00 | 30616,32 | 32228,16 | 31065,12 | 30660    | 33032,16 | 30911,52 | 30226,56 | 30439,68 | 32340,96 | 31713,6  | 27364,8  | 33256,32 | 31834,56 | 33153,6  | 32209,44 | 33456    | 34261,92 | 33118,56 | 31262,4  | 29836,32 | 31144,32 | 31803,36 | 32899,68 | 32724,96 | 32187,36 | 31063,2  | 33340,32 | 33242,4   | 33637,44 | 32034,24 |
| 05:30 | 31359,36 | 32227,68 | 30983,04 | 30599,04 | 32614,56 | 30043,68 | 30492,48 | 29931,36 | 32202,72 | 32600,64 | 27506,4  | 32795,04 | 31840,32 | 33084,48 | 32178,72 | 32955,36 | 32824,32 | 31180,8  | 31390,08 | 29748,48 | 31464,48 | 31876,32 | 32874,72 | 32640,48 | 32103,36 | 31107,84 | 33319,68 | 33596,64  | 33541,92 | 32031,36 |
| 06:00 | 32418,24 | 32216,16 | 31085,28 | 30594,72 | 32390,88 | 29924,16 | 30536,16 | 29948,16 | 32457,12 | 33008,64 | 27522,24 | 32209,44 | 31666,56 | 33134,88 | 32098,08 | 32241,12 | 32377,92 | 30811,68 | 31844,64 | 30244,8  | 31849,92 | 31872,48 | 32164,8  | 30943,2  | 31912,32 | 31302,24 | 33324,48 | 33155,52  | 33173,76 | 31816,8  |
| 06:30 | 32479,2  | 32119,68 | 31303,2  | 30552,96 | 31642,56 | 29969,76 | 30358,08 | 29726,88 | 32599,68 | 33189,6  | 27411,36 | 32630,88 | 31782,72 | 33231,36 | 32498,88 | 32035,2  | 32485,9  | 30378,24 | 32012,16 | 30747,36 | 31866,24 | 32244,96 | 31737,12 | 30882,24 | 30360    | 31419,36 | 33314,88 | 331642,08 | 33826,56 | 31888,8  |
| 07:00 | 32451,36 | 32406,24 | 31048,32 | 31068,48 | 31484,16 | 30117,6  | 30632,64 | 29955,36 | 32659,68 | 33174,24 | 27715,2  | 32676,96 | 31616,64 | 33801,12 | 33152,64 | 31868,64 | 32489,76 | 30869,76 | 32116,32 | 30540    | 31476,48 | 31968,48 | 31581,6  | 30806,4  | 30123,84 | 31326,24 | 33239,52 | 31712,64  | 34111,2  | 31999,68 |
| 07:30 | 32240,64 | 32866,08 | 31275,36 | 31593,6  | 31607,04 | 30108,96 | 30846,24 | 30675,36 | 32741,76 | 33174,24 | 27849,12 | 32713,44 | 31689,12 | 33574,56 | 33077,76 | 31952,64 | 32419,68 | 31389,6  | 32032,8  | 29649,12 | 31316,16 | 31396,8  | 32573,76 | 30330,72 | 30762,24 | 31404,96 | 33310,08 | 31516,8   | 32198,88 | 32143,2  |
| 08:00 | 31762,56 | 32751,84 | 31109,76 | 30775,68 | 31704    | 30092,16 | 30571,68 | 30319,2  | 32750,88 | 33176,16 | 27366,24 | 32460,48 | 31735,68 | 33337,44 | 33154,56 | 31977,12 | 32331,36 | 31521,12 | 31928,16 | 30963,84 | 31355,52 | 31361,76 | 32880,96 | 30555,84 | 30649,92 | 31271,52 | 33332,16 | 31578,72  | 32045,76 | 32066,88 |
| 08:30 | 31571,04 | 32803,68 | 30468,48 | 30950,4  | 31240,32 | 30113,76 | 30605,76 | 27941,76 | 32704,32 | 33168    | 27195,84 | 31039,68 | 31777,92 | 33285,12 | 33240,48 | 31217,76 | 34244    | 31550,4  | 31924,8  | 30988,32 | 30987,84 | 31288,32 | 32951,04 | 30372    | 30562,56 | 31263,36 | 33309,12 | 31467,84  | 32770,56 | 31995,36 |
| 09:00 | 30807,84 | 32697,12 | 29537,76 | 30700,8  | 30528,96 | 30176,64 | 30490,56 | 27731,52 | 32227,68 | 33213,6  | 27364,8  | 30316,32 | 31597,92 | 32682,24 | 33204,48 | 30429,12 | 32190,24 | 31408,8  | 32296,32 | 29915,04 | 31001,28 | 31365,6  | 32946,24 | 29872,32 | 30653,76 | 31240,8  | 30474,52 | 31287,36  | 32274,24 | 32074,08 |
| 09:30 | 30423,36 | 32581,92 | 29325,12 | 30825,6  | 30746,4  | 30080,64 | 30634,56 | 27952,32 | 32615,52 | 33085,92 | 27436,8  | 30128,64 | 31762,08 | 32046,24 | 32696,16 | 29498,88 | 32334,72 | 31563,36 | 32196    | 29914,08 | 30746,88 | 31352,64 | 32879,04 | 30001,44 | 30504    | 31311,84 | 31474,56 | 31226,4   | 31975,2  | 32006,88 |
| 10:00 | 30382,08 | 32003,04 | 29408,16 | 30915,36 | 30212    | 29885,28 | 30538,08 | 28383,84 | 32537,76 | 33053,76 | 27463,68 | 30289,92 | 31665,6  | 31114,56 | 32450,88 | 29292,48 | 32269,44 | 32294,4  | 32092,32 | 29219,04 | 30873,6  | 31305,12 | 32877,6  | 29929,44 | 30471,84 | 31282,56 | 30298,08 | 31297,92  | 31552,32 | 31958,4  |
| 10:30 | 30425,76 | 31644,48 | 29347,68 | 30966,72 | 30305,76 | 30124,32 | 30608,64 | 28512,96 | 32594,4  | 32932,8  | 27367,68 | 29794,56 | 31436,64 | 30836,64 | 32367,84 | 29190,24 | 32261,28 | 32088,96 | 32061,12 | 28913,76 | 30775,68 | 31428,48 | 32596,8  | 29945,76 | 30468    | 31393,92 | 29966,4  | 31660,8   | 32062,56 | 31853,28 |
| 11:00 | 30504    | 31717,92 | 29145,6  | 30888    | 31073,76 | 30023,52 | 30210,72 | 28390,5  | 32831,52 | 32049,6  | 27235,68 | 28992    | 30051,36 | 30837,6  | 32527,2  | 29276,16 | 32368,8  | 32085,6  | 31985,28 | 28906,56 | 30350,88 | 31436,16 | 32160    | 30388,32 | 30515,04 | 31140,96 | 30013,92 | 32022,24  | 32054,88 | 32075,52 |
| 11:30 | 30435,36 | 31788,48 | 29270,4  | 30881,28 | 31060,8  | 29921,76 | 30221,76 | 29115,36 | 31735,68 | 32233,44 | 27191,04 | 29796,96 | 29838,24 | 31363,2  | 32645,76 | 28793,28 | 32421,6  | 32027,04 | 32202,24 | 28887,84 | 29236,32 | 31359,36 | 32380,32 | 30436,8  | 30728,16 | 31354,08 | 29880    | 31082,88  | 31909,44 | 31781,28 |
| 12:00 | 30515,52 | 31818,24 | 29205,6  | 30868,8  | 31075,2  | 29943,84 | 30243,36 | 28544,16 | 30588    | 31989,6  | 27137,28 | 31496,16 | 29815,68 | 31490,88 | 32284,8  | 28124,64 | 32327,04 | 32075,52 | 31419,84 | 28917,6  | 28628,16 | 32013,12 | 32524,8  | 30336,48 | 30518,88 | 31286,4  | 30392,64 | 30940,32  | 31982,88 | 31347,84 |
| 12:30 | 30453,6  | 31870,56 | 29220    | 30819,36 | 31087,68 | 29874,72 | 30237,6  | 28295,04 | 30511,2  | 32180,16 | 27102,72 | 31419,36 | 30028,8  | 31437,6  | 32364    | 28623,84 | 32186,88 | 31914,24 | 31458,24 | 28919,52 | 29014,56 | 32004,96 | 32731,2  | 30402,24 | 30332,28 | 31303,2  | 30361,44 | 30942,72  | 31770,24 | 31337,28 |
| 13:00 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |          |          |

Таблиця А.8. – Споживання реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число  |        |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |        |        |        |
|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Час   | 1      | 2      | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25    | 26    | 27    | 28     | 29     | 30     |
| 00:30 | 9 314  | 9 508  | 9 357 | 8 855 | 8 939 | 9 645  | 10 014 | 9 954  | 10 134 | 10 712 | 10 306 | 10 370 | 10 150 | 10 436 | 9 799  | 10 306 | 10 435 | 10 355 | 10 442 | 10 847 | 10 066 | 10 124 | 9 721  | 9 354  | 9 125 | 8 727 | 8 716 | 9 338  | 10 343 | 10 277 |
| 01:00 | 9 338  | 9 710  | 9 420 | 8 651 | 8 657 | 9 372  | 10 250 | 9 794  | 10 281 | 10 596 | 10 394 | 10 302 | 10 018 | 10 443 | 9 719  | 10 379 | 10 355 | 10 573 | 10 212 | 10 938 | 10 104 | 10 046 | 9 708  | 9 422  | 8 976 | 8 912 | 8 783 | 9 048  | 10 644 | 10 282 |
| 01:30 | 9 505  | 10 031 | 9 349 | 8 450 | 8 571 | 9 272  | 10 320 | 9 853  | 10 343 | 10 780 | 10 319 | 10 188 | 9 988  | 10 571 | 9 646  | 10 221 | 10 355 | 10 791 | 10 342 | 10 864 | 10 036 | 10 170 | 9 505  | 9 493  | 8 909 | 8 713 | 8 808 | 9 386  | 10 495 | 10 200 |
| 02:00 | 9 553  | 9 675  | 9 291 | 8 443 | 8 646 | 9 573  | 10 099 | 10 088 | 10 644 | 10 870 | 10 481 | 10 221 | 10 218 | 10 663 | 9 871  | 10 155 | 10 614 | 10 524 | 10 580 | 10 794 | 9 874  | 10 233 | 9 242  | 9 570  | 9 062 | 8 852 | 9 087 | 9 460  | 10 574 | 10 283 |
| 02:30 | 9 890  | 9 979  | 9 297 | 8 735 | 8 723 | 9 715  | 10 182 | 10 083 | 10 635 | 10 932 | 10 832 | 10 435 | 10 418 | 10 445 | 10 294 | 10 297 | 10 707 | 10 786 | 10 511 | 10 712 | 10 093 | 10 362 | 9 401  | 9 712  | 8 984 | 8 827 | 9 135 | 9 748  | 10 238 | 10 297 |
| 03:00 | 10 162 | 10 217 | 9 216 | 8 939 | 8 929 | 9 934  | 10 171 | 10 154 | 10 708 | 10 937 | 10 598 | 10 515 | 10 431 | 10 594 | 10 145 | 10 382 | 10 728 | 11 013 | 10 500 | 10 723 | 10 073 | 10 306 | 9 392  | 9 712  | 8 987 | 8 840 | 9 099 | 9 974  | 10 444 | 10 415 |
| 03:30 | 10 092 | 10 154 | 9 070 | 9 000 | 9 151 | 9 785  | 10 075 | 10 225 | 10 864 | 10 931 | 10 602 | 10 585 | 10 426 | 10 655 | 10 151 | 10 505 | 10 658 | 10 864 | 10 386 | 10 720 | 9 996  | 10 310 | 9 560  | 9 645  | 9 132 | 9 057 | 9 299 | 9 971  | 10 447 | 10 713 |
| 04:00 | 10 184 | 10 153 | 9 072 | 9 021 | 9 075 | 9 792  | 10 081 | 10 073 | 10 933 | 11 007 | 10 801 | 10 565 | 10 432 | 10 584 | 10 252 | 10 454 | 10 851 | 10 932 | 10 449 | 10 629 | 10 085 | 10 464 | 9 618  | 10 002 | 9 192 | 9 121 | 9 361 | 10 033 | 10 452 | 10 676 |
| 04:30 | 10 015 | 9 940  | 9 208 | 8 858 | 9 154 | 9 991  | 10 217 | 10 371 | 11 004 | 11 076 | 10 821 | 10 905 | 10 360 | 11 010 | 10 456 | 10 425 | 11 220 | 11 080 | 10 658 | 10 701 | 10 091 | 10 599 | 9 767  | 10 176 | 9 313 | 9 444 | 9 377 | 9 992  | 10 374 | 10 441 |
| 05:00 | 10 007 | 9 999  | 9 211 | 8 863 | 9 432 | 10 152 | 10 119 | 10 301 | 11 148 | 11 184 | 11 028 | 10 764 | 10 282 | 11 089 | 10 748 | 10 611 | 11 147 | 11 009 | 10 653 | 10 634 | 10 218 | 10 535 | 9 774  | 10 485 | 9 306 | 9 405 | 9 443 | 10 125 | 10 585 | 10 590 |
| 05:30 | 10 301 | 10 075 | 9 211 | 8 949 | 9 431 | 10 297 | 11 123 | 10 229 | 11 273 | 10 941 | 11 085 | 11 019 | 10 416 | 11 160 | 10 805 | 10 620 | 11 514 | 10 861 | 10 566 | 10 626 | 10 617 | 10 742 | 9 913  | 10 536 | 9 446 | 9 384 | 9 501 | 10 106 | 10 515 | 10 440 |
| 06:00 | 10 224 | 10 152 | 9 371 | 8 945 | 9 581 | 10 353 | 11 376 | 10 351 | 11 207 | 11 138 | 11 118 | 10 812 | 10 643 | 11 231 | 10 650 | 10 564 | 11 420 | 10 848 | 10 656 | 10 625 | 10 659 | 10 675 | 9 981  | 10 069 | 9 366 | 9 367 | 9 227 | 10 341 | 10 588 | 10 446 |
| 06:30 | 10 294 | 10 055 | 9 592 | 9 295 | 9 463 | 10 453 | 11 406 | 10 438 | 11 233 | 11 172 | 11 093 | 10 937 | 10 651 | 11 327 | 11 026 | 10 715 | 11 681 | 11 010 | 10 784 | 10 413 | 10 537 | 10 740 | 10 131 | 10 150 | 9 320 | 9 198 | 9 358 | 10 781 | 10 878 | 10 588 |
| 07:00 | 10 065 | 10 079 | 9 212 | 9 256 | 9 211 | 10 359 | 11 317 | 10 599 | 11 225 | 10 932 | 11 015 | 11 006 | 10 288 | 11 234 | 11 024 | 10 710 | 11 584 | 11 145 | 10 716 | 10 256 | 10 497 | 10 568 | 10 347 | 10 070 | 9 356 | 9 122 | 9 281 | 10 554 | 11 089 | 10 694 |
| 07:30 | 9 931  | 10 359 | 9 191 | 9 119 | 9 110 | 10 056 | 11 148 | 10 569 | 11 301 | 10 788 | 11 015 | 10 937 | 10 275 | 11 010 | 11 008 | 10 935 | 11 492 | 10 938 | 10 488 | 9 699  | 10 209 | 10 798 | 10 397 | 9 881  | 9 342 | 9 261 | 9 355 | 10 775 | 10 971 | 10 989 |
| 08:00 | 9 931  | 10 430 | 9 371 | 9 520 | 9 418 | 10 190 | 10 650 | 10 577 | 11 443 | 10 593 | 10 913 | 10 856 | 10 098 | 10 836 | 11 189 | 11 368 | 11 580 | 10 986 | 10 079 | 9 898  | 10 035 | 10 723 | 10 072 | 9 956  | 9 083 | 9 507 | 9 443 | 10 916 | 10 944 | 11 002 |
| 08:30 | 9 857  | 10 423 | 9 650 | 9 420 | 9 294 | 10 022 | 10 701 | 10 733 | 11 434 | 10 616 | 10 781 | 10 670 | 10 452 | 10 632 | 10 983 | 11 074 | 11 359 | 10 778 | 10 107 | 9 717  | 9 904  | 10 790 | 10 294 | 9 906  | 8 928 | 9 302 | 9 576 | 11 034 | 11 017 | 11 144 |
| 09:00 | 9 159  | 10 190 | 9 281 | 8 863 | 8 824 | 9 646  | 10 282 | 10 583 | 11 172 | 10 334 | 10 689 | 10 073 | 10 062 | 10 358 | 10 870 | 11 015 | 11 121 | 10 486 | 10 604 | 9 628  | 9 953  | 10 818 | 10 145 | 9 902  | 9 116 | 9 022 | 9 330 | 10 514 | 10 725 | 11 003 |
| 09:30 | 8 997  | 9 800  | 9 236 | 8 329 | 8 600 | 9 461  | 10 277 | 10 149 | 11 225 | 10 205 | 10 502 | 9 898  | 9 863  | 10 755 | 10 760 | 10 652 | 10 992 | 10 414 | 10 206 | 9 283  | 9 970  | 10 809 | 10 007 | 10 155 | 8 837 | 9 024 | 8 922 | 10 302 | 10 726 | 10 800 |
| 10:00 | 8 859  | 9 439  | 9 238 | 8 508 | 8 323 | 9 462  | 10 297 | 9 816  | 10 891 | 9 984  | 10 654 | 9 690  | 9 760  | 10 792 | 10 580 | 10 652 | 10 713 | 9 994  | 9 889  | 8 996  | 9 512  | 10 545 | 10 004 | 9 790  | 8 794 | 8 959 | 8 636 | 10 093 | 10 598 | 10 680 |
| 10:30 | 8 939  | 8 858  | 9 092 | 8 266 | 8 343 | 9 724  | 10 313 | 9 674  | 10 953 | 9 499  | 10 203 | 9 874  | 9 701  | 10 356 | 10 784 | 10 560 | 10 645 | 9 607  | 9 999  | 8 831  | 9 481  | 10 235 | 9 870  | 9 561  | 8 657 | 8 955 | 8 486 | 9 958  | 10 313 | 10 525 |
| 11:00 | 8 862  | 8 634  | 8 721 | 8 191 | 8 316 | 9 588  | 10 078 | 9 495  | 11 095 | 9 483  | 9 753  | 9 811  | 9 786  | 10 243 | 10 518 | 10 419 | 10 806 | 9 763  | 10 013 | 8 916  | 9 461  | 10 228 | 9 800  | 9 425  | 8 809 | 8 736 | 8 551 | 9 800  | 10 243 | 10 597 |
| 11:30 | 8 786  | 8 496  | 8 920 | 8 512 | 8 039 | 9 639  | 10 160 | 9 336  | 10 806 | 9 407  | 9 852  | 9 665  | 9 721  | 10 318 | 10 130 | 10 148 | 10 914 | 9 739  | 10 085 | 8 924  | 9 141  | 10 361 | 9 726  | 9 471  | 8 551 | 8 751 | 8 615 | 9 945  | 10 301 | 10 162 |
| 12:00 | 8 791  | 8 376  | 8 959 | 8 477 | 7 980 | 9 528  | 10 218 | 9 275  | 10 507 | 9 248  | 9 838  | 9 736  | 9 783  | 10 491 | 10 180 | 10 058 | 10 916 | 9 571  | 10 325 | 8 868  | 8 983  | 9 990  | 9 723  | 9 461  | 8 591 | 8 919 | 8 328 | 10 014 | 10 218 | 10 017 |
| 12:30 | 8 862  | 8 450  | 8 971 | 8 824 | 8 292 | 9 789  | 10 284 | 9 270  | 10 284 | 9 503  | 9 953  | 9 612  | 9 920  | 10 677 | 10 513 | 10 060 | 10 559 | 9 622  | 10 549 | 8 969  | 9 302  | 10 061 | 9 723  | 9 629  | 8 866 | 8 988 | 8 531 | 10 220 | 10 225 | 9 792  |
| 13:00 | 8 996  | 8 093  | 9 039 | 8 675 | 8 274 | 9 656  | 10 042 | 9 119  | 9 919  | 9 396  | 9 704  | 9 710  | 10 128 | 10 676 | 10 379 | 9 913  | 10 475 | 9 342  | 10 525 | 8 892  | 9 036  | 9 777  | 9 787  | 9 276  | 8 732 | 8 710 | 8 450 | 9 931  | 10 068 | 10 069 |
| 13:30 | 8 833  | 8 119  | 8 823 | 8 539 | 8 076 | 9 545  | 9 974  | 9 036  | 9 979  | 9 190  | 9 478  | 9 759  | 9 727  | 10 270 | 10 252 | 9 988  | 10 478 | 9 334  | 10 270 | 8 770  | 9 082  | 9 768  | 9 855  | 9 152  | 8 868 | 8 623 | 8 475 | 9 998  | 9 854  | 10 212 |
| 14:00 | 8 905  | 8 090  | 8 474 | 8 523 | 8 009 | 9 321  | 9 836  | 8 782  | 9 922  | 9 183  | 9 741  | 9 756  | 9 945  | 10 352 | 10 111 | 9 985  | 10 400 | 9 073  | 9 986  | 8 692  | 8 915  | 9 689  | 9 860  | 9 149  | 8 783 | 8 511 | 8 840 | 9 572  | 9 643  | 10 301 |
| 14:30 | 8 761  | 8 171  | 8 201 | 8 381 | 7 869 | 9 384  | 9 755  | 8 773  | 10 128 | 9 049  | 9 635  | 9 353  | 9 715  | 10 525 | 10 140 | 9 995  | 10 337 | 8 942  | 9 991  | 8 640  | 9 023  | 9 686  | 9 794  | 9 085  | 8 601 | 8 503 | 8 841 | 9 500  | 9 640  | 10 341 |
| 15:00 | 8 769  | 8 028  | 8 114 | 8 242 | 7 725 | 9 555  | 9 740  | 8 855  | 10 059 | 9 096  | 9 683  | 9 457  | 9 724  | 10 572 | 10 124 | 10 143 | 10 335 | 9 277  | 10 222 | 8 910  | 9 204  | 9 826  | 9 934  | 8 831  | 8 663 | 8 544 | 8 858 | 9 489  | 9 595  | 10 48  |

Таблиця А.9. – Генерація реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівніЗК», кВАр·год

|       | Число |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Час   | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
| 00:30 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 01:00 | 396   | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 01:30 | 396   | 396 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 02:00 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 02:30 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 03:00 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 03:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 04:00 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 04:30 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 05:00 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 05:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 06:00 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 06:30 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 07:00 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 07:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 08:00 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 08:30 | 396   | 396 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 420 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 09:00 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 09:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 406 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 10:00 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 463 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 10:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 11:00 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 11:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 12:00 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 430 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 12:30 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 410 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 13:00 | 396   | 401 | 396 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 425 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 425 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 13:30 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 444 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 14:00 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 14:30 | 396   | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 15:00 | 396   | 396 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 406 | 396 | 410 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 15:30 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 425 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 444 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 16:00 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 16:30 | 396   | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 17:00 | 396   | 396 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 17:30 | 401   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 18:00 | 396   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 18:30 | 396   | 401 | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 19:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 19:30 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 20:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 20:30 | 396   | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 21:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 21:30 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 22:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 22:30 | 396   | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 23:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 23:30 | 401   | 396 | 401 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |
| 24:00 | 396   | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 | 396 |     |     |     |     |     |

Таблиця А.10. – Споживання активної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

| Число |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
| Час   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       | 31       |  |  |
| 00:30 | 33519,36 | 31119,84 | 30239,52 | 27691,68 | 27558,2  | 28899,36 | 30391,68 | 31869,12 | 29852,64 | 29890,56 | 29881,44 | 31239,36 | 30833,76 | 27381,12 | 29949,6  | 30667,2  | 28905,6  | 28251,84 | 25717,92 | 27505,44 | 30840,96 | 29258,4  | 29088,48 | 30623,52 | 31753,92 | 30454,08 | 30198,72 | 29876,64 | 31996,32 | 30232,8  | 28039,68 |  |  |
| 01:00 | 33651,36 | 29823,84 | 30217,92 | 27515,04 | 28154,88 | 29136,96 | 30060    | 31575,84 | 30672,48 | 29314,08 | 29361,6  | 31233,6  | 30383,04 | 27103,68 | 30439,68 | 29366,88 | 27438,24 | 28140,48 | 26498,88 | 27567,36 | 30411,36 | 30007,2  | 29779,2  | 30376,8  | 31624,32 | 29709,12 | 30222,72 | 29847,36 | 32130,24 | 29477,28 | 28302,24 |  |  |
| 01:30 | 33569,28 | 29793,6  | 30247,2  | 26933,76 | 29090,4  | 29090,88 | 29381,28 | 31124,16 | 31438,56 | 29638,56 | 29259,84 | 31121,28 | 29916,96 | 27510,24 | 29724,48 | 28786,56 | 28624,8  | 27638,4  | 26667,84 | 27231,36 | 30255,84 | 29719,68 | 29329,44 | 30350,4  | 32040,48 | 30223,68 | 30158,88 | 30245,76 | 31909,92 | 29763,36 | 27907,2  |  |  |
| 02:00 | 33137,76 | 30409,44 | 30175,2  | 27741,12 | 30390,72 | 29005,92 | 29489,28 | 31672,32 | 32349,12 | 29723,52 | 29956,32 | 31562,88 | 29409,6  | 27060,48 | 28730,88 | 28909,92 | 29112,96 | 28613,76 | 27116,64 | 28111,68 | 29698,08 | 29187,36 | 29707,2  | 30351,36 | 31990,56 | 29907,36 | 30264    | 29541,6  | 31593,12 | 29750,4  | 27883,2  |  |  |
| 02:30 | 33249,12 | 30162,72 | 29905,92 | 30253,92 | 30286,08 | 29132,64 | 29183,52 | 30995,0  | 32435,52 | 30053,76 | 30640,32 | 31433,76 | 29932,32 | 27605,76 | 28048,32 | 28785,6  | 30399,84 | 27784,8  | 26855,04 | 29270,88 | 29039,52 | 29520,48 | 29398,56 | 30938,88 | 31683,84 | 29990,88 | 29349,6  | 29321,76 | 30796,8  | 30251,52 | 29761,44 |  |  |
| 03:00 | 33427,68 | 30316,8  | 29221,92 | 30375,84 | 30797,28 | 28878,24 | 29347,2  | 31732,32 | 32892,48 | 30532,32 | 30915,84 | 31913,76 | 30986,4  | 28479,84 | 28026,72 | 28229,76 | 31151,04 | 27912    | 26668,32 | 28858,08 | 29406,24 | 29607,36 | 29725,44 | 30679,2  | 31406,88 | 29550,24 | 29193,6  | 29506,08 | 31032    | 30226,08 | 29940,96 |  |  |
| 03:30 | 33474,72 | 30863,04 | 29264,16 | 30344,16 | 30566,4  | 29170,08 | 29440,32 | 32120,64 | 33089,28 | 31498,56 | 30846,24 | 31901,76 | 31518,72 | 28693,92 | 29127,36 | 28717,92 | 31246,56 | 27549,6  | 25694,88 | 28251,84 | 29004,48 | 29042,88 | 29343,36 | 30897,12 | 31483,2  | 29393,28 | 29901,6  | 29613,6  | 31344    | 30124,32 | 30138,72 |  |  |
| 04:00 | 33774,24 | 30567,84 | 29268,48 | 30409,92 | 29779,68 | 29269,44 | 29796,48 | 32071,68 | 32831,04 | 31879,2  | 30374,88 | 31426,56 | 30882,72 | 29670,72 | 30493,44 | 29413,92 | 31384,8  | 26619,36 | 25423,2  | 28026,24 | 29172,96 | 29353,92 | 30826,56 | 31068,48 | 30939,84 | 30124,8  | 30208,32 | 29810,88 | 31556,16 | 30348    | 30398,4  |  |  |
| 04:30 | 33584,16 | 30269,76 | 28516,8  | 30804,48 | 29486,4  | 29212,32 | 29464,32 | 31229,76 | 32536,8  | 31603,68 | 30516    | 31357,92 | 32001,6  | 30612,48 | 30548,16 | 30509,28 | 31264,32 | 27803,04 | 24215,52 | 28296,48 | 29532,96 | 29688,48 | 31390,56 | 31428,96 | 31609,92 | 30276    | 30181,92 | 30132,48 | 31340,64 | 30952,8  | 30486,72 |  |  |
| 05:00 | 33432,96 | 30246,24 | 27474,72 | 30449,28 | 28466,88 | 29208,96 | 29359,2  | 31466,88 | 32104,8  | 31558,56 | 29715,36 | 31775,52 | 32246,88 | 30372    | 30598,08 | 30485,76 | 31479,84 | 27591,36 | 25254,24 | 28136,16 | 29860,8  | 29906,88 | 30936    | 31852,8  | 32278,56 | 30371,52 | 29842,56 | 30298,56 | 30316,32 | 30736,8  | 30310,08 |  |  |
| 05:30 | 33180,48 | 30538,08 | 27103,2  | 30129,6  | 28023,36 | 29282,4  | 29776,32 | 32341,44 | 30884,16 | 31702,56 | 28752    | 32432,16 | 32167,68 | 30125,76 | 30189,12 | 30287,52 | 32558,88 | 27213,6  | 25917,6  | 28203,84 | 29758,08 | 29949,6  | 31054,56 | 32211,36 | 31889,76 | 28374,24 | 30240    | 29947,68 | 29862,72 | 30732,96 | 30151,68 |  |  |
| 06:00 | 33154,08 | 30628,8  | 27359,04 | 30215,04 | 28115,52 | 29149,92 | 29674,56 | 32390,4  | 30009,6  | 31549,92 | 28072,8  | 31380,96 | 32409,6  | 30118,08 | 30167,04 | 30470,88 | 32155,2  | 27664,8  | 26066,4  | 27781,92 | 28274,4  | 29473,92 | 31695,84 | 33207,36 | 32035,68 | 28077,12 | 30154,56 | 29971,68 | 29827,2  | 29098,08 | 28195,52 |  |  |
| 06:30 | 33172,8  | 30160,32 | 27374,4  | 30579,36 | 28401,12 | 29888,64 | 29739,36 | 31970,88 | 30852,96 | 31490,4  | 27555,36 | 29457,6  | 31569,6  | 30229,44 | 29923,68 | 30116,16 | 30812    | 27722,88 | 25637,28 | 28583,52 | 28469,76 | 28920    | 30765,12 | 32673,12 | 32057,28 | 28383,36 | 29900,64 | 29760,48 | 30937,44 | 29297,28 | 29486,4  |  |  |
| 07:00 | 33469,44 | 30300,48 | 26984,64 | 31207,2  | 28075,2  | 30144,48 | 29802,24 | 32285,28 | 30937,44 | 31687,2  | 28536    | 31164,96 | 31575,84 | 29983,68 | 29561,28 | 29774,88 | 30858,72 | 27662,4  | 26607,84 | 28140,96 | 28349,28 | 29356,32 | 31276,8  | 32554,08 | 32140,8  | 28674,24 | 29619,36 | 29434,08 | 31228,8  | 29413,44 | 29549,76 |  |  |
| 07:30 | 33699,84 | 30695,04 | 27032,64 | 30852,96 | 29480,64 | 30721,44 | 29688    | 32461,44 | 30611,52 | 31748,16 | 28339,2  | 32198,4  | 31088,32 | 29775,84 | 30783,36 | 29118,72 | 31615,2  | 27264,48 | 27096,48 | 28426,56 | 27508,8  | 29945,28 | 31514,4  | 33516,48 | 31803,84 | 28656,48 | 29907,36 | 29700,96 | 31502,88 | 29437,44 | 29544,48 |  |  |
| 08:00 | 33114,24 | 30710,4  | 26928,96 | 30904,8  | 30846,72 | 30827,04 | 29436,48 | 32101,92 | 30504,96 | 31144,32 | 28418,4  | 32123,52 | 31722,24 | 29134,08 | 30850,56 | 28848,96 | 32448    | 27700,32 | 26957,28 | 29715,36 | 26555,04 | 29805,6  | 31092,96 | 33358,08 | 32005,92 | 28434,72 | 30052,8  | 29347,68 | 31923,36 | 29225,28 | 30000    |  |  |
| 08:30 | 32196,48 | 29749,44 | 26551,68 | 30519,84 | 30543,84 | 30208,32 | 29074,56 | 31282,08 | 30159,84 | 31034,4  | 28379,52 | 31488,48 | 31136,16 | 28554,24 | 30176,64 | 28485,12 | 32068,32 | 27548,16 | 26214,72 | 29460,48 | 25714,08 | 29143,2  | 31215,84 | 33490,08 | 31671,84 | 28020,48 | 29824,32 | 28988,64 | 31412,64 | 29115,84 | 29031,84 |  |  |
| 09:00 | 33447,36 | 29105,76 | 26485,44 | 30322,56 | 30550,08 | 30704,64 | 29069,76 | 31454,88 | 29978,88 | 30864    | 28497,12 | 31684,8  | 30781,92 | 29208,48 | 30543,36 | 29004,48 | 32364,48 | 27549,6  | 25645,44 | 29361,12 | 27575,36 | 29444,64 | 30853,92 | 33085,92 | 30810,24 | 28016,64 | 29138,88 | 28694,88 | 30875,52 | 28879,2  | 28552,32 |  |  |
| 09:30 | 33027,84 | 29102,88 | 26632,8  | 29685,52 | 30824,24 | 30914,88 | 28800    | 31737,12 | 29719,2  | 30974,88 | 27672,48 | 30917,76 | 29628,96 | 28771,68 | 30279,84 | 28882,08 | 31570,08 | 27358,08 | 25744,32 | 28374,72 | 25131,36 | 29722,56 | 30836,64 | 31770,72 | 29771,52 | 28397,28 | 28455,84 | 28689,12 | 29337,6  | 28413,6  | 29108,16 |  |  |
| 10:00 | 32539,68 | 28728,96 | 26447,52 | 29625,12 | 30527    | 30865,92 | 28191,36 | 31861,44 | 29500,8  | 31101,12 | 27002,88 | 31708,8  | 28051,68 | 28720,32 | 29924,64 | 27996,96 | 30703,68 | 27241,44 | 24496,32 | 28503,84 | 24334,56 | 28712,16 | 30885,12 | 31668,48 | 30082,08 | 28760,64 | 28285,92 | 28628,64 | 29002,08 | 29142,24 | 27752,16 |  |  |
| 10:30 | 31526,88 | 28886,88 | 26555,52 | 29467,68 | 30230,88 | 30598,08 | 27504    | 31667,52 | 28645,44 | 30934,56 | 26325,12 | 31302,72 | 28098,24 | 27819,36 | 29306,4  | 27648,48 | 30272,16 | 26714,4  | 23074,08 | 27592,8  | 24115,2  | 27492,96 | 30497,28 | 31491,36 | 30868,8  | 28483,68 | 27734,88 | 28719,84 | 29196    | 28578,72 | 25131,36 |  |  |
| 11:00 | 31080,48 | 29125,44 | 26685,12 | 28700,16 | 30408,96 | 30179,52 | 26907,36 | 31545    | 28097,76 | 30342,72 | 27417,12 | 31534,08 | 29379,84 | 28633,92 | 29563,68 | 27996,48 | 29077,92 | 26829,6  | 23983,68 | 28845,12 | 24499,2  | 27484,8  | 30396,96 | 30513,12 | 29100    | 30059,04 | 26894,88 | 28957,44 | 28966,56 | 28378,08 | 24064,32 |  |  |
| 11:30 | 31580,16 | 29355,84 | 26546,4  | 28436,64 | 29358,24 | 30518,88 | 27437,28 | 31607,52 | 28470,24 | 30251,52 | 28241,76 | 31982,88 | 29043,36 | 30419,04 | 29879,52 | 29751,36 | 28820,16 | 27315,84 | 25477,44 | 28992    | 25286,88 | 28621,92 | 31209,6  | 30461,76 | 29154,24 | 30157,44 | 27351,36 | 29141,28 | 28815,36 | 29089,92 | 23972,16 |  |  |
| 12:00 | 31077,6  | 29510,4  | 28301,76 | 26816,16 | 27949,44 | 30271,68 | 27785,76 | 31225,44 | 28088,64 | 30797,28 | 28634,4  | 31311,36 | 28876,32 | 30988,32 | 28479,36 | 30153,12 | 28647,36 | 27655,2  | 24817,92 | 28595,04 | 26678,4  | 28765,44 | 31104    | 30056,16 | 29503,68 | 29925,6  | 27169,44 | 23910,24 | 28860    | 28090,08 | 23948,64 |  |  |
| 12:30 | 31542,24 | 29490,24 | 28308,48 | 27051,84 | 26012,64 | 30616,8  | 27301    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |

Таблиця А.11. – Споживання реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21       | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      | 31      |  |  |
| 00:30 | 9218,88 | 8475,84 | 8378,4  | 7983,84 | 7877,2  | 7496,16 | 9163,2  | 8851,68 | 8580    | 8604    | 8956,8  | 8474,4  | 8587,2  | 8246,88 | 8438,88 | 8503,68 | 9176,16 | 7820,64 | 7966,08 | 8491,2  | 9345,6   | 9430,56 | 9154,08 | 8235,36 | 9095,52 | 8551,2  | 8785,92 | 8313,6  | 8632,32 | 8682,24 | 7957,92 |  |  |
| 01:00 | 9140,64 | 8520,96 | 8389,92 | 7833,12 | 7864,8  | 7693,92 | 9089,28 | 8820,48 | 8652,96 | 8505,6  | 8655,36 | 8624,16 | 8742,72 | 8221,92 | 8756,64 | 8228,64 | 8761,44 | 7507,68 | 7530,72 | 8572,8  | 9572,16  | 9664,32 | 8902,56 | 8161,44 | 8932,32 | 8530,56 | 8883,36 | 8517,6  | 8566,08 | 7916,16 | 8324,16 |  |  |
| 01:30 | 8941,92 | 8555,04 | 8477,28 | 7793,76 | 7815,36 | 7709,28 | 9073,44 | 8956,8  | 8810,4  | 8540,64 | 8572,8  | 9017,76 | 8741,28 | 8304,96 | 8741,28 | 8077,44 | 8844    | 7023,84 | 7654,08 | 8738,4  | 9506,4   | 9580,32 | 7995,36 | 8155,2  | 8890,08 | 8689,44 | 8711,52 | 8735,04 | 8440,8  | 8080,32 | 8352,96 |  |  |
| 02:00 | 8873,76 | 8708,64 | 8663,52 | 8141,76 | 8076,48 | 7705,92 | 9078,24 | 8808    | 8987,52 | 8482,08 | 8771,04 | 9177,6  | 8727,84 | 8633,76 | 9047,52 | 8304    | 8918,4  | 7416,96 | 7898,88 | 8860,32 | 9759,84  | 9425,76 | 8030,88 | 8155,68 | 8928,48 | 8474,4  | 8942,88 | 8358,24 | 8334,24 | 8448,96 | 8404,32 |  |  |
| 02:30 | 8979,84 | 8776,32 | 8846,4  | 8161,92 | 8285,76 | 7785,12 | 8760,48 | 8878,5  | 8906,88 | 8843,04 | 8970,72 | 9096,96 | 8686,08 | 8963,04 | 8824,32 | 8146,08 | 9173,28 | 7721,28 | 7898,88 | 8065,76 | 9798,72  | 9411,84 | 8037,6  | 8677,44 | 8858,4  | 8403,84 | 8802,24 | 8427,84 | 7470,72 | 8606,4  | 8516,16 |  |  |
| 03:00 | 9123,84 | 8868,96 | 8529,12 | 8096,64 | 8474,88 | 7893,12 | 8852,16 | 9288    | 9162,24 | 9019,68 | 8876,64 | 9132,96 | 8730,72 | 8961,6  | 8760    | 7736,64 | 9176,64 | 7900,8  | 7704,48 | 9029,28 | 9848,64  | 9396,48 | 8358,24 | 8562,24 | 8946,24 | 8059,68 | 8700,48 | 8555,04 | 7947,84 | 8802,72 | 8292    |  |  |
| 03:30 | 9152,64 | 8785,92 | 8552,16 | 8369,28 | 8495,52 | 8199,36 | 9155,52 | 9572,16 | 9258,24 | 8761,44 | 8977,44 | 9198,72 | 8762,88 | 9055,68 | 9010,56 | 8196,48 | 9190,56 | 7735,2  | 8100,48 | 9307,2  | 10055,52 | 9624    | 8365,92 | 8366,88 | 8957,76 | 8334,24 | 8796,48 | 8778,72 | 8198,4  | 8576,16 | 8104,8  |  |  |
| 04:00 | 9284,16 | 8861,28 | 8566,08 | 8303,04 | 8328,96 | 8075,04 | 9205,44 | 9346,08 | 9423,84 | 8909,76 | 9038,88 | 9323,04 | 8634,72 | 9111,36 | 9040,8  | 8405,76 | 9373,92 | 7580,16 | 7927,68 | 9501,6  | 9895,2   | 9437,28 | 8376    | 8535,84 | 8859,84 | 8714,88 | 9076,8  | 8803,68 | 8686,56 | 8795,04 | 8316    |  |  |
| 04:30 | 9492,96 | 9168,96 | 8468,16 | 8324,16 | 8602,56 | 8235,84 | 9221,28 | 8981,76 | 9279,84 | 8926,08 | 8867,04 | 9239,04 | 9072,96 | 8901,6  | 8912,64 | 8270,88 | 8932,32 | 7528,8  | 7941,6  | 9810,24 | 10065,6  | 9764,16 | 8729,76 | 8743,68 | 9027,36 | 8774,88 | 9098,4  | 8747,04 | 8693,76 | 8744,16 | 8149,92 |  |  |
| 05:00 | 9297,6  | 9100,32 | 8531,52 | 8258,88 | 8399,04 | 8133,12 | 9383,04 | 9210,72 | 9215,04 | 9073,92 | 8996,16 | 9262,08 | 8944,32 | 8933,28 | 8990,88 | 8254,08 | 9362,4  | 7498,08 | 8345,28 | 9719,52 | 10072,8  | 9936,48 | 8858,4  | 8877,12 | 8877,6  | 8896,8  | 9034,08 | 8786,4  | 8385,12 | 8184,48 | 8099,52 |  |  |
| 05:30 | 9275,52 | 8995,2  | 8744,16 | 7986,72 | 8410,56 | 8095,68 | 9526,08 | 9482,88 | 9176,16 | 8938,56 | 8826,72 | 9229,92 | 8955,36 | 8765,28 | 8979,36 | 8469,12 | 8959,68 | 7546,56 | 8274,24 | 9592,8  | 9912     | 9763,2  | 8826,24 | 9212,64 | 8773,44 | 8410,08 | 9129,12 | 8830,08 | 8341,92 | 8280,48 | 8481,6  |  |  |
| 06:00 | 9221,76 | 8809,92 | 8689,44 | 8368,32 | 8270,88 | 8138,4  | 9433,44 | 9684,48 | 9031,2  | 8918,88 | 8564,64 | 8847,36 | 8978,88 | 8697,6  | 9058,56 | 8555,04 | 9071,52 | 7680,48 | 7899,84 | 9447,84 | 10003,2  | 9692,16 | 8649,12 | 9609,12 | 9002,88 | 8735,52 | 9300,96 | 9062,4  | 8652    | 8595,84 | 8595,84 |  |  |
| 06:30 | 9207,36 | 8734,08 | 8928    | 8388    | 8413,92 | 8191,68 | 9676,32 | 9636,96 | 9305,28 | 9118,56 | 8675,04 | 8600,16 | 8680,32 | 8782,08 | 8849,76 | 8596,8  | 8972,6  | 7748,16 | 7887,84 | 9800,64 | 10209,12 | 9409,92 | 8421,12 | 9429,6  | 9132,96 | 8905,44 | 9222,72 | 9017,76 | 8925,12 | 8971,68 | 8777,28 |  |  |
| 07:00 | 9549,6  | 8832    | 8892    | 8559,36 | 8405,28 | 8408,16 | 9651,84 | 9543,84 | 9355,68 | 8800,32 | 9100,32 | 9183,84 | 8715,36 | 8619,84 | 8638,56 | 8679,36 | 9096,96 | 7468,32 | 8312,64 | 9551,04 | 10325,28 | 9326,4  | 8595,84 | 9489,12 | 9089,28 | 9022,56 | 8610,24 | 9393,12 | 8965,92 | 8906,88 | 8701,92 |  |  |
| 07:30 | 9884,16 | 9105,12 | 9054,24 | 8304,96 | 8586,72 | 8586,24 | 9485,76 | 9649,44 | 9092,64 | 8825,28 | 8908,8  | 9375,84 | 9051,84 | 8258,88 | 8994,24 | 8592,96 | 9341,28 | 7188    | 8407,2  | 9709,44 | 10248    | 9801,6  | 8491,68 | 9619,2  | 8724,96 | 9479,04 | 9298,08 | 9612,96 | 8835,84 | 8927,52 | 8846,88 |  |  |
| 08:00 | 10003,2 | 9328,8  | 8847,84 | 8416,8  | 8709,6  | 8799,36 | 9767,04 | 9702,72 | 8788,32 | 8802,72 | 8838,24 | 9419,04 | 9336    | 8367,36 | 9169,44 | 8237,76 | 9335,04 | 7178,4  | 8363,52 | 9651,36 | 10122,24 | 9663,84 | 8398,08 | 9516    | 9054,72 | 9339,36 | 9381,12 | 9695,52 | 9196,8  | 8793,6  | 9059,04 |  |  |
| 08:30 | 9679,68 | 9337,44 | 8497,92 | 8588,64 | 8367,36 | 8639,52 | 9655,2  | 9199,68 | 8632,32 | 8449,92 | 8406,24 | 9343,68 | 9350,4  | 8213,28 | 9110,4  | 8134,56 | 8888,64 | 7283,52 | 8497,44 | 9584,16 | 9835,68  | 9497,76 | 8002,56 | 9243,36 | 8781,6  | 9076,32 | 9340,32 | 9658,56 | 9108,48 | 8712,96 | 8798,4  |  |  |
| 09:00 | 9719,04 | 9212,16 | 8373,6  | 8625,6  | 8160,48 | 8680,8  | 9407,04 | 9033,12 | 8285,76 | 8163,84 | 8508,48 | 9338,88 | 9176,64 | 8657,76 | 9105,12 | 8144,16 | 8416,8  | 6963,36 | 8231,52 | 9552    | 9648,48  | 9211,2  | 7972,8  | 9012,96 | 8060,64 | 8805,6  | 9481,92 | 8966,88 | 8785,92 | 8507,52 | 8213,28 |  |  |
| 09:30 | 9329,76 | 8390,88 | 8386,08 | 7658,88 | 7974,24 | 8326,08 | 9436,32 | 9305,76 | 8292    | 8174,4  | 8267,04 | 9005,76 | 8347,68 | 8799,36 | 9036    | 7644,96 | 8419,68 | 6632,64 | 8009,28 | 9107,52 | 9289,44  | 9058,56 | 8050,56 | 8217,6  | 7132,32 | 8232,48 | 9281,28 | 8751,36 | 8133,6  | 8034,24 | 7918,56 |  |  |
| 10:00 | 9039,84 | 7698,24 | 8184    | 7368    | 7792    | 8046,24 | 9005,28 | 8952,96 | 8201,28 | 8168,64 | 7192,8  | 8854,56 | 6971,04 | 8292,48 | 8939,52 | 7111,68 | 8300,16 | 6432,96 | 6883,2  | 8804,16 | 8121,6   | 8727,84 | 7909,44 | 7896    | 8814,24 | 7978,08 | 8922,24 | 8653,92 | 7763,04 | 8504,16 | 8401,44 |  |  |
| 10:30 | 9124,8  | 7730,4  | 8200,32 | 7892,64 | 7673,76 | 7750,56 | 8578,08 | 8812,32 | 7791,36 | 7689,6  | 5491,68 | 8260,32 | 6661,44 | 6218,88 | 8695,72 | 7047,36 | 8233,44 | 5500,32 | 5480,64 | 7545,6  | 8256,96  | 7519,2  | 7637,28 | 7911,84 | 9055,2  | 7826,88 | 8591,04 | 8919,36 | 7531,68 | 8569,44 | 8230,08 |  |  |
| 11:00 | 9301,44 | 7903,2  | 8077,92 | 7277,76 | 7764    | 7610,4  | 8002,08 | 8708,6  | 8196,48 | 7433,28 | 6813,6  | 8190,72 | 8135,04 | 6638,88 | 8609,76 | 7220,16 | 8140,8  | 5527,68 | 8452,96 | 8574,72 | 8465,28  | 7477,92 | 7358,4  | 7367,52 | 8864,64 | 8104,8  | 8451,36 | 8952,96 | 8067,84 | 8334,72 | 7938,24 |  |  |
| 11:30 | 9510,24 | 8124,96 | 8098,56 | 7156,8  | 7774,56 | 7511,04 | 8186,88 | 8532    | 8087,52 | 7375,2  | 8655,36 | 8635,2  | 8474,88 | 8265,6  | 8537,76 | 7840,32 | 7707,84 | 6481,44 | 8193,12 | 8821,92 | 8721,12  | 8451,84 | 8145,12 | 7789,44 | 8903,04 | 8133,12 | 8755,2  | 8969,76 | 8674,08 | 8636,16 | 8003,04 |  |  |
| 12:00 | 9175,68 | 8146,56 | 8207,52 | 7212    | 7686,72 | 7374,72 | 8466,72 | 8761,92 | 7201,44 | 7602,72 | 8720,64 | 8402,4  | 8655,84 | 8767,2  | 8618,88 | 8206,08 | 7830,72 | 6705,6  | 8356,8  | 8861,28 | 8841,12  | 9323,04 | 8130,24 | 7759,68 | 8888,64 | 7939,68 | 8618,4  | 8023,2  | 8562,24 | 8485,44 | 7837,92 |  |  |
| 12:30 | 9139,68 | 8079,84 | 7900,32 | 7062,24 | 7764,48 | 7640,16 | 8677,44 | 8803,2  | 7224,96 | 7681,92 | 8761,92 | 8707,2  | 8592,48 | 8801,92 | 9127,68 | 8580,96 | 8041,92 | 6888,48 | 8284,32 | 8626,56 | 9156,96  | 9175,68 | 8175,36 | 7818,24 | 8758,08 | 8220,48 | 8687,52 | 7882,56 | 8474,4  | 8552,64 | 7928,16 |  |  |
| 13:00 | 8973,6  | 8052,48 | 7837,44 | 6998,88 | 7666,08 | 7686,24 | 8902,48 | 8851,2  | 8096,64 | 7890,24 | 8807,52 | 8624,16 | 8409,6  | 9030,24 | 9185,28 | 8714,88 | 8122,56 | 6946,08 | 8254,08 | 8517,12 | 9072,96  | 8799,36 | 8134,08 | 7748,64 | 8458,56 | 8339,52 | 8955,84 | 7624,8  | 8381,76 | 8839,2  | 7946,4  |  |  |
| 13:30 | 9175,68 | 8056,8  | 7959,36 | 7046,88 | 7550,88 | 7594,08 | 8758,08 | 8597,2  | 781     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |

Таблиця А.12. – Генерація реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВАр·год

[illegible]

Таблиця А.13. – Споживання активної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВт·год

| Час   | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      |
| 00:00 | 20766,6 | 20842,2 | 20838   | 21060,6 | 20632,2 | 20573,4 | 21258   | 20884,2 | 20745,6 | 20623,8 | 20632,2 | 20539,8 | 21115,2 | 19796,4 | 19636,8 | 19855,2 | 19972,8 | 19851   | 20065,2 | 19977   | 20191,2 | 20497,8 | 20880   | 20653,2 | 20775   | 21274,8 | 21392,4 | 20426,4 | 20871,6 | 20392,8 |
| 01:00 | 20913,6 | 20758,2 | 20712   | 20745,6 | 20846,4 | 21321   | 21161,4 | 21690,6 | 21619,2 | 21400,8 | 20951,4 | 20439   | 21132   | 19809   | 20019   | 20040   | 19972,8 | 19603,2 | 19939,2 | 20262,6 | 20052,6 | 20443,2 | 20216,4 | 20905,2 | 20586   | 21111   | 20762,4 | 20775   | 20376   | 20439   |
| 01:30 | 20686,8 | 20972,4 | 21165,6 | 20871,6 | 20934,6 | 21199,2 | 21018,6 | 21077,4 | 21501,6 | 21434,4 | 20808,6 | 21123,6 | 21354,6 | 19888,8 | 20233,2 | 20077,8 | 20103   | 19636,8 | 20426,4 | 20371,8 | 19884,6 | 20266,8 | 20539,8 | 20901   | 20413,8 | 20905,2 | 20594,4 | 20758,2 | 20556,6 | 20560,8 |
| 02:00 | 21211,8 | 20993,4 | 21237   | 20838   | 21211,8 | 21014,4 | 20964   | 20947,2 | 21237   | 21090   | 20686,8 | 21241,2 | 21707,4 | 19775,4 | 20279,4 | 19985,4 | 19922,4 | 19918,2 | 20124   | 20258,4 | 19620   | 20376   | 20544   | 20926,2 | 20712   | 21102,6 | 20527,2 | 20321,4 | 20854,8 | 20581,8 |
| 02:30 | 20896,8 | 21043,8 | 21211,8 | 20539,8 | 20959,8 | 21199,2 | 20779,2 | 21472,2 | 21665,4 | 20829,6 | 20569,2 | 20875,8 | 21165,6 | 19813,2 | 19926,6 | 19712,4 | 19590,6 | 20006,4 | 20056,8 | 20405,4 | 19893   | 20384,4 | 20334   | 20577,6 | 20586   | 21010,2 | 20497,8 | 20077,8 | 20497,8 | 20292   |
| 03:00 | 20443,2 | 20980,8 | 21312,6 | 20552,4 | 20968,2 | 20896,8 | 21090   | 21262,2 | 20653,2 | 20863,2 | 20271   | 21081,6 | 20833,8 | 20275,2 | 19767   | 19695,6 | 19804,8 | 19951,8 | 19960,2 | 19901,4 | 19855,2 | 20014,8 | 20527,2 | 20594,4 | 20628   | 20728,8 | 20220,6 | 20468,4 | 20166   | 19901,4 |
| 03:30 | 20115,6 | 20665,8 | 21211,8 | 20313   | 21157,2 | 21052,2 | 20976,6 | 21090   | 20355   | 20880   | 20350,8 | 20573,4 | 20800,2 | 19964,4 | 19821,6 | 19670,4 | 19746   | 19872   | 19964,4 | 20140,8 | 19809   | 20132,4 | 20472,6 | 20871,6 | 20909,4 | 20518,8 | 20203,8 | 20195,4 | 20426,4 | 20077,8 |
| 04:00 | 20266,8 | 21098,4 | 20859   | 20229   | 21064,8 | 21056,4 | 20930,4 | 20741,4 | 19930,8 | 20955,6 | 20275,2 | 20636,4 | 20590,2 | 19914   | 19762,8 | 19804,8 | 20065,2 | 19779,6 | 19998   | 19691,4 | 20090,4 | 20098,8 | 20397   | 20460   | 20909,4 | 20695,2 | 19758,6 | 19985,4 | 19918,2 | 20317,2 |
| 04:30 | 20472,6 | 20871,6 | 20959,8 | 20187   | 20938,8 | 20833,8 | 20980,8 | 20859   | 19901,4 | 20670   | 20481   | 20560,8 | 20073,6 | 19594,8 | 19708,2 | 19368   | 19809   | 19792,2 | 20048,4 | 19683   | 19716,6 | 19515   | 20594,4 | 20153,4 | 20594,4 | 20598,6 | 19951,8 | 19972,8 | 20199,6 | 20040   |
| 05:00 | 20199,6 | 20682,6 | 20733   | 20090,4 | 20619,6 | 21190,8 | 20661,6 | 20955,6 | 20661,6 | 21081,6 | 20577,6 | 20460   | 20644,8 | 19746   | 19813,2 | 19578   | 19830   | 19888,8 | 20010,6 | 19628,4 | 19712,4 | 19914   | 20661,6 | 19951,8 | 20665,8 | 20439   | 20098,8 | 20329,8 | 20300,4 | 20069,4 |
| 05:30 | 20565   | 21241,2 | 20985   | 20464,2 | 20535,6 | 20880   | 20808,6 | 21132   | 20930,4 | 21304,2 | 20636,4 | 20712   | 20930,4 | 19746   | 20308,8 | 19674,6 | 20338,2 | 19926,6 | 19426,8 | 19985,4 | 19880,4 | 20355   | 20573,4 | 20359,2 | 20594,4 | 20464,2 | 20695,2 | 20384,4 | 20573,4 | 20014,8 |
| 06:00 | 21043,8 | 20682,6 | 20854,8 | 20485,2 | 20972,4 | 20833,8 | 21157,2 | 20943   | 20817   | 21031,2 | 20611,2 | 21144,6 | 20707,8 | 19897,2 | 20216,4 | 19863,6 | 20166   | 20119,8 | 19632,6 | 19985,4 | 20182,8 | 20208   | 20115,6 | 20607   | 20838   | 20691   | 20590,2 | 20212,2 | 20296,2 | 20056,8 |
| 06:30 | 20943   | 20644,8 | 20787,6 | 20758,2 | 21287,4 | 21253,8 | 21665,4 | 20607   | 20993,4 | 21850,2 | 20796   | 20993,4 | 21367,2 | 20229   | 20527,2 | 19922,4 | 20187   | 19977   | 19981,2 | 19968,6 | 20220,6 | 20237,4 | 20602,8 | 20733   | 21081,6 | 20783,4 | 20136,6 | 20581,8 | 20741,4 | 19964,4 |
| 07:00 | 20174,4 | 20728,8 | 21153   | 20775   | 21035,4 | 21136,2 | 21115,2 | 20833,8 | 20670   | 21304,2 | 20833,8 | 21388,2 | 20342,4 | 19817,4 | 20052,6 | 19926,6 | 19830   | 20124   | 20187   | 20044,2 | 19926,6 | 20048,4 | 20430,6 | 20875,8 | 20598,6 | 20439   | 20653,2 | 20342,4 | 20220,6 | 19846,8 |
| 07:30 | 19485,6 | 19510,8 | 20187   | 20455,8 | 20481   | 20229   | 20628   | 20069,4 | 20182,8 | 20111,4 | 19872   | 20061   | 19771,2 | 19158   | 19754,4 | 19166,4 | 19271,4 | 19683   | 19615,8 | 19947,6 | 19599   | 19397,4 | 19536   | 19846,8 | 19880,4 | 19552,8 | 19716,6 | 19972,8 | 19510,8 | 19174,8 |
| 08:00 | 18784,2 | 18859,8 | 19363,8 | 19401,6 | 19342,8 | 19372,2 | 19527,6 | 19170,6 | 19166,4 | 19208,4 | 19158   | 19183,2 | 19296,6 | 18969   | 18830,4 | 18964,8 | 18788,4 | 19036,2 | 18897,6 | 19061,4 | 19011   | 19015,2 | 18868,2 | 19145,4 | 19372,2 | 18981,6 | 18922,8 | 18956,4 | 18817,8 | 18599,4 |
| 08:30 | 19132,8 | 19221   | 19426,8 | 19212,6 | 19296,6 | 19548,6 | 19657,8 | 19179   | 19053   | 19842,6 | 19225,2 | 19204,2 | 18969   | 19443,6 | 19162,2 | 19069,8 | 18813,6 | 19372,2 | 18964,8 | 19099,2 | 19225,2 | 19065,6 | 19057,2 | 19237,8 | 19594,8 | 18927   | 18994,2 | 19216,8 | 19057,2 | 18523,8 |
| 09:00 | 20636,4 | 20556,6 | 20628   | 20174,4 | 19792,2 | 20161,8 | 20695,2 | 20145   | 20468,4 | 20909,4 | 20481   | 20623,8 | 19758,6 | 20044,2 | 19901,4 | 19557   | 19771,2 | 19750,2 | 19321,8 | 19548,6 | 19767   | 19809   | 20115,6 | 20573,4 | 20371,8 | 20023,2 | 20153,4 | 20703,6 | 20098,8 | 19573,8 |
| 09:30 | 21253,8 | 21421,8 | 21472,2 | 21169,8 | 21249,6 | 21291,6 | 21673,8 | 21367,2 | 21602,4 | 21988,8 | 20653,2 | 21804   | 20153,4 | 20476,8 | 20758,2 | 19666,2 | 20787,6 | 20649   | 19821,6 | 20497,8 | 20464,2 | 20506,2 | 21035,4 | 21694,8 | 21959,4 | 21085,8 | 21001,8 | 21573   | 20934,6 | 20514,6 |
| 10:00 | 21648,6 | 21850,2 | 21468   | 21136,2 | 21589,8 | 21384   | 21757,8 | 21858,6 | 21711,6 | 22114,8 | 20569,2 | 21346,2 | 20502   | 20254,2 | 21064,8 | 19905,6 | 20182,8 | 20140,8 | 20128,2 | 20493,6 | 20707,8 | 20224,8 | 20947,2 | 21615   | 21783   | 21615   | 21169,8 | 21627,6 | 20884,2 | 20602,8 |
| 10:30 | 21283,2 | 21371,4 | 21115,2 | 20754   | 21636   | 21216   | 21321   | 21274,8 | 21237   | 21228,6 | 20955,6 | 20964   | 20111,4 | 20149,2 | 20363,4 | 19779,6 | 19993,8 | 20401,2 | 19775,4 | 20262,6 | 20539,8 | 20140,8 | 20951,4 | 21178,2 | 21438,6 | 21190,8 | 20783,4 | 21262,2 | 20779,2 | 20964   |
| 11:00 | 20968,2 | 21354,6 | 20758,2 | 20653,2 | 21321   | 20472,6 | 21682,2 | 21148,8 | 21564,6 | 21274,8 | 20821,2 | 20439   | 19594,8 | 19825,8 | 21022,8 | 19985,4 | 19893   | 20371,8 | 19977   | 20166   | 20145   | 19893   | 21106,8 | 21102,6 | 21686,4 | 20691   | 20506,2 | 21367,2 | 20758,2 | 20720,4 |
| 11:30 | 21085,8 | 21052,2 | 20455,8 | 20758,2 | 21476,4 | 20497,8 | 21543,6 | 22026,6 | 21400,8 | 21379,8 | 20913,6 | 20691   | 19712,4 | 19788   | 20745,6 | 20182,8 | 20010,6 | 20430,6 | 20161,8 | 20527,2 | 20283,6 | 19586,4 | 20863,2 | 20884,2 | 21749,4 | 21010,2 | 20321,4 | 21182,4 | 20724,6 | 20451,6 |
| 12:00 | 20640,6 | 21132   | 20611,2 | 20552,4 | 21623,4 | 20308,8 | 21699   | 21762   | 21274,8 | 21039,6 | 21325,2 | 21384   | 19536   | 19632,6 | 20754   | 19872   | 20384,4 | 20157,6 | 20212,2 | 20023,2 | 20203,8 | 19796,4 | 20846,4 | 20754   | 21917,4 | 20602,8 | 20476,8 | 21165,6 | 20947,2 | 20527,2 |
| 12:30 | 20682,6 | 20972,4 | 20586   | 20455,8 | 20859   | 20157,6 | 20523   | 20636,4 | 21123,6 | 20527,2 | 20754   | 21006   | 19464,6 | 19498,2 | 20607   | 19741,8 | 19792,2 | 19666,2 | 19624,2 | 19922,4 | 19905,6 | 19527,6 | 20854,8 | 20665,8 | 21489   | 20678,4 | 20443,2 | 20770,8 | 20279,4 | 20174,4 |
| 13:00 | 21027   | 21732,6 | 20695,2 | 20560,8 | 20623,8 | 20279,4 | 20846,4 | 21266,4 | 21043,8 | 20460   | 21006   | 21409,2 | 19250,4 | 19670,4 | 20506,2 | 19636,8 | 20191,2 | 20216,4 | 20266,8 | 20065,2 | 19834,2 | 20132,4 | 21014,4 | 20455,8 | 21879,6 | 20653,2 | 20266,8 | 20812,8 | 20157,6 | 20691   |
| 13:30 | 21035,4 | 21661,2 | 20573,4 | 20682,6 | 21405   | 20002,2 | 21018,6 | 21148,8 | 21694,8 | 20884,2 | 21216   | 21270,6 | 19464,6 | 19821,6 | 20275,2 | 19918,2 | 20233,2 | 20136,6 | 20413,8 | 20040   | 20161,8 | 20287,8 | 21077,4 | 20808,6 | 21619,2 | 20468,4 | 20334   | 20657,4 | 20262,6 | 20531,4 |
| 14:00 | 21144,6 | 20976,6 | 20724,6 | 20909,4 | 21325,2 | 19649,4 | 21358,8 | 21174   | 21501,6 | 21547,8 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

Таблиця А.14. – Споживання реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівніЗК», кВАр·год

|       | Число |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    |
| 00:30 | 6 886 | 7 096 | 6 760 | 6 642 | 6 991 | 6 571 | 6 894 | 6 751 | 6 583 | 6 768 | 6 928 | 6 483 | 6 819 | 6 793 | 6 592 | 7 066 | 6 869 | 6 709 | 6 844 | 6 856 | 6 604 | 6 882 | 6 588 | 6 357 | 6 583 | 6 697 | 6 919 | 6 289 | 6 747 | 6 327 |
| 01:00 | 7 079 | 6 840 | 6 873 | 6 684 | 7 129 | 6 470 | 6 844 | 7 339 | 6 751 | 6 789 | 7 024 | 6 499 | 6 936 | 6 684 | 7 041 | 6 936 | 6 987 | 6 827 | 6 886 | 6 999 | 6 802 | 6 949 | 6 399 | 6 415 | 6 777 | 6 789 | 6 789 | 6 357 | 6 760 | 6 478 |
| 01:30 | 6 798 | 6 604 | 6 777 | 6 688 | 6 924 | 6 537 | 7 188 | 6 898 | 7 113 | 7 108 | 6 978 | 6 865 | 6 827 | 6 936 | 7 020 | 6 877 | 6 772 | 6 953 | 6 978 | 7 209 | 6 877 | 6 814 | 6 554 | 6 474 | 6 642 | 6 462 | 6 642 | 6 394 | 6 541 | 6 508 |
| 02:00 | 6 894 | 6 831 | 6 642 | 6 617 | 7 062 | 6 541 | 7 117 | 6 730 | 7 079 | 6 903 | 7 071 | 6 890 | 7 058 | 6 961 | 6 798 | 6 827 | 6 793 | 6 924 | 6 869 | 7 142 | 6 680 | 6 672 | 6 659 | 6 369 | 6 697 | 6 516 | 6 457 | 6 508 | 6 777 | 6 777 |
| 02:30 | 6 814 | 6 495 | 6 709 | 6 499 | 6 806 | 6 491 | 6 785 | 6 869 | 6 882 | 6 655 | 6 634 | 6 651 | 6 701 | 6 903 | 6 877 | 6 726 | 6 810 | 6 680 | 6 831 | 6 924 | 6 693 | 6 583 | 6 495 | 6 382 | 6 558 | 6 344 | 6 546 | 6 369 | 6 705 | 6 575 |
| 03:00 | 7 188 | 6 592 | 6 697 | 6 441 | 6 714 | 6 680 | 6 840 | 6 970 | 6 609 | 6 588 | 6 903 | 6 638 | 6 861 | 6 974 | 6 802 | 6 697 | 6 974 | 6 705 | 7 096 | 6 504 | 6 903 | 6 499 | 6 525 | 6 436 | 6 474 | 6 361 | 6 512 | 6 407 | 6 487 | 6 390 |
| 03:30 | 6 957 | 6 814 | 6 697 | 6 504 | 6 688 | 6 672 | 7 033 | 7 008 | 6 777 | 6 630 | 7 083 | 6 701 | 6 588 | 6 814 | 6 768 | 6 718 | 6 718 | 6 819 | 6 949 | 6 819 | 6 848 | 6 625 | 6 604 | 6 457 | 6 592 | 6 348 | 6 474 | 6 550 | 6 441 | 6 428 |
| 04:00 | 6 890 | 6 743 | 6 520 | 6 768 | 6 898 | 6 693 | 6 882 | 6 961 | 6 898 | 6 575 | 6 848 | 6 903 | 6 504 | 6 932 | 6 714 | 6 722 | 6 772 | 6 873 | 6 814 | 6 802 | 6 697 | 6 575 | 6 554 | 6 436 | 6 432 | 6 340 | 6 436 | 6 453 | 6 508 | 6 289 |
| 04:30 | 6 814 | 6 625 | 6 625 | 6 663 | 6 882 | 6 520 | 6 907 | 6 806 | 6 911 | 6 441 | 6 478 | 6 789 | 6 352 | 7 024 | 6 709 | 6 491 | 7 058 | 6 928 | 7 037 | 6 911 | 6 793 | 6 483 | 6 432 | 6 344 | 6 436 | 6 340 | 6 344 | 6 357 | 6 470 | 6 256 |
| 05:00 | 6 625 | 6 491 | 6 403 | 6 537 | 6 541 | 6 525 | 6 739 | 6 630 | 6 562 | 6 621 | 6 504 | 6 508 | 6 730 | 6 898 | 6 882 | 6 604 | 7 100 | 6 995 | 7 024 | 6 810 | 6 827 | 6 651 | 6 470 | 6 399 | 6 445 | 6 373 | 6 445 | 6 424 | 6 390 | 6 285 |
| 05:30 | 6 672 | 6 390 | 6 432 | 6 499 | 6 781 | 6 449 | 6 856 | 6 688 | 6 613 | 6 466 | 6 735 | 6 600 | 6 600 | 6 789 | 6 877 | 6 772 | 6 823 | 6 978 | 6 693 | 6 793 | 6 714 | 6 798 | 6 596 | 6 415 | 6 466 | 6 394 | 6 613 | 6 365 | 6 499 | 6 352 |
| 06:00 | 6 861 | 6 365 | 6 474 | 6 499 | 6 688 | 6 474 | 6 793 | 6 751 | 6 890 | 6 424 | 6 760 | 6 739 | 6 600 | 6 999 | 6 970 | 6 924 | 6 974 | 7 066 | 6 890 | 6 575 | 6 571 | 6 911 | 6 541 | 6 428 | 6 436 | 6 340 | 6 546 | 6 361 | 6 567 | 6 247 |
| 06:30 | 6 991 | 6 499 | 6 495 | 6 520 | 6 798 | 6 596 | 7 045 | 6 659 | 6 940 | 6 525 | 6 663 | 6 550 | 6 798 | 7 100 | 7 008 | 6 789 | 7 108 | 6 953 | 6 705 | 6 583 | 6 680 | 6 856 | 6 483 | 6 449 | 6 441 | 6 323 | 6 529 | 6 403 | 6 613 | 6 306 |
| 07:00 | 6 848 | 6 634 | 6 432 | 6 512 | 6 718 | 6 495 | 6 961 | 6 558 | 6 961 | 6 495 | 6 697 | 6 642 | 6 789 | 6 999 | 6 684 | 6 865 | 6 852 | 6 966 | 6 756 | 6 466 | 6 609 | 6 646 | 6 415 | 6 382 | 6 457 | 6 378 | 6 441 | 6 399 | 6 428 | 6 273 |
| 07:30 | 6 949 | 6 806 | 6 966 | 6 819 | 6 991 | 6 693 | 7 348 | 6 957 | 6 873 | 7 209 | 7 251 | 6 970 | 6 760 | 7 222 | 7 075 | 7 033 | 7 239 | 7 117 | 7 050 | 6 693 | 7 058 | 6 940 | 6 856 | 6 852 | 6 480 | 6 810 | 7 075 | 6 760 | 6 823 | 6 869 |
| 08:00 | 7 222 | 7 264 | 7 440 | 7 486 | 7 327 | 7 407 | 7 671 | 7 444 | 7 432 | 7 512 | 7 600 | 7 276 | 7 058 | 7 302 | 7 293 | 7 415 | 7 314 | 7 155 | 7 226 | 7 129 | 7 268 | 7 381 | 7 331 | 7 344 | 7 335 | 7 155 | 7 310 | 7 369 | 7 146 | 7 150 |
| 08:30 | 7 289 | 7 528 | 7 415 | 7 449 | 7 491 | 7 587 | 7 780 | 7 591 | 7 415 | 7 919 | 7 562 | 7 398 | 7 176 | 7 562 | 7 415 | 7 108 | 7 192 | 7 566 | 7 079 | 7 218 | 7 243 | 7 335 | 7 243 | 7 020 | 7 142 | 7 079 | 7 163 | 7 432 | 7 146 | 7 142 |
| 09:00 | 7 243 | 7 407 | 6 823 | 7 092 | 7 188 | 7 398 | 7 654 | 7 024 | 7 201 | 7 159 | 7 356 | 7 348 | 7 142 | 7 575 | 7 352 | 6 718 | 7 121 | 6 936 | 7 029 | 6 793 | 7 029 | 6 861 | 6 714 | 6 575 | 6 772 | 6 684 | 7 033 | 7 129 | 6 718 | 6 592 |
| 09:30 | 6 768 | 7 075 | 6 403 | 6 604 | 6 806 | 7 171 | 6 886 | 6 999 | 6 945 | 6 529 | 7 024 | 6 768 | 7 100 | 7 192 | 7 008 | 6 487 | 7 100 | 6 558 | 6 940 | 6 688 | 7 192 | 6 642 | 6 609 | 6 457 | 6 613 | 6 420 | 6 697 | 7 041 | 6 600 | 6 399 |
| 10:00 | 7 125 | 7 087 | 6 457 | 6 659 | 6 562 | 7 344 | 6 953 | 7 142 | 7 159 | 6 739 | 7 075 | 6 789 | 6 957 | 7 104 | 7 138 | 6 625 | 6 987 | 6 768 | 6 966 | 6 739 | 6 924 | 6 651 | 6 508 | 6 478 | 6 777 | 6 474 | 6 588 | 7 108 | 6 575 | 6 399 |
| 10:30 | 6 806 | 7 033 | 6 424 | 6 504 | 6 592 | 7 247 | 7 033 | 6 667 | 7 218 | 6 735 | 7 171 | 6 768 | 7 058 | 7 310 | 7 188 | 6 781 | 6 911 | 6 810 | 6 949 | 6 848 | 7 125 | 6 764 | 6 369 | 6 491 | 6 714 | 6 407 | 6 701 | 7 222 | 6 411 | 6 596 |
| 11:00 | 6 604 | 6 928 | 6 676 | 6 483 | 6 915 | 7 188 | 7 024 | 6 883 | 7 205 | 6 621 | 7 276 | 6 789 | 7 134 | 7 201 | 7 205 | 6 798 | 6 936 | 6 730 | 6 831 | 6 777 | 7 234 | 7 033 | 6 600 | 6 571 | 6 625 | 6 336 | 6 714 | 7 222 | 6 428 | 6 609 |
| 11:30 | 6 680 | 6 672 | 6 882 | 6 533 | 6 575 | 7 285 | 6 978 | 6 705 | 7 050 | 6 781 | 7 344 | 6 932 | 7 058 | 7 054 | 7 167 | 6 823 | 6 974 | 7 037 | 6 991 | 6 793 | 7 495 | 6 982 | 6 772 | 6 520 | 6 684 | 6 441 | 6 604 | 7 012 | 6 487 | 6 428 |
| 12:00 | 6 919 | 6 726 | 6 625 | 6 546 | 6 541 | 7 071 | 7 394 | 6 957 | 7 104 | 6 928 | 7 360 | 6 621 | 7 104 | 7 045 | 7 390 | 6 835 | 6 898 | 7 087 | 6 936 | 6 596 | 7 474 | 6 667 | 6 705 | 6 596 | 6 785 | 6 411 | 6 546 | 6 693 | 6 621 | 6 432 |
| 12:30 | 6 974 | 6 789 | 6 407 | 6 550 | 6 579 | 7 192 | 7 003 | 6 621 | 7 108 | 6 541 | 7 045 | 6 474 | 7 138 | 6 953 | 7 142 | 6 756 | 6 865 | 6 621 | 6 756 | 6 541 | 7 243 | 6 554 | 6 621 | 6 554 | 6 466 | 6 382 | 6 688 | 6 512 | 6 445 | 6 273 |
| 13:00 | 7 167 | 7 163 | 6 600 | 6 588 | 6 638 | 7 087 | 6 945 | 6 936 | 7 041 | 6 520 | 7 146 | 6 453 | 7 163 | 7 222 | 6 924 | 6 756 | 6 827 | 6 865 | 6 756 | 6 982 | 6 525 | 7 104 | 6 499 | 6 575 | 6 529 | 6 415 | 6 693 | 6 617 | 6 571 | 6 512 |
| 13:30 | 6 915 | 7 096 | 6 424 | 6 781 | 6 999 | 6 999 | 7 209 | 6 856 | 6 861 | 6 659 | 7 176 | 6 478 | 7 453 | 7 054 | 7 071 | 6 810 | 6 819 | 6 781 | 6 978 | 6 781 | 7 062 | 6 420 | 6 886 | 6 579 | 6 525 | 6 571 | 6 768 | 6 709 | 6 672 | 6 588 |
| 14:00 | 6 701 | 6 982 | 6 411 | 6 529 | 6 936 | 7 054 | 7 226 | 6 718 | 7 285 | 7 008 | 7 360 | 6 701 | 7 348 | 6 819 | 7 180 | 6 756 | 7 087 | 6 848 | 7 171 | 6 541 | 7 113 | 6 474 | 6 743 | 6 630 | 6 617 | 6 512 | 6 777 | 6 470 | 6 550 | 6 529 |
| 14:30 | 6 705 | 6 655 | 6 361 | 6 466 | 7 113 | 6 945 | 7 234 | 6 966 | 7 348 | 6 525 | 6 907 | 6 571 | 7 360 | 7 230 | 7 150 | 6 861 | 6 953 | 6 768 | 7 339 | 6 894 | 7 264 | 6 487 | 6 592 | 6 546 | 6 457 | 6 554 | 6 831 | 6 428 | 6 420 | 6 604 |
| 15:00 | 6 709 | 6 634 | 6 415 | 6 466 | 7 045 | 7 037 | 6 898 | 7 125 | 7 390 | 6 520 | 6 718 | 6 642 | 7 381 | 7 029 | 7 356 | 6 827 | 7 104 | 6 722 | 7 260 | 7 037 | 7 163 | 6 541 | 6 457 | 6 554 | 6 432 | 6 705 | 6 651 | 6 298 | 6 508 | 6 659 |
| 15:30 | 6 625 | 6 814 | 6 478 | 6 445 | 6 953 | 7 218 | 7 108 | 7 092 | 7 218 | 6 659 | 7 243 | 6 667 | 7 696 | 7 100 | 7 239 | 6 865 | 7 083 | 7 117 | 7 314 | 7 192 | 7 142 | 6 659 | 6 445 | 6 491 | 6 512 | 6 588 | 6 798 | 6 432 | 6 483 | 6 785 |
| 16:00 | 6 831 | 6 726 | 6 672 | 6 575 | 6 684 | 7 419 | 7 348 | 7 171 | 6 999 | 6 777 | 7 087 | 6 520 | 7 684 | 7 087 | 7     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Таблиця А.15. – Генерація реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Час   | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |     |
| 00:30 | 221   | 208 | 233 | 263 | 208 | 317 | 208 | 221 | 259 | 212 | 208 | 233 | 221 | 204 | 208 | 204 | 204 | 217 | 204 | 204 | 221 | 208 | 284 | 582 | 313 | 225 | 217 | 27  | 477 | 217 | 464 |
| 01:00 | 212   | 221 | 233 | 238 | 212 | 477 | 217 | 204 | 229 | 238 | 204 | 259 | 217 | 221 | 204 | 208 | 204 | 217 | 204 | 204 | 212 | 208 | 380 | 506 | 242 | 221 | 242 | 452 | 238 | 301 |     |
| 01:30 | 233   | 254 | 250 | 233 | 229 | 347 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 221 | 233 | 208 | 212 | 212 | 212 | 208 | 208 | 204 | 212 | 221 | 259 | 515 | 288 | 410 | 309 | 431 | 296 | 343 |     |
| 02:00 | 225   | 225 | 271 | 305 | 212 | 376 | 208 | 238 | 212 | 225 | 208 | 225 | 212 | 204 | 221 | 212 | 208 | 208 | 204 | 208 | 212 | 217 | 246 | 603 | 259 | 372 | 506 | 271 | 225 | 233 |     |
| 02:30 | 233   | 296 | 246 | 338 | 242 | 410 | 238 | 221 | 221 | 263 | 217 | 238 | 246 | 208 | 217 | 221 | 212 | 229 | 212 | 204 | 225 | 229 | 372 | 406 | 351 | 645 | 364 | 364 | 242 | 250 |     |
| 03:00 | 212   | 233 | 233 | 431 | 280 | 280 | 238 | 212 | 284 | 267 | 212 | 233 | 212 | 208 | 217 | 225 | 204 | 221 | 204 | 246 | 208 | 238 | 347 | 385 | 443 | 645 | 334 | 414 | 288 | 313 |     |
| 03:30 | 208   | 221 | 267 | 368 | 292 | 267 | 208 | 208 | 233 | 259 | 208 | 229 | 263 | 212 | 208 | 225 | 217 | 208 | 208 | 217 | 212 | 233 | 305 | 401 | 305 | 708 | 401 | 254 | 368 | 326 |     |
| 04:00 | 221   | 242 | 292 | 221 | 225 | 288 | 221 | 212 | 212 | 347 | 212 | 212 | 322 | 212 | 221 | 221 | 208 | 212 | 212 | 208 | 229 | 238 | 317 | 443 | 494 | 754 | 460 | 355 | 305 | 456 |     |
| 04:30 | 221   | 288 | 250 | 259 | 263 | 431 | 225 | 225 | 221 | 435 | 368 | 212 | 473 | 204 | 217 | 259 | 204 | 204 | 204 | 204 | 212 | 263 | 427 | 578 | 536 | 905 | 599 | 443 | 309 | 674 |     |
| 05:00 | 259   | 355 | 406 | 364 | 435 | 389 | 233 | 263 | 271 | 271 | 288 | 305 | 233 | 212 | 212 | 242 | 204 | 208 | 204 | 208 | 208 | 229 | 410 | 490 | 523 | 737 | 473 | 460 | 385 | 574 |     |
| 05:30 | 250   | 565 | 536 | 519 | 254 | 624 | 238 | 229 | 267 | 380 | 225 | 280 | 305 | 212 | 212 | 225 | 208 | 208 | 225 | 208 | 225 | 217 | 313 | 620 | 473 | 838 | 338 | 758 | 351 | 406 |     |
| 06:00 | 238   | 532 | 439 | 494 | 313 | 502 | 238 | 238 | 225 | 422 | 229 | 242 | 284 | 208 | 208 | 204 | 208 | 204 | 208 | 225 | 275 | 212 | 301 | 590 | 603 | 763 | 406 | 603 | 267 | 490 |     |
| 06:30 | 208   | 376 | 380 | 385 | 292 | 330 | 212 | 263 | 217 | 296 | 229 | 322 | 229 | 204 | 212 | 217 | 204 | 204 | 212 | 238 | 225 | 208 | 355 | 481 | 565 | 515 | 351 | 406 | 259 | 401 |     |
| 07:00 | 217   | 246 | 485 | 414 | 259 | 464 | 212 | 292 | 221 | 322 | 238 | 288 | 221 | 208 | 233 | 204 | 204 | 208 | 217 | 288 | 229 | 233 | 364 | 565 | 452 | 527 | 452 | 460 | 393 | 418 |     |
| 07:30 | 208   | 225 | 221 | 238 | 221 | 250 | 208 | 208 | 225 | 208 | 208 | 212 | 217 | 204 | 212 | 208 | 204 | 204 | 208 | 208 | 242 | 204 | 212 | 263 | 242 | 242 | 238 | 217 | 271 | 229 | 212 |
| 08:00 | 204   | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| 08:30 | 204   | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 208 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| 09:00 | 204   | 204 | 271 | 208 | 204 | 204 | 204 | 212 | 204 | 229 | 204 | 204 | 208 | 204 | 204 | 238 | 204 | 212 | 204 | 204 | 204 | 217 | 242 | 330 | 271 | 275 | 208 | 208 | 246 | 242 |     |
| 09:30 | 225   | 208 | 595 | 259 | 280 | 208 | 225 | 212 | 221 | 301 | 208 | 242 | 204 | 208 | 208 | 271 | 204 | 221 | 204 | 217 | 208 | 229 | 275 | 456 | 284 | 452 | 263 | 221 | 305 | 376 |     |
| 10:00 | 204   | 208 | 498 | 250 | 418 | 204 | 217 | 208 | 208 | 254 | 208 | 225 | 208 | 204 | 204 | 225 | 208 | 212 | 204 | 212 | 204 | 246 | 351 | 427 | 229 | 393 | 271 | 217 | 280 | 309 |     |
| 10:30 | 233   | 208 | 473 | 317 | 351 | 204 | 208 | 263 | 208 | 225 | 204 | 212 | 204 | 204 | 204 | 208 | 208 | 217 | 208 | 204 | 204 | 217 | 435 | 359 | 267 | 448 | 229 | 204 | 418 | 259 |     |
| 11:00 | 288   | 225 | 254 | 422 | 238 | 204 | 212 | 271 | 204 | 233 | 204 | 221 | 204 | 208 | 208 | 217 | 204 | 217 | 204 | 204 | 204 | 204 | 284 | 288 | 359 | 502 | 242 | 208 | 439 | 246 |     |
| 11:30 | 250   | 259 | 212 | 355 | 410 | 204 | 212 | 238 | 208 | 225 | 204 | 221 | 204 | 204 | 208 | 212 | 204 | 204 | 208 | 225 | 204 | 208 | 229 | 271 | 275 | 376 | 275 | 217 | 364 | 351 |     |
| 12:00 | 204   | 229 | 280 | 313 | 427 | 204 | 204 | 212 | 208 | 217 | 208 | 296 | 204 | 208 | 204 | 208 | 208 | 204 | 212 | 246 | 204 | 229 | 238 | 246 | 280 | 376 | 288 | 259 | 313 | 380 |     |
| 12:30 | 208   | 217 | 389 | 275 | 288 | 204 | 208 | 242 | 204 | 301 | 204 | 343 | 204 | 204 | 204 | 221 | 204 | 225 | 204 | 238 | 204 | 221 | 233 | 229 | 557 | 595 | 221 | 284 | 338 | 590 |     |
| 13:00 | 204   | 208 | 288 | 254 | 263 | 204 | 217 | 204 | 208 | 317 | 208 | 338 | 204 | 204 | 208 | 208 | 212 | 208 | 204 | 238 | 204 | 301 | 280 | 238 | 397 | 359 | 225 | 238 | 238 | 280 |     |
| 13:30 | 212   | 208 | 351 | 242 | 229 | 204 | 204 | 212 | 225 | 263 | 208 | 347 | 204 | 208 | 208 | 229 | 212 | 212 | 208 | 217 | 204 | 372 | 217 | 271 | 330 | 271 | 225 | 238 | 217 | 275 |     |
| 14:00 | 259   | 217 | 502 | 414 | 217 | 204 | 212 | 233 | 204 | 221 | 208 | 267 | 204 | 212 | 204 | 229 | 204 | 217 | 204 | 280 | 204 | 355 | 217 | 259 | 309 | 372 | 221 | 343 | 271 | 288 |     |
| 14:30 | 233   | 246 | 494 | 359 | 208 | 204 | 204 | 221 | 208 | 296 | 229 | 275 | 204 | 204 | 204 | 212 | 204 | 212 | 204 | 208 | 204 | 330 | 275 | 317 | 494 | 347 | 212 | 427 | 347 | 229 |     |
| 15:00 | 225   | 263 | 473 | 347 | 208 | 204 | 221 | 208 | 204 | 296 | 242 | 242 | 204 | 208 | 204 | 225 | 204 | 212 | 204 | 204 | 204 | 309 | 364 | 317 | 498 | 233 | 254 | 506 | 351 | 229 |     |
| 15:30 | 225   | 221 | 410 | 393 | 225 | 204 | 208 | 208 | 204 | 242 | 212 | 250 | 204 | 208 | 204 | 208 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 242 | 427 | 355 | 406 | 296 | 254 | 368 | 422 | 212 |     |
| 16:00 | 217   | 263 | 301 | 284 | 259 | 204 | 204 | 208 | 221 | 238 | 212 | 347 | 204 | 204 | 208 | 208 | 221 | 204 | 208 | 204 | 204 | 280 | 376 | 431 | 389 | 380 | 238 | 242 | 267 | 225 |     |
| 16:30 | 275   | 208 | 204 | 267 | 263 | 204 | 217 | 217 | 217 | 296 | 229 | 284 | 204 | 212 | 208 | 233 | 221 | 212 | 217 | 204 | 208 | 271 | 233 | 275 | 259 | 296 | 208 | 322 | 338 | 284 |     |
| 17:00 | 301   | 208 | 204 | 401 | 242 | 204 | 208 | 259 | 212 | 481 | 221 | 229 | 204 | 208 | 204 | 208 | 204 | 212 | 208 | 212 | 204 | 364 | 326 | 254 | 275 | 271 | 225 | 275 | 502 | 280 |     |
| 17:30 | 246   | 208 | 208 | 477 | 212 | 204 | 212 | 275 | 212 | 456 | 204 | 246 | 204 | 208 | 204 | 204 | 208 | 204 | 208 | 217 | 208 | 380 | 229 | 414 | 296 | 351 | 254 | 250 | 271 | 435 |     |
| 18:00 | 301   | 208 | 208 | 259 | 275 | 204 | 217 | 393 | 259 | 343 | 204 | 259 | 204 | 208 | 208 | 217 | 221 | 208 | 204 | 238 | 204 | 309 | 271 | 553 | 431 | 292 | 267 | 313 | 229 | 389 |     |
| 18:30 | 469   | 271 | 221 | 292 | 364 | 204 | 267 | 267 | 313 | 317 | 208 | 275 | 208 | 208 | 208 | 208 | 212 | 204 | 204 | 217 | 204 | 284 | 624 | 380 | 578 | 284 | 284 | 616 | 410 | 506 |     |
| 19:00 | 313   | 250 | 221 | 242 | 229 | 204 | 242 | 263 | 275 | 233 | 229 | 322 | 204 | 204 | 212 | 204 | 229 | 204 | 217 | 217 | 204 | 326 | 616 | 389 | 544 | 490 | 330 | 695 | 418 | 473 |     |
| 19:30 | 204   | 208 | 204 | 212 | 217 | 204 | 217 | 217 | 212 | 208 | 212 | 212 | 208 | 204 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 212 | 208 | 233 | 280 | 225 | 208 | 267 | 217 | 275 | 221 | 204 |     |
| 20:00 | 204   | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| 20:30 | 204   | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| 21:00 | 204   | 204 | 204 | 212 | 204 | 208 | 208 | 212 | 204 | 204 | 204 | 208 | 204 | 208 | 204 | 204 | 204 | 212 | 204 | 204 | 204 | 204 | 250 | 221 | 221 | 212 | 280 | 217 | 238 | 229 |     |
| 21:30 | 204   | 208 | 208 | 305 | 271 | 250 | 212 | 301 | 229 | 212 | 334 | 212 | 204 | 204 | 208 | 212 | 225 | 212 | 204 | 208 | 204 | 347 | 401 | 305 | 246 | 208 | 380 | 267 | 359 | 275 |     |
| 22:00 | 238   | 221 | 204 | 221 | 263 | 221 | 217 | 267 | 208 | 217 | 267 | 217 | 208 | 208 | 208 | 212 | 221 | 208 | 204 | 208 | 204 | 263 | 443 | 204 | 233 | 212 | 309 | 242 | 317 | 233 |     |
| 22:30 | 204   | 242 | 204 | 217 | 267 | 225 | 217 | 229 | 212 | 208 | 217 | 208 | 204 | 204 | 208 | 204 | 204 | 208 | 204 | 217 | 204 | 204 | 330 | 225 | 254 | 229 | 267 | 250 | 317 | 292 |     |
| 23:00 | 208   | 280 | 204 | 208 | 229 | 217 | 204 | 229 | 204 | 217 | 246 | 217 | 208 | 208 | 208 | 204 | 204 | 208 | 204 | 212 | 212 | 250 | 553 | 288 | 267 | 233 | 338 | 238 | 313 | 229 |     |
| 23:30 | 233   | 250 | 208 | 212 | 254 | 208 | 208 | 225 | 208 | 212 | 229 | 233 | 212 | 204 | 204 | 212 | 204 | 204 | 204 | 204 | 225 | 271 | 435 | 359 | 313 | 212 | 233 | 301 | 292 | 246 |     |
| 24:00 | 238   | 229 | 212 | 221 | 250 | 212 | 225 | 217 | 204 | 208 | 225 | 217 | 212 | 208 | 204 | 208 | 217 | 208 | 204 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Таблиця А.16. – Споживання активної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

|       | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      | 31      |  |  |
| 00:30 | 26984,4 | 26060,6 | 27615   | 24696,6 | 26611,1 | 26019   | 27451,8 | 26187,8 | 28463   | 23232,8 | 25421,6 | 26148,2 | 21852,4 | 20201,6 | 20916,6 | 22154,8 | 20360,8 | 21593,8 | 23363,6 | 21670,6 | 21972,6 | 22355,4 | 22703   | 20257,6 | 22674,2 | 21251,6 | 21340,2 | 25061,6 | 24238,4 | 26894,6 | 26053,8 |  |  |
| 01:00 | 28329,8 | 26265,4 | 28926   | 26730,2 | 26650,6 | 26090,8 | 27859,8 | 26939,8 | 28718,6 | 23072   | 26555,6 | 24257,8 | 20995   | 19524,4 | 21746,4 | 22423   | 21628,6 | 20384,4 | 23283,8 | 22838,8 | 21741,8 | 22047,8 | 22609   | 20344,6 | 22691,4 | 21945,8 | 21905,8 | 24820,2 | 23270,8 | 27242,2 | 26691,2 |  |  |
| 01:30 | 30522   | 27178,4 | 28617   | 27213,4 | 26427,2 | 26169,4 | 28437,8 | 26984,4 | 29131,4 | 22197,8 | 26418,4 | 23439,8 | 20609,2 | 20199,6 | 21596,2 | 22144,8 | 21886,8 | 21816,4 | 23354,2 | 23188,6 | 22115,2 | 22408,8 | 22588,6 | 20651,2 | 22840,6 | 22074   | 21577,2 | 24159   | 23986,2 | 26404,6 | 27230,2 |  |  |
| 02:00 | 28895,2 | 27299,8 | 27995,6 | 26869,8 | 27505,6 | 26438,2 | 29089,8 | 27615,2 | 28676   | 23353   | 23195,2 | 24076,4 | 20750   | 20093,6 | 20920   | 22398,8 | 22190,8 | 21628,2 | 23264,6 | 22281,4 | 21141,4 | 22366,8 | 23233,4 | 20655,8 | 22705,8 | 23567,2 | 20997   | 25147,8 | 24207,4 | 25432,8 | 27970,4 |  |  |
| 02:30 | 29165,8 | 27341,6 | 27970   | 26737,8 | 26902,8 | 26204,4 | 29198,8 | 27918,8 | 28166,8 | 22491,8 | 23841,2 | 23913,8 | 20529,4 | 19645,8 | 21320,2 | 22418,8 | 21765   | 21658   | 23797,8 | 21850,2 | 22009,4 | 22120,4 | 22908,4 | 20801,8 | 22360,2 | 19968,8 | 21508,6 | 24822   | 24152   | 26943   | 26664   |  |  |
| 03:00 | 29130,4 | 27021,2 | 26999,4 | 27014,2 | 26195   | 27033   | 29682,8 | 28446,8 | 28753,6 | 23491,8 | 25020,2 | 23797,6 | 21051,6 | 19777   | 21055,8 | 22222,6 | 21608,4 | 22054   | 23707,2 | 22235   | 22009,6 | 22691,4 | 22336   | 20709,4 | 21479,2 | 20118,6 | 21799,4 | 24815   | 24005,6 | 26615,4 | 27132,4 |  |  |
| 03:30 | 28788,2 | 28077,6 | 26849,4 | 26787,8 | 26032,6 | 27874   | 29317,8 | 27815   | 28504   | 23267,8 | 24654,2 | 23956,4 | 20853,6 | 19528   | 20791,4 | 22059,8 | 21966,2 | 21462,4 | 23244,4 | 22612,6 | 21653,6 | 22294,2 | 22380,8 | 20428,6 | 20737,2 | 19834   | 21949,4 | 24385   | 24602   | 26512   | 27477,8 |  |  |
| 04:00 | 28314   | 28445,8 | 26712,8 | 27027,4 | 26283   | 27780,4 | 29302   | 28692,6 | 28322   | 23659,6 | 25133,4 | 24126   | 20968,2 | 19752,6 | 20754,8 | 21553,8 | 21826   | 21429,8 | 23279,2 | 22910,8 | 21507,6 | 21799,4 | 22891,6 | 20327,6 | 21138   | 19849,6 | 21509,6 | 24247,8 | 24800   | 25655   | 27783,8 |  |  |
| 04:30 | 27860,6 | 28272,2 | 26723,6 | 26930,8 | 26234   | 26795,4 | 28602,6 | 28949   | 28275,2 | 22579,4 | 25351,4 | 24498   | 21138,4 | 21478,6 | 20995,6 | 21622,4 | 21307,6 | 21065   | 22802,8 | 22963,2 | 22385,4 | 22527,6 | 23217,2 | 20246,8 | 20430,4 | 19360,8 | 21208,6 | 24486,6 | 24118,4 | 26048,6 | 27930,4 |  |  |
| 05:00 | 27859,2 | 28124,6 | 25652,4 | 26514   | 24992,2 | 27053,2 | 28837,4 | 29230   | 28185,2 | 22035,4 | 24992,6 | 24121,6 | 21217,6 | 21572,8 | 20649   | 21724,2 | 21187,4 | 21508,2 | 23559,4 | 22807   | 23086,8 | 21972,8 | 23341   | 20743   | 20826,4 | 19526,8 | 21118,2 | 24636,8 | 24819   | 26566,8 | 27245,6 |  |  |
| 05:30 | 27609,2 | 28431   | 25925,8 | 27394,6 | 25747,6 | 27509   | 28789   | 29019,4 | 28202,8 | 22341   | 25839,6 | 24356   | 22041   | 21268,2 | 19877,2 | 22051   | 21453,8 | 20935,6 | 23289,4 | 23211,4 | 22700,4 | 22416   | 23624,6 | 21356,8 | 22374,2 | 19389,4 | 21471,4 | 24865,8 | 25618,6 | 26660,2 | 27719,2 |  |  |
| 06:00 | 28074,8 | 28968,2 | 26815   | 27996,6 | 26458,2 | 27075,6 | 28292,8 | 28484,8 | 28711,8 | 21968,6 | 26344,8 | 24719,2 | 21486,4 | 21366,6 | 20361,2 | 22151,6 | 22021,4 | 21086,2 | 22920,2 | 23000,4 | 23036,6 | 22685,4 | 23818   | 21152,2 | 22843,8 | 19288,2 | 20941,4 | 24576   | 25606,6 | 26918,4 | 27522,4 |  |  |
| 06:30 | 28084,4 | 28973,8 | 27619,6 | 27976,8 | 27093,8 | 27531,8 | 28199,8 | 27879,6 | 29056,6 | 22658,8 | 26316,4 | 24537,8 | 22006,8 | 21632,2 | 20887,6 | 22610,6 | 22204   | 21968,4 | 22959   | 23195,2 | 23155,4 | 22596,4 | 23643,4 | 18804,8 | 23516,4 | 19635,8 | 21693,4 | 24540,2 | 25549,4 | 26463,8 | 28158   |  |  |
| 07:00 | 27995,8 | 28399,6 | 27515   | 28127,8 | 27255,4 | 28717   | 28028   | 28312   | 29061,4 | 21116,6 | 26149,4 | 24051,4 | 21255,2 | 21892,6 | 21798,6 | 22544   | 22778,4 | 22118,6 | 23310,6 | 22995   | 22957,6 | 22539,4 | 23821   | 17915,4 | 23498,2 | 19851   | 21633,6 | 24624   | 25511,8 | 25587,2 | 28367   |  |  |
| 07:30 | 26772,8 | 27431,6 | 26652,2 | 27350   | 25565,8 | 28235,6 | 27363,8 | 29147,6 | 29459,8 | 20586,4 | 25996,4 | 24017,2 | 21364,8 | 21658,6 | 21713,2 | 21605   | 22278   | 21423,8 | 22313,8 | 22245,4 | 22838,4 | 22582,4 | 22450,2 | 20421,8 | 22023,6 | 19584   | 21191,4 | 23967,8 | 25009,4 | 24186,6 | 27584   |  |  |
| 08:00 | 25824,2 | 26425,2 | 25441,4 | 27315   | 25586,8 | 26712,4 | 25192,4 | 27857,2 | 28412,8 | 19514,2 | 24486,6 | 23029,6 | 19939   | 21072,2 | 20756,4 | 21186,4 | 21077   | 20649,4 | 21482,6 | 21096   | 21692   | 21742,2 | 21894,4 | 20543,4 | 18915,2 | 18709,4 | 20313   | 23273,8 | 23485,4 | 23132,2 | 27085,2 |  |  |
| 08:30 | 26005,4 | 26547,6 | 25419,4 | 27292,8 | 25902,8 | 26738,4 | 26554,6 | 28013,2 | 27673,8 | 18586,4 | 25083,8 | 23120,4 | 19819,6 | 20732,4 | 20838,8 | 20738,8 | 20568,2 | 20674   | 21357,2 | 21588,4 | 21613,6 | 21906,8 | 21718,4 | 20457,6 | 18874   | 18758,8 | 20173,6 | 22950,8 | 23585,6 | 22108   | 26857,4 |  |  |
| 09:00 | 26486,8 | 27801,2 | 26655,2 | 28080,4 | 27148,8 | 28042   | 27076,6 | 28348,4 | 28998,4 | 18901,8 | 26048   | 23578,2 | 21164,2 | 21847,4 | 20946,8 | 21133,2 | 21287   | 21824,8 | 22876,8 | 22459,2 | 23046,2 | 22968   | 23329,4 | 21530,2 | 19487,6 | 20487   | 21180,8 | 24414   | 25165,4 | 21785,6 | 27611,6 |  |  |
| 09:30 | 27738,2 | 28932,6 | 27160   | 28269,6 | 28182,4 | 29041   | 27854   | 29479,6 | 30290,4 | 19996,6 | 25470   | 23880   | 22002,8 | 21866,6 | 21849   | 21395   | 22631,2 | 18098   | 23535,8 | 24168,2 | 24415,4 | 24624   | 24327,8 | 22771,8 | 18247,6 | 21321,4 | 22517,2 | 26052,4 | 25875,4 | 25196,8 | 27338,6 |  |  |
| 10:00 | 27239,4 | 29047   | 27040,8 | 26753,4 | 27370   | 29334,8 | 27826   | 29931,8 | 30749   | 20819,6 | 24678   | 24344,8 | 21087,4 | 22081,4 | 22406,8 | 21501   | 23565,2 | 15619,6 | 22303,2 | 24456,8 | 24391,2 | 24298,8 | 24733,8 | 23116   | 17683,6 | 21907,4 | 23008   | 24941,2 | 25975,8 | 25578   | 22760,6 |  |  |
| 10:30 | 26287   | 28977,4 | 27657,2 | 23448,2 | 27423   | 29314,6 | 28494,2 | 29835,6 | 30754   | 20115,6 | 23431   | 24575,2 | 21718,6 | 20800,8 | 22577,6 | 21927,6 | 22723   | 15939   | 22142,6 | 24391,8 | 24557   | 23386,6 | 24568,8 | 22999,4 | 16433,8 | 22251,6 | 22143,2 | 23584   | 27367   | 25837,6 | 21131,8 |  |  |
| 11:00 | 26590,6 | 27461,8 | 27351,8 | 22949,6 | 27312,8 | 29549   | 28097,2 | 28934   | 29186   | 20345   | 24271,8 | 23688,4 | 21431,6 | 19966,6 | 23007,4 | 19673,4 | 22636,6 | 15231,4 | 21583,2 | 23439   | 23585,6 | 20487,6 | 24079,2 | 22931,4 | 15307,2 | 21359,8 | 21256   | 24280,6 | 27652,8 | 25802   | 20993,6 |  |  |
| 11:30 | 26568   | 28483,2 | 27394,2 | 19392   | 26765,2 | 28967,8 | 27715,4 | 28529   | 29940,6 | 19914,8 | 25317   | 23791,6 | 21795,4 | 21077,4 | 20159   | 20559,6 | 22789,8 | 21470,2 | 20775   | 22839,2 | 23834,6 | 22669   | 21454,8 | 23190   | 13819,4 | 21605,6 | 21696,4 | 24371,8 | 27260   | 24804,8 | 20962   |  |  |
| 12:00 | 25680,2 | 28779,8 | 27290,6 | 18497   | 26603   | 29299,6 | 27935,8 | 28551   | 30002,8 | 19680,8 | 25476,4 | 23721,4 | 21643   | 20216,2 | 19749,2 | 21052,6 | 22954,8 | 12722,8 | 19518,4 | 22012,6 | 23936,8 | 22357,2 | 22455   | 22706,6 | 13555,2 | 21631,6 | 20805,6 | 25023,4 | 26705,6 | 22245   | 21323,2 |  |  |
| 12:30 | 25692,8 | 28005   | 26570,2 | 18620,4 | 26082,6 | 28178,4 | 27054,4 | 28577   | 29392,6 | 18996   | 24378,6 | 22775,4 | 21732,4 | 19133,4 | 19488,6 | 20834   | 22257   | 11592,6 | 19636,6 | 21004,4 | 22567,2 | 21612,6 | 21074,2 | 21619   | 12970,8 | 20626,6 | 20404,6 | 24431,6 | 25477   | 21087,4 | 20759,2 |  |  |
| 13:00 | 26043,4 | 28859,4 | 27319   | 18277,8 | 26434,6 | 28290   | 26581   | 28542,8 | 29501,8 | 19015,6 | 25637,8 | 23317,6 | 21741,8 | 18892,4 | 19379,6 | 20718,2 | 22778,6 | 11653   | 20021,6 | 20925,8 | 23444,4 | 21509,4 | 22652,4 | 21246,2 | 13288   | 20981   | 20963,6 | 23979   | 25533,4 | 22144,6 | 21048,4 |  |  |
| 13:30 | 26778,2 | 29455,8 | 27688,8 | 16272,8 | 26257,8 | 28568   | 26794,4 | 29477   | 30161   | 19225   | 25580,4 | 23121,8 | 21602   | 19467,6 | 20136,8 | 20682,4 | 2       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |

Таблиця А.17. – Споживання реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число   |         |         |         |        |         |        |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5      | 6       | 7      | 8       | 9       | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     |  |  |
| 00:30 | 10251,8 | 9271,8  | 9712,2  | 7892,8  | 8685   | 8782    | 8440   | 7904,8  | 9283    | 7630,2 | 7065,6 | 8335,6 | 6296,8 | 5136,4 | 5404,2 | 4686   | 4030,4 | 4762,8 | 5534,2 | 4991,4 | 4937,8 | 6722   | 4749   | 4913,8 | 6194,8 | 5784,4 | 5448,4 | 6192,2 | 6732,6 | 9207   | 8148,8 |  |  |
| 01:00 | 10458,2 | 9438,6  | 10175,4 | 8573,4  | 8542,6 | 8536    | 9064   | 8369    | 9342,4  | 8141,8 | 7175   | 7283,8 | 6149,6 | 5374,6 | 5908,6 | 4970,8 | 4629,6 | 4408,6 | 5839,6 | 5742   | 5298,6 | 6216,6 | 5348,2 | 5336   | 7033   | 6303,6 | 5504,6 | 5808   | 6138   | 9391,8 | 8176,8 |  |  |
| 01:30 | 10730   | 9679,8  | 10629,4 | 8969,8  | 8600,2 | 8882,8  | 8837,2 | 8797    | 9316,6  | 7353   | 7491,4 | 6565   | 5494,2 | 5419,6 | 5586,6 | 5103,2 | 5606   | 5216,6 | 6089   | 6005   | 5221,6 | 6398   | 5343,4 | 5550,2 | 6799   | 6405,4 | 5816,2 | 5960,4 | 6930,6 | 9395   | 8076,8 |  |  |
| 02:00 | 10267,2 | 8855,6  | 10378,2 | 8708,6  | 8833   | 9500,8  | 8989,8 | 8750,8  | 9417,6  | 7877,4 | 6655   | 6873,6 | 5234,8 | 5495,2 | 5467,6 | 4996,2 | 5239,6 | 4868,4 | 6095,4 | 5281,2 | 5056   | 6057,2 | 5003,2 | 5429   | 6829,6 | 6259,2 | 5254   | 6528,8 | 6819,8 | 8967,4 | 8770,4 |  |  |
| 02:30 | 10676,4 | 9495,2  | 10166   | 8801,8  | 8790   | 9221,4  | 9261,8 | 8973,8  | 9279,4  | 7656   | 6728,4 | 6866,8 | 5362   | 5464,6 | 5895,6 | 4692,2 | 5946,8 | 4810,8 | 6106,2 | 5044,6 | 5462   | 6405,4 | 5087,6 | 5216,8 | 6608,2 | 4643,2 | 5302   | 6563,4 | 6685,2 | 9543   | 8796,2 |  |  |
| 03:00 | 10752,8 | 9783,6  | 10052,6 | 9028,2  | 8892,4 | 9226,4  | 9602,4 | 9579    | 9458    | 8174,2 | 7555,4 | 6923,8 | 6062,4 | 5382   | 5534,4 | 5073,4 | 5529,2 | 4880   | 6431,4 | 5253,4 | 5632   | 6585,2 | 4629,4 | 4620,2 | 6325,8 | 4443,2 | 5478   | 6988,8 | 7600,2 | 9099,6 | 8389   |  |  |
| 03:30 | 10555,8 | 10438,6 | 10055   | 8735,4  | 8577,8 | 9784,6  | 9406,8 | 9178,8  | 9253,2  | 8194,2 | 7391,2 | 7072,2 | 5890,8 | 5300,4 | 5547,4 | 5018,4 | 5174   | 4952   | 6374,4 | 5637,6 | 5200,4 | 6460,6 | 4932,4 | 4570   | 5885,8 | 4643,2 | 5946,4 | 6365,4 | 7238,4 | 8770,8 | 8562   |  |  |
| 04:00 | 10282   | 9921    | 9666    | 8957,6  | 8475,6 | 9901,8  | 9285,4 | 9198,8  | 9121,8  | 8005,8 | 7736,8 | 6943   | 5750   | 5480,4 | 5819,4 | 4794   | 5246   | 5024,2 | 5906,4 | 5498   | 5796,4 | 6470   | 5177,2 | 5060   | 5851,8 | 4600,6 | 5853,4 | 6164,4 | 7321,4 | 8297,2 | 8466,8 |  |  |
| 04:30 | 10113,8 | 10032,6 | 10160,4 | 8919,2  | 8687,8 | 9565    | 9229,6 | 9283,2  | 9140,2  | 7897,2 | 7531,2 | 7257   | 6066,4 | 5982,4 | 5594,4 | 4729,8 | 5442,6 | 4856   | 5489,8 | 5165,6 | 5491,4 | 6821,2 | 5290,6 | 4867   | 5477,8 | 4463,6 | 5464,8 | 6457,8 | 7308   | 8352,4 | 8662,8 |  |  |
| 05:00 | 10183,8 | 10139,4 | 9790,4  | 8640,4  | 7975,8 | 9593,4  | 9377,4 | 9495,8  | 9233,4  | 7515,6 | 7826,8 | 7263   | 6194,2 | 6369,8 | 5804,4 | 4309,2 | 5284,8 | 4829,4 | 5561,4 | 5375   | 5729,8 | 6204,4 | 5272,6 | 4893,2 | 5251,4 | 4428,4 | 5378,8 | 6547,4 | 7029,4 | 8839,2 | 8631   |  |  |
| 05:30 | 9828,6  | 10270,2 | 9349,8  | 9421,8  | 8134   | 10039   | 9464,4 | 9442,8  | 9266,6  | 7432,6 | 7856,2 | 7274,2 | 6248   | 6488   | 5836   | 5267,2 | 5184,2 | 4618,8 | 5400   | 5260,4 | 5785,8 | 6312,8 | 5169,4 | 5202,4 | 5542,4 | 4529,2 | 5507,2 | 6618,6 | 7403,2 | 9157,2 | 8760   |  |  |
| 06:00 | 10186,2 | 10080   | 9778    | 9264    | 8284   | 9889,8  | 9129,6 | 9079    | 9454    | 7258,4 | 8008,4 | 6789,6 | 6051   | 6252,6 | 5542,8 | 5260,2 | 5430,4 | 4223   | 5903,6 | 5042,6 | 6757   | 6289,6 | 5003,8 | 5241   | 5683,4 | 4449,4 | 5095   | 6053   | 7754,8 | 8874,4 | 8929,4 |  |  |
| 06:30 | 10165,4 | 10428,6 | 9727,6  | 8938    | 8198,2 | 10051,6 | 8786,6 | 8845,6  | 9545    | 7588,8 | 8299,8 | 6790,2 | 6272,6 | 6061,6 | 5581,8 | 5452,4 | 5484,2 | 4863,6 | 5587,4 | 5336,6 | 6526,6 | 6234,8 | 4994,8 | 4478,4 | 5877   | 4287,4 | 5264,8 | 6341,6 | 7451,4 | 8307   | 8612,4 |  |  |
| 07:00 | 10035,8 | 10154   | 9461,2  | 8965,4  | 8809,2 | 9980,4  | 8998,8 | 9062,8  | 9253    | 6957,6 | 8082,2 | 6679,6 | 6163,8 | 6097,2 | 5167,2 | 5802,4 | 5750,4 | 4946,4 | 5805,2 | 5231,6 | 6295,8 | 6592,8 | 5420,8 | 4461,4 | 6153,2 | 4537,6 | 5318,4 | 6158,4 | 7117,4 | 8078,6 | 9110,6 |  |  |
| 07:30 | 10069,2 | 10427,8 | 9488    | 9697,2  | 8861   | 10287,2 | 9100,4 | 10027,4 | 9962,6  | 7538,2 | 8605,8 | 6968,8 | 6184,6 | 6890   | 5818,2 | 5554,2 | 5663,6 | 5118,4 | 5554,8 | 5789,4 | 6321,6 | 6564,4 | 5441,4 | 4975,8 | 5781,8 | 4620,6 | 5672,8 | 6989   | 7906,8 | 7931   | 9475,4 |  |  |
| 08:00 | 10489,6 | 10813,6 | 9513,6  | 9981,6  | 9214,8 | 10551,4 | 9335   | 10423,4 | 10041   | 7830,6 | 8429,8 | 7536,8 | 6767,6 | 7136,6 | 6376,6 | 5604,4 | 5876   | 5341,2 | 6329,4 | 5475,8 | 6286   | 6574   | 5415   | 5713,8 | 4978,4 | 5323,2 | 6103   | 6977,6 | 7996,4 | 8149,2 | 9899,2 |  |  |
| 08:30 | 10718,6 | 10628,8 | 9522,8  | 10032,2 | 9445,6 | 10799,4 | 9848,8 | 10262   | 10413,2 | 7899,6 | 8849,4 | 7401,4 | 7083   | 7559,4 | 6308,6 | 4873,6 | 6033,2 | 5395   | 5974,8 | 5788,4 | 6771,4 | 7397,8 | 5444,4 | 5809,6 | 5055,6 | 5412,4 | 6036,4 | 6868,4 | 8280   | 7515,4 | 9883,2 |  |  |
| 09:00 | 10351,4 | 10774,2 | 9288,8  | 10162   | 9453,4 | 10483   | 9467,6 | 10093,6 | 9777,6  | 7828,2 | 9009,6 | 7160,2 | 6737   | 7514,6 | 6562,2 | 5013   | 6370,6 | 5515,8 | 6387   | 6258,2 | 7345,6 | 7689,2 | 5598   | 6485,8 | 5496,6 | 5726,2 | 6099,6 | 6843,6 | 8512,8 | 7748,2 | 9593   |  |  |
| 09:30 | 9933    | 10131,6 | 8971,6  | 9774,8  | 9013,6 | 10625,6 | 8614,6 | 9533,2  | 9751    | 7545   | 8355,4 | 6777,2 | 6681,8 | 6594   | 6387   | 4310,4 | 6071,8 | 3463,8 | 5246   | 5962,2 | 7079,2 | 7374,4 | 5985,4 | 5908,8 | 5001,2 | 4930,2 | 6157,4 | 7129   | 8004   | 8145   | 7587,2 |  |  |
| 10:00 | 9301,8  | 10613,2 | 8747,2  | 9027,6  | 8889   | 10071,4 | 8971,4 | 9239    | 9840,8  | 7545,2 | 7894,8 | 6590   | 5901,2 | 6367,4 | 6552   | 4130,4 | 5840,2 | 2691,8 | 4923,2 | 5764,6 | 6810,4 | 7030,6 | 6112,6 | 5687,8 | 4780   | 5065   | 5636,2 | 5955   | 7669,8 | 8231,4 | 6691,2 |  |  |
| 10:30 | 9220    | 10836   | 9368,2  | 8015,2  | 9041   | 9985    | 9425,4 | 9337,8  | 9790    | 7660,2 | 7151,2 | 6664,2 | 6099,4 | 5930,8 | 6736,4 | 4387,6 | 5276   | 2953   | 5635,4 | 5080,4 | 7340,4 | 6028   | 6170,6 | 6218,4 | 4410,6 | 5760,6 | 5607,6 | 5632,2 | 9032,6 | 8355,4 | 6043,2 |  |  |
| 11:00 | 8880,8  | 10496,6 | 8798,8  | 7785,8  | 9083,6 | 10299,8 | 9409,2 | 8747,6  | 9510,6  | 7516,6 | 7625,6 | 6386   | 6277   | 5621   | 6472,4 | 3507,6 | 5616,6 | 4072,8 | 4778,8 | 5063,6 | 6759,6 | 5035,4 | 6380,8 | 6118,2 | 4546,2 | 5433,8 | 5198,8 | 6515   | 9476,4 | 8726,2 | 6962   |  |  |
| 11:30 | 9117,6  | 10408,2 | 8880,6  | 6678,8  | 9209,2 | 9867,2  | 9297,6 | 8704,8  | 10011,4 | 7730,8 | 8202,2 | 6230   | 6717,4 | 5872,8 | 5464,4 | 3964   | 5956,4 | 3488,6 | 4865   | 4915,6 | 6834,6 | 6332,8 | 5975   | 5691,6 | 3636   | 5317,8 | 5423,2 | 6613,8 | 9560   | 8451,6 | 7084,8 |  |  |
| 12:00 | 9533,6  | 10651,2 | 8686,6  | 6622,6  | 9349,2 | 10188,8 | 9022,2 | 8721,6  | 9726,6  | 7975,6 | 8450,2 | 6331,8 | 5525,4 | 5411   | 5311,6 | 4011,8 | 5463,2 | 2973,6 | 4220   | 4858,4 | 6873,4 | 5998   | 6554,6 | 5621,6 | 2514,4 | 5002,4 | 4732,6 | 6306,8 | 9252   | 7827,4 | 7438,2 |  |  |
| 12:30 | 9284,4  | 10207,8 | 8474,4  | 7063    | 8777,2 | 9604,6  | 8573,6 | 8749    | 9403,4  | 7549,4 | 7781   | 5812,8 | 5224,2 | 5321,4 | 4893,4 | 4098,6 | 5071,2 | 3055,4 | 4013,8 | 4272,8 | 6214,2 | 4817,6 | 6155,2 | 5613,6 | 2045   | 4921   | 4409,8 | 6069,6 | 8286   | 7415,4 | 7000,4 |  |  |
| 13:00 | 9751,2  | 10398,4 | 8721,6  | 7000,6  | 9182,4 | 9339,4  | 8606,2 | 9309    | 9684    | 7812,6 | 7803   | 5902,4 | 4942,6 | 4937,6 | 4644,6 | 4355,6 | 5272,6 | 2423,6 | 4523,8 | 4205,6 | 6288,2 | 5083,8 | 6326   | 5583,2 | 1849,4 | 4894,8 | 4984,8 | 6762,2 | 8430   | 7278,2 | 7393,8 |  |  |
| 13:30 | 9606,2  | 10609,2 | 8722,4  | 6422,4  | 9370,8 | 9677,8  | 8420,6 | 9470,4  | 9628,6  | 8137,2 | 7512   | 5736,8 | 5094,4 | 5492,2 | 5469,6 | 4257   | 5329,6 | 2515,4 | 5647,8 | 4540,2 | 6539,8 | 4964,8 | 6266   | 5638   | 2143,2 | 5559,6 | 4620,6 | 6673,8 | 7709   | 7612,2 | 7691,4 |  |  |
| 14:00 | 9969,6  | 10824   | 9292,6  | 5998,2  | 9161,2 | 9322,4  | 8668,8 | 8869,8  | 9718    | 8178,4 | 7410   | 6523,8 | 5473,6 | 5390   | 5560,2 | 3564,2 | 5908,4 | 2458,8 | 4859,6 | 4691,4 | 5765,6 | 4933,2 | 5680,4 | 5182   | 2425,8 | 5408,4 | 4611   | 6745,2 | 7922,4 | 7816   | 7849,8 |  |  |
| 14:30 | 9804,2  | 10917,6 | 9642,4  | 6067,8  | 9237   | 9134    | 8536,8 | 9134,4  | 9638,6  | 6765,4 | 7596,6 | 6757   | 5494   | 5768,2 | 5743,2 | 3849   | 5662,4 | 2284,2 | 5121,2 | 4581,2 | 5815,2 | 5009,4 | 5876,6 | 5557   | 2654,4 | 5588,4 | 4      |        |        |        |        |  |  |

Таблиця А.18. – Генерація реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВтАр·год

|       | Число |       |       |       |       |       |        |        |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7      | 8      | 9     | 10     | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    | 31    |
| 00:30 | 480   | 611,4 | 803,4 | 688,2 | 749,4 | 584,4 | 1013,4 | 833,4  | 668,4 | 997,2  | 774,6 | 722,4 | 468   | 610,2 | 565,2 | 412,2 | 495   | 366,6 | 504   | 552   | 445,2 | 408   | 660   | 396   | 645,6 | 540   | 616,2 | 752,4 | 648,6 | 454,2 | 268,2 |
| 01:00 | 504   | 588   | 673,8 | 700,8 | 744,6 | 585   | 862,2  | 912,6  | 680,4 | 784,2  | 688,8 | 727,8 | 472,2 | 480   | 528   | 444   | 405,6 | 464,4 | 528   | 540   | 420   | 420   | 708   | 396   | 540   | 544,2 | 568,2 | 744   | 699   | 173,4 | 276   |
| 01:30 | 552   | 603   | 656,4 | 688,2 | 752,4 | 597   | 973,2  | 855    | 657   | 671,4  | 693,6 | 658,2 | 679,2 | 609,6 | 512,4 | 424,2 | 408   | 496,2 | 528   | 552   | 436,2 | 384   | 744   | 420   | 544,2 | 520,8 | 621,6 | 745,2 | 661,2 | 168,6 | 318   |
| 02:00 | 524,4 | 549   | 628,8 | 756,6 | 738   | 576,6 | 1025,4 | 880,8  | 702,6 | 672,6  | 462   | 658,2 | 624   | 489,6 | 508,2 | 444,6 | 421,2 | 507   | 516   | 532,2 | 408   | 388,2 | 736,2 | 400,2 | 552   | 577,2 | 593,4 | 724,2 | 670,2 | 185,4 | 284,4 |
| 02:30 | 537   | 574,8 | 612,6 | 735,6 | 712,2 | 585,6 | 874,2  | 1052,4 | 673,8 | 673,8  | 522   | 708   | 498,6 | 506,4 | 476,4 | 434,4 | 396   | 441   | 516   | 520,2 | 420   | 360   | 724,2 | 384   | 540   | 685,8 | 736,2 | 696   | 665,4 | 223,2 | 280,2 |
| 03:00 | 508,2 | 540,6 | 580,2 | 672   | 688,2 | 405,6 | 856,8  | 841,2  | 690   | 614,4  | 574,8 | 649,8 | 444,6 | 587,4 | 521,4 | 420   | 388,2 | 449,4 | 504   | 560,4 | 384   | 388,2 | 728,4 | 393   | 569,4 | 681,6 | 627   | 708   | 640,2 | 276   | 284,4 |
| 03:30 | 520,2 | 520,2 | 600   | 673,8 | 700,8 | 529,8 | 941,4  | 777    | 699   | 564,6  | 546   | 591,6 | 474   | 646,2 | 444   | 412,2 | 376,8 | 529,8 | 480   | 516   | 364,2 | 376,2 | 720,6 | 384,6 | 548,4 | 657   | 556,2 | 720,6 | 653,4 | 229,2 | 306   |
| 04:00 | 532,8 | 586,2 | 597   | 669   | 858   | 580,8 | 1051,2 | 843    | 901,2 | 606,6  | 492,6 | 629,4 | 519,6 | 510   | 500,4 | 416,4 | 389,4 | 501   | 524,4 | 540   | 360   | 372   | 720   | 384   | 532,2 | 644,4 | 556,2 | 704,4 | 644,4 | 374,4 | 402   |
| 04:30 | 575,4 | 690   | 588,6 | 640,2 | 726,6 | 676,2 | 1089   | 868,8  | 792,6 | 652,8  | 630,6 | 607,8 | 537   | 750   | 476,4 | 474   | 412,2 | 479,4 | 575,4 | 496,2 | 372   | 376,2 | 736,2 | 372,6 | 565,2 | 628,8 | 564,6 | 712,2 | 657   | 254,4 | 402   |
| 05:00 | 505,2 | 585,6 | 696   | 660,6 | 777   | 614,4 | 1005,6 | 847,8  | 732,6 | 684    | 482,4 | 553,8 | 531,6 | 498,6 | 452,4 | 566,4 | 384   | 507,6 | 604,8 | 508,2 | 372   | 372   | 732   | 393,6 | 560,4 | 633   | 624   | 708   | 686,4 | 224,4 | 339   |
| 05:30 | 538,2 | 557,4 | 596,4 | 676,2 | 738   | 568,2 | 1023   | 1003,2 | 915,6 | 724,2  | 479,4 | 512,4 | 485,4 | 477,6 | 300   | 436,2 | 420,6 | 672   | 612   | 496,2 | 384   | 388,2 | 769,8 | 368,4 | 552,6 | 624,6 | 577,2 | 672   | 645   | 208,2 | 268,2 |
| 06:00 | 504,6 | 670,8 | 609   | 660,6 | 810   | 568,8 | 1081,2 | 1239   | 897   | 742,2  | 483,6 | 667,2 | 675,6 | 662,4 | 308,4 | 448,8 | 400,8 | 709,8 | 532,8 | 558   | 396   | 463,8 | 831   | 385,8 | 576,6 | 641,4 | 690   | 644,4 | 624   | 237   | 268,2 |
| 06:30 | 505,8 | 586,8 | 605,4 | 705,6 | 957   | 592,2 | 1132,8 | 1105,2 | 913,8 | 964,8  | 442,2 | 893,4 | 579   | 755,4 | 383,4 | 408,6 | 424,8 | 519,6 | 520,8 | 480,6 | 336   | 412,2 | 853,2 | 480,6 | 544,2 | 679,8 | 544,2 | 632,4 | 645   | 258,6 | 315   |
| 07:00 | 480,6 | 567   | 664,2 | 644,4 | 702   | 691,2 | 1010,4 | 856,2  | 768   | 1060,2 | 405   | 658,8 | 582,6 | 646,2 | 396   | 396   | 384   | 548,4 | 555   | 456,6 | 360   | 456   | 744,6 | 468   | 568,2 | 679,8 | 524,4 | 644,4 | 661,8 | 305,4 | 264,6 |
| 07:30 | 444   | 480   | 672   | 660   | 792   | 604,2 | 816,6  | 784,8  | 673,8 | 668,4  | 412,2 | 546   | 428,4 | 476,4 | 312,6 | 384   | 408   | 528   | 501,6 | 468   | 348   | 432   | 768   | 336   | 564   | 572,4 | 528   | 624   | 628,2 | 256,2 | 264   |
| 08:00 | 420   | 468   | 660   | 684   | 648   | 588   | 792    | 804    | 648   | 552    | 432   | 504   | 384   | 468   | 312   | 420   | 408   | 528   | 480   | 432   | 360   | 420   | 756   | 372   | 684   | 564   | 504   | 600   | 600   | 276   | 240   |
| 08:30 | 420   | 456   | 684   | 648   | 672   | 588   | 744    | 684    | 648   | 348    | 444   | 504   | 384   | 468   | 348   | 432   | 420   | 528   | 456   | 408   | 384   | 444   | 792   | 384   | 684   | 576   | 492   | 612   | 588   | 264   | 240   |
| 09:00 | 460,2 | 448,2 | 804   | 636   | 684   | 612   | 772,2  | 660    | 688,2 | 276    | 444   | 492   | 408   | 444   | 348   | 456   | 444   | 528   | 492   | 456   | 444   | 492   | 768   | 420   | 708   | 588   | 516   | 624   | 624   | 276   | 252   |
| 09:30 | 501   | 501   | 700,8 | 660   | 736,8 | 628,2 | 814,2  | 711    | 783,6 | 284,4  | 420   | 549   | 408,6 | 456   | 360   | 488,4 | 456   | 586,2 | 484,2 | 444   | 408   | 456   | 852   | 448,2 | 576   | 660,6 | 532,2 | 672   | 648   | 276   | 352,2 |
| 10:00 | 635,4 | 528   | 673,2 | 672   | 761,4 | 661,2 | 800,4  | 882,6  | 741   | 292,8  | 432   | 561,6 | 400,2 | 448,2 | 336   | 640,2 | 456   | 598,8 | 504   | 468   | 456   | 432   | 852   | 420   | 564   | 668,4 | 540   | 696   | 624   | 276   | 368,4 |
| 10:30 | 535,2 | 528   | 648   | 652,2 | 736,2 | 668,4 | 784,2  | 645,6  | 837   | 329,4  | 544,2 | 589,8 | 444   | 432   | 300   | 624   | 444   | 656,4 | 504   | 460,2 | 456   | 432   | 852   | 408   | 564   | 660   | 564   | 636   | 624   | 264   | 576,6 |
| 11:00 | 564   | 540   | 684,6 | 672   | 732   | 688,2 | 804    | 641,4  | 709,8 | 342,6  | 528   | 690   | 492   | 432   | 324   | 724,2 | 408   | 504   | 516   | 500,4 | 420   | 408   | 840   | 420   | 564   | 696   | 588   | 456   | 636   | 264   | 294,6 |
| 11:30 | 510,6 | 552   | 676,2 | 648   | 744   | 748,2 | 780    | 688,2  | 700,8 | 400,8  | 552   | 610,8 | 492   | 636   | 300   | 612   | 408   | 480   | 532,2 | 496,2 | 408   | 456   | 792   | 444   | 564   | 684   | 564   | 552   | 612   | 372   | 372   |
| 12:00 | 492,6 | 552   | 685,2 | 636   | 736,2 | 726,6 | 813    | 1087,2 | 697,2 | 400,2  | 576   | 610,8 | 480   | 600   | 436,2 | 580,2 | 384   | 612   | 496,2 | 484,2 | 432   | 748,2 | 780   | 436,2 | 696,6 | 692,4 | 584,4 | 560,4 | 612   | 264   | 396   |
| 12:30 | 484,2 | 516   | 755,4 | 660   | 736,2 | 700,8 | 859,8  | 788,4  | 850,2 | 409,2  | 584,4 | 892,2 | 525   | 384   | 456   | 537   | 408   | 468   | 572,4 | 501,6 | 432   | 808,2 | 804   | 468   | 736,2 | 676,2 | 642,6 | 560,4 | 628,2 | 396   | 384   |
| 13:00 | 492   | 544,2 | 668,4 | 672   | 756   | 748,2 | 843,6  | 628,2  | 877,8 | 748,2  | 605,4 | 850,8 | 576,6 | 416,4 | 352,2 | 492   | 424,2 | 480   | 540   | 504,6 | 432   | 796,2 | 780   | 480   | 745,2 | 664,2 | 602,4 | 552   | 616,2 | 396   | 396   |
| 13:30 | 484,2 | 568,8 | 717,6 | 660   | 748,2 | 940,2 | 829,2  | 784,2  | 735   | 412,2  | 585   | 747,6 | 583,8 | 408   | 348   | 528,6 | 436,2 | 480   | 528   | 492   | 504   | 804   | 828   | 480   | 752,4 | 684   | 597   | 576   | 600   | 384   | 372   |
| 14:00 | 492   | 540   | 696   | 684   | 777   | 937,2 | 792    | 817,2  | 794,4 | 396    | 718,8 | 536,4 | 492   | 396   | 360   | 500,4 | 444   | 480   | 516   | 492   | 468   | 792   | 888   | 444   | 748,2 | 684   | 650,4 | 576   | 640,2 | 252   | 408   |
| 14:30 | 492   | 544,2 | 712,2 | 684   | 837   | 921   | 805,2  | 684,6  | 745,2 | 445,2  | 589,8 | 578,4 | 484,2 | 420   | 348   | 508,2 | 456   | 456   | 504   | 472,2 | 492   | 744   | 864   | 444   | 708   | 684   | 588,6 | 564   | 636,6 | 256,2 | 240   |
| 15:00 | 484,2 | 616,8 | 672   | 672   | 777,6 | 880,2 | 804    | 664,2  | 935,4 | 447,6  | 544,2 | 573   | 496,2 | 408   | 372   | 508,8 | 408   | 252   | 468   | 480   | 480   | 744   | 792   | 436,2 | 720   | 652,2 | 588   | 564   | 648,6 | 276   | 492   |
| 15:30 | 521,4 | 540   | 792   | 684   | 760,2 | 912   | 792    | 528,6  | 829,2 | 478,8  | 492   | 524,4 | 477,6 | 384   | 396   | 456   | 396   | 252   | 484,2 | 480   | 480   | 708   | 780   | 516,6 | 968,4 | 660   | 636   | 544,2 | 608,4 | 272,4 | 372   |
| 16:00 | 520,8 | 516   | 708   | 696   | 764,4 | 888   | 796,2  | 585,6  | 851,4 | 499,2  | 492   | 549   | 460,2 | 420   | 372   | 496,2 | 420   | 264   | 480   | 432   | 456   | 708   | 732   | 660,6 | 840   | 648   | 680,4 | 540   | 604,2 | 300   | 360   |
| 16:30 | 532,8 | 564   | 732   | 828   | 954   | 924   | 812,4  | 907,2  | 775,8 | 591,6  | 468   | 573,6 | 472,2 | 396   | 372   | 480   | 420   | 252   | 480   | 432   | 456   | 684   | 720   | 702   | 654   | 648   | 723   | 544,8 | 600   | 420   | 392,4 |
| 17:00 | 524,4 | 676,2 | 752,4 | 868,2 | 717,6 | 920,4 | 825    | 768,6  | 703,2 | 486    | 508,2 | 540,6 | 504,6 | 516   | 384   | 480   | 444   | 312   | 552   | 504   | 492   | 720   | 492   | 544,2 | 585,6 | 648   | 707,4 | 576,6 | 600   | 468   | 240   |
| 17:30 | 532,2 | 680,4 | 712,2 | 901,2 | 696   | 933,6 | 903,6  | 756    | 706,8 | 476,4  | 516   | 585   | 525,6 | 436,2 | 400,2 | 472,2 | 444   | 420   | 544,2 | 508,2 | 516   | 756   | 492   | 556,2 | 660   | 648   | 680,4 | 577,2 | 208,2 | 300   | 240   |
| 18:00 | 553,8 | 524,4 | 776,4 | 768   | 681   | 943,2 | 934,8  | 760,2  | 741,6 | 561    | 536,4 | 561,6 | 504,6 | 444   | 408   | 468   | 468   | 312   | 552   | 496,2 | 504   | 756   | 624   | 572,4 | 556,2 | 660   | 712,2 | 580,2 | 204   | 288   | 260,4 |
| 18:30 | 512,4 | 556,2 | 807,6 | 744   | 724,2 | 904,8 | 1021,8 | 811,2  | 829,2 | 586,2  | 536,4 | 558   | 504,6 | 428,4 | 372   | 464,4 | 408   | 348   | 544,8 | 516   | 456   | 744,6 | 492   | 552,6 | 561   | 660   | 684   | 692,4 | 204   | 288   | 269,4 |
| 19:00 | 516   | 528   | 728,4 | 756   | 690   | 860,4 | 867    | 694,8  | 632,4 | 714    | 540,6 | 496,2 | 510   | 436,2 | 396   | 468   | 348   | 544,2 | 544,2 | 492   | 456   | 684   | 468   | 560,4 | 532,8 | 648   | 688,2 | 664,8 | 180   | 400,2 | 224,4 |
| 19:30 | 504   | 504   | 708   | 852   | 640,2 | 864   | 820,2  | 640,2  | 612   | 552,6  | 528   | 480   | 456   | 408   | 372   | 468   | 324   | 540   | 540</ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Таблиця А.19. – Споживання активної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВт·год

| Число |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      |  |  |  |
| 00:30 | 23306,4 | 22518,3 | 23450,7 | 23639,4 | 23683,8 | 23373,0 | 24349,8 | 24194,4 | 23550,6 | 23350,8 | 22362,9 | 23228,7 | 22917,9 | 23250,9 | 23728,2 | 23683,8 | 23350,8 | 23095,5 | 23239,8 | 23939,1 | 23317,5 | 23828,1 | 24161,1 | 23872,5 | 22795,8 | 22718,1 | 22973,4 | 23850,3 | 24316,5 | 24494,1 |  |  |  |
| 01:00 | 23484,0 | 22673,7 | 23916,9 | 23484,0 | 23117,7 | 22651,5 | 23550,6 | 24272,1 | 23650,5 | 23428,5 | 22729,2 | 22784,7 | 22529,4 | 22684,8 | 23905,8 | 23273,1 | 23683,8 | 23273,1 | 23339,7 | 23961,3 | 23939,1 | 24161,1 | 24083,4 | 24571,8 | 22718,1 | 22618,2 | 23151,0 | 24261,0 | 23950,2 | 24316,5 |  |  |  |
| 01:30 | 23328,6 | 22751,4 | 23761,5 | 23151,0 | 23761,5 | 23428,5 | 24061,2 | 24194,4 | 24272,1 | 22884,6 | 23606,1 | 23151,0 | 22607,1 | 22684,8 | 23650,5 | 23350,8 | 23350,8 | 22984,5 | 23395,2 | 23706,0 | 23783,7 | 23672,7 | 23928,0 | 24161,1 | 22795,8 | 22618,2 | 23328,6 | 23850,3 | 24261,0 | 24083,4 |  |  |  |
| 02:00 | 22762,5 | 22673,7 | 23683,8 | 23306,4 | 23450,7 | 23939,1 | 24505,2 | 24272,1 | 24138,9 | 23195,4 | 23228,7 | 23073,3 | 22784,7 | 23406,3 | 23750,4 | 23450,7 | 23761,5 | 23350,8 | 23317,5 | 23339,7 | 23395,2 | 23617,2 | 24238,8 | 24105,6 | 22718,1 | 22540,5 | 22973,4 | 23406,3 | 24338,7 | 24183,3 |  |  |  |
| 02:30 | 22584,9 | 22673,7 | 23273,1 | 23173,2 | 23661,6 | 23450,7 | 24349,8 | 23983,5 | 23961,3 | 23117,7 | 22684,8 | 23095,5 | 22984,5 | 22917,9 | 23650,5 | 23350,8 | 23117,7 | 23406,3 | 23572,8 | 23317,5 | 22795,8 | 23750,4 | 24183,3 | 24416,4 | 22718,1 | 22618,2 | 23328,6 | 23073,3 | 24238,8 | 23928,0 |  |  |  |
| 03:00 | 22562,7 | 23273,1 | 23450,7 | 23173,2 | 23606,1 | 23506,2 | 24505,2 | 23628,3 | 23961,3 | 23350,8 | 22917,9 | 23173,2 | 22829,1 | 22840,2 | 23961,3 | 23195,4 | 23450,7 | 23839,2 | 23006,7 | 23339,7 | 22540,5 | 23928,0 | 24394,2 | 24238,8 | 22562,7 | 22795,8 | 22973,4 | 23250,9 | 24338,7 | 24083,4 |  |  |  |
| 03:30 | 22640,4 | 23606,1 | 23916,9 | 23228,7 | 23317,5 | 23839,2 | 23861,4 | 23550,6 | 24039,0 | 23428,5 | 22917,9 | 22862,4 | 22884,6 | 23173,2 | 23650,5 | 23373,0 | 23428,5 | 23561,7 | 23317,5 | 23472,9 | 22462,8 | 23850,3 | 24005,7 | 24649,5 | 22640,4 | 22618,2 | 23151,0 | 23073,3 | 24238,8 | 23950,2 |  |  |  |
| 04:00 | 22485,0 | 23839,2 | 23861,4 | 23306,4 | 24116,7 | 23428,5 | 24372,0 | 23650,5 | 24039,0 | 23506,2 | 22762,5 | 22984,5 | 23139,9 | 23073,3 | 23472,9 | 23350,8 | 23683,8 | 23583,9 | 23317,5 | 23472,9 | 22718,1 | 24005,7 | 24471,9 | 24105,6 | 22640,4 | 22618,2 | 23151,0 | 23328,6 | 24571,8 | 24782,7 |  |  |  |
| 04:30 | 22307,4 | 23683,8 | 24194,4 | 23306,4 | 23706,0 | 23528,4 | 24039,0 | 23495,1 | 23650,5 | 23350,8 | 22917,9 | 23062,2 | 23506,2 | 23017,8 | 23572,8 | 23195,4 | 23273,1 | 22962,3 | 23472,9 | 23961,3 | 22718,1 | 24083,4 | 24316,5 | 24005,7 | 22795,8 | 22618,2 | 23328,6 | 24571,8 | 24338,7 | 24471,9 |  |  |  |
| 05:00 | 22540,5 | 23839,2 | 24272,1 | 23128,8 | 23805,9 | 23761,5 | 24039,0 | 23361,9 | 23883,6 | 23583,9 | 22762,5 | 23062,2 | 23373,0 | 23195,4 | 23417,4 | 23195,4 | 23217,6 | 23040,0 | 23883,6 | 23706,0 | 22718,1 | 24161,1 | 24316,5 | 24571,8 | 22795,8 | 22718,1 | 23151,0 | 24571,8 | 23883,6 | 24261,0 |  |  |  |
| 05:30 | 22451,7 | 23661,6 | 24272,1 | 23561,7 | 23728,2 | 23506,2 | 23628,3 | 22718,1 | 23728,2 | 23350,8 | 22762,5 | 22829,1 | 23195,4 | 23606,1 | 23728,2 | 23528,4 | 23528,4 | 22418,4 | 23706,0 | 23728,2 | 23417,4 | 24083,4 | 24183,3 | 23850,3 | 22718,1 | 22618,2 | 23151,0 | 24549,6 | 24294,3 | 24238,8 |  |  |  |
| 06:00 | 22995,6 | 23861,4 | 24194,4 | 23151,0 | 24061,2 | 23373,0 | 24194,4 | 23495,1 | 23650,5 | 23350,8 | 22995,6 | 23606,1 | 23139,9 | 23450,7 | 23728,2 | 23428,5 | 23195,4 | 22185,3 | 23550,6 | 23395,2 | 23595,0 | 24416,4 | 24338,7 | 23950,2 | 22795,8 | 22618,2 | 23151,0 | 24727,2 | 24494,1 | 24416,4 |  |  |  |
| 06:30 | 22707,0 | 22984,5 | 24116,7 | 23406,3 | 23883,6 | 23195,4 | 24116,7 | 23650,5 | 23417,4 | 22962,3 | 22762,5 | 23350,8 | 22884,6 | 22263,0 | 23262,0 | 23350,8 | 22440,6 | 22185,3 | 23728,2 | 23572,8 | 23184,3 | 24161,1 | 24549,6 | 23928,0 | 22618,2 | 22540,5 | 23151,0 | 24804,9 | 24571,8 | 24471,9 |  |  |  |
| 07:00 | 22840,2 | 22673,7 | 24294,3 | 23151,0 | 23783,7 | 23606,1 | 23939,1 | 23650,5 | 23395,2 | 22862,4 | 22762,5 | 23606,1 | 22884,6 | 22362,9 | 22651,5 | 23040,0 | 22107,6 | 22185,3 | 23162,1 | 23317,5 | 23262,0 | 24238,8 | 24338,7 | 24183,3 | 20231,7 | 22795,8 | 23151,0 | 24727,2 | 24416,4 | 24571,8 |  |  |  |
| 07:30 | 22840,2 | 22673,7 | 23805,9 | 23461,8 | 23217,6 | 23217,6 | 23650,5 | 23317,5 | 23417,4 | 22806,9 | 22684,8 | 22573,8 | 22496,1 | 22362,9 | 23062,2 | 22440,6 | 22029,9 | 22285,2 | 22618,2 | 23550,6 | 22851,3 | 24083,4 | 24338,7 | 24238,8 | 20131,8 | 22462,8 | 23151,0 | 24549,6 | 24416,4 | 23328,6 |  |  |  |
| 08:00 | 22607,1 | 22029,9 | 24138,9 | 22451,7 | 23162,1 | 23195,4 | 24016,8 | 23495,1 | 23239,8 | 23373,0 | 22218,6 | 22207,5 | 22596,0 | 22207,5 | 22651,5 | 22029,9 | 22207,5 | 22462,8 | 22562,7 | 22718,1 | 22640,4 | 24394,2 | 23250,9 | 23772,6 | 19976,4 | 22462,8 | 23073,3 | 24183,3 | 23639,4 | 22995,6 |  |  |  |
| 08:30 | 21752,4 | 22285,2 | 22562,7 | 21752,4 | 22462,8 | 22673,7 | 22873,5 | 22562,7 | 22818,0 | 22029,9 | 21674,7 | 22029,9 | 22207,5 | 22207,5 | 22207,5 | 22207,5 | 22207,5 | 22562,7 | 22385,1 | 22385,1 | 22740,3 | 23095,5 | 23095,5 | 23073,3 | 19976,4 | 22562,7 | 23250,9 | 22995,6 | 23250,9 | 23095,5 |  |  |  |
| 09:00 | 21930,0 | 22618,2 | 22718,1 | 22362,9 | 22640,4 | 22640,4 | 22640,4 | 22462,8 | 2362,9  | 21674,7 | 21752,4 | 22207,5 | 22695,9 | 22207,5 | 22207,5 | 22207,5 | 22285,2 | 22462,8 | 22951,2 | 22718,1 | 22562,7 | 22995,6 | 23406,3 | 23250,9 | 19976,4 | 22718,1 | 22995,6 | 23173,2 | 23250,9 | 23173,2 |  |  |  |
| 09:30 | 22784,7 | 22596,0 | 23572,8 | 23295,3 | 22773,6 | 22829,1 | 22818,0 | 23417,4 | 23361,9 | 22884,6 | 22451,7 | 22374,0 | 22185,3 | 22829,1 | 22518,3 | 23062,2 | 23062,2 | 22951,2 | 23417,4 | 23006,7 | 22562,7 | 23561,7 | 23950,2 | 23184,3 | 20054,1 | 22540,5 | 22995,6 | 23928,0 | 24338,7 | 23928,0 |  |  |  |
| 10:00 | 23839,2 | 22673,7 | 24138,9 | 23606,1 | 23550,6 | 23528,4 | 23051,1 | 23706,0 | 23805,9 | 23683,8 | 22662,6 | 21730,2 | 22285,2 | 23062,2 | 22984,5 | 23273,1 | 23817,0 | 23650,5 | 24039,0 | 23262,0 | 22640,4 | 23850,3 | 24338,7 | 24138,9 | 20131,8 | 23073,3 | 23250,9 | 24349,8 | 24571,8 | 24571,8 |  |  |  |
| 10:30 | 23661,6 | 23217,6 | 24039,0 | 23606,1 | 23395,2 | 22984,5 | 22873,5 | 23805,9 | 23395,2 | 23428,5 | 22152,0 | 21141,9 | 22185,3 | 22884,6 | 22418,4 | 23528,4 | 23994,6 | 24582,9 | 24727,1 | 23495,1 | 22640,4 | 23151,0 | 24727,2 | 23650,5 | 20131,8 | 23151,0 | 22995,6 | 24194,4 | 24494,1 | 23850,3 |  |  |  |
| 11:00 | 23994,6 | 23606,1 | 23805,9 | 23428,5 | 23217,6 | 22962,3 | 22973,4 | 23939,1 | 23805,9 | 23273,1 | 22152,0 | 21452,7 | 22207,5 | 23139,9 | 23262,9 | 23350,8 | 23530,4 | 24505,2 | 23883,6 | 23883,6 | 22640,4 | 24416,4 | 24316,5 | 24549,6 | 20054,1 | 23073,3 | 22917,9 | 24116,7 | 23872,5 | 24316,5 |  |  |  |
| 11:30 | 23817,0 | 23961,3 | 24039,0 | 24216,6 | 23339,7 | 23373,0 | 22695,9 | 23783,7 | 23961,3 | 23683,8 | 22618,2 | 20675,7 | 22029,9 | 23295,3 | 23583,9 | 23062,2 | 22329,6 | 23961,3 | 23550,6 | 24194,4 | 22640,4 | 23772,6 | 24494,1 | 24116,7 | 20054,1 | 23151,0 | 22917,9 | 24016,8 | 24416,4 | 24494,1 |  |  |  |
| 12:00 | 23839,2 | 24216,6 | 24116,7 | 23262,0 | 23317,5 | 23528,4 | 23051,1 | 23728,2 | 23339,7 | 23583,9 | 22873,5 | 21452,7 | 22029,9 | 24072,3 | 23606,1 | 22263,0 | 22618,2 | 23472,9 | 23883,6 | 23006,7 | 22995,6 | 23228,7 | 24727,2 | 24039,0 | 20131,8 | 23151,0 | 22917,9 | 24116,7 | 24416,4 | 23539,5 |  |  |  |
| 12:30 | 23839,2 | 24527,4 | 23805,9 | 23983,5 | 23295,3 | 23428,5 | 22718,1 | 23861,4 | 23783,7 | 23583,9 | 22540,5 | 20931,0 | 22207,5 | 23550,6 | 23606,1 | 22362,9 | 22718,1 | 23495,1 | 23861,4 | 23961,3 | 23173,2 | 23151,0 | 24494,1 | 23417,4 | 20131,8 | 23073,3 | 22995,6 | 23961,3 | 24649,5 | 24083,4 |  |  |  |
| 13:00 | 22984,5 | 23672,7 | 23828,1 | 24039,0 | 23239,8 | 23062,2 | 23051,1 | 23961,3 | 23883,6 | 23450,7 | 22618,2 | 21141,9 | 22207,5 | 23373,0 | 23683,8 | 22285,2 | 22740,3 | 23650,5 | 23728,2 | 23961,3 | 23250,9 | 23717,1 | 24261,0 | 23650,5 | 20131,8 | 23328,6 | 22917,9 | 23883,6 | 24338,7 | 24649,5 |  |  |  |
| 13:30 | 24072,3 | 24116,7 | 24116,7 | 23728,2 | 23628,3 | 22651,5 | 22895,7 | 22984,5 | 24272,1 | 23062,2 | 22640,4 | 20775,6 | 22029,9 | 23073,3 | 23428,5 | 23583,9 | 23428,5 | 23184,3 | 23495,1 | 23805,9 | 22995,6 | 23228,7 | 24338,7 | 24116,7 | 20209,5 | 23073,3 | 23095,5 | 23706,0 | 24649,5 | 24649,5 |  |  |  |
| 14:00 | 23739,3 | 24138,9 | 23805,9 | 23728,2 | 23217,6 | 22729,2 | 22718,1 | 22984,5 | 23805,9 | 23839,2 | 22695,9 | 20908,8 | 22029,9 | 23217,6 | 23606,1 | 23117,7 | 23606,1 | 23262,0 | 23783,7 | 23262,0 | 23173,2 | 23639,4 | 24261,0 | 23339,7 | 20131,8 | 23151,0 | 23095,5 | 23650,5 | 24571,8 | 24394,2 |  |  |  |
| 14:30 | 23972,4 | 24294,3 | 23073,3 | 23805,9 | 23173,2 | 23450,7 | 22795,8 | 22962,3 | 23805,  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |  |

Таблиця А.20. – Споживання реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВАр·год

|       | Число |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 28    | 29    | 30    |
| 00:30 | 4 433 | 3 389 | 4 040 | 4 534 | 3 883 | 3 703 | 3 603 | 3 962 | 3 703 | 3 883 | 3 255 | 3 748 | 3 883 | 4 063 | 3 905 | 4 040 | 4 141 | 3 962 | 3 569 | 4 040 | 3 569 | 3 861 | 3 703 | 3 569 | 2 918 | 2 559 | 2 997 | 3 647 | 4 040 | 3 939 |
| 01:00 | 4 612 | 3 569 | 3 917 | 4 534 | 3 389 | 3 232 | 3 445 | 3 883 | 3 625 | 3 883 | 3 569 | 3 748 | 3 647 | 3 984 | 3 726 | 4 063 | 3 962 | 3 962 | 3 468 | 3 962 | 3 782 | 3 782 | 3 681 | 3 647 | 2 739 | 2 638 | 2 997 | 3 827 | 3 782 | 3 939 |
| 01:30 | 4 612 | 3 333 | 4 433 | 4 534 | 3 703 | 3 703 | 4 040 | 3 962 | 3 962 | 3 883 | 3 748 | 3 748 | 3 647 | 3 883 | 4 063 | 3 883 | 4 220 | 3 962 | 3 726 | 3 962 | 3 883 | 3 782 | 3 703 | 3 468 | 2 817 | 2 739 | 2 997 | 3 569 | 4 040 | 4 018 |
| 02:00 | 4 040 | 3 255 | 4 175 | 4 354 | 3 984 | 3 883 | 4 040 | 3 962 | 3 883 | 3 782 | 3 905 | 3 748 | 3 647 | 4 141 | 3 962 | 3 883 | 4 141 | 4 220 | 3 962 | 3 883 | 3 625 | 3 726 | 3 703 | 3 569 | 2 739 | 2 559 | 3 098 | 3 333 | 3 861 | 4 040 |
| 02:30 | 3 939 | 2 997 | 3 603 | 4 455 | 3 782 | 4 141 | 3 782 | 4 063 | 4 040 | 3 962 | 4 006 | 3 748 | 3 569 | 3 984 | 4 063 | 3 883 | 3 984 | 4 040 | 3 962 | 3 804 | 3 333 | 3 861 | 3 524 | 3 647 | 2 739 | 2 739 | 2 997 | 3 356 | 3 861 | 3 939 |
| 03:00 | 4 298 | 4 096 | 4 197 | 4 534 | 3 804 | 3 962 | 3 603 | 3 703 | 4 063 | 3 861 | 4 006 | 3 905 | 3 490 | 4 063 | 3 861 | 4 141 | 4 399 | 3 962 | 3 703 | 3 883 | 3 075 | 3 861 | 3 782 | 3 782 | 2 503 | 2 638 | 3 176 | 2 862 | 4 119 | 4 040 |
| 03:30 | 4 433 | 4 433 | 4 354 | 4 354 | 3 625 | 3 962 | 3 703 | 3 782 | 4 141 | 4 040 | 3 905 | 3 827 | 3 468 | 4 220 | 3 468 | 4 040 | 4 220 | 3 962 | 3 962 | 3 804 | 3 098 | 3 647 | 3 782 | 3 962 | 2 761 | 2 739 | 3 176 | 2 941 | 3 939 | 3 546 |
| 04:00 | 4 377 | 4 433 | 4 354 | 4 354 | 3 445 | 3 782 | 3 962 | 3 962 | 4 141 | 3 962 | 4 006 | 3 670 | 3 647 | 4 063 | 3 603 | 3 962 | 4 040 | 4 040 | 3 962 | 4 063 | 3 176 | 3 861 | 3 861 | 3 883 | 2 817 | 2 559 | 3 176 | 3 199 | 4 018 | 4 018 |
| 04:30 | 4 074 | 4 433 | 3 816 | 4 175 | 3 266 | 3 804 | 3 782 | 4 063 | 3 962 | 3 703 | 4 085 | 3 490 | 3 905 | 3 984 | 3 703 | 4 141 | 4 321 | 3 827 | 3 962 | 3 883 | 3 176 | 3 962 | 3 703 | 3 962 | 2 739 | 2 817 | 3 176 | 4 119 | 4 040 | 4 197 |
| 05:00 | 3 861 | 4 175 | 4 074 | 4 354 | 3 703 | 3 962 | 3 703 | 3 748 | 4 063 | 4 040 | 4 006 | 3 748 | 3 569 | 3 883 | 3 625 | 3 883 | 4 220 | 3 962 | 3 861 | 4 141 | 3 255 | 4 040 | 3 861 | 3 861 | 2 918 | 2 559 | 3 098 | 4 220 | 4 040 | 3 861 |
| 05:30 | 3 748 | 4 332 | 4 074 | 4 534 | 3 804 | 3 782 | 3 546 | 3 490 | 3 883 | 4 040 | 3 827 | 3 569 | 3 883 | 4 220 | 3 524 | 4 141 | 4 399 | 3 490 | 3 883 | 3 883 | 4 063 | 3 804 | 3 468 | 4 040 | 2 817 | 2 739 | 3 176 | 4 220 | 4 197 | 3 861 |
| 06:00 | 4 220 | 4 433 | 4 253 | 4 534 | 3 962 | 3 703 | 4 040 | 3 984 | 3 883 | 3 782 | 4 085 | 3 827 | 4 141 | 3 962 | 3 782 | 3 883 | 4 141 | 3 176 | 3 883 | 3 804 | 3 883 | 3 883 | 3 962 | 3 883 | 2 918 | 2 817 | 2 997 | 4 040 | 3 939 | 3 883 |
| 06:30 | 3 771 | 3 647 | 4 074 | 4 534 | 3 367 | 3 703 | 3 782 | 3 962 | 4 141 | 3 883 | 3 928 | 3 726 | 3 883 | 3 356 | 3 569 | 4 063 | 3 535 | 3 176 | 3 883 | 3 883 | 3 804 | 3 703 | 4 040 | 3 703 | 2 817 | 2 559 | 3 176 | 4 298 | 4 197 | 3 939 |
| 07:00 | 3 939 | 3 412 | 3 995 | 4 354 | 3 266 | 3 962 | 3 782 | 3 782 | 3 468 | 3 625 | 3 928 | 3 827 | 3 962 | 3 098 | 3 726 | 3 883 | 3 199 | 3 176 | 3 625 | 3 883 | 3 625 | 3 962 | 3 861 | 3 546 | 2 559 | 2 559 | 2 918 | 4 040 | 4 119 | 3 861 |
| 07:30 | 4 433 | 3 075 | 4 175 | 4 175 | 3 266 | 3 625 | 3 782 | 3 782 | 3 389 | 3 883 | 4 006 | 3 412 | 3 311 | 3 176 | 3 782 | 3 199 | 3 221 | 3 255 | 2 918 | 3 804 | 3 569 | 3 861 | 3 804 | 3 782 | 2 559 | 2 503 | 2 997 | 4 298 | 4 119 | 3 176 |
| 08:00 | 4 197 | 2 862 | 3 603 | 3 333 | 2 795 | 3 389 | 3 389 | 3 569 | 3 412 | 3 232 | 3 692 | 2 862 | 3 333 | 2 941 | 3 412 | 3 042 | 3 042 | 2 941 | 2 682 | 3 019 | 2 682 | 3 546 | 2 941 | 3 131 | 2 402 | 2 503 | 3 176 | 3 647 | 3 255 | 2 761 |
| 08:30 | 3 042 | 2 682 | 2 402 | 2 862 | 2 323 | 2 817 | 2 918 | 2 682 | 2 941 | 2 682 | 3 042 | 2 862 | 2 862 | 2 862 | 2 862 | 3 042 | 3 221 | 2 862 | 2 682 | 2 682 | 2 682 | 2 941 | 2 862 | 2 918 | 2 323 | 2 503 | 3 098 | 3 120 | 3 098 | 2 862 |
| 09:00 | 3 277 | 3 748 | 2 817 | 3 098 | 2 581 | 2 840 | 2 761 | 2 918 | 2 840 | 3 098 | 3 120 | 3 019 | 3 019 | 3 333 | 3 019 | 3 199 | 3 277 | 2 941 | 3 311 | 3 176 | 2 862 | 2 941 | 3 333 | 3 154 | 2 402 | 2 660 | 3 098 | 3 199 | 3 019 | 2 862 |
| 09:30 | 4 119 | 3 647 | 3 737 | 3 883 | 3 288 | 3 804 | 2 761 | 3 703 | 3 647 | 3 804 | 3 928 | 3 591 | 2 918 | 3 883 | 3 490 | 4 164 | 3 311 | 3 883 | 3 804 | 2 761 | 3 232 | 3 883 | 3 625 | 2 559 | 2 559 | 3 098 | 3 098 | 3 962 | 3 804 | 3 726 |
| 10:00 | 4 175 | 3 389 | 3 917 | 3 524 | 3 187 | 3 703 | 2 840 | 3 703 | 3 647 | 3 625 | 3 726 | 2 952 | 3 098 | 3 883 | 3 569 | 4 141 | 4 119 | 3 468 | 3 681 | 3 726 | 2 862 | 3 468 | 3 883 | 3 703 | 2 559 | 2 739 | 2 918 | 3 861 | 3 804 | 3 625 |
| 10:30 | 3 917 | 3 603 | 3 737 | 3 445 | 3 187 | 3 131 | 3 019 | 3 861 | 3 726 | 3 703 | 3 490 | 3 210 | 2 918 | 3 726 | 3 569 | 3 962 | 4 220 | 3 861 | 3 861 | 3 625 | 2 682 | 3 075 | 4 040 | 3 367 | 2 559 | 2 739 | 2 682 | 4 040 | 3 726 | 3 468 |
| 11:00 | 4 074 | 3 737 | 3 917 | 3 344 | 3 187 | 3 445 | 2 660 | 3 603 | 3 468 | 3 782 | 3 569 | 3 109 | 2 941 | 3 726 | 3 490 | 4 220 | 3 154 | 4 119 | 3 782 | 3 883 | 2 682 | 3 861 | 4 040 | 3 703 | 2 559 | 2 739 | 2 682 | 3 861 | 3 569 | 3 726 |
| 11:30 | 4 175 | 3 580 | 3 737 | 3 625 | 3 187 | 3 546 | 2 840 | 3 603 | 3 546 | 3 703 | 3 726 | 2 952 | 2 862 | 3 804 | 3 962 | 3 726 | 3 782 | 3 703 | 3 782 | 3 962 | 2 761 | 3 703 | 3 962 | 3 703 | 2 638 | 2 559 | 2 682 | 3 861 | 3 546 | 3 861 |
| 12:00 | 4 096 | 3 838 | 3 816 | 3 053 | 3 367 | 3 804 | 2 918 | 3 603 | 3 154 | 3 782 | 3 726 | 3 109 | 2 682 | 4 119 | 3 861 | 3 356 | 3 782 | 3 804 | 3 962 | 3 412 | 2 503 | 3 053 | 3 782 | 3 625 | 2 559 | 2 739 | 2 503 | 3 861 | 3 883 | 3 154 |
| 12:30 | 4 096 | 4 175 | 3 838 | 3 703 | 3 266 | 3 546 | 2 840 | 3 782 | 3 804 | 3 703 | 3 647 | 3 210 | 2 862 | 4 141 | 3 883 | 3 434 | 3 782 | 3 804 | 3 782 | 3 647 | 2 941 | 3 389 | 3 647 | 3 703 | 2 559 | 2 817 | 2 682 | 4 040 | 3 861 | 3 703 |
| 13:00 | 3 210 | 3 603 | 3 423 | 3 524 | 3 266 | 3 524 | 2 918 | 3 603 | 3 625 | 3 625 | 3 726 | 3 109 | 2 862 | 3 883 | 3 962 | 3 098 | 3 782 | 3 625 | 3 546 | 3 726 | 2 682 | 3 468 | 3 647 | 3 603 | 2 559 | 2 918 | 2 682 | 4 119 | 4 197 | 4 018 |
| 13:30 | 4 253 | 3 737 | 3 995 | 3 344 | 3 187 | 3 445 | 3 019 | 3 625 | 3 861 | 3 389 | 3 569 | 3 445 | 2 682 | 4 040 | 3 883 | 4 141 | 3 782 | 3 804 | 3 468 | 3 647 | 2 682 | 3 232 | 3 490 | 3 782 | 2 638 | 2 918 | 2 682 | 3 939 | 3 939 | 4 119 |
| 14:00 | 4 635 | 3 995 | 3 580 | 3 266 | 3 109 | 3 131 | 2 660 | 3 490 | 3 625 | 3 782 | 3 647 | 3 266 | 2 862 | 3 804 | 4 220 | 3 883 | 3 962 | 3 546 | 3 647 | 3 232 | 2 682 | 3 053 | 3 569 | 3 288 | 2 559 | 2 918 | 2 862 | 4 040 | 3 939 | 4 018 |
| 14:30 | 3 917 | 3 995 | 4 096 | 3 703 | 3 288 | 3 883 | 2 918 | 3 804 | 3 703 | 3 703 | 3 412 | 3 030 | 2 682 | 3 703 | 3 962 | 4 141 | 3 782 | 3 625 | 3 389 | 3 389 | 2 761 | 3 468 | 3 468 | 3 288 | 2 559 | 2 997 | 2 682 | 4 119 | 3 861 | 4 018 |
| 15:00 | 3 995 | 3 917 | 4 018 | 3 445 | 3 187 | 3 782 | 2 840 | 4 063 | 3 782 | 3 883 | 3 490 | 3 131 | 2 862 | 3 984 | 3 883 | 4 040 | 3 883 | 3 625 | 3 311 | 3 546 | 2 862 | 3 389 | 3 647 | 3 703 | 2 638 | 2 918 | 2 862 | 4 040 | 3 861 | 3 939 |
| 15:30 | 4 175 | 3 737 | 4 096 | 3 288 | 3 109 | 3 703 | 2 660 | 3 962 | 3 603 | 3 703 | 3 468 | 2 952 | 2 862 | 3 962 | 3 883 | 4 220 | 3 804 | 3 625 | 3 468 | 3 883 | 2 682 | 3 625 | 3 647 | 3 625 | 2 559 | 2 918 | 2 682 | 3 804 | 3 546 | 3 939 |
| 16:00 | 3 917 | 3 737 | 4 276 | 3 782 | 3 288 | 3 625 | 3 019 | 3 883 | 3 861 | 3 782 | 3 726 | 3 109 | 2 862 | 3 883 | 3     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Таблиця А.21. – Генерація реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВт·год

[illegible]

Таблиця А.22. – Споживання активної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

| Час   | Число    |          |          |          |          |          |          |          |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
|       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9          | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       | 31       |  |  |
| 00:30 | 11670,24 | 10952,4  | 11575,68 | 11839,2  | 10682,4  | 11632,08 | 11080,32 | 12311,28 | 10661,52   | 11033,52 | 11169,6  | 12621,6  | 12819,6  | 10912,32 | 11612,64 | 12177,6  | 12302,4  | 12541,44 | 12223,44 | 12019,2  | 12313,2  | 11579,52 | 13136,64 | 12187,68 | 11781,6  | 11714,64 | 11770,8  | 11826    | 10649,04 | 11490,72 | 10779,84 |  |  |
| 01:00 | 12300,24 | 11412,48 | 11739,84 | 12107,76 | 10665,12 | 11382,24 | 10898,4  | 12485,52 | 10495,44   | 11747,52 | 11211,6  | 12567,6  | 12695,52 | 10984,32 | 11232,72 | 11089,44 | 12376,32 | 12205,44 | 12007,68 | 12284,4  | 12227,76 | 11317,92 | 12660,72 | 12185,28 | 11559,6  | 11890,8  | 11595,12 | 12857,04 | 10461,36 | 11068,8  | 11015,76 |  |  |
| 01:30 | 12258,24 | 11036,4  | 11741,76 | 12203,76 | 11045,52 | 11574,24 | 11586,24 | 12223,44 | 10789,44   | 11717,52 | 11295,6  | 12697,44 | 12305,52 | 10830,24 | 11307,12 | 11307,6  | 11796,48 | 12409,68 | 12082,56 | 12370,32 | 12022,32 | 12373,68 | 12896,64 | 11922,96 | 11613,6  | 11993,28 | 11657,52 | 12699,12 | 10567,44 | 10764,72 | 10835,76 |  |  |
| 02:00 | 11628,24 | 11066,4  | 11867,76 | 12275,76 | 11615,76 | 11364,24 | 11488,32 | 12653,52 | 11123,52   | 10867,44 | 11465,52 | 11729,52 | 12231,6  | 10830,24 | 11229,36 | 11507,52 | 12134,4  | 12386,16 | 12166,56 | 12044,4  | 12132,48 | 12247,68 | 12842,64 | 11742,96 | 11403,6  | 12191,76 | 11277,6  | 12857,04 | 10545,36 | 11109,36 | 10961,76 |  |  |
| 02:30 | 12458,16 | 10938,48 | 11698,76 | 12301,68 | 11562,24 | 11406,24 | 12046,32 | 12559,4  | 11399,52   | 11033,52 | 11211,6  | 12075,6  | 12569,52 | 11040,24 | 11889,36 | 11601,12 | 12596,4  | 12440,16 | 11832,48 | 12328,32 | 12122,4  | 12343,68 | 12440,64 | 11882,88 | 11559,6  | 11716,32 | 11810,64 | 12675,12 | 10483,44 | 10858,56 | 11045,76 |  |  |
| 03:00 | 12188,16 | 11666,4  | 11655,84 | 11939,76 | 11950,32 | 11490,24 | 11864,4  | 12181,44 | 11251,44   | 11551,44 | 11505,6  | 12401,52 | 12483,6  | 11066,4  | 11763,36 | 11307,12 | 12300,96 | 12132,24 | 11998,56 | 12466,32 | 11364,48 | 12035,76 | 12212,64 | 12285,12 | 11643,6  | 12186,48 | 11990,64 | 13109,04 | 10567,44 | 10772,64 | 10877,76 |  |  |
| 03:30 | 12550,32 | 11416,32 | 11447,76 | 12161,76 | 11354,16 | 11352,24 | 12046,32 | 12611,52 | 11293,44   | 11665,44 | 11295,6  | 12443,52 | 12569,52 | 11576,16 | 11647,44 | 11767,2  | 12493,2  | 12566,16 | 12072,48 | 12592,32 | 10958,4  | 12284,4  | 12158,64 | 12329,04 | 11697,6  | 11964,48 | 12148,56 | 12867,12 | 10819,44 | 10870,56 | 11969,76 |  |  |
| 04:00 | 12218,16 | 11526,48 | 11699,76 | 12751,68 | 11488,32 | 11310,24 | 11868,24 | 12428,16 | 11377,44   | 11247,84 | 11099,52 | 13001,52 | 11912,16 | 11500,32 | 11385,36 | 11389,2  | 12321,36 | 12468,24 | 11926,56 | 12380,4  | 12050,4  | 12282,48 | 12424,56 | 12551,04 | 11739,6  | 12312,48 | 12440,64 | 13065,12 | 10903,44 | 10928,64 | 12038,88 |  |  |
| 04:30 | 12256,32 | 11540,4  | 11519,76 | 12864,24 | 10860,24 | 11324,16 | 11908,32 | 12722,16 | 11513,52   | 11352,24 | 10959,6  | 12443,52 | 11878,32 | 11322,24 | 12088,32 | 12187,2  | 12510,24 | 12396,24 | 11748,48 | 12452,4  | 12246,48 | 12032,4  | 12420,72 | 12245,04 | 11475,6  | 12142,56 | 11938,56 | 12941,04 | 11605,92 | 11164,56 | 11690,88 |  |  |
| 05:00 | 12552,24 | 11498,4  | 11890,56 | 12564,48 | 11604,24 | 10984,32 | 11836,32 | 12174,24 | 11207,52   | 11186,16 | 10539,6  | 11969,52 | 11628,24 | 11418,24 | 11736,48 | 11697,12 | 12226,32 | 12090,24 | 11064,48 | 12372,24 | 12038,4  | 11834,4  | 12632,64 | 12257,04 | 11351,52 | 11904,48 | 11854,56 | 12363,12 | 11518,56 | 10732,56 | 11862,72 |  |  |
| 05:30 | 11890,32 | 11412,48 | 11724,48 | 12554,4  | 11058,24 | 10932,24 | 11782,32 | 12428,16 | 11485,44   | 11394,24 | 10761,6  | 12455,52 | 11490,24 | 11206,32 | 11452,56 | 11503,2  | 12162,24 | 12092,16 | 10990,56 | 11668,32 | 12078,48 | 11348,4  | 13092,72 | 12281,28 | 11313,84 | 11260,56 | 12020,64 | 11942,4  | 11538,48 | 11014,56 | 11478,96 |  |  |
| 06:00 | 11852,16 | 11194,32 | 11976,48 | 12606,48 | 10400,16 | 10778,16 | 11668,32 | 12510,24 | 11379,36   | 10796,16 | 10992    | 12067,44 | 11626,32 | 10778,16 | 11708,4  | 11643,12 | 12718,32 | 12194,16 | 10992,48 | 11406,24 | 12050,4  | 11416,32 | 12568,56 | 12013,2  | 11198,64 | 11126,4  | 12190,56 | 11762,4  | 11138,4  | 11026,56 | 11908,56 |  |  |
| 06:30 | 11892,24 | 11488,32 | 11756,4  | 12398,4  | 10638,24 | 10990,08 | 11826,24 | 12178,08 | 11343,6    | 11358    | 11334,24 | 12027,36 | 11712,24 | 10956,24 | 11234,4  | 11616,96 | 12354,2  | 12262,08 | 11046,48 | 12298,32 | 12082,32 | 11308,32 | 12252,72 | 12631,2  | 10610,64 | 11430,48 | 12274,56 | 11690,4  | 11390,4  | 10776,48 | 11650,8  |  |  |
| 07:00 | 12006,24 | 11456,4  | 11810,4  | 12398,4  | 10356,24 | 11312,16 | 11922,24 | 12120,24 | 11498,16   | 11561,6  | 11238,24 | 12487,44 | 11616,24 | 11028,24 | 11726,4  | 11771,04 | 12426,24 | 11944,08 | 11180,4  | 11910,24 | 12082,32 | 11530,32 | 12132,48 | 12281,28 | 10748,64 | 11292,48 | 12106,56 | 11576,4  | 11190,48 | 11112,48 | 11442,72 |  |  |
| 07:30 | 11628,24 | 11294,16 | 11443,92 | 12072    | 10724,16 | 11408,16 | 11669,76 | 11849,76 | 11068,08   | 11652    | 11368,08 | 12023,52 | 11616,24 | 10890    | 11702,16 | 11478    | 12400,08 | 12166,08 | 11150,4  | 12180,48 | 11125,92 | 11413,44 | 11832,24 | 12379,2  | 10714,32 | 10890,24 | 12332,4  | 10942,08 | 11278,32 | 10610,4  | 11962,56 |  |  |
| 08:00 | 11605,92 | 10873,68 | 11243,52 | 12195,6  | 10828,32 | 11845,44 | 11407,44 | 11671,68 | 11455,68   | 11323,68 | 10677,6  | 12019,68 | 11590,08 | 10747,68 | 10875,6  | 11231,28 | 12627,36 | 12173,76 | 11360,4  | 11656,32 | 11167,44 | 11305,2  | 11548,32 | 12139,92 | 10845,6  | 10810,08 | 11866,56 | 11054,88 | 11123,76 | 10482,48 | 11536,32 |  |  |
| 08:30 | 10956,48 | 10647,6  | 9433,68  | 10596,96 | 10151,52 | 10935,36 | 10219,44 | 10931,04 | 10813,44   | 10647,84 | 10173,12 | 11010,24 | 11015,04 | 10195,92 | 10148,88 | 10001,28 | 11050,56 | 10928,64 | 10717,68 | 10786,32 | 9726,72  | 10678,56 | 10954,08 | 10956,96 | 10214,4  | 10721,76 | 10913,52 | 9833,76  | 10175,04 | 10273,2  | 10590    |  |  |
| 09:00 | 11178,48 | 10334,64 | 9198,96  | 9996,96  | 10058,64 | 10697,52 | 10718,4  | 11049,36 | 10654,08   | 10789,68 | 10327,92 | 10956,24 | 11030,4  | 10315,44 | 10022,4  | 10103,04 | 11058,24 | 10828,56 | 10688,64 | 10865,28 | 9759,36  | 11013,84 | 10898,64 | 10932,24 | 10229,76 | 9962,64  | 11178,96 | 9780,24  | 9930,24  | 10276,56 | 9948,72  |  |  |
| 09:30 | 11532,48 | 10666,32 | 9632,4   | 10460,88 | 10482,48 | 11017,44 | 11672,4  | 11394,96 | 11032,08   | 10791,12 | 10581,84 | 11784,96 | 11436,48 | 10417,68 | 10314,48 | 10185,12 | 11263,92 | 10982,64 | 10618,56 | 10799,28 | 10091,52 | 11406    | 11128,8  | 10832,4  | 10309,92 | 10212,72 | 11994,72 | 9938,64  | 10278,24 | 10896,96 | 10002,24 |  |  |
| 10:00 | 12020,4  | 11212,32 | 9804,24  | 10403,04 | 10490    | 11719,44 | 12104,4  | 11435,04 | 11120,4    | 11081,28 | 11094    | 12132,48 | 11206,56 | 10927,92 | 11112,48 | 10817,04 | 11860,08 | 11652,72 | 10690,56 | 10979,28 | 10573,92 | 11582,16 | 11876,64 | 11316,72 | 10353,84 | 11904,72 | 12568,8  | 10432,56 | 10296,24 | 11080,32 | 10370,16 |  |  |
| 10:30 | 12524,4  | 10941,12 | 9886,32  | 10709,04 | 11095,2  | 11663,52 | 11766,48 | 11717,04 | 10457,28   | 11703,12 | 11586    | 12456,48 | 10789,2  | 10990,32 | 11356,32 | 10843,2  | 11722,08 | 11346,72 | 10730,64 | 11641,2  | 11422,08 | 11677,68 | 11620,8  | 11464,8  | 10972,32 | 12182,88 | 12472,8  | 10272,72 | 11066,16 | 10936,32 | 10792,32 |  |  |
| 11:00 | 12772,56 | 10867,44 | 9418,56  | 10475,04 | 11431,2  | 11757,6  | 11947,2  | 11883,1  | 10859,28   | 11101,2  | 11592,24 | 12483,12 | 10971,6  | 11046,24 | 11992,56 | 10817,04 | 12238,56 | 11536,72 | 10564,56 | 11649,36 | 11410,08 | 11497,68 | 11447,04 | 11314,8  | 10596,24 | 12463,44 | 12444,72 | 10338,96 | 10539,12 | 11306,16 | 10820,32 |  |  |
| 11:30 | 12356,4  | 10881,36 | 9215,52  | 10655,04 | 10843,2  | 11581,44 | 11995,44 | 11765,28 | 10541,28   | 10473,12 | 11073,12 | 12387,6  | 10567,68 | 10868,16 | 11796,48 | 10764,96 | 11716,8  | 11494,8  | 10574,64 | 11807,28 | 11624,4  | 11623,68 | 11630,88 | 10276,8  | 10458,96 | 12339,36 | 12654,72 | 10212,96 | 9798,96  | 11032,08 | 10082,4  |  |  |
| 12:00 | 12581,04 | 10705,2  | 10313,76 | 10583,04 | 10801,2  | 11633,52 | 11855,52 | 11678,88 | 10305,12   | 10253,04 | 10902,96 | 12189,6  | 10735,68 | 10968    | 11560,56 | 10509,12 | 10916,88 | 11316,72 | 10607,04 | 11735,28 | 11954,16 | 11455,68 | 11538,72 | 10313,04 | 10502,88 | 12505,44 | 12349,2  | 10534,8  | 9824,64  | 11418,24 | 9404,64  |  |  |
| 12:30 | 12077,52 | 10894,8  | 10752,96 | 10670,4  | 9837,12  | 11899,44 | 11729,52 | 11614,56 | 10652,16</ |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |

Таблиця А.23. – Споживання реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      | 31      |  |  |
| 00:30 | 2632,32 | 1820,4  | 2742,48 | 2340,48 | 1600,3  | 2604,48 | 1694,4  | 2786,4  | 1778,4  | 1412,4  | 1790,4  | 2836,56 | 2786,4  | 2868,48 | 2690,4  | 2606,4  | 2778,24 | 2732,4  | 2636,4  | 2374,32 | 2514,24 | 1534,32 | 2680,32 | 1504,32 | 1470,48 | 2508,48 | 1678,56 | 2340,48 | 1638,48 | 2338,56 | 2338,56 |  |  |
| 01:00 | 2716,32 | 2534,4  | 2594,4  | 2594,4  | 1680,48 | 2522,4  | 1766,4  | 2648,4  | 1820,4  | 1820,4  | 1874,4  | 2840,4  | 2964,48 | 2962,56 | 2702,4  | 2366,4  | 2636,4  | 2552,4  | 2498,4  | 2456,4  | 2680,32 | 1978,32 | 2582,4  | 1516,32 | 1474,32 | 2412,48 | 1640,4  | 2730,48 | 1596,48 | 2004,48 | 2462,64 |  |  |
| 01:30 | 2448,48 | 2270,4  | 2550,48 | 2552,4  | 2298,48 | 2604,48 | 2702,4  | 2606,4  | 1788,48 | 1830,48 | 1830,48 | 2838,48 | 2700,48 | 2784,48 | 2688,48 | 2356,32 | 2554,32 | 2690,4  | 2594,4  | 2638,32 | 2638,32 | 2680,32 | 2646,48 | 664,32  | 1290,48 | 2410,56 | 1542,48 | 2506,56 | 1596,48 | 1834,56 | 2466,48 |  |  |
| 02:00 | 2042,4  | 2534,4  | 2692,32 | 2688,48 | 2466,48 | 2394,48 | 2436,48 | 2742,48 | 1776,48 | 1202,4  | 1874,4  | 2376,48 | 2754,48 | 2966,4  | 2240,4  | 2742,48 | 2692,32 | 2636,4  | 2498,4  | 2542,32 | 2820,24 | 2638,32 | 2542,32 | 662,4   | 1470,48 | 2410,56 | 1208,4  | 2604,48 | 1776,48 | 1876,56 | 2518,56 |  |  |
| 02:30 | 2536,32 | 2326,32 | 2732,4  | 2342,4  | 2604,48 | 2564,4  | 2688,48 | 2690,4  | 1780,32 | 1316,4  | 1526,4  | 2714,4  | 2882,4  | 2826,48 | 2776,32 | 2646,48 | 2638,32 | 2552,4  | 2498,4  | 2636,4  | 2874,24 | 2680,32 | 2636,4  | 926,4   | 1334,4  | 2510,4  | 1764,48 | 2548,56 | 1692,48 | 1918,56 | 2508,48 |  |  |
| 03:00 | 2714,4  | 2618,4  | 2510,4  | 2508,48 | 2648,4  | 2604,48 | 2648,4  | 2576,4  | 1776,48 | 1568,4  | 1876,32 | 2798,4  | 2742,48 | 2924,4  | 2826,48 | 2480,4  | 2736,24 | 2734,32 | 2384,4  | 2724,24 | 2232,24 | 2640,24 | 2456,4  | 1294,32 | 1334,4  | 2410,56 | 2172,48 | 2648,4  | 1732,56 | 1920,48 | 2506,56 |  |  |
| 03:30 | 2756,4  | 2714,4  | 2690,4  | 2646,48 | 2562,48 | 2648,4  | 2690,4  | 2746,32 | 1778,4  | 1694,4  | 1440,48 | 2880,48 | 2882,4  | 2786,4  | 2522,4  | 2786,4  | 2678,4  | 2596,32 | 2292,24 | 2542,32 | 1824,24 | 2680,32 | 2550,48 | 1556,4  | 1470,48 | 2412,48 | 2520,48 | 2550,48 | 1818,48 | 2056,56 | 2506,56 |  |  |
| 04:00 | 2576,4  | 2574,48 | 2596,32 | 2678,4  | 2606,4  | 2438,4  | 2646,48 | 2646,48 | 1820,4  | 1538,4  | 1330,32 | 2924,4  | 2534,4  | 2672,4  | 2494,32 | 2648,4  | 2598,24 | 2638,32 | 2384,4  | 2680,32 | 2526,24 | 2584,32 | 2458,32 | 1600,32 | 1334,4  | 2454,48 | 2384,4  | 2686,56 | 2154,48 | 2086,56 | 2380,56 |  |  |
| 04:30 | 2716,32 | 2576,4  | 2606,4  | 2636,4  | 1880,4  | 2520,48 | 2690,4  | 2786,4  | 1916,4  | 1652,4  | 1664,4  | 2742,48 | 2208,48 | 2406,48 | 2870,4  | 2772,48 | 2678,4  | 2636,4  | 2540,4  | 2666,4  | 2860,32 | 2774,4  | 2594,4  | 1556,4  | 1374,48 | 2550,48 | 2478,48 | 2646,48 | 2646,48 | 2172,48 | 2370,48 |  |  |
| 05:00 | 2758,32 | 2576,4  | 2636,4  | 2594,4  | 2606,4  | 2604,48 | 2744,4  | 2704,32 | 1736,4  | 1652,4  | 1792,32 | 2840,4  | 1946,4  | 2548,32 | 2786,4  | 2742,48 | 2556,24 | 2480,4  | 2552,4  | 2680,32 | 2738,16 | 2526,24 | 2690,4  | 1462,32 | 1166,4  | 2466,48 | 2340,48 | 1962,48 | 2654,64 | 1958,64 | 2504,64 |  |  |
| 05:30 | 2264,4  | 2616,48 | 2690,4  | 2732,4  | 2088,48 | 2398,32 | 2690,4  | 2688,48 | 1914,48 | 1694,4  | 1872,48 | 2784,48 | 2114,4  | 2250,48 | 2828,4  | 2690,4  | 2456,4  | 2498,4  | 2290,32 | 2052,24 | 2818,32 | 1632,24 | 2676,48 | 1388,4  | 1332,48 | 2548,56 | 2478,48 | 1764,48 | 2700,48 | 2256,48 | 2172,48 |  |  |
| 06:00 | 2044,32 | 2578,32 | 2678,4  | 2636,4  | 1574,4  | 1680,48 | 2648,4  | 2788,32 | 1918,32 | 1346,4  | 2422,32 | 2702,4  | 2082,48 | 2250,48 | 2786,4  | 2788,32 | 2680,32 | 2542,32 | 2330,4  | 2134,32 | 2832,24 | 1726,32 | 2498,4  | 1014,24 | 1374,48 | 2412,48 | 2384,4  | 1808,4  | 2892,48 | 2126,64 | 2466,48 |  |  |
| 06:30 | 2380,32 | 2658,48 | 2734,32 | 2594,4  | 1416,48 | 1682,4  | 2646,48 | 2744,4  | 1872,48 | 1696,32 | 2618,4  | 2744,4  | 2334,48 | 2074,32 | 2534,4  | 2608,32 | 2638,3  | 2426,4  | 2260,32 | 2724,24 | 2860,32 | 1714,32 | 2300,4  | 1684,32 | 1294,32 | 2550,48 | 2478,48 | 1544,4  | 2754,48 | 2100,48 | 2424,48 |  |  |
| 07:00 | 2770,32 | 2578,32 | 2638,32 | 2690,4  | 1124,4  | 1724,4  | 2650,32 | 2648,4  | 1918,32 | 1482,48 | 2632,32 | 2786,4  | 2158,32 | 2166,48 | 2826,48 | 2966,4  | 2776,32 | 2332,32 | 1700,4  | 2458,32 | 2820,24 | 1674,24 | 2132,4  | 1600,32 | 1374,48 | 2550,48 | 2380,56 | 1890,48 | 2794,56 | 2298,48 | 2424,48 |  |  |
| 07:30 | 2350,32 | 2370,24 | 2734,32 | 2608,32 | 1906,32 | 1306,32 | 2786,4  | 2494,32 | 1780,32 | 1778,4  | 2758,32 | 2838,48 | 2922,48 | 1864,32 | 2776,32 | 2688,48 | 2636,4  | 2544,24 | 1660,32 | 2680,32 | 2822,16 | 1714,32 | 1754,4  | 1558,32 | 1428,48 | 2214,48 | 2524,32 | 1764,48 | 2852,4  | 1806,48 | 2426,4  |  |  |
| 08:00 | 1510,32 | 1824,24 | 2440,32 | 2426,4  | 1420,32 | 1680,48 | 2102,4  | 1556,4  | 1874,4  | 1444,32 | 1948,32 | 2196,48 | 1610,4  | 1598,4  | 2240,4  | 2410,32 | 2484,24 | 2302,32 | 1630,32 | 2008,32 | 2488,08 | 1392,24 | 1716,24 | 1292,4  | 1208,4  | 1868,4  | 1722,48 | 1600,32 | 2546,4  | 1302,48 | 2396,4  |  |  |
| 08:30 | 924,24  | 1374,24 | 1170,24 | 1224,24 | 1020,48 | 884,4   | 814,32  | 774,24  | 1106,4  | 674,4   | 1022,4  | 992,4   | 1104,48 | 1022,4  | 730,32  | 826,32  | 624,24  | 906,24  | 748,32  | 774,24  | 1260    | 586,08  | 610,32  | 760,32  | 594,24  | 1712,4  | 758,4   | 960,24  | 1344,24 | 1096,32 | 1180,32 |  |  |
| 09:00 | 824,4   | 830,16  | 814,32  | 678,24  | 756,48  | 588,48  | 1412,4  | 1056,24 | 1206,24 | 688,32  | 1360,32 | 1200,48 | 950,4   | 1248,24 | 910,32  | 634,32  | 540,24  | 498,24  | 790,32  | 622,32  | 1352,16 | 666,24  | 624,24  | 624,24  | 494,4   | 784,56  | 924,48  | 982,32  | 1284,48 | 1136,4  | 750,24  |  |  |
| 09:30 | 1846,32 | 1654,32 | 1308,24 | 1770,24 | 1374,48 | 800,4   | 2840,4  | 1684,32 | 1736,4  | 854,4   | 2002,32 | 2574,48 | 1694,4  | 1654,32 | 1358,4  | 782,4   | 1266,24 | 1242,24 | 1584,48 | 1040,4  | 2014,08 | 1760,16 | 652,32  | 1012,32 | 844,32  | 1332,48 | 2170,56 | 1516,32 | 1888,32 | 2216,4  | 1178,4  |  |  |
| 10:00 | 1874,4  | 1822,32 | 1430,4  | 1724,4  | 1512,4  | 1634,64 | 2742,48 | 1736,4  | 1834,32 | 1222,32 | 2084,4  | 2446,56 | 1946,4  | 1904,4  | 2536,32 | 1304,4  | 1632,24 | 1670,4  | 1796,4  | 1166,4  | 2346,24 | 1630,32 | 1378,32 | 1500,48 | 956,4   | 2464,56 | 2478,48 | 1640,4  | 1916,4  | 2480,4  | 1588,32 |  |  |
| 10:30 | 2586,48 | 1958,4  | 1432,32 | 1682,4  | 1550,64 | 1594,56 | 2880,48 | 1682,4  | 1692,48 | 1724,4  | 2838,48 | 2656,56 | 1912,56 | 2114,4  | 2436,48 | 1608,48 | 2058,48 | 1544,4  | 1710,48 | 1670,4  | 2652,24 | 1588,32 | 1374,48 | 1502,4  | 1512,48 | 2546,64 | 2520,48 | 1332,48 | 2000,4  | 2510,4  | 1806,48 |  |  |
| 11:00 | 2756,4  | 1818,48 | 1138,32 | 1640,4  | 1596,48 | 1596,48 | 2742,48 | 1682,4  | 1734,48 | 1218,48 | 2702,4  | 2782,56 | 1818,48 | 1986,48 | 2824,56 | 1522,56 | 2262,24 | 1534,32 | 1848,48 | 1670,4  | 2680,32 | 1588,32 | 1376,4  | 1556,4  | 1512,48 | 2506,56 | 2338,56 | 1680,48 | 1786,56 | 2296,56 | 1710,48 |  |  |
| 11:30 | 2850,48 | 1680,48 | 1010,4  | 1680,48 | 1552,56 | 1540,56 | 2782,56 | 1776,48 | 1650,48 | 548,4   | 2448,48 | 2642,64 | 1732,56 | 2082,48 | 2868,48 | 1664,4  | 2268,48 | 1586,4  | 1752,48 | 1668,48 | 2806,32 | 1576,32 | 1196,4  | 746,4   | 1428,48 | 2504,64 | 2520,48 | 1470,48 | 1506,48 | 2088,48 | 1766,4  |  |  |
| 12:00 | 2754,48 | 1736,4  | 1376,4  | 1630,32 | 1594,56 | 1678,56 | 2616,48 | 1682,4  | 1398,48 | 546,48  | 2586,48 | 2740,56 | 1984,56 | 1988,4  | 2784,48 | 1470,48 | 1600,32 | 1630,32 | 1934,4  | 1670,4  | 2776,32 | 1628,4  | 1334,4  | 576,48  | 1470,48 | 2410,56 | 2380,56 | 1678,56 | 1568,4  | 2382,48 | 1344,48 |  |  |
| 12:30 | 2460,48 | 1682,4  | 1428,48 | 1638,48 | 1550,64 | 1720,56 | 2404,56 | 1638,48 | 1830,48 | 548,4   | 1862,4  | 2600,64 | 1858,56 | 2086,32 | 2604,48 | 1376,4  | 1514,4  | 1586,4  | 2508,48 | 1712,4  | 2734,32 | 1588,32 | 1084,32 | 588,48  | 1608,48 | 2548,56 | 2432,64 | 1640,4  | 1496,4  | 2340,48 | 1806,48 |  |  |
| 13:00 | 2670,48 | 1636,56 | 1304,4  | 2048,4  | 1596,48 | 2602,56 | 1902,48 | 1692,48 | 1832,4  | 864,48  | 2376,48 | 2642,64 | 1690,56 | 2084,4  | 2868,48 | 1502,4  | 1376,4  | 1532,4  | 2550,48 | 1712,4  | 2776,32 | 1490,4  | 1124,4  | 588,48  | 1470,48 | 2254,56 | 2424,48 | 1682,4  | 1788,48 | 2296,56 | 1542,48 |  |  |
| 13:30 | 2472,48 | 1684,32 | 672,48  | 2510,4  | 1592,64 | 2462,64 | 1806,48 | 1680,4  | 1608,48 | 642,48  | 2282,4  | 2656,56 | 2390,64 | 1998,48 | 2882,4  | 1294,32 | 1892,4  | 2164,32 | 2550,48 | 1584,4  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |

Таблиця А.24. – Генерація реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВтАр·год

|       | Число |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |        |     |     |     |     |     |  |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Час   | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26     | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |  |
| 00:30 | 390   | 348 | 360 | 612 | 486 | 486 | 444 | 540 | 264 | 624 | 708 | 528 | 444 | 96  | 486 | 432 | 432 | 558 | 444 | 306 | 486 | 84  | 444 | 138 | 516 | 696    | 192 | 360 | 612 | 528 |     |  |
| 01:00 | 486   | 486 | 444 | 516 | 486 | 540 | 402 | 612 | 318 | 624 | 696 | 528 | 360 | 192 | 486 | 486 | 516 | 474 | 558 | 390 | 444 | 528 | 264 | 306 | 318 | 558    | 570 | 402 | 444 | 666 | 474 |  |
| 01:30 | 432   | 444 | 360 | 528 | 528 | 444 | 582 | 570 | 348 | 708 | 750 | 444 | 444 | 192 | 390 | 390 | 570 | 516 | 558 | 516 | 306 | 528 | 360 | 210 | 138 | 516    | 612 | 348 | 390 | 612 | 570 |  |
| 02:00 | 570   | 390 | 360 | 474 | 486 | 486 | 402 | 528 | 516 | 624 | 612 | 486 | 360 | 192 | 390 | 486 | 474 | 570 | 462 | 516 | 306 | 444 | 306 | 264 | 234 | 516    | 570 | 486 | 486 | 570 | 528 |  |
| 02:30 | 390   | 444 | 306 | 432 | 624 | 390 | 444 | 432 | 432 | 708 | 612 | 486 | 444 | 180 | 444 | 390 | 474 | 336 | 474 | 474 | 402 | 528 | 402 | 294 | 138 | 558    | 570 | 612 | 486 | 612 | 432 |  |
| 03:00 | 486   | 444 | 402 | 390 | 444 | 486 | 348 | 528 | 528 | 528 | 570 | 486 | 360 | 318 | 390 | 486 | 432 | 516 | 420 | 516 | 264 | 444 | 222 | 348 | 276 | 420    | 654 | 402 | 348 | 570 | 444 |  |
| 03:30 | 390   | 444 | 264 | 390 | 444 | 444 | 402 | 432 | 432 | 624 | 528 | 486 | 360 | 264 | 390 | 528 | 432 | 432 | 516 | 390 | 264 | 444 | 306 | 306 | 234 | 516    | 516 | 486 | 486 | 612 | 348 |  |
| 04:00 | 390   | 306 | 402 | 432 | 528 | 486 | 444 | 432 | 474 | 624 | 570 | 444 | 360 | 180 | 348 | 390 | 390 | 474 | 168 | 348 | 210 | 486 | 222 | 294 | 138 | 378    | 612 | 444 | 486 | 570 | 402 |  |
| 04:30 | 444   | 444 | 306 | 348 | 486 | 486 | 306 | 486 | 432 | 666 | 570 | 444 | 360 | 318 | 486 | 486 | 432 | 516 | 264 | 348 | 402 | 390 | 402 | 306 | 234 | 516    | 474 | 444 | 390 | 654 | 444 |  |
| 05:00 | 348   | 402 | 360 | 348 | 582 | 402 | 402 | 432 | 432 | 528 | 456 | 486 | 360 | 222 | 348 | 486 | 432 | 474 | 126 | 390 | 306 | 432 | 222 | 252 | 138 | 462    | 612 | 486 | 528 | 570 | 348 |  |
| 05:30 | 348   | 348 | 402 | 390 | 528 | 348 | 402 | 528 | 432 | 708 | 402 | 444 | 360 | 180 | 390 | 390 | 390 | 516 | 222 | 252 | 306 | 444 | 264 | 252 | 276 | 222    | 516 | 402 | 528 | 612 | 444 |  |
| 06:00 | 444   | 444 | 264 | 486 | 444 | 402 | 306 | 432 | 474 | 708 | 360 | 486 | 264 | 276 | 348 | 486 | 432 | 516 | 264 | 348 | 264 | 348 | 402 | 264 | 318 | 264    | 570 | 402 | 390 | 654 | 306 |  |
| 06:30 | 390   | 306 | 306 | 390 | 486 | 402 | 402 | 528 | 432 | 570 | 306 | 528 | 360 | 180 | 390 | 390 | 474 | 474 | 222 | 348 | 306 | 486 | 222 | 210 | 180 | 168    | 516 | 360 | 486 | 570 | 306 |  |
| 07:00 | 306   | 360 | 264 | 390 | 306 | 444 | 306 | 474 | 432 | 708 | 360 | 486 | 318 | 276 | 486 | 390 | 474 | 294 | 378 | 252 | 264 | 486 | 402 | 252 | 276 | 264    | 516 | 402 | 348 | 570 | 360 |  |
| 07:30 | 348   | 264 | 264 | 432 | 444 | 390 | 402 | 486 | 570 | 708 | 402 | 390 | 360 | 222 | 390 | 390 | 294 | 432 | 432 | 306 | 192 | 444 | 264 | 348 | 264 | 138    | 516 | 444 | 444 | 666 | 348 |  |
| 08:00 | 222   | 222 | 348 | 432 | 360 | 528 | 264 | 486 | 432 | 570 | 486 | 444 | 276 | 318 | 348 | 528 | 390 | 432 | 432 | 210 | 96  | 348 | 360 | 252 | 276 | 96     | 474 | 348 | 264 | 486 | 126 |  |
| 08:30 | 222   | 180 | 264 | 306 | 306 | 558 | 84  | 390 | 420 | 624 | 402 | 348 | 180 | 222 | 348 | 390 | 390 | 294 | 336 | 210 | 168 | 402 | 306 | 348 | 222 | 0      | 432 | 264 | 264 | 570 | 222 |  |
| 09:00 | 168   | 42  | 306 | 264 | 402 | 486 | 264 | 486 | 432 | 486 | 306 | 264 | 180 | 222 | 348 | 432 | 252 | 294 | 294 | 210 | 306 | 306 | 222 | 486 | 360 | 96     | 210 | 348 | 390 | 612 | 0   |  |
| 09:30 | 348   | 264 | 264 | 390 | 444 | 432 | 264 | 528 | 432 | 444 | 402 | 486 | 264 | 306 | 486 | 432 | 474 | 474 | 138 | 252 | 264 | 276 | 264 | 528 | 276 | 42     | 348 | 402 | 486 | 612 | 96  |  |
| 10:00 | 402   | 360 | 264 | 390 | 486 | 528 | 360 | 528 | 390 | 666 | 402 | 528 | 234 | 222 | 348 | 570 | 390 | 378 | 222 | 348 | 360 | 276 | 444 | 486 | 222 | 276    | 444 | 444 | 486 | 750 | 96  |  |
| 10:30 | 348   | 264 | 306 | 474 | 612 | 612 | 432 | 624 | 168 | 528 | 498 | 528 | 192 | 180 | 390 | 528 | 474 | 432 | 180 | 348 | 138 | 414 | 402 | 486 | 402 | 264    | 348 | 306 | 390 | 654 | 138 |  |
| 11:00 | 444   | 360 | 222 | 528 | 750 | 666 | 402 | 486 | 306 | 708 | 444 | 582 | 234 | 222 | 444 | 624 | 336 | 390 | 264 | 390 | 96  | 234 | 444 | 528 | 444 | 318    | 444 | 402 | 486 | 654 | 96  |  |
| 11:30 | 348   | 306 | 360 | 516 | 444 | 570 | 348 | 624 | 348 | 624 | 360 | 528 | 288 | 222 | 444 | 390 | 474 | 336 | 348 | 348 | 234 | 276 | 264 | 318 | 486 | 222    | 348 | 348 | 390 | 612 | 96  |  |
| 12:00 | 390   | 402 | 306 | 528 | 528 | 708 | 264 | 570 | 264 | 570 | 444 | 528 | 192 | 180 | 390 | 624 | 84  | 432 | 402 | 348 | 264 | 276 | 318 | 234 | 264 | 486    | 444 | 402 | 516 | 654 | 192 |  |
| 12:30 | 444   | 306 | 306 | 306 | 276 | 612 | 402 | 528 | 348 | 612 | 402 | 528 | 192 | 180 | 444 | 390 | 222 | 294 | 390 | 390 | 306 | 276 | 264 | 138 | 276 | 349,92 | 432 | 402 | 474 | 474 | 96  |  |
| 13:00 | 348   | 402 | 444 | 348 | 318 | 654 | 264 | 528 | 210 | 624 | 444 | 528 | 234 | 84  | 348 | 390 | 126 | 432 | 306 | 390 | 402 | 318 | 360 | 276 | 222 | 444    | 570 | 348 | 558 | 570 | 96  |  |
| 13:30 | 390   | 402 | 390 | 486 | 456 | 654 | 348 | 666 | 348 | 708 | 498 | 582 | 96  | 138 | 486 | 390 | 222 | 336 | 222 | 528 | 306 | 414 | 444 | 348 | 276 | 138    | 348 | 306 | 516 | 360 | 96  |  |
| 14:00 | 486   | 348 | 486 | 432 | 318 | 750 | 360 | 570 | 486 | 612 | 444 | 528 | 276 | 180 | 444 | 474 | 264 | 378 | 138 | 432 | 402 | 276 | 264 | 486 | 318 | 234    | 444 | 306 | 612 | 402 | 96  |  |
| 14:30 | 390   | 402 | 474 | 486 | 318 | 612 | 306 | 612 | 348 | 750 | 360 | 528 | 192 | 318 | 486 | 474 | 222 | 294 | 138 | 528 | 402 | 192 | 444 | 402 | 276 | 234    | 348 | 252 | 696 | 540 | 192 |  |
| 15:00 | 486   | 402 | 570 | 486 | 414 | 612 | 360 | 612 | 348 | 708 | 498 | 666 | 192 | 222 | 486 | 570 | 222 | 336 | 138 | 558 | 402 | 234 | 402 | 402 | 180 | 372    | 444 | 252 | 558 | 486 | 96  |  |
| 15:30 | 432   | 306 | 222 | 486 | 318 | 654 | 402 | 708 | 348 | 570 | 444 | 582 | 234 | 348 | 528 | 474 | 222 | 378 | 264 | 612 | 360 | 234 | 222 | 348 | 180 | 498    | 486 | 336 | 654 | 486 | 96  |  |
| 16:00 | 486   | 402 | 276 | 666 | 582 | 708 | 360 | 432 | 348 | 456 | 444 | 486 | 192 | 306 | 612 | 474 | 126 | 378 | 390 | 600 | 306 | 234 | 306 | 402 | 84  | 414    | 348 | 210 | 558 | 528 | 96  |  |
| 16:30 | 432   | 348 | 360 | 570 | 612 | 696 | 444 | 348 | 210 | 540 | 360 | 582 | 96  | 264 | 570 | 516 | 180 | 378 | 390 | 516 | 402 | 180 | 360 | 192 | 222 | 594    | 318 | 294 | 654 | 528 | 138 |  |
| 17:00 | 570   | 486 | 222 | 528 | 708 | 750 | 444 | 348 | 348 | 444 | 444 | 528 | 234 | 390 | 612 | 474 | 222 | 378 | 432 | 558 | 444 | 138 | 306 | 138 | 378 | 414    | 96  | 444 | 516 | 474 | 306 |  |
| 17:30 | 486   | 444 | 360 | 570 | 612 | 612 | 402 | 306 | 348 | 540 | 486 | 528 | 234 | 348 | 612 | 570 | 126 | 474 | 390 | 558 | 402 | 96  | 210 | 138 | 336 | 456    | 192 | 486 | 516 | 474 | 444 |  |
| 18:00 | 432   | 390 | 222 | 624 | 708 | 612 | 402 | 348 | 348 | 498 | 444 | 528 | 192 | 390 | 708 | 474 | 180 | 516 | 390 | 486 | 402 | 180 | 444 | 138 | 336 | 552    | 138 | 486 | 474 | 432 | 306 |  |
| 18:30 | 486   | 486 | 276 | 486 | 570 | 612 | 360 | 348 | 348 | 444 | 444 | 486 | 234 | 486 | 696 | 432 | 180 | 378 | 444 | 432 | 402 | 234 | 306 | 234 | 474 | 456    | 192 | 486 | 654 | 474 | 306 |  |
| 19:00 | 486   | 444 | 390 | 666 | 666 | 612 | 444 | 528 | 264 | 540 | 498 | 444 | 234 | 348 | 570 | 474 | 42  | 642 | 390 | 444 | 402 | 138 | 222 | 96  | 336 | 552    | 192 | 444 | 474 | 432 | 348 |  |
|       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |        |     |     |     |     |     |  |

Таблиця А.25. – Споживання активної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК», кВт·год

| Час   | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      |         |
| 00:30 | 23758,2 | 23994,6 | 24940,2 | 23167,2 | 23285,4 | 23049   | 23758,2 | 24112,8 | 23876,4 | 23403,6 | 22930,8 | 23521,8 | 24349,2 | 24703,8 | 24112,8 | 22339,8 | 23876,4 | 26358,6 | 23876,4 | 27304,2 | 27186   | 26595   | 24349,2 | 25885,8 | 23876,4 | 26476,8 | 26713,2 | 25294,8 | 27422,4 | 27422,4 |         |
| 01:00 | 23994,6 | 23758,2 | 24585,6 | 23285,4 | 23403,6 | 23049   | 23994,6 | 23758,2 | 23758,2 | 23758,2 | 22812,6 | 23285,4 | 24822   | 24822   | 23521,8 | 23758,2 | 23876,4 | 26476,8 | 23994,6 | 27067,8 | 26949,6 | 26595   | 24231   | 26122,2 | 23876,4 | 26358,6 | 26949,6 | 25294,8 | 27186   | 27304,2 |         |
| 01:30 | 23876,4 | 24112,8 | 24940,2 | 23167,2 | 23285,4 | 22930,8 | 23876,4 | 24112,8 | 24112,8 | 23876,4 | 23049   | 23640   | 24703,8 | 24822   | 23521,8 | 23758,2 | 23403,6 | 24467,4 | 23994,6 | 27186   | 27067,8 | 26476,8 | 24467,4 | 24231   | 24112,8 | 26476,8 | 27067,8 | 24822   | 26949,6 | 27304,2 |         |
| 02:00 | 23758,2 | 23994,6 | 24585,6 | 23167,2 | 23521,8 | 23049   | 24231   | 23876,4 | 24112,8 | 23758,2 | 22694,4 | 23994,6 | 24703,8 | 24231   | 23403,6 | 23640   | 23876,4 | 24112,8 | 23994,6 | 27304,2 | 26831,4 | 26713,2 | 24231   | 23521,8 | 23994,6 | 26476,8 | 26831,4 | 24822   | 27186   | 27304,2 |         |
| 02:30 | 23758,2 | 24112,8 | 24703,8 | 23521,8 | 23285,4 | 22930,8 | 24112,8 | 24112,8 | 23758,2 | 23876,4 | 23049   | 24231   | 24940,2 | 24349,2 | 23758,2 | 23758,2 | 26358,6 | 23758,2 | 23758,2 | 24231   | 27186   | 26949,6 | 26713,2 | 24112,8 | 23521,8 | 23994,6 | 26476,8 | 26949,6 | 24703,8 | 27186   | 27540,6 |
| 03:00 | 23994,6 | 23876,4 | 24703,8 | 23521,8 | 23049   | 23049   | 23758,2 | 23876,4 | 23758,2 | 23758,2 | 22694,4 | 24112,8 | 24822   | 24349,2 | 23640   | 23640   | 26595   | 23876,4 | 23994,6 | 27304,2 | 27067,8 | 26949,6 | 24231   | 23521,8 | 24231   | 26240,4 | 26831,4 | 24585,6 | 27186   | 27186   |         |
| 03:30 | 23758,2 | 23876,4 | 24585,6 | 23285,4 | 23167,2 | 20212,2 | 23994,6 | 23876,4 | 23521,8 | 23994,6 | 22812,6 | 23876,4 | 24703,8 | 24231   | 24231   | 23521,8 | 26595   | 24467,4 | 24112,8 | 26122,2 | 26949,6 | 26713,2 | 24231   | 23640   | 24231   | 26476,8 | 26949,6 | 24822   | 27067,8 | 27422,4 |         |
| 04:00 | 23994,6 | 23994,6 | 24467,4 | 23285,4 | 23285,4 | 20094   | 23994,6 | 23640   | 23758,2 | 23758,2 | 22812,6 | 23994,6 | 24585,6 | 24467,4 | 24349,2 | 23521,8 | 26240,4 | 24231   | 24231   | 26122,2 | 26713,2 | 26831,4 | 23876,4 | 23521,8 | 24349,2 | 26358,6 | 27422,4 | 24585,6 | 27304,2 | 27540,6 |         |
| 04:30 | 23994,6 | 23994,6 | 24349,2 | 23285,4 | 23285,4 | 20094   | 24231   | 24231   | 23640   | 23521,8 | 22930,8 | 24112,8 | 22339,8 | 24231   | 24467,4 | 23758,2 | 26240,4 | 24231   | 23994,6 | 25294,8 | 26240,4 | 26949,6 | 24231   | 23640   | 23994,6 | 26240,4 | 27422,4 | 24703,8 | 25767,6 | 27304,2 |         |
| 05:00 | 23876,4 | 23994,6 | 24231   | 23285,4 | 23285,4 | 20212,2 | 23876,4 | 24467,4 | 23876,4 | 23403,6 | 22930,8 | 24112,8 | 21867   | 24467,4 | 24349,2 | 23521,8 | 26240,4 | 24231   | 24231   | 23521,8 | 26595   | 26713,2 | 23994,6 | 23758,2 | 23994,6 | 26358,6 | 27304,2 | 24585,6 | 25531,2 | 27540,6 |         |
| 05:30 | 23521,8 | 24112,8 | 24231   | 23285,4 | 23285,4 | 20330,4 | 23876,4 | 24231   | 23640   | 23640   | 22694,4 | 23876,4 | 21867   | 24349,2 | 24112,8 | 23521,8 | 26240,4 | 25767,6 | 24112,8 | 23640   | 26122,2 | 26358,6 | 23876,4 | 24231   | 23994,6 | 26476,8 | 24585,6 | 25294,8 | 27540,6 |         |         |
| 06:00 | 23876,4 | 23876,4 | 23994,6 | 23167,2 | 23167,2 | 23876,4 | 23758,2 | 24231   | 23994,6 | 23285,4 | 23167,2 | 24822   | 21867   | 24585,6 | 24112,8 | 23285,4 | 26358,6 | 26240,4 | 23994,6 | 23758,2 | 26240,4 | 26476,8 | 23876,4 | 23994,6 | 24467,4 | 26476,8 | 24703,8 | 24585,6 | 25413   | 27777   |         |
| 06:30 | 23876,4 | 23876,4 | 24467,4 | 23167,2 | 24703,8 | 24231   | 23876,4 | 24112,8 | 24231   | 23403,6 | 22930,8 | 25058,4 | 23403,6 | 24703,8 | 24231   | 23521,8 | 26240,4 | 26122,2 | 24349,2 | 24467,4 | 26595   | 26595   | 23876,4 | 24112,8 | 24231   | 26358,6 | 24585,6 | 24940,2 | 26240,4 | 27658,8 |         |
| 07:00 | 23403,6 | 23994,6 | 23640   | 23049   | 24585,6 | 24231   | 23876,4 | 23758,2 | 23876,4 | 23403,6 | 23049   | 24940,2 | 24940,2 | 24585,6 | 24112,8 | 23521,8 | 26358,6 | 26240,4 | 24231   | 25885,8 | 26831,4 | 26595   | 23758,2 | 24112,8 | 24349,2 | 26358,6 | 24349,2 | 25058,4 | 27658,8 | 28131,6 |         |
| 07:30 | 23758,2 | 23876,4 | 23758,2 | 23403,6 | 25058,4 | 24349,2 | 23640   | 23758,2 | 23994,6 | 23403,6 | 22694,4 | 24822   | 24112,8 | 24349,2 | 24112,8 | 23285,4 | 26004   | 26122,2 | 23876,4 | 25767,6 | 26713,2 | 26949,6 | 23758,2 | 24112,8 | 24349,2 | 26240,4 | 24349,2 | 24703,8 | 27422,4 | 28013,4 |         |
| 08:00 | 23876,4 | 23994,6 | 23994,6 | 23285,4 | 24703,8 | 24231   | 23876,4 | 23758,2 | 23640   | 23521,8 | 22694,4 | 24467,4 | 23167,2 | 24231   | 23876,4 | 23521,8 | 26358,6 | 26122,2 | 23876,4 | 25413   | 26831,4 | 26476,8 | 23758,2 | 23876,4 | 24349,2 | 26240,4 | 24231   | 24585,6 | 27304,2 | 27777   |         |
| 08:30 | 23521,8 | 23994,6 | 24112,8 | 23521,8 | 24467,4 | 23994,6 | 23640   | 23758,2 | 23640   | 23285,4 | 22576,2 | 24585,6 | 20330,4 | 24231   | 23758,2 | 23521,8 | 26358,6 | 25885,8 | 23876,4 | 25649,4 | 26595   | 26476,8 | 23876,4 | 23994,6 | 23876,4 | 26476,8 | 24349,2 | 24467,4 | 27067,8 | 27540,6 |         |
| 09:00 | 23521,8 | 23876,4 | 23994,6 | 23876,4 | 24585,6 | 24231   | 23758,2 | 23640   | 23640   | 23521,8 | 22812,6 | 24585,6 | 21630,6 | 24112,8 | 23876,4 | 23758,2 | 26240,4 | 26004   | 23994,6 | 25531,2 | 26595   | 26476,8 | 23994,6 | 23994,6 | 24231   | 26122,2 | 24112,8 | 24349,2 | 27067,8 | 27540,6 |         |
| 09:30 | 23640   | 24349,2 | 23994,6 | 23521,8 | 24467,4 | 23994,6 | 23640   | 23758,2 | 23758,2 | 23521,8 | 22694,4 | 24703,8 | 21512,4 | 24112,8 | 24112,8 | 23640   | 26240,4 | 26004   | 24112,8 | 25885,8 | 26358,6 | 26595   | 23876,4 | 23521,8 | 23994,6 | 26476,8 | 24349,2 | 24231   | 26595   | 27540,6 |         |
| 10:00 | 23285,4 | 24231   | 24112,8 | 23640   | 24349,2 | 24112,8 | 23758,2 | 23758,2 | 23758,2 | 23403,6 | 23285,4 | 24703,8 | 21630,6 | 24112,8 | 23758,2 | 23521,8 | 26004   | 26004   | 24112,8 | 26713,2 | 26595   | 27422,4 | 23876,4 | 24112,8 | 24231   | 26122,2 | 24231   | 24231   | 26949,6 | 27422,4 |         |
| 10:30 | 23521,8 | 24231   | 23758,2 | 23403,6 | 24467,4 | 23876,4 | 23876,4 | 23640   | 23758,2 | 23285,4 | 23049   | 24822   | 21394,2 | 24231   | 23403,6 | 23640   | 25531,2 | 26004   | 24231   | 25649,4 | 26358,6 | 27186   | 23876,4 | 24112,8 | 25176,6 | 26476,8 | 24349,2 | 24112,8 | 26595   | 27422,4 |         |
| 11:00 | 23403,6 | 23994,6 | 23994,6 | 23521,8 | 24349,2 | 24112,8 | 23640   | 23994,6 | 23758,2 | 23403,6 | 23049   | 24940,2 | 21630,6 | 24112,8 | 23876,4 | 23758,2 | 24231   | 25885,8 | 24467,4 | 25531,2 | 26358,6 | 27540,6 | 23994,6 | 24112,8 | 26949,6 | 26240,4 | 24112,8 | 26831,4 | 27422,4 |         |         |
| 11:30 | 23285,4 | 23758,2 | 23758,2 | 23640   | 24703,8 | 24585,6 | 23285,4 | 23758,2 | 23640   | 23285,4 | 23049   | 24231   | 21630,6 | 24231   | 23758,2 | 23758,2 | 23758,2 | 26004   | 24585,6 | 25767,6 | 26713,2 | 26949,6 | 23758,2 | 23994,6 | 26831,4 | 26240,4 | 24349,2 | 23994,6 | 26595   | 27304,2 |         |
| 12:00 | 23640   | 23876,4 | 23876,4 | 23640   | 24349,2 | 24585,6 | 23876,4 | 23758,2 | 23758,2 | 23167,2 | 23049   | 23876,4 | 21394,2 | 24112,8 | 23994,6 | 23285,4 | 23876,4 | 26122,2 | 26595   | 25649,4 | 26595   | 26358,6 | 24112,8 | 24112,8 | 26831,4 | 26476,8 | 24349,2 | 23994,6 | 27067,8 | 27422,4 |         |
| 12:30 | 23758,2 | 24112,8 | 24112,8 | 23640   | 24349,2 | 24585,6 | 23876,4 | 23521,8 | 23640   | 23049   | 22930,8 | 23876,4 | 21748,8 | 24112,8 | 23758,2 | 22694,4 | 23521,8 | 25767,6 | 26476,8 | 25531,2 | 26949,6 | 26595   | 24112,8 | 23876,4 | 26831,4 | 26595   | 24112,8 | 23758,2 | 26831,4 | 27422,4 |         |
| 13:00 | 23403,6 | 23876,4 | 23640   | 23285,4 | 24231   | 24349,2 | 23876,4 | 23758,2 | 23521,8 | 21039,6 | 23167,2 | 22339,8 | 21394,2 | 24231   | 23758,2 | 23758,2 | 23876,4 | 26122,2 | 26122,2 | 25531,2 | 26831,4 | 26240,4 | 23876,4 | 24349,2 | 27067,8 | 26122,2 | 24703,8 | 24112,8 | 27067,8 | 27304,2 |         |
| 13:30 | 23640   | 23994,6 | 23994,6 | 23167,2 | 24349,2 | 24467,4 | 23640   | 23758,2 | 23521,8 | 20094   | 22812,6 | 20921,4 | 21512,4 | 24349,2 | 22103,4 | 23521,8 | 25294,8 | 25649,4 | 26476,8 | 25649,4 | 24940,2 | 26713,2 | 23876,4 | 23994,6 | 26949,6 | 26358,6 | 24822   | 24112,8 | 26831,4 | 27422,4 |         |
| 14:00 | 23167,2 | 23994,6 | 23758,2 | 23049   | 24467,4 | 23876,4 | 23403,6 | 2387    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

Таблиця А.26. – Споживання реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Час   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25    | 26    | 27     | 28     | 29     | 30     |
| 00:30 | 11 416 | 10 941 | 11 535 | 10 227 | 8 919  | 8 087  | 9 633  | 10 941 | 9 989  | 10 108 | 9 276  | 10 227 | 10 584 | 11 060 | 11 535 | 9 989  | 10 584 | 9 751  | 9 870  | 11 773 | 12 011 | 9 751  | 11 178 | 8 919  | 9 514 | 8 919 | 9 038  | 11 416 | 10 941 | 9 870  |
| 01:00 | 11 773 | 11 060 | 11 892 | 10 465 | 9 038  | 8 087  | 9 870  | 10 822 | 10 108 | 10 346 | 9 633  | 10 227 | 10 584 | 10 941 | 10 346 | 10 346 | 10 465 | 10 584 | 9 870  | 11 892 | 11 892 | 9 633  | 11 060 | 9 038  | 9 514 | 9 276 | 9 157  | 11 178 | 10 108 | 9 751  |
| 01:30 | 11 892 | 11 060 | 11 773 | 10 108 | 8 800  | 8 087  | 9 989  | 9 989  | 10 941 | 10 465 | 9 870  | 10 108 | 10 465 | 10 822 | 10 941 | 10 108 | 10 584 | 10 822 | 10 108 | 11 892 | 11 773 | 9 751  | 11 297 | 9 038  | 9 276 | 9 038 | 8 919  | 10 941 | 10 227 | 9 395  |
| 02:00 | 11 416 | 11 178 | 11 654 | 10 465 | 9 395  | 8 205  | 10 822 | 10 108 | 11 416 | 10 584 | 9 633  | 10 346 | 10 941 | 10 703 | 10 584 | 10 227 | 10 465 | 10 822 | 9 989  | 12 130 | 11 773 | 10 227 | 10 941 | 9 276  | 9 514 | 9 038 | 8 919  | 10 465 | 10 108 | 9 751  |
| 02:30 | 11 297 | 11 416 | 11 535 | 10 941 | 8 800  | 8 324  | 10 465 | 11 060 | 10 584 | 10 465 | 9 633  | 10 703 | 11 416 | 10 822 | 10 941 | 10 108 | 10 346 | 9 870  | 10 346 | 12 130 | 11 773 | 10 465 | 11 178 | 9 038  | 9 395 | 9 038 | 9 395  | 10 584 | 10 227 | 9 870  |
| 03:00 | 11 654 | 11 178 | 11 892 | 11 297 | 8 562  | 8 681  | 9 751  | 10 227 | 10 584 | 10 346 | 9 633  | 10 703 | 11 535 | 10 941 | 11 178 | 9 751  | 10 703 | 10 108 | 10 227 | 12 011 | 11 773 | 11 060 | 10 822 | 9 157  | 9 633 | 8 681 | 9 038  | 10 703 | 9 870  | 9 989  |
| 03:30 | 11 416 | 11 178 | 12 606 | 10 227 | 8 800  | 7 373  | 9 633  | 10 108 | 10 584 | 10 346 | 9 514  | 10 108 | 11 297 | 10 822 | 11 416 | 9 870  | 10 465 | 10 822 | 10 108 | 11 297 | 11 773 | 10 941 | 10 703 | 9 276  | 9 514 | 8 324 | 9 870  | 10 584 | 9 989  | 9 751  |
| 04:00 | 11 654 | 11 178 | 12 487 | 10 465 | 8 800  | 7 492  | 10 227 | 9 751  | 10 703 | 10 227 | 9 395  | 9 989  | 11 297 | 11 178 | 11 297 | 9 989  | 9 989  | 10 941 | 10 108 | 10 465 | 11 535 | 10 941 | 10 227 | 9 751  | 9 633 | 8 562 | 10 108 | 10 465 | 10 346 | 9 751  |
| 04:30 | 11 416 | 11 297 | 12 011 | 10 584 | 9 038  | 7 492  | 10 108 | 11 060 | 10 822 | 9 870  | 9 751  | 10 227 | 9 989  | 11 060 | 11 654 | 9 989  | 10 822 | 10 584 | 10 108 | 10 822 | 10 822 | 10 941 | 10 465 | 9 633  | 9 633 | 8 324 | 9 989  | 10 346 | 11 416 | 9 870  |
| 05:00 | 11 416 | 11 297 | 11 773 | 10 465 | 8 800  | 7 373  | 9 633  | 11 535 | 10 703 | 9 989  | 9 989  | 10 227 | 9 395  | 11 060 | 11 773 | 10 108 | 10 822 | 10 703 | 10 108 | 10 703 | 10 703 | 10 822 | 10 822 | 10 108 | 9 751 | 8 681 | 10 227 | 10 227 | 11 654 | 9 989  |
| 05:30 | 11 178 | 11 178 | 12 011 | 10 346 | 9 038  | 7 849  | 10 346 | 11 060 | 10 822 | 9 633  | 9 276  | 10 227 | 9 633  | 11 178 | 10 941 | 9 395  | 10 822 | 9 870  | 10 227 | 10 822 | 10 703 | 10 108 | 10 108 | 10 465 | 9 633 | 8 800 | 9 989  | 10 108 | 11 297 | 9 870  |
| 06:00 | 12 368 | 11 297 | 11 773 | 9 751  | 9 038  | 10 108 | 10 465 | 11 297 | 11 535 | 9 870  | 10 227 | 11 060 | 9 751  | 11 773 | 10 941 | 9 395  | 11 178 | 9 276  | 10 108 | 10 584 | 10 465 | 9 751  | 10 227 | 10 465 | 9 751 | 9 038 | 9 395  | 9 989  | 11 773 | 9 870  |
| 06:30 | 12 130 | 11 178 | 12 011 | 9 870  | 10 703 | 9 989  | 10 227 | 10 822 | 11 773 | 9 633  | 9 989  | 11 773 | 10 465 | 12 011 | 11 535 | 9 514  | 10 941 | 9 514  | 10 346 | 10 465 | 11 297 | 10 108 | 10 227 | 10 584 | 9 989 | 9 276 | 9 514  | 10 822 | 11 416 | 9 989  |
| 07:00 | 11 060 | 11 060 | 11 416 | 9 751  | 10 346 | 10 465 | 10 346 | 10 465 | 11 178 | 9 395  | 9 989  | 11 535 | 10 703 | 11 416 | 11 535 | 9 514  | 11 060 | 9 276  | 10 584 | 9 870  | 11 178 | 9 989  | 10 227 | 10 584 | 9 751 | 8 919 | 9 038  | 11 178 | 11 535 | 10 465 |
| 07:30 | 11 416 | 11 178 | 11 060 | 9 989  | 10 584 | 10 108 | 9 870  | 10 108 | 10 941 | 9 633  | 9 514  | 11 535 | 10 227 | 10 941 | 11 297 | 9 633  | 11 297 | 9 157  | 10 465 | 9 751  | 10 822 | 10 822 | 10 227 | 10 584 | 9 751 | 8 919 | 9 157  | 10 822 | 10 941 | 10 465 |
| 08:00 | 10 941 | 11 297 | 11 773 | 10 703 | 10 584 | 9 514  | 10 227 | 10 227 | 11 060 | 9 157  | 8 800  | 10 465 | 9 751  | 10 822 | 11 178 | 9 870  | 11 416 | 9 395  | 10 227 | 9 989  | 10 703 | 10 108 | 10 227 | 9 633  | 9 514 | 9 633 | 9 395  | 10 346 | 10 703 | 10 227 |
| 08:30 | 10 584 | 11 297 | 11 535 | 10 822 | 10 108 | 9 276  | 9 870  | 9 751  | 10 941 | 9 157  | 8 324  | 10 822 | 10 703 | 10 941 | 10 584 | 9 989  | 10 703 | 9 157  | 9 870  | 9 395  | 10 465 | 10 227 | 10 584 | 9 633  | 9 514 | 9 514 | 9 395  | 10 465 | 10 465 | 10 108 |
| 09:00 | 10 227 | 11 654 | 11 535 | 10 584 | 9 751  | 9 751  | 9 751  | 9 870  | 10 941 | 9 633  | 8 681  | 10 465 | 9 276  | 10 584 | 10 822 | 10 346 | 10 584 | 9 395  | 10 941 | 9 514  | 10 346 | 10 108 | 10 465 | 9 870  | 9 870 | 9 276 | 9 395  | 10 346 | 9 989  | 10 346 |
| 09:30 | 10 346 | 11 892 | 11 416 | 10 227 | 9 751  | 9 514  | 9 751  | 10 227 | 11 178 | 8 800  | 8 562  | 10 108 | 9 276  | 10 703 | 11 535 | 9 870  | 10 941 | 9 633  | 10 822 | 9 633  | 10 108 | 10 227 | 10 465 | 9 276  | 9 870 | 9 157 | 8 919  | 9 633  | 10 108 | 10 108 |
| 10:00 | 10 346 | 11 297 | 11 178 | 10 108 | 9 870  | 9 038  | 10 227 | 10 346 | 11 535 | 8 800  | 9 633  | 10 108 | 9 276  | 10 941 | 11 178 | 9 989  | 10 584 | 9 633  | 10 584 | 10 108 | 9 751  | 10 822 | 10 346 | 9 870  | 9 870 | 9 633 | 9 038  | 9 395  | 10 108 | 10 227 |
| 10:30 | 10 227 | 10 941 | 11 060 | 10 108 | 9 395  | 9 276  | 10 227 | 10 227 | 10 822 | 8 681  | 8 919  | 10 703 | 9 633  | 11 416 | 10 346 | 9 751  | 9 633  | 8 919  | 10 941 | 9 276  | 9 870  | 11 297 | 10 108 | 9 633  | 9 751 | 9 395 | 8 919  | 9 038  | 9 989  | 9 989  |
| 11:00 | 10 227 | 10 822 | 10 822 | 9 870  | 9 514  | 9 514  | 9 633  | 10 584 | 11 178 | 8 919  | 8 681  | 11 178 | 9 514  | 11 535 | 10 822 | 10 703 | 10 703 | 8 681  | 10 941 | 9 276  | 10 227 | 11 060 | 10 227 | 9 989  | 9 751 | 9 395 | 8 681  | 9 157  | 10 227 | 9 870  |
| 11:30 | 10 108 | 10 227 | 10 822 | 10 108 | 9 514  | 9 751  | 9 751  | 10 346 | 10 584 | 8 800  | 9 038  | 11 178 | 9 514  | 11 060 | 10 465 | 11 060 | 11 535 | 9 038  | 11 178 | 9 751  | 10 346 | 10 584 | 10 108 | 9 514  | 9 633 | 9 514 | 8 919  | 8 919  | 9 989  | 9 870  |
| 12:00 | 10 941 | 10 346 | 11 060 | 10 703 | 9 514  | 9 751  | 10 108 | 9 870  | 10 703 | 8 324  | 9 038  | 9 989  | 9 751  | 11 060 | 10 822 | 10 703 | 11 535 | 8 800  | 10 584 | 9 157  | 10 346 | 9 989  | 11 060 | 9 157  | 9 751 | 9 751 | 9 038  | 8 919  | 9 870  | 9 989  |
| 12:30 | 11 178 | 10 584 | 11 178 | 10 941 | 9 870  | 9 633  | 10 108 | 9 633  | 10 584 | 8 443  | 9 038  | 9 751  | 10 465 | 11 178 | 10 584 | 10 584 | 10 822 | 8 800  | 10 703 | 9 633  | 10 822 | 10 108 | 10 703 | 9 633  | 9 751 | 9 633 | 9 038  | 9 514  | 10 227 | 9 989  |
| 13:00 | 10 703 | 10 584 | 11 060 | 10 227 | 9 514  | 9 633  | 10 941 | 9 751  | 10 227 | 7 611  | 9 038  | 9 395  | 9 395  | 10 822 | 10 584 | 10 465 | 9 633  | 8 800  | 10 346 | 9 038  | 11 060 | 9 989  | 10 227 | 9 989  | 9 514 | 9 514 | 9 276  | 9 514  | 9 751  | 10 227 |
| 13:30 | 10 703 | 10 465 | 11 060 | 9 514  | 9 276  | 9 633  | 9 633  | 9 751  | 10 584 | 7 254  | 8 324  | 8 919  | 9 276  | 11 416 | 9 870  | 10 227 | 8 919  | 8 562  | 10 465 | 9 276  | 11 416 | 10 108 | 10 703 | 9 870  | 9 751 | 9 395 | 10 227 | 9 395  | 9 633  | 10 108 |
| 14:00 | 10 346 | 10 941 | 10 703 | 9 276  | 9 395  | 9 157  | 9 276  | 10 465 | 10 465 | 7 135  | 8 443  | 8 800  | 9 395  | 11 060 | 8 800  | 10 227 | 9 157  | 8 443  | 10 465 | 8 919  | 11 297 | 9 989  | 10 227 | 9 633  | 9 395 | 9 276 | 10 108 | 9 989  | 9 633  | 9 989  |
| 14:30 | 10 227 | 10 941 | 10 465 | 9 514  | 9 395  | 9 633  | 9 038  | 10 346 | 10 465 | 7 254  | 8 562  | 8 443  | 9 276  | 10 822 | 8 919  | 10 227 | 9 276  | 8 681  | 11 178 | 8 681  | 10 822 | 9 633  | 10 346 | 10 227 | 9 989 | 9 514 | 10 465 | 10 346 | 9 514  | 10 346 |
| 15:00 | 11 060 | 11 178 | 10 346 | 9 989  | 9 751  | 10 227 | 9 038  | 10 108 | 9 870  | 7 373  | 8 681  | 8 800  | 9 157  | 10 584 | 9 395  | 10 346 | 9 038  | 8 800  | 10 465 | 9 276  | 10 584 | 10 346 | 10 227 | 9 989  | 9 633 | 9 751 | 10     |        |        |        |

Таблиця А.27. – Генерація реактивної потужності за червень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

[illegible]

Таблиця А.28. – Споживання активної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВт·год

|       | Число   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|
| Час   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      | 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      | 31      |         |  |  |
| 00:30 | 26258,4 | 24115,2 | 26402,4 | 27444   | 26798,  | 26011,2 | 25106,4 | 19111,2 | 23767,2 | 25984,8 | 25629,6 | 25725,6 | 26203,2 | 25898,4 | 24487,2 | 26097,6 | 27264   | 26174,4 | 24364,8 | 26275,2 | 24890,4 | 25442,4 | 27494,4 | 24976,8 | 27388,8 | 26572,8 | 26292   | 25737,6 | 19617,6 | 26349,6 | 25996,8 |         |  |  |
| 01:00 | 26119,2 | 24525,6 | 26419,2 | 27556,8 | 26678,4 | 24300   | 25010,4 | 24398,4 | 23889,6 | 25396,8 | 25416   | 25886,4 | 26280   | 26076   | 24952,8 | 26443,2 | 26762,4 | 26251,2 | 24520,8 | 26301,6 | 25351,2 | 25735,2 | 27544,8 | 24948   | 27300   | 26666,4 | 26174,4 | 26704,8 | 19756,8 | 26292   | 25965,6 |         |  |  |
| 01:30 | 26208   | 25070,4 | 26028   | 26784   | 26978,4 | 25756,8 | 25706,4 | 24837,6 | 23959,2 | 26030,4 | 25953,6 | 26191,2 | 24876   | 26025,6 | 24787,2 | 26316   | 27069,6 | 26251,2 | 24576   | 25800   | 25490,4 | 24307,2 | 27434,4 | 23848,8 | 27235,2 | 26536,8 | 27127,2 | 26589,6 | 19749,6 | 26191,2 | 25413,6 |         |  |  |
| 02:00 | 26270,4 | 24494,4 | 26611,2 | 27876   | 27129,6 | 25516,8 | 25471,2 | 25802,4 | 24470,4 | 26114,4 | 25980   | 26277,6 | 26376   | 26064   | 24818,4 | 26707,2 | 26544   | 26224,8 | 24660   | 25917,6 | 25735,2 | 25178,4 | 27201,6 | 24837,6 | 25711,2 | 26884,8 | 27016,8 | 26678,4 | 22010,4 | 26241,6 | 24940,8 |         |  |  |
| 02:30 | 26366,4 | 24424,8 | 26596,8 | 28056   | 27132   | 25965,6 | 25771,2 | 25456,  | 25015,2 | 26080,8 | 26080,8 | 26397,6 | 26556   | 26088   | 24580,8 | 26510,4 | 26920,8 | 25920   | 21926,4 | 25903,2 | 25881,6 | 25296   | 27295,2 | 24871,2 | 26769,6 | 26978,4 | 26520   | 26832   | 25308   | 26316   | 25605,6 |         |  |  |
| 03:00 | 26448   | 24943,2 | 26548,8 | 28053,6 | 27055,2 | 24340,8 | 25936,8 | 25432,8 | 25128   | 25994,4 | 26126,4 | 26306,4 | 26433,6 | 25670,4 | 25029,6 | 25843,2 | 27100,8 | 25941,6 | 18859,2 | 25533,6 | 25432,8 | 25380   | 27230,4 | 24801,6 | 27357,6 | 26928   | 26354,4 | 27045,6 | 25168,8 | 26325,6 | 25682,4 |         |  |  |
| 03:30 | 26359,2 | 25185,6 | 26522,4 | 26570,4 | 27012   | 25795,2 | 26006,4 | 25615,2 | 25322,4 | 26018,4 | 26222,4 | 26344,8 | 26906,4 | 25658,4 | 25140   | 26606,4 | 26947,2 | 26044,8 | 18213,6 | 25922,4 | 25785,6 | 25526,4 | 26551,2 | 24878,4 | 27396   | 26908,8 | 26726,4 | 27117,6 | 25053,6 | 26414,4 | 25636,8 |         |  |  |
| 04:00 | 26436   | 25140   | 26479,2 | 27657,6 | 27146,4 | 24624   | 25360,8 | 26028   | 25526,4 | 26035,2 | 26107,2 | 26378,4 | 26889,6 | 26020,8 | 25322,4 | 26455,2 | 27048   | 25965,6 | 19185,6 | 25855,2 | 25804,8 | 25408,8 | 24859,2 | 27160,8 | 24859,2 | 27489,6 | 26392,8 | 26812,8 | 26935,2 | 25521,6 | 25272   | 25732,8 |  |  |
| 04:30 | 26616   | 25178,4 | 26524,8 | 28149,6 | 26856   | 19404   | 23678,4 | 26428,8 | 25569,6 | 26018,4 | 26004   | 26301,6 | 27009,6 | 26282,4 | 25471,2 | 26152,8 | 27122,4 | 25963,2 | 19236   | 25836   | 25804,8 | 25514,4 | 27204   | 24820,8 | 27542,4 | 27019,2 | 26827,2 | 26896,8 | 25579,2 | 26301,6 | 25728   |         |  |  |
| 05:00 | 26455,2 | 25154,4 | 26556   | 28048,8 | 26940   | 18364,8 | 23332,8 | 26222,4 | 25615,2 | 25999,2 | 26006,4 | 26373,6 | 27084   | 26128,8 | 25488   | 26054,4 | 27276   | 26056,8 | 22507,2 | 25804,8 | 27554,4 | 26023,2 | 26980,8 | 24948   | 27240   | 27026,4 | 26896,8 | 26935,2 | 25567,2 | 26258,4 | 25677,6 |         |  |  |
| 05:30 | 26608,8 | 25082,4 | 26484   | 27996   | 26995,2 | 17920,8 | 25334,4 | 25574,4 | 25166,4 | 25653,6 | 25812   | 26572,8 | 27144   | 25720,8 | 25137,6 | 25915,2 | 27213,6 | 25963,2 | 25396,8 | 25735,2 | 25720,8 | 26049,6 | 26642,4 | 24912   | 27196,8 | 27213,6 | 26954,4 | 27048   | 25552,8 | 26052   | 25908   |         |  |  |
| 06:00 | 26589,6 | 25212   | 26764,8 | 28034,4 | 25615,2 | 21307,2 | 25579,2 | 26138,4 | 25951,2 | 24931,2 | 25792,8 | 27235,2 | 27180   | 26143,2 | 25641,6 | 26119,2 | 27261,6 | 26052   | 25192,8 | 25759,2 | 25615,2 | 25960,8 | 26980,8 | 24916,8 | 27597,6 | 27004,8 | 26935,2 | 27028,8 | 25502,4 | 25992   | 25992   |         |  |  |
| 06:30 | 25310,4 | 25216,8 | 26594,4 | 27931,2 | 25442,4 | 25046,4 | 25936,8 | 26143,2 | 26330,4 | 25653,6 | 25574,4 | 27396   | 26930,4 | 26179,2 | 26035,2 | 26025,6 | 27218,  | 26481,6 | 25233,6 | 25917,6 | 25771,2 | 26568   | 27268,8 | 25058,4 | 27170,4 | 27004,8 | 26904   | 27199,2 | 25579,2 | 25821,6 | 25956   |         |  |  |
| 07:00 | 26268   | 25238,4 | 26692,8 | 27938,4 | 25404   | 25212   | 25980   | 25574,4 | 25941,6 | 25663,2 | 25881,6 | 27499,2 | 27304,8 | 26325,6 | 26260,8 | 26205,6 | 27314,4 | 25118,4 | 25780,8 | 25708,8 | 24876   | 26937,6 | 27148,8 | 24895,2 | 26664   | 26959,2 | 26764,8 | 27117,6 | 25651,2 | 26004   | 26078,4 |         |  |  |
| 07:30 | 26325,6 | 25339,2 | 26541,6 | 27696   | 25334,4 | 25060,8 | 25879,2 | 26109,6 | 26064   | 25634,4 | 25764   | 27477,6 | 27050,4 | 24280,8 | 26236,8 | 26020,8 | 27009,6 | 26011,2 | 25989,6 | 25809,6 | 25240,8 | 27252   | 26968,8 | 25108,8 | 26776,8 | 26990,4 | 26796   | 26390,4 | 25675,2 | 25831,2 | 25927,2 |         |  |  |
| 08:00 | 26080,8 | 25137,6 | 26474,4 | 27564   | 25207,2 | 25096,8 | 25394,4 | 26635,2 | 26270,4 | 25680   | 25713,6 | 27172,8 | 26836,8 | 25473,6 | 26114,4 | 25536   | 27175,2 | 25970,4 | 25816,8 | 26008,8 | 25382,4 | 27204   | 26752,8 | 24693,6 | 25680   | 27012   | 26532   | 25999,2 | 25670,4 | 25792,8 | 25975,2 |         |  |  |
| 08:30 | 26054,4 | 23824,8 | 26505,6 | 27180   | 25180,8 | 25334,4 | 25036,8 | 26512,8 | 26148   | 25788   | 25663,2 | 27268,8 | 26860,8 | 25730,4 | 25377,6 | 25377,6 | 27040,8 | 26116,8 | 25876,8 | 26248,8 | 25478,4 | 27045,6 | 26772   | 24763,2 | 27016,8 | 26985,6 | 26188,8 | 25898,4 | 25656   | 25778,4 | 25761,6 |         |  |  |
| 09:00 | 26056,8 | 24067,2 | 23529,6 | 26875,2 | 25288,8 | 25459,2 | 24672   | 26476,8 | 26064   | 25888,8 | 25694,4 | 27235,2 | 26858,4 | 25857,6 | 25824   | 25677,6 | 26731,2 | 26275,2 | 26061,6 | 25377,6 | 25581,6 | 27031,2 | 26925,6 | 25147,2 | 25329,6 | 26304   | 26148   | 25192,8 | 25593,6 | 25728   | 25701,6 |         |  |  |
| 09:30 | 25855,2 | 24148,8 | 19228,8 | 26700   | 25212   | 25612,8 | 24568,8 | 19346,4 | 20138,4 | 26044,8 | 25432,8 | 26781,6 | 26776,8 | 18345,6 | 24931,2 | 25908,8 | 26193,6 | 26277,6 | 25456,8 | 24441,6 | 18796,8 | 25696,8 | 27247,2 | 25140   | 26155,2 | 26097,6 | 26380,8 | 25411,2 | 25291,2 | 26020,8 | 25684,8 |         |  |  |
| 10:00 | 25972,8 | 23853,6 | 19250,4 | 26808   | 25372   | 25718,4 | 24628,8 | 18957,6 | 19653,6 | 26479,2 | 24840   | 24648   | 26388   | 15835,2 | 18864   | 26340   | 26148   | 26256   | 25848   | 24420   | 17426,4 | 25456,8 | 26966,4 | 25665,6 | 26712   | 25922,4 | 26712   | 23433,6 | 19236   | 19072,8 | 25855,2 |         |  |  |
| 10:30 | 25965,6 | 19425,6 | 19219,2 | 26764,8 | 25132,8 | 25620   | 24614,4 | 19036,8 | 19622,4 | 26450,4 | 24326,4 | 24595,2 | 26522,4 | 15945,6 | 18753,6 | 26692,8 | 25891,2 | 21040,8 | 25797,6 | 23061,6 | 17378,4 | 25670,4 | 27048   | 25898,4 | 27019,2 | 25936,8 | 26688   | 18345,6 | 19070,4 | 17920,8 | 24264   |         |  |  |
| 11:00 | 25984,8 | 18453,6 | 19269,6 | 26491,2 | 24993,6 | 25452   | 24556,8 | 18276   | 19660,8 | 26527,2 | 24782,4 | 23808   | 26493,6 | 17174,4 | 18758,4 | 26635,2 | 24768   | 18693,6 | 25972,8 | 23652   | 17421,6 | 22238,4 | 27079,2 | 26100   | 27019,2 | 25867,2 | 26904   | 18333,6 | 18988,8 | 19161,6 | 25576,8 |         |  |  |
| 11:30 | 26011,2 | 18609,6 | 19639,2 | 25780,8 | 23949,6 | 25483,2 | 24487,2 | 18914,4 | 19569,6 | 26738,4 | 24960   | 24556,8 | 26356,8 | 17640   | 18734,4 | 26421,6 | 24504   | 20997,6 | 26020,8 | 20452,8 | 17479,2 | 21861,2 | 27058,4 | 26565,6 | 27026,4 | 25648,8 | 26884,8 | 17932,8 | 18768   | 19560   | 25915,2 |         |  |  |
| 12:00 | 26080,8 | 19135,2 | 19608   | 25156,8 | 25442,4 | 25156,8 | 24537,6 | 19132,8 | 19761,6 | 26390,4 | 25024,8 | 25532   | 26344,8 | 18520,8 | 18736,8 | 27172,8 | 25828,8 | 24964,8 | 25994,4 | 21244,8 | 17601,6 | 27052,4 | 27057,6 | 27026,4 | 24998,4 | 26800,8 | 19017,6 | 18878,4 | 23144,4 | 25768,8 |         |         |  |  |
| 12:30 | 26088   | 18996   | 19502,4 | 25682,4 | 26918,4 | 25528,8 | 24372   | 19012,8 | 19668   | 26100   | 25075,2 | 25740   | 26179,2 | 18525,6 | 19324,8 | 27136,8 | 25771,2 | 26174,4 | 25812   | 25161,6 | 17568   | 19036,8 | 27060   | 26652   | 27057,6 | 25632   | 26714,4 | 18597,6 | 18861,6 | 25646,4 | 25742,4 |         |  |  |
| 13:00 | 26164,8 | 19171,2 | 19588,8 | 25651,2 | 26594,4 | 25694,4 | 24295,2 | 19164   | 19732,8 | 26095,2 | 25152   | 25804,8 | 26124   | 19087,2 | 20188,8 | 25852,8 | 25730,4 | 25994,4 | 24345,6 | 25557,6 | 17493,6 | 19900,8 | 27012   | 26563,2 | 26976   | 25713,6 | 26162,4 | 18871,2 | 18168   | 25828,8 | 25788   |         |  |  |
| 13:30 | 25807,2 | 19490,4 | 19598,4 | 25548   | 26863,2 | 25593,6 | 24333,6 | 19108,  | 20150,4 | 26176,8 | 24871,2 | 25401,6 | 26150,4 | 22564,8 | 20179,2 | 26820   | 25687,2 | 26294,4 | 24940   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |  |

Таблиця А.29. – Споживання реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |  |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| Час   | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22      | 23     | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     |  |  |
| 00:30 | 8925,6 | 8150,4 | 9040,8 | 9201,6 | 8544   | 8680,8 | 8205,6 | 6213,6 | 8169,6 | 8772   | 8582,4 | 8599,2 | 9240   | 8860,8 | 8424   | 9038,4 | 9326,4 | 9004,8 | 8001,6 | 8961,6 | 8952   | 9588    | 9576   | 8580   | 9328,8 | 9189,6 | 9708   | 8620,8 | 6453,6 | 9028,8 | 9314,4 |  |  |
| 01:00 | 8774,4 | 8450,4 | 9040,8 | 9259,2 | 8546,4 | 7483,2 | 8205,6 | 8059,2 | 8208   | 8306,4 | 8383,2 | 8419,2 | 9172,8 | 8844   | 8743,2 | 9153,6 | 8959,2 | 8966,4 | 8042,4 | 9048   | 9264   | 9789,6  | 9432   | 8520   | 9228   | 9144   | 9568,8 | 9165,6 | 6499,2 | 9033,6 | 9278,4 |  |  |
| 01:30 | 8788,8 | 8702,4 | 8920,8 | 8954,4 | 8678,4 | 8431,2 | 8443,2 | 8308,8 | 8272,8 | 8716,8 | 8647,2 | 8256   | 8352   | 8798,4 | 8428,8 | 9076,8 | 9004,8 | 9016,8 | 8078,4 | 8882,4 | 9266,4 | 8954,4  | 9352,8 | 7903,2 | 9290,4 | 9079,2 | 9055,2 | 9120   | 6566,4 | 8882,4 | 9024   |  |  |
| 02:00 | 8928   | 8380,8 | 9285,6 | 9403,2 | 8812,8 | 8491,2 | 8371,2 | 8858,4 | 8445,6 | 8704,8 | 8779,2 | 8467,2 | 9134,4 | 8894,4 | 8270,4 | 9271,2 | 8654,4 | 9129,6 | 8121,6 | 9240   | 9482,4 | 9559,2  | 9264   | 8378,4 | 8380,8 | 9278,4 | 9105,6 | 9158,4 | 7807,2 | 8932,8 | 8889,6 |  |  |
| 02:30 | 8877,6 | 8438,4 | 9297,6 | 9573,6 | 8882,4 | 8791,2 | 8551,2 | 8714,4 | 8450,4 | 8654,4 | 8805,6 | 8618,4 | 9300   | 9000   | 8186,4 | 9134,4 | 8865,6 | 9136,8 | 7027,2 | 9220,8 | 9648   | 9626,4  | 9283,2 | 8426,4 | 9021,6 | 9451,2 | 8863,2 | 9343,2 | 8865,6 | 8956,8 | 9247,2 |  |  |
| 03:00 | 9016,8 | 8721,6 | 9172,8 | 9578,4 | 8764,8 | 7802,4 | 8635,2 | 8733,6 | 8457,6 | 8623,2 | 8836,8 | 8503,2 | 9158,4 | 8731,2 | 8481,6 | 8726,4 | 8980,8 | 8964   | 6168   | 8947,2 | 9302,4 | 9528    | 9288   | 8356,8 | 9266,4 | 9434,4 | 8779,2 | 9537,6 | 8832   | 9072   | 9254,4 |  |  |
| 03:30 | 8896,8 | 8649,6 | 9165,6 | 8707,2 | 8827,2 | 8700   | 8628   | 8892   | 8630,4 | 8661,6 | 8870,4 | 8577,6 | 9081,6 | 9033,6 | 8520   | 9144   | 9002,4 | 9115,2 | 5918,4 | 9189,6 | 9540   | 9655,2  | 8923,2 | 8388   | 9321,6 | 9446,4 | 9036   | 9525,6 | 8618,4 | 9122,4 | 9096   |  |  |
| 04:00 | 9012   | 8572,8 | 9134,4 | 9405,6 | 8904   | 7994,4 | 8332,8 | 9098,4 | 8776,8 | 8690,4 | 8863,2 | 8630,4 | 9100,8 | 9211,2 | 8457,6 | 9019,2 | 9012   | 9050,4 | 6384   | 9151,2 | 9552   | 9645,6  | 9204   | 8376   | 9348   | 9141,6 | 9028,8 | 9357,6 | 8853,6 | 8484   | 9180   |  |  |
| 04:30 | 9105,6 | 8560,8 | 9206,4 | 9717,6 | 8716,8 | 6091,2 | 7526,4 | 9360   | 8781,6 | 8704,8 | 8760   | 8474,4 | 9091,2 | 9314,4 | 8589,6 | 8839,2 | 9052,8 | 8992,8 | 6393,6 | 9098,4 | 9540   | 9684    | 9237,6 | 8426,4 | 9367,2 | 9499,2 | 9048   | 9357,6 | 8930,4 | 9108   | 9168   |  |  |
| 05:00 | 9004,8 | 8649,6 | 9230,4 | 9662,4 | 8786,4 | 5834,4 | 7365,6 | 9204   | 8709,6 | 8704,8 | 8786,4 | 8505,6 | 9088,8 | 9280,8 | 8688   | 8824,8 | 9175,2 | 9043,2 | 7538,4 | 9117,6 | 9475,2 | 10034,4 | 9172,8 | 8580   | 9124,8 | 9669,6 | 9086,4 | 9393,6 | 8937,6 | 9088,8 | 9117,6 |  |  |
| 05:30 | 9182,4 | 8630,4 | 9146,4 | 9602,4 | 8824,8 | 5894,4 | 8313,6 | 8736   | 8565,6 | 8700   | 8556   | 8628   | 9192   | 9019,2 | 8421,6 | 8822,4 | 9081,6 | 9060   | 8659,2 | 9079,2 | 9374,4 | 10084,8 | 9000   | 8548,8 | 9124,8 | 9813,6 | 9055,2 | 9384   | 8899,2 | 9206,4 | 8841,6 |  |  |
| 06:00 | 9151,2 | 8676   | 9400,8 | 9679,2 | 8889,6 | 7204,8 | 8416,8 | 9146,4 | 8884,8 | 8769,6 | 8505,6 | 8973,6 | 9312   | 9206,4 | 8733,6 | 8875,2 | 9218,4 | 9069,6 | 8608,8 | 9110,4 | 9374,4 | 10058,4 | 9199,2 | 8433,6 | 9393,6 | 9688,8 | 9055,2 | 9621,6 | 8949,6 | 9249,6 | 8930,4 |  |  |
| 06:30 | 8438,4 | 8661,6 | 9345,6 | 9583,2 | 8916   | 8647,2 | 8632,8 | 9201,6 | 8947,2 | 9079,2 | 8661,6 | 9069,6 | 9158,4 | 9244,8 | 8925,6 | 8906,4 | 9199,2 | 9357,6 | 8760   | 9184,8 | 9532,8 | 10440   | 9321,6 | 8719,2 | 9129,6 | 9820,8 | 9100,8 | 9696   | 9038,4 | 9249,6 | 8911,2 |  |  |
| 07:00 | 9012   | 8676   | 9482,4 | 9633,6 | 8896,8 | 8762,4 | 8644,8 | 8863,2 | 8812,8 | 8944,8 | 8736   | 9139,2 | 9352,8 | 9319,2 | 8551,2 | 8928   | 9199,2 | 8760   | 8769,6 | 9139,2 | 9127,2 | 10389,6 | 9295,2 | 8618,4 | 8829,6 | 9631,2 | 8942,4 | 9705,6 | 9122,4 | 9276   | 8956,8 |  |  |
| 07:30 | 9189,6 | 8796   | 9309,6 | 9410,4 | 8767,2 | 8757,6 | 8676   | 9105,6 | 8971,2 | 8995,2 | 8536,8 | 9184,8 | 9134,4 | 8174,4 | 8618,4 | 8901,6 | 9009,6 | 9168   | 8820   | 9189,6 | 9280,8 | 10171,2 | 9117,6 | 8714,4 | 8736   | 9717,6 | 9084   | 9578,4 | 9120   | 9230,4 | 8824,8 |  |  |
| 08:00 | 8925,6 | 8776,8 | 9122,4 | 9273,6 | 8716,8 | 8616   | 8690,4 | 9228   | 8961,6 | 9084   | 8539,2 | 9014,4 | 9060   | 8611,2 | 8512,8 | 8863,2 | 9048   | 9024   | 8704,8 | 9276   | 9276   | 10084,8 | 9007,2 | 8438,4 | 8210,4 | 9681,6 | 8913,6 | 9348   | 9045,6 | 9199,2 | 8949,6 |  |  |
| 08:30 | 8918,4 | 8198,4 | 9105,6 | 9415,2 | 8736   | 8724   | 8695,2 | 9052,8 | 8856   | 9110,4 | 8400   | 9004,8 | 9115,2 | 8793,6 | 8376   | 8932,8 | 8964   | 9074,4 | 8781,6 | 9460,8 | 9288   | 10003,2 | 8983,2 | 8414,4 | 8824,8 | 9612   | 8815,2 | 9278,4 | 9057,6 | 9192   | 8906,4 |  |  |
| 09:00 | 8844   | 8445,6 | 7610,4 | 9573,6 | 8880   | 8779,2 | 8709,6 | 9069,6 | 8750,4 | 9297,6 | 8445,6 | 9100,8 | 9124,8 | 8923,2 | 8421,6 | 9124,8 | 9084   | 9177,6 | 8916   | 8937,6 | 9302,4 | 9921,6  | 9153,6 | 8544   | 8128,8 | 9597,6 | 8649,6 | 8844   | 8992,8 | 9057,6 | 8733,6 |  |  |
| 09:30 | 8666,4 | 8445,6 | 6117,6 | 9376,8 | 8762,4 | 9072   | 8666,4 | 6283,2 | 6403,2 | 9192   | 8335,2 | 9211,2 | 9112,8 | 6079,2 | 8018,4 | 8966,4 | 8954,4 | 9026,4 | 8479,2 | 8457,6 | 6420   | 9211,2  | 8968,8 | 8536,8 | 8865,6 | 9612   | 8803,2 | 8978,4 | 8810,4 | 9148,8 | 8721,6 |  |  |
| 10:00 | 8786,4 | 8172   | 6156   | 9307,2 | 8920,8 | 9048   | 8697,6 | 6117,6 | 6132   | 9086,4 | 8071,2 | 8380,8 | 8983,2 | 5390,4 | 6381,6 | 8899,2 | 8779,2 | 9088,8 | 8774,4 | 8445,6 | 5935,2 | 9165,6  | 8671,2 | 8894,4 | 8928   | 9444   | 9016,8 | 8114,4 | 6156   | 6528   | 8894,4 |  |  |
| 10:30 | 8774,4 | 6602,4 | 6098,4 | 9326,4 | 8678,4 | 9055,2 | 8611,2 | 6141,6 | 6223,2 | 9060   | 7797,6 | 8385,6 | 8966,4 | 5541,6 | 6477,6 | 9261,6 | 8757,6 | 7243,2 | 8721,6 | 7728   | 5863,2 | 9403,2  | 8716,8 | 9060   | 8827,2 | 9432   | 9048   | 6172,8 | 6324   | 6307,2 | 7881,6 |  |  |
| 11:00 | 8774,4 | 6187,2 | 6156   | 9249,6 | 8594,4 | 8793,6 | 8565,6 | 5896,8 | 6187,2 | 9050,4 | 8008,8 | 7927,2 | 8896,8 | 5690,4 | 6492   | 9235,2 | 8234,4 | 6256,8 | 8760   | 8049,6 | 5820   | 8068,8  | 8613,6 | 9021,6 | 8815,2 | 9456   | 9132   | 6172,8 | 5978,4 | 6559,2 | 8757,6 |  |  |
| 11:30 | 8863,2 | 6252   | 6304,8 | 9134,4 | 7898,4 | 8858,4 | 8503,2 | 6057,6 | 6163,2 | 9280,8 | 8148   | 8224,8 | 8702,4 | 5798,4 | 6386,4 | 8978,4 | 8119,2 | 7166,4 | 8800,8 | 6352,8 | 5908,8 | 6657,6  | 8812,8 | 8856   | 8810,4 | 9259,2 | 9124,8 | 5752,8 | 6050,4 | 6640,8 | 8848,8 |  |  |
| 12:00 | 8851,2 | 6592,8 | 6328,8 | 8803,2 | 8812,8 | 8659,2 | 8654,4 | 6127,2 | 6343,2 | 8901,6 | 8220   | 8755,2 | 8738,4 | 5937,6 | 6463,2 | 8839,2 | 8695,2 | 8390,4 | 8860,8 | 6662,4 | 6261,6 | 6621,6  | 8712   | 8611,2 | 8829,6 | 9026,4 | 9055,2 | 6194,4 | 6302,4 | 8083,2 | 8853,6 |  |  |
| 12:30 | 8851,2 | 6247,2 | 6249,6 | 9004,8 | 8748   | 8870,4 | 8354,4 | 6076,8 | 6290,4 | 8755,2 | 8294,4 | 9014,4 | 8604   | 5937,6 | 6624   | 9081,6 | 8666,4 | 9170,4 | 8836,8 | 8445,6 | 6189,6 | 6756    | 8769,6 | 8822,4 | 8848,8 | 9328,8 | 9009,6 | 5959,2 | 6333,6 | 9307,2 | 8786,4 |  |  |
| 13:00 | 8846,4 | 6309,6 | 6280,8 | 9160,8 | 8486,4 | 9043,2 | 8239,2 | 6096   | 6312   | 8791,2 | 8196   | 9088,8 | 8556   | 6247,2 | 6777,6 | 8503,2 | 8582,4 | 8935,2 | 8395,2 | 8608,8 | 6235,2 | 6981,6  | 8623,2 | 9103,2 | 8760   | 9405,6 | 9031,2 | 6069,6 | 5889,6 | 9376,8 | 8863,2 |  |  |
| 13:30 | 8685,6 | 6540   | 6242,4 | 8916   | 8659,2 | 8923,2 | 8227,2 | 6060   | 6525,6 | 8748   | 8016   | 8853,6 | 8520   | 7432,8 | 6696   | 8990,4 | 8565,6 | 9050,4 | 8724   | 8913,6 | 6345,6 | 8942,4  | 8404,8 | 8462,4 | 8668,8 | 9364,8 | 9012   | 6019,2 | 6067,2 | 9410,4 | 8767,2 |  |  |
| 14:00 | 8832   | 6592,8 | 6602,4 | 8308,8 | 8731,2 | 8791,2 | 8292   | 6148,8 | 8097,6 | 8090,4 | 8385,6 | 9004,8 | 8263,2 | 7948,8 | 6657,6 | 8932,8 | 8640   | 8690,4 | 8959,2 | 8940   | 7807,2 | 9256,8  | 8131,2 | 6348   | 8630,4 | 9321,6 | 8940   | 6004,8 | 6124,8 | 9492   | 8736   |  |  |
| 14:30 | 8692,8 | 6705,6 | 8618,4 | 5798,4 | 8769,6 | 8181,6 | 8604   | 6352,8 | 8335,2 | 8647,2 | 7149,6 | 8916   | 8448   | 8392,8 | 6849,6 | 8918,4 | 8532   | 8587,2 | 8959,2 | 8460   | 8784   | 9187,2  | 8388   | 6775,2 | 8666,4 | 9177,6 | 8949,6 | 6000   | 6088,8 | 8949,6 |        |  |  |

Таблиця А.30. – Генерація реактивної потужності за січень 2023-го року споживачами ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», кВАр·год

|       | Число |    |    |    |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |    |     |     |
|-------|-------|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| Час   | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23 | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29 | 30  | 31  |
| 00:30 | 0     | 48 | 12 | 12 | 48 | 48  | 108 | 12 | 12 | 12 | 24 | 12 | 12 | 36 | 0  | 72 | 24 | 48  | 24  | 144 | 120 | 72  | 12 | 48  | 72  | 72  | 84  | 84  | 36 | 84  | 216 |
| 01:00 | 12    | 36 | 24 | 0  | 36 | 72  | 108 | 12 | 12 | 24 | 0  | 24 | 24 | 48 | 0  | 72 | 24 | 72  | 60  | 156 | 108 | 84  | 24 | 60  | 108 | 60  | 96  | 72  | 72 | 96  | 180 |
| 01:30 | 60    | 72 | 36 | 24 | 60 | 72  | 144 | 12 | 24 | 12 | 12 | 12 | 12 | 36 | 12 | 36 | 12 | 108 | 72  | 168 | 132 | 96  | 60 | 72  | 108 | 72  | 72  | 84  | 72 | 132 | 228 |
| 02:00 | 12    | 48 | 12 | 36 | 24 | 48  | 108 | 12 | 12 | 12 | 0  | 12 | 24 | 48 | 12 | 48 | 24 | 72  | 96  | 60  | 144 | 96  | 36 | 96  | 120 | 72  | 156 | 84  | 36 | 108 | 204 |
| 02:30 | 36    | 36 | 12 | 24 | 48 | 36  | 108 | 12 | 12 | 12 | 0  | 12 | 12 | 24 | 0  | 60 | 24 | 84  | 84  | 60  | 96  | 96  | 36 | 60  | 108 | 60  | 180 | 72  | 36 | 132 | 204 |
| 03:00 | 12    | 48 | 12 | 36 | 24 | 48  | 96  | 12 | 24 | 24 | 0  | 12 | 24 | 24 | 12 | 84 | 12 | 60  | 60  | 72  | 120 | 132 | 60 | 120 | 132 | 84  | 192 | 72  | 48 | 156 | 192 |
| 03:30 | 24    | 84 | 12 | 36 | 36 | 24  | 120 | 12 | 12 | 12 | 24 | 24 | 12 | 48 | 0  | 72 | 12 | 72  | 72  | 72  | 108 | 132 | 36 | 108 | 120 | 84  | 192 | 84  | 36 | 180 | 204 |
| 04:00 | 12    | 84 | 36 | 60 | 72 | 84  | 144 | 24 | 24 | 12 | 0  | 24 | 12 | 60 | 0  | 84 | 24 | 84  | 72  | 60  | 84  | 144 | 48 | 108 | 132 | 72  | 192 | 84  | 48 | 180 | 228 |
| 04:30 | 12    | 72 | 24 | 60 | 60 | 36  | 120 | 12 | 12 | 12 | 24 | 36 | 12 | 72 | 12 | 84 | 60 | 84  | 72  | 60  | 108 | 132 | 48 | 84  | 120 | 72  | 168 | 84  | 48 | 192 | 228 |
| 05:00 | 12    | 36 | 36 | 72 | 48 | 12  | 96  | 12 | 24 | 0  | 12 | 12 | 24 | 48 | 12 | 72 | 24 | 84  | 72  | 60  | 108 | 120 | 36 | 108 | 120 | 84  | 204 | 72  | 36 | 168 | 204 |
| 05:30 | 12    | 60 | 48 | 72 | 72 | 12  | 132 | 12 | 12 | 12 | 24 | 36 | 12 | 48 | 60 | 60 | 36 | 96  | 72  | 60  | 108 | 132 | 24 | 96  | 156 | 72  | 192 | 84  | 36 | 72  | 216 |
| 06:00 | 36    | 72 | 36 | 60 | 96 | 36  | 132 | 12 | 12 | 12 | 0  | 24 | 12 | 48 | 24 | 60 | 24 | 120 | 72  | 60  | 120 | 132 | 48 | 84  | 120 | 60  | 192 | 84  | 48 | 60  | 228 |
| 06:30 | 24    | 48 | 12 | 60 | 72 | 36  | 96  | 12 | 24 | 0  | 24 | 24 | 24 | 48 | 36 | 84 | 24 | 120 | 84  | 60  | 132 | 120 | 48 | 72  | 108 | 84  | 168 | 72  | 36 | 60  | 204 |
| 07:00 | 24    | 36 | 24 | 48 | 60 | 48  | 108 | 12 | 12 | 12 | 0  | 48 | 24 | 72 | 24 | 48 | 12 | 72  | 144 | 48  | 132 | 108 | 24 | 72  | 108 | 108 | 180 | 60  | 60 | 48  | 192 |
| 07:30 | 36    | 48 | 0  | 36 | 48 | 108 | 96  | 12 | 24 | 12 | 0  | 12 | 12 | 72 | 0  | 48 | 24 | 72  | 120 | 48  | 120 | 96  | 36 | 36  | 132 | 96  | 180 | 72  | 36 | 72  | 204 |
| 08:00 | 12    | 72 | 12 | 36 | 36 | 84  | 72  | 12 | 12 | 12 | 12 | 24 | 12 | 36 | 0  | 60 | 12 | 60  | 132 | 60  | 96  | 84  | 24 | 84  | 108 | 96  | 168 | 60  | 24 | 60  | 156 |
| 08:30 | 12    | 60 | 12 | 12 | 24 | 108 | 36  | 12 | 24 | 12 | 0  | 12 | 12 | 48 | 0  | 36 | 0  | 72  | 120 | 60  | 132 | 108 | 36 | 84  | 144 | 108 | 168 | 60  | 24 | 84  | 156 |
| 09:00 | 0     | 24 | 0  | 0  | 0  | 72  | 24  | 12 | 24 | 12 | 24 | 24 | 0  | 48 | 0  | 60 | 0  | 36  | 120 | 48  | 132 | 84  | 24 | 84  | 108 | 72  | 156 | 60  | 24 | 60  | 144 |
| 09:30 | 24    | 60 | 0  | 12 | 48 | 48  | 12  | 12 | 12 | 12 | 0  | 24 | 12 | 0  | 24 | 72 | 0  | 60  | 144 | 36  | 84  | 120 | 12 | 60  | 84  | 96  | 144 | 72  | 12 | 96  | 156 |
| 10:00 | 12    | 36 | 0  | 24 | 36 | 72  | 12  | 0  | 12 | 0  | 12 | 36 | 12 | 0  | 0  | 72 | 24 | 48  | 132 | 60  | 24  | 96  | 36 | 72  | 96  | 84  | 132 | 60  | 12 | 120 | 192 |
| 10:30 | 24    | 36 | 0  | 12 | 48 | 60  | 36  | 12 | 24 | 12 | 12 | 12 | 24 | 0  | 0  | 96 | 0  | 48  | 144 | 60  | 12  | 108 | 24 | 72  | 72  | 120 | 120 | 60  | 0  | 96  | 204 |
| 11:00 | 12    | 24 | 0  | 12 | 48 | 72  | 24  | 0  | 12 | 24 | 12 | 36 | 12 | 12 | 12 | 60 | 48 | 48  | 156 | 48  | 24  | 84  | 36 | 72  | 84  | 120 | 144 | 60  | 12 | 96  | 204 |
| 11:30 | 12    | 12 | 0  | 12 | 72 | 120 | 36  | 0  | 12 | 12 | 0  | 24 | 24 | 0  | 0  | 72 | 24 | 48  | 168 | 60  | 12  | 60  | 12 | 60  | 60  | 120 | 144 | 36  | 0  | 120 | 204 |
| 12:00 | 24    | 0  | 0  | 24 | 48 | 84  | 36  | 12 | 0  | 0  | 12 | 24 | 12 | 0  | 0  | 60 | 48 | 60  | 156 | 48  | 24  | 48  | 24 | 132 | 48  | 108 | 168 | 24  | 0  | 168 | 168 |
| 12:30 | 24    | 12 | 12 | 48 | 24 | 60  | 24  | 0  | 12 | 0  | 0  | 12 | 24 | 0  | 0  | 36 | 48 | 48  | 108 | 48  | 24  | 48  | 24 | 96  | 12  | 96  | 144 | 48  | 12 | 132 | 168 |
| 13:00 | 36    | 0  | 0  | 48 | 36 | 72  | 36  | 12 | 0  | 12 | 12 | 24 | 24 | 0  | 12 | 12 | 60 | 48  | 132 | 72  | 12  | 36  | 12 | 96  | 60  | 72  | 60  | 36  | 0  | 156 | 156 |
| 13:30 | 24    | 0  | 0  | 36 | 36 | 96  | 36  | 12 | 12 | 0  | 24 | 24 | 24 | 12 | 12 | 24 | 48 | 36  | 132 | 84  | 24  | 60  | 24 | 72  | 60  | 36  | 60  | 36  | 0  | 144 | 168 |
| 14:00 | 48    | 0  | 0  | 48 | 24 | 72  | 36  | 12 | 12 | 0  | 12 | 24 | 36 | 12 | 12 | 24 | 12 | 60  | 96  | 120 | 48  | 84  | 36 | 24  | 36  | 60  | 60  | 24  | 0  | 156 | 156 |
| 14:30 | 48    | 0  | 36 | 24 | 36 | 108 | 24  | 12 | 24 | 12 | 12 | 24 | 12 | 0  | 36 | 0  | 60 | 36  | 96  | 108 | 48  | 72  | 24 | 24  | 12  | 84  | 60  | 36  | 0  | 180 | 144 |
| 15:00 | 12    | 0  | 24 | 12 | 36 | 60  | 48  | 12 | 12 | 0  | 0  | 24 | 36 | 12 | 0  | 12 | 12 | 24  | 132 | 132 | 48  | 48  | 24 | 24  | 72  | 60  | 60  | 48  | 0  | 144 | 144 |
| 15:30 | 24    | 12 | 24 | 24 | 36 | 72  | 60  | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 24 | 0  | 24 | 12 | 0  | 60  | 156 | 144 | 36  | 48  | 12 | 60  | 96  | 60  | 72  | 48  | 0  | 156 | 156 |
| 16:00 | 12    | 0  | 12 | 24 | 24 | 132 | 48  | 12 | 24 | 0  | 0  | 24 | 36 | 0  | 0  | 24 | 24 | 60  | 120 | 144 | 36  | 72  | 24 | 36  | 84  | 60  | 60  | 84  | 0  | 144 | 144 |
| 16:30 | 36    | 0  | 12 | 24 | 24 | 108 | 36  | 24 | 12 | 0  | 12 | 36 | 48 | 12 | 12 | 24 | 12 | 36  | 144 | 120 | 24  | 60  | 12 | 12  | 24  | 108 | 60  | 120 | 0  | 144 | 168 |
| 17:00 | 24    | 0  | 12 | 48 | 72 | 96  | 60  | 12 | 36 | 12 | 0  | 24 | 48 | 12 | 24 | 24 | 12 | 60  | 144 | 132 | 0   | 60  | 12 | 36  | 168 | 132 | 72  | 108 | 0  | 156 | 156 |
| 17:30 | 36    | 12 | 12 | 36 | 36 | 72  | 36  | 12 | 12 | 12 | 0  | 24 | 60 | 12 | 12 | 12 | 0  | 72  | 132 | 108 | 12  | 84  | 24 | 72  | 72  | 84  | 60  | 108 | 0  | 144 | 132 |
| 18:00 | 24    | 12 | 24 | 24 | 60 | 84  | 24  | 24 | 24 | 0  | 12 | 48 | 24 | 24 | 36 | 12 | 24 | 72  | 132 | 132 | 0   | 24  | 12 | 60  | 48  | 96  | 72  | 120 | 0  | 156 | 156 |
| 18:30 | 24    | 12 | 12 | 36 | 60 | 84  | 48  | 12 | 12 | 12 | 0  | 24 | 60 | 12 | 12 | 12 | 36 | 60  | 132 | 156 | 12  | 12  | 24 | 60  | 48  | 108 | 72  | 84  | 0  | 168 | 168 |
| 19:00 | 36    | 12 | 12 | 36 | 60 | 84  | 48  | 24 | 24 | 0  | 12 | 48 | 24 | 12 | 24 | 12 | 0  | 36  | 132 | 144 | 12  | 0   | 12 | 72  | 36  | 84  | 72  | 96  | 0  | 168 | 156 |
| 19:30 | 0     | 0  | 0  | 12 | 24 | 36  | 36  | 12 | 12 | 0  | 0  | 24 | 24 | 0  | 24 | 12 | 12 | 24  | 144 | 132 | 0   | 12  | 12 | 72  | 12  | 96  | 60  | 84  | 0  | 168 | 144 |
| 20:00 | 12    | 0  | 12 | 12 | 24 | 12  | 36  | 12 | 24 | 0  | 12 | 24 | 36 | 0  | 0  | 24 | 0  | 48  | 168 | 108 | 0   | 0   | 12 | 60  | 60  | 84  | 72  | 84  | 0  | 180 | 156 |
| 20:30 | 12    | 12 | 0  | 12 | 12 | 24  | 36  | 12 | 12 | 0  | 0  | 24 | 12 | 0  | 12 | 12 | 0  | 12  | 132 | 132 | 12  | 0   | 12 | 48  | 48  | 84  | 72  | 72  | 0  | 180 | 132 |
| 21:00 | 24    | 0  | 0  | 24 | 36 | 36  | 12  | 12 | 12 | 0  | 0  | 12 | 12 | 0  | 24 | 0  | 0  | 12  | 132 | 120 | 12  | 0   | 0  | 84  | 36  | 96  | 72  | 72  | 0  | 156 | 144 |
| 21:30 | 24    | 12 | 12 | 0  | 60 | 48  | 36  | 12 | 24 | 0  | 0  | 36 | 24 | 0  | 12 | 12 | 0  | 60  | 156 | 120 | 0   | 24  | 12 | 108 | 60  | 84  | 60  | 84  | 0  | 168 | 168 |
| 22:00 | 24    | 0  | 0  | 12 | 36 | 48  | 36  | 0  | 12 | 0  | 0  | 24 | 24 | 0  | 12 | 12 | 0  | 48  | 96  | 96  | 12  | 24  | 0  | 72  | 48  | 84  | 60  | 48  | 0  | 168 | 180 |
| 22:30 | 60    | 12 | 0  | 0  | 12 | 72  | 12  | 12 | 24 | 0  | 0  | 24 | 12 | 0  | 24 | 12 | 12 | 24  | 108 | 120 | 12  | 0   | 12 | 96  | 48  | 84  | 60  | 48  | 12 | 144 | 132 |
| 23:00 | 36    | 0  | 0  | 0  | 24 | 0   | 12  | 12 | 12 | 0  | 0  | 24 | 24 | 0  | 24 | 12 | 36 | 36  | 144 | 96  | 24  | 0   | 0  | 60  | 60  | 84  | 84  | 60  | 24 | 168 | 204 |
| 23:30 | 36    | 12 | 12 | 24 | 24 | 24  | 0   | 12 | 24 | 0  | 12 | 12 | 24 | 0  | 48 | 48 | 48 | 24  | 132 | 96  | 72  | 0   | 12 | 72  | 84  | 96  | 72  | 96  | 48 | 168 | 180 |
| 24:00 | 72    | 24 | 24 | 0  | 72 | 48  | 0   | 24 | 24 | 0  | 24 | 24 | 48 | 0  | 84 | 60 | 72 | 36  | 168 | 96  | 84  | 24  | 12 | 84  | 72  | 108 | 72  | 96  | 72 | 228 | 180 |

Таблиця А.31. Завантаження силових трансформаторів по ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4 та ГЗП №5 за 2023 р.

|        |           | Січень 2023 |          | Квітень 2023 |          | Червень 2023 |          |
|--------|-----------|-------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
|        |           | кВт·год     | кВАр·год | кВт·год      | кВАр·год | кВт·год      | кВАр·год |
| ГЗП №1 | T-1 6кВ   | 321100      | 54010    | 288,080      | 96300    | 242,540      | 112020   |
|        | T-2 6кВ   | 2415031     | 302600   | 7451620      | 884320   | 7317900      | 276651   |
|        | T-3 6кВ   | 4100401     | 1627175  | 4242420      | 1926017  | 4729000      | 1330200  |
|        | T-3 35кВ  | 310108      | 234812   | 189420       | 162085   | 164341       | 158244   |
|        | T-4 6кВ   | 5743982     | 932064   | 6990678      | 1564070  | 6550102      | 1603100  |
|        | T-4 35кВ  | 401974      | 181056   | 410150       | 203240   | 1043826      | 170434   |
|        | T-5 6кВ   | 6744500     | 3408403  | 4341400      | 2383200  | 5667020      | 3023600  |
| ГЗП №2 | T-6 6кВ   | 8531294     | 3106200  | 7801209      | 2120450  | 10229010     | 4181300  |
|        | T-1 6кВ   | 2284012     | 356753   | 1516778      | 487060   | 1655000      | 610050   |
|        | T-2 6кВ   | 944730      | 654058   | 951337       | 741613   | 894564       | 766223   |
|        | T-2 35кВ  | 6182540     | 1456403  | 5994216      | 1679354  | 2099963      | 1017420  |
|        | T-3 6кВ   | 2062746     | 485645   | 2444356      | 632788   | 3033792      | 270134   |
|        | T-4 6кВ   | 64354       | 41231    | 68877        | 44495    | 47505        | 45655    |
|        | T-4 35 кВ | 6523010     | 2364404  | 6899383      | 2274976  | 2344535      | 982086   |
| ГЗП №3 | T-1 6кВ   | 378,981     | 41003    | 294,080      | 98100    | 250,540      | 101420   |
|        | T-2 6кВ   | 2454131     | 389650   | 7336180      | 809320   | 7455770      | 283631   |
|        | T-3 6кВ   | 4147308     | 1635045  | 4872525      | 1430797  | 4749086      | 1409120  |
|        | T-3 35кВ  | 335007      | 324133   | 187832       | 185049   | 178310       | 175050   |
|        | T-4 6кВ   | 5874023     | 852784   | 6905948      | 1545266  | 6401891      | 1604960  |
|        | T-4 35кВ  | 310830      | 193726   | 310254       | 204304   | 1160201      | 162475   |
|        | T-5 6кВ   | 6666700     | 3222104  | 4301403      | 2383000  | 5764010      | 3232600  |
| ГЗП №4 | T-6 6кВ   | 7732104     | 2386304  | 7551000      | 2122440  | 10208700     | 4291200  |
|        | T-1 6кВ   | 2314048     | 437757   | 1884576      | 495840   | 2045047      | 651056   |
|        | T-2 6кВ   | 943334      | 740055   | 931217       | 732014   | 954560       | 765224   |
|        | T-2 35кВ  | 7251730     | 1700408  | 5645136      | 1767302  | 2488970      | 1008420  |
|        | T-3 6кВ   | 3192449     | 521043   | 2464322      | 630278   | 2649791      | 270144   |
|        | T-4 6кВ   | 72104       | 50251    | 62879        | 44675    | 51606        | 44765    |
|        | T-4 35 кВ | 4436826     | 2108004  | 6884374      | 2317816  | 1974434      | 981076   |
| ГЗП №5 | T-1 6кВ   | 12741511    | 5009676  | 13820000     | 5974246  | 17542076     | 6813660  |
|        | T-2 6кВ   | 19724512    | 8409800  | 14054302     | 7060620  | 14648982     | 8122540  |

Таблиця А.32. Потужність навантаження трансформаторів ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4 та ГЗП №5 за 2023 р.

|        |           | Січень   |          | Квітень  |          | Червень  |          | Найбільші значення |          |          |          |
|--------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------|
|        |           | кВт      | кВАр     | кВт      | кВАр     | кВт      | кВАр     | кВт                | кВАр     | кВА      | КЗ       |
| ГЗП №1 | T-1 6кВ   | 417,64   | 84,16    | 405,02   | 144,124  | 342,952  | 143,072  | 417,644            | 144,124  | 441,84   | 0,007048 |
|        | T-2 6кВ   | 3509     | 595,1    | 11619,3  | 1320     | 11052,8  | 421,3    | 11589,6            | 1320     | 1520855  | 70,58184 |
|        | T-3 6кВ   | 5565,12  | 2378,64  | 6994,14  | 2089,98  | 6598,38  | 1960,44  | 6994,14            | 2378,64  | 8161,416 | 0,129396 |
|        | T-3 35кВ  | 438,6    | 335,58   | 289,68   | 267,24   | 228,48   | 229,5    | 438,6              | 3362,94  | 9541,58  | 0,14196  |
|        | T-4 6кВ   | 8375,994 | 1344,492 | 10357,69 | 2375,694 | 9137,448 | 2303,478 | 10357,69           | 2375,694 | 12047,5  | 0,191464 |
|        | T-4 35кВ  | 426,465  | 251,667  | 514,917  | 308,529  | 1491,048 | 229,554  | 1491,048           | 308,529  | 12047,5  | 0,191464 |
|        | T-5 6кВ   | 8283,392 | 4862,72  | 6431,576 | 3753,936 | 8253     | 4540,984 | 8283,392           | 4862,72  | 9741,58  | 0,15196  |
| ГЗП №2 | T-6 6кВ   | 14097,6  | 4816,8   | 12864    | 3640,8   | 16435,2  | 6921,6   | 16435,2            | 6921,6   | 7428     | 0,2832   |
|        | T-1 6кВ   | 3333,22  | 683,43   | 2248,67  | 776,08   | 2294,45  | 969,01   | 3333,22            | 969,01   | 3471,65  | 0,05995  |
|        | T-2 6кВ   | 1460,5   | 1181,05  | 1489,25  | 1208,65  | 1475,45  | 1185,65  | 1489,25            | 1208,65  | 11548,3  | 0,18285  |
|        | T-2 35кВ  | 9342,84  | 2821,61  | 9553,02  | 2935,74  | 3796,8   | 1531,15  | 9553,02            | 1531,15  | 1258     | 0,1728   |
|        | T-3 6кВ   | 3227,4   | 521,4    | 3767,5   | 983,4    | 4041,4   | 399,3    | 4041,4             | 983,4    | 4159,1   | 0,066    |
|        | T-4 6кВ   | 91,8     | 73,44    | 97,2     | 68,04    | 70,2     | 64,8     | 97,2               | 73,44    | 10224    | 0,155    |
|        | T-4 35 кВ | 9488,45  | 3314,69  | 10797,54 | 3614,44  | 3302,7   | 1438,8   | 10797,54           | 3614,44  | 11316    | 0,134    |
| ГПП-3  | T1 10кВ   | 432,73   | 87,2     | 419,65   | 149,33   | 355,34   | 148,24   | 432,73             | 149,33   | 457,8    | 0,007303 |
|        | T2 10кВ   | 3413,3   | 578,87   | 11302,41 | 1284     | 10751,36 | 409,81   | 11273,52           | 1284     | 11374,1  | 0,18083  |
|        | T3 6кВ    | 5783,36  | 2471,92  | 7268,42  | 2171,94  | 6857,14  | 2037,32  | 7268,42            | 2471,92  | 7664     | 0,111    |
|        | T3 35кВ   | 455,8    | 348,74   | 301,04   | 277,72   | 237,44   | 238,5    | 455,8              | 3494,82  |          |          |
|        | T4 6кВ    | 8517,96  | 1367,28  | 10533,24 | 2415,96  | 9292,32  | 2342,52  | 10533,24           | 2415,96  | 11258    | 0,177    |
|        | T4 35кВ   | 440,64   | 260,032  | 532,032  | 318,784  | 1540,608 | 237,184  | 1540,608           | 318,784  |          |          |
|        | T5 6кВ    | 8702,304 | 5108,64  | 6756,837 | 3943,782 | 8670,375 | 4770,633 | 8702,304           | 5108,64  | 10090,67 | 0,159645 |
| ГПП-4  | T6 6кВ    | 12452,88 | 4254,84  | 11363,2  | 3216,04  | 14517,76 | 6114,08  | 14517,76           | 6114,08  | 15752,66 | 0,25016  |
|        | T1 6кВ    | 3391,322 | 695,343  | 2287,867 | 789,608  | 2334,445 | 985,901  | 3391,322           | 985,901  | 3532,165 | 0,060995 |
|        | T2 6кВ    | 1346,2   | 1088,62  | 1372,7   | 1114,06  | 1359,98  | 1092,86  | 1372,7             | 1114,06  | 10043    | 0,157    |
|        | T2 35кВ   | 9260,16  | 2796,64  | 9468,48  | 2909,76  | 3763,2   | 1517,6   | 9468,48            | 1517,6   |          |          |
|        | T3 6кВ    | 3110,04  | 502,44   | 3630,5   | 947,64   | 3894,44  | 384,78   | 3894,44            | 947,64   | 4007,86  | 0,0636   |
|        | T4 6кВ    | 85,85    | 68,68    | 90,9     | 63,63    | 65,65    | 60,6     | 90,9               | 68,68    | 10444    | 0,158    |
|        | T4 35кВ   | 9488,45  | 3314,69  | 10797,54 | 3614,44  | 3302,7   | 1438,8   | 10797,54           | 3614,44  |          |          |
| ГПП-5  | T1 6кВ    | 19435,1  | 8573,28  | 19686,32 | 9096,92  | 20703,92 | 9807,12  | 20703,92           | 9807,12  | 22908,72 | 0,36358  |
|        | T2 6кВ    | 24057,88 | 11950,83 | 21763,8  | 10865,85 | 22663,67 | 11710,08 | 24057,88           | 11950,83 | 26862,35 | 0,42586  |

Відповідно, на рис. А.1 – А.5 представлені місячні графіки споживання реактивної потужності.

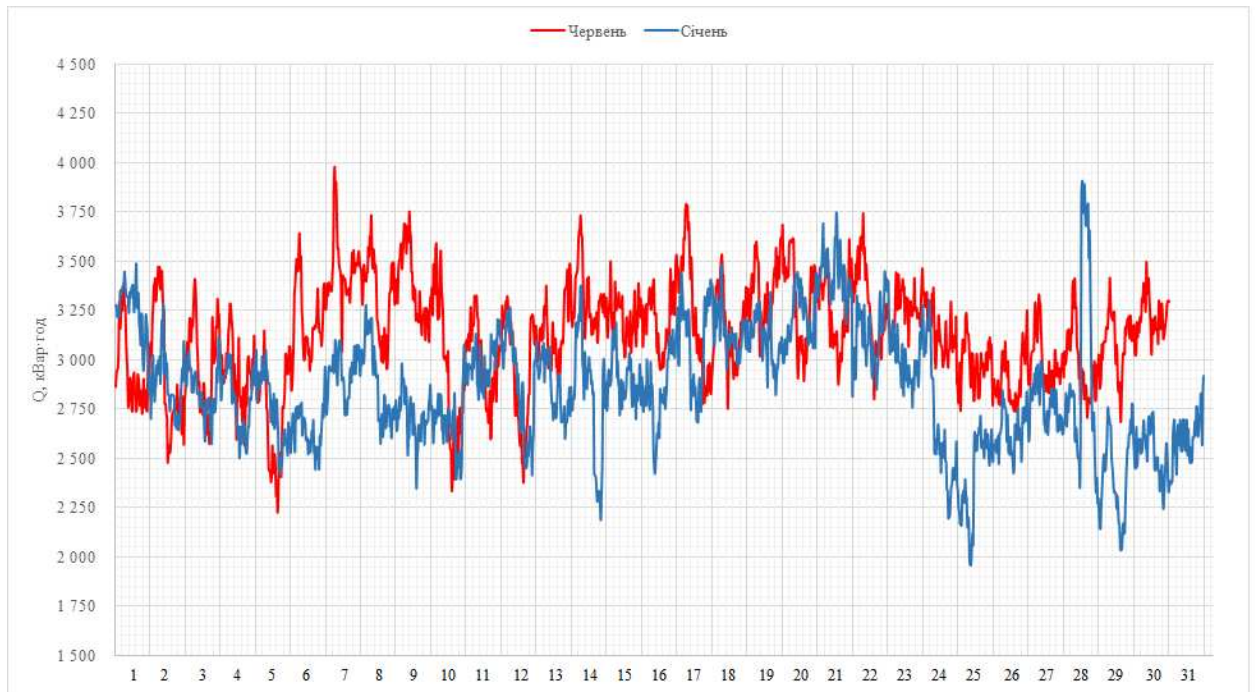


Рисунок А.1 – Споживання реактивної потужності на підстанції ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». Червень та січень 2023-го року

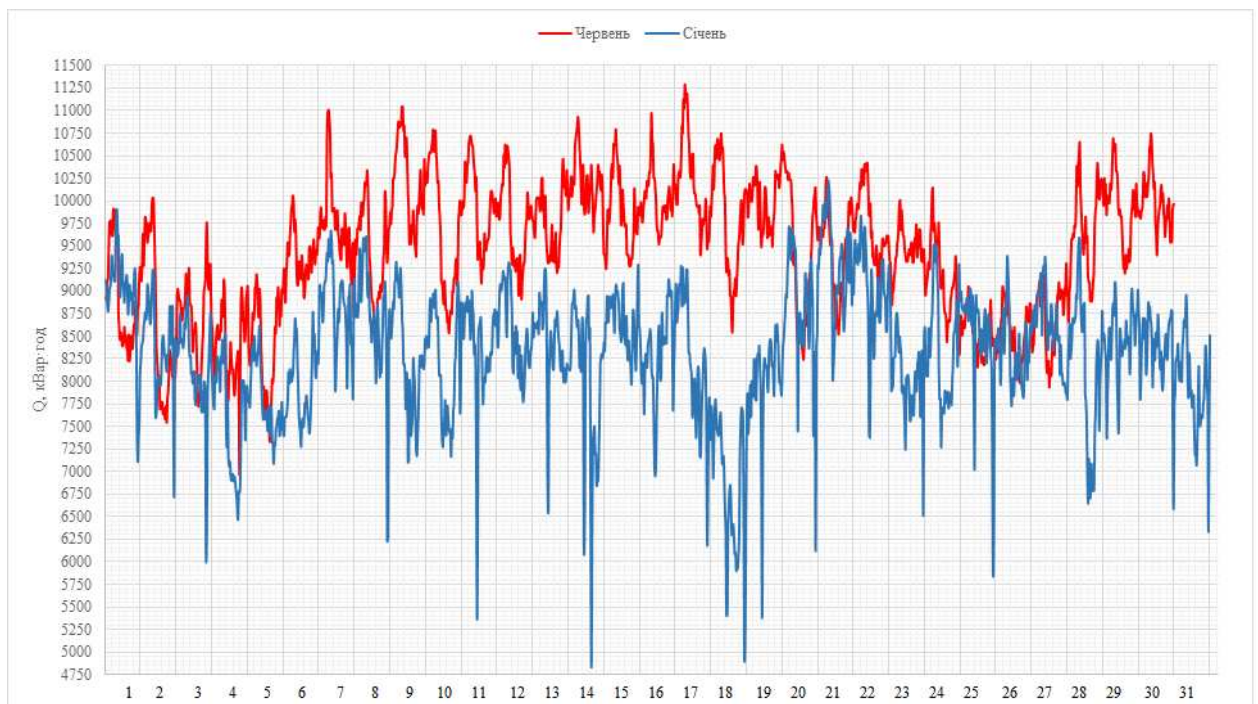


Рисунок А.2 – Споживання реактивної потужності на підстанції ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». Червень та січень 2023-го року

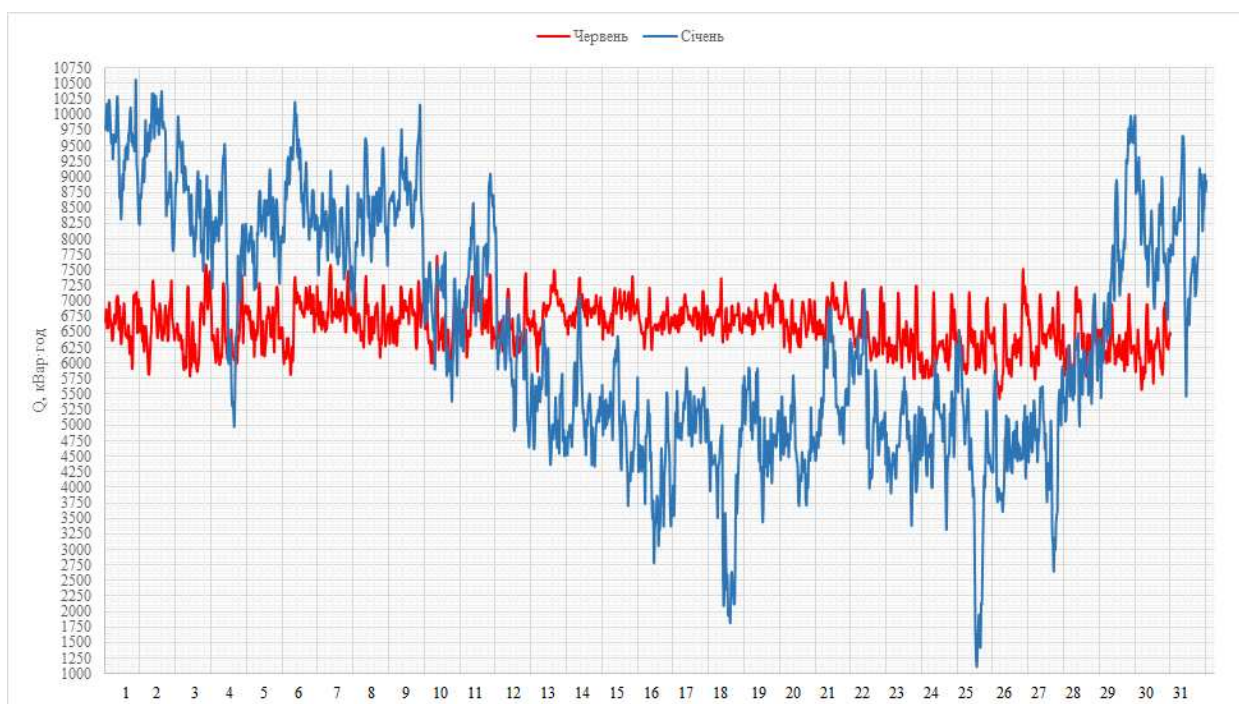


Рисунок А.3 – Споживання реактивної потужності на підстанції ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». Червень та січень 2023-го року

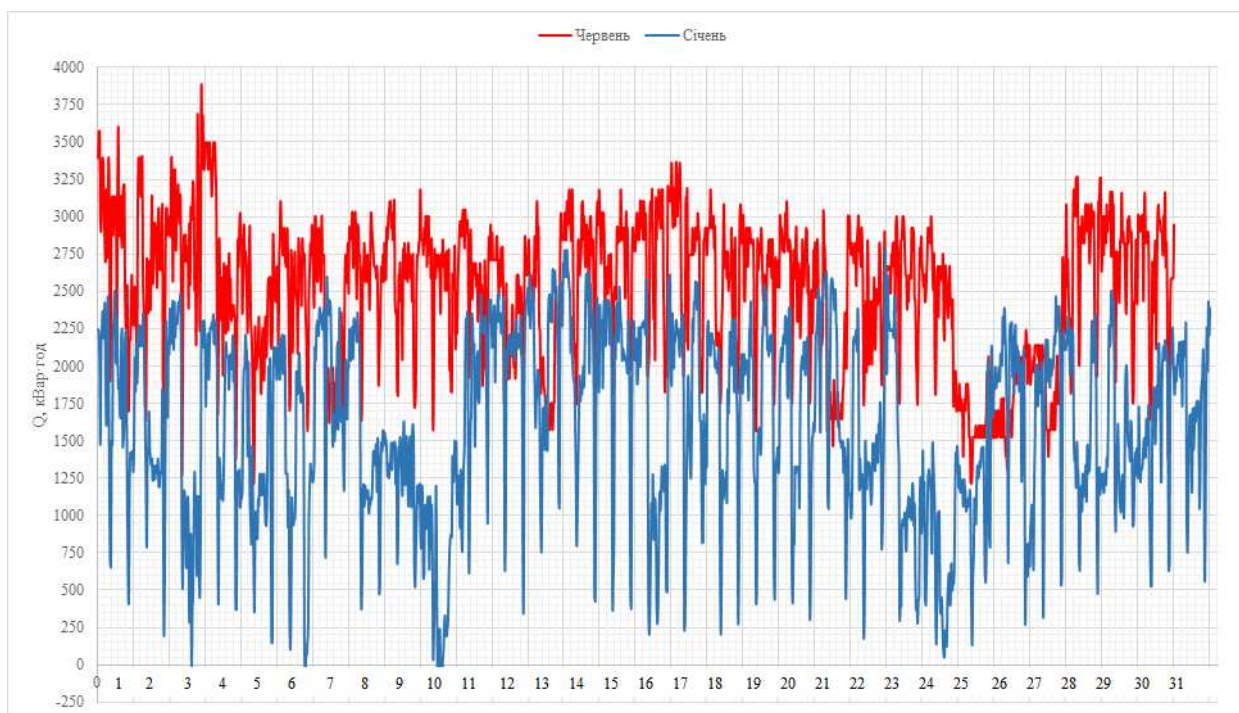


Рисунок А.4 – Споживання реактивної потужності на підстанції ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». Червень та січень 2023-го року

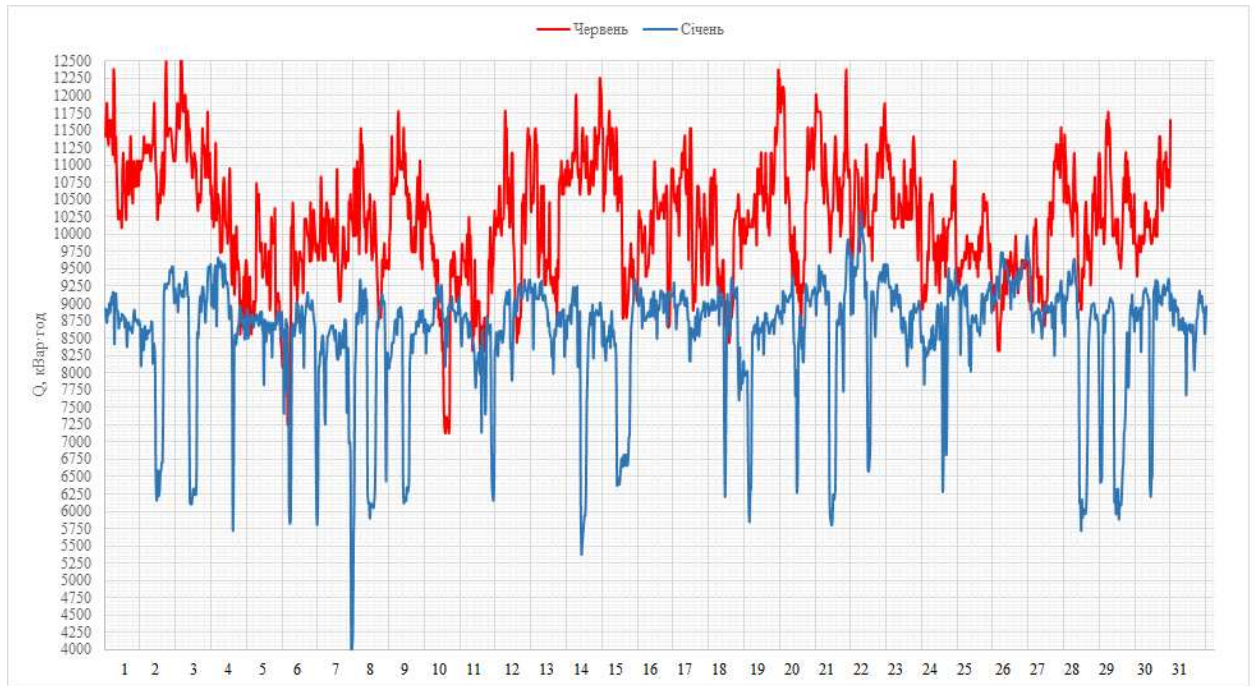


Рисунок А.5 – Споживання реактивної потужності на підстанції ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». Червень та січень 2023-го року

Необхідне число вимірів (спостереження) – В задля досягнення умови кількісної достовірності, у разі невеликих обсягів генеральної сукупності ( $C=1440$  для червня та  $C=1488$  для січня – фіксувалися півгодинні виміри кожного параметра протягом місяця), обчислюємо, використовуючи метод вибіркового спостереження:

$$B = \frac{y^2 \cdot \delta^2 \cdot C}{(C - 1) \cdot \Delta^2 + y^2 \cdot \delta^2}, \quad (A.1)$$

де  $\delta^2$  – дисперсія признака в генеральній сукупності;  $\Delta$  – задана точність вимірів;  $y$  – критерій достовірності вибірки.

Приймаємо для розрахунків  $\delta^2 = 5$ , з вірогідністю  $p=0,95$  ( $y=1,96$ ) вимагається межа відхилення  $\Delta^2 = 0,01$ .

Знаходимо значення В для червня:

$$B = \frac{1,96^2 \cdot 5 \cdot 1440}{(1440 - 1) \cdot 0,01^2 + 1,96^2 \cdot 5} = 823. \quad (A.2)$$

Та значення В для січня:

$$B = \frac{1,96^2 \cdot 5 \cdot 1488}{(1488 - 1) \cdot 0,01^2 + 1,96^2 \cdot 5} = 838. \quad (A.3)$$

Таким чином, проведена кількість вимірів по кожному параметру більш ніж достатня для отримання надійних висновків щодо визначення законів розподілу.

Обробка матеріалів, тобто розрахунки різноманітних показників середніх і відносних величин, коефіцієнтів, дисперсії, тощо проводилися за допомогою програми Excel.

Перевірка узгодженості емпіричного розподілу з одним або декількома теоретичними законами розподілу здійснюється за допомогою одного з критеріїв: а) Пірсона; б) Бернштейна; в) Ястремського; г) Романовського; д) Колмогорова-Смирнова. Зазначені критерії рівноправні щодо ступеня збіжності законів і перевірка узгодженості проводилася за допомогою критерія Романовського. Значення критерію Романовського визначається відповідно до:

$$R = \frac{|x^2 - K|}{\sqrt{2K}}, \quad (A.4)$$

де  $K$  – число ступенів свободи, яке практично визначається як різниця числа груп у розглянутому до ряді, та числа, що обмежує ці два ряди зв'язків;  $x^2$  – один з основних показників для порівняння частот емпіричного та теоретичного розподілів, запропонований Пірсоном. Цей показник визначається за формулою:

$$x^2 = \sum \frac{(f - f')^2}{f'}, \quad (A.5)$$

де  $f$  – емпіричні частоти;  $f'$  – теоретичні частоти.

Якщо показник  $R$ , розрахований згідно з формулою (A.4) буде більшим або дорівнює 3, то розбіжності не можна вважати випадковими. У випадку, коли  $R < 3$ , то розбіжності між емпіричними та теоретичними частотами можна вважати випадковим.

На рис. А.6–А.10 показані усереднені місячні дані енергоспоживання по головним знижувальним підстанціям підприємства ПрАТ «ПівнГЗК», які

дозволяють отримати діапазон регулювання параметрів і встановити математичний закон їх розподілу.

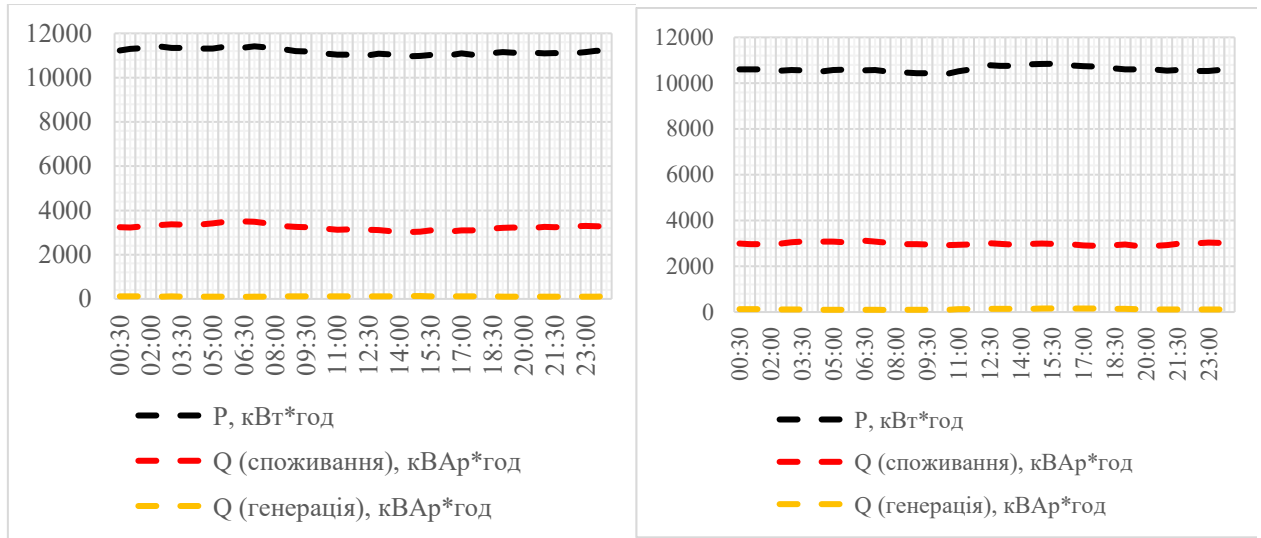


Рисунок А.6 – Усереднене добове споживання активної, реактивної та генерація реактивної потужності на підстанції ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – червень 2023-го року; б) – січень 2023-го року

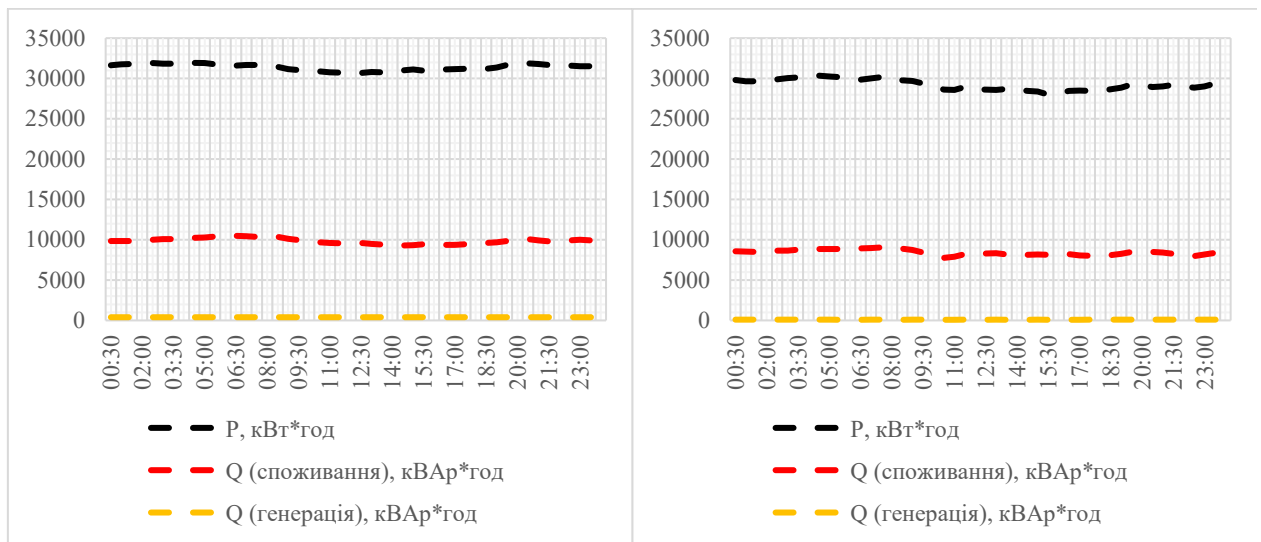
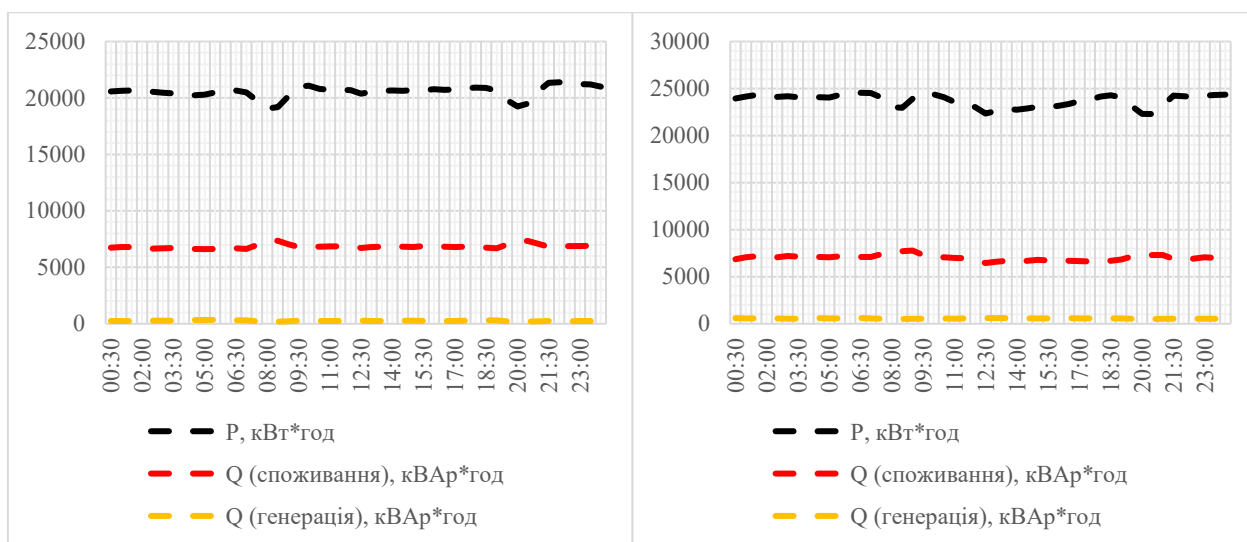


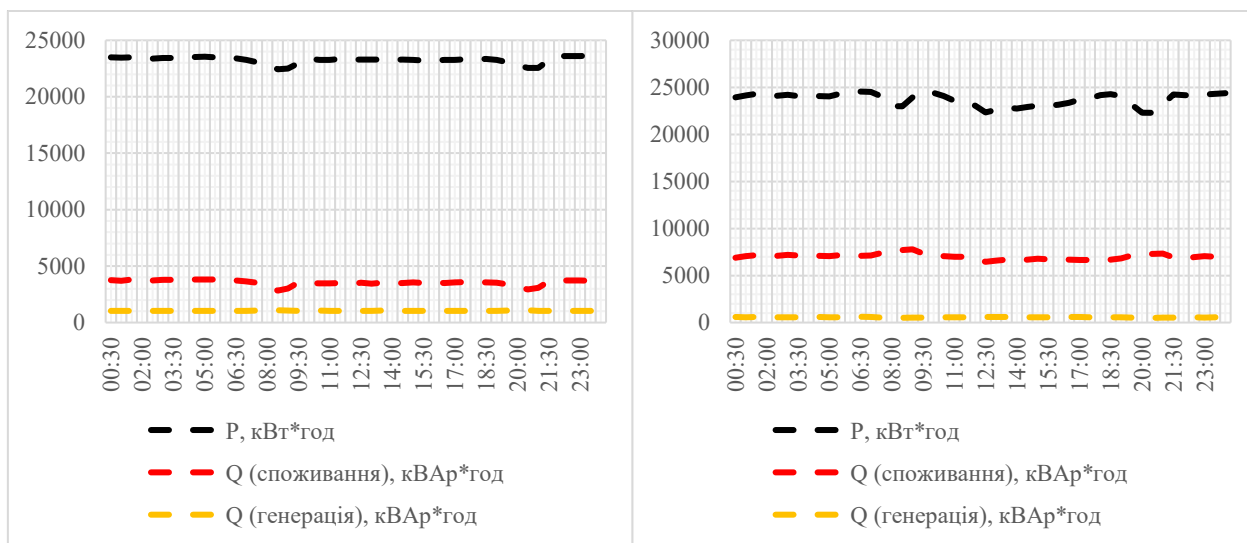
Рисунок А.7 – Усереднене добове споживання активної, реактивної та генерація реактивної потужності на підстанції ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – червень 2023-го року; б) – січень 2023-го року



а)

б)

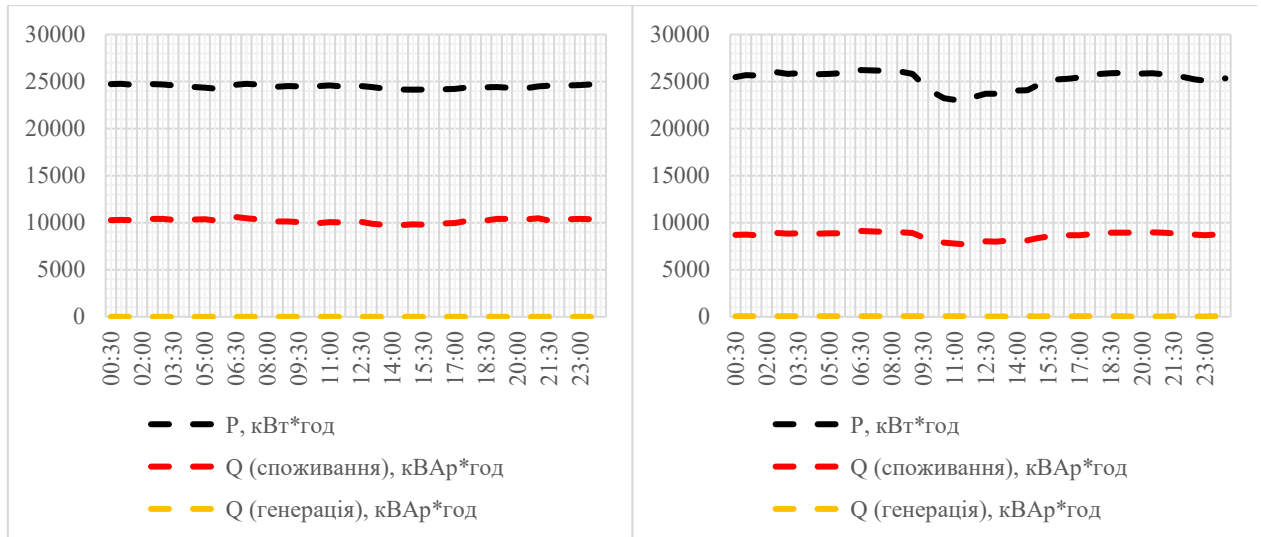
Рисунок А.8 – Усереднене добове споживання активної, реактивної та генерація реактивної потужності на підстанції ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – червень 2023-го року; в) – січень 2023-го року



а)

б)

Рисунок А.9 – Усереднене добове споживання активної, реактивної та генерація реактивної потужності на підстанції ГЗП №4 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – червень 2023-го року; в) – січень 2023-го року



а)

б)

Рисунок А.10 – Усереднене добове споживання активної, реактивної та генерація реактивної потужності на підстанції ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – червень 2023-го року; в) – січень 2023-го року

Крива нормального розподілу виражається наступним рівнянням (А.6):

$$y = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (\text{А.6})$$

За результатами обчислень для СД побудовані криві нормального та теоретичного розподілу (рис. А.11).

Відхилення окремих варіантів від середнього арифметичного нормують за допомогою середньоквадратичного відхилення і називають нормованим відхиленням:

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}. \quad (\text{А.7})$$

Один із показників, які характеризують варіацію всіх варіантів навколо їх середнього, - це середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}. \quad (\text{А.8})$$

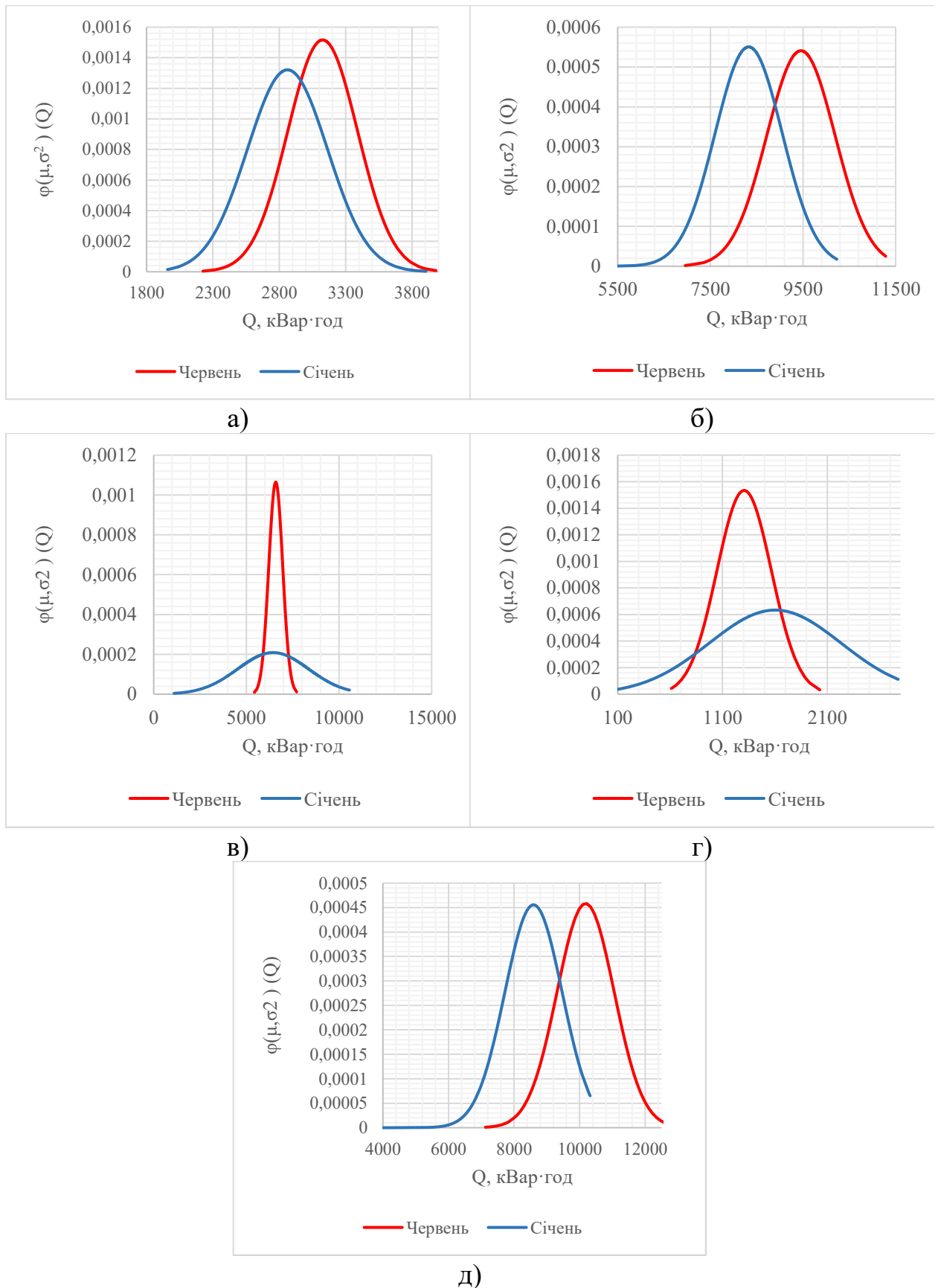


Рисунок А.11 – Графік нормального розподілу споживання реактивної потужності на підстанціях підприємства ПрАТ «ПівнГЗК». а) – ГЗП №1; б) – ГЗП №2; в) – ГЗП №3; г) – ГЗП №4; д) – ГЗП №5.

**ДОДАТОК Б****РОЗРАХУНОК СПЛАТИ ПІДПРИЄМСТВОМ ЗА СПОЖИВАННЯ  
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

Державою наказом «Про затвердження Методики розрахунку плати за перетікання реактивної електроенергії» встановлено методику порядку обчислення перетікання реактивної електроенергії між оператором системи розподілу / оператором системи передачі і непобутовими споживачами, що є платою за послуги із забезпечення перетікань реактивної електроенергії до електроустановок споживачів, що експлуатують електромагнітно незбалансовані установки з неефективним співвідношенням активної і реактивної потужності, які оператор системи розподілу / оператор системи передачі змушений надавати споживачам на території здійснення своєї ліцензованої діяльності. Плата за перетікання реактивної електроенергії застосовується для адресного економічного стимулювання ініціативи непобутового споживача до компенсації перетікань реактивної електроенергії.

Сплату підприємством за тарифами різних років наведені в додатку табл. Б.1. Тарифи, представлені в таблиці є усередненими, оскільки вартість електроенергії змінюється протягом доби. Проте вказані ціни доводять загальну тенденцію підвищення вартості електроенергії та можуть використовуватися як орієнтовні значення.

Таблиця Б.1 Тарифи на електричну енергію за 2019-2025 роки.

| Рік  | Тариф на споживання електричної енергії, грн/кВт·год<br>(грн/кВАр·год) |                                         |                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
|      | Активна<br>потужність                                                  | Реактивна<br>потужність<br>(споживання) | Реактивна<br>потужність<br>(генерація) |
| 2019 | 2,313                                                                  | 0,03                                    | 0,03                                   |
| 2021 | 2,016                                                                  | 0,0144                                  | 0,0144                                 |
| 2023 | 3,7                                                                    | 0,03797                                 | 0,03797                                |
| 2024 | 5,301                                                                  | 0,058                                   | 0,058                                  |
| 2025 | 6,436                                                                  | 0,1624                                  | 0,1624                                 |

У вказаних роках плата за генерацію реактивної потужності у мережу відбувалась лише у нічні години. За споживання активної та реактивної потужності плата стягувалась цілодобово

Таким чином, впровадження заходів з компенсації реактивної потужності з метою зниження сплати за неї є важливими у сучасних електричних системах.

Згідно встановлених тарифів та наказу, як приклад, були розраховані значення сплати підприємством за реактивну потужність. Результати наведені в табл. Б.2 та табл. Б.3. Плата за перетікання реактивної електроенергії об'єкта споживача за розрахунковий період визначається за формулою:

$$П = П_1 + П_2 - П_3, \quad (Б.1)$$

де  $П_1$  – основна плата за перетікання реактивної електроенергії, грн;  $П_2$  – надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП, грн;  $П_3$  – знижка плати у разі залучення споживача до регулювання балансу реактивної потужності (електроенергії), грн.

Умови розрахунку знижки плати  $П_3$  узгоджуються зі споживачем і відображаються у відповідному додатку до договору про надання послуг із забезпечення перетікань реактивної електричної енергії (ДНПЗПРЕ) щодо розрахунків за реактивну електроенергію. Рішення про доцільність залучення споживача до регулювання електричних режимів перетікань реактивної потужності засобами його КРП або генераторних установок приймає ОС.

Плата  $П_1$  визначається за формулою:

$$П_1 = П_С + П_Г, \quad (Б.2)$$

де  $П_С$  – плата за споживання реактивної електроенергії, грн;  $П_Г$  – плата за генерацію реактивної електроенергії, грн.

При цьому врахована також надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП. Відповідно до діючих норм, вказана надбавка розраховується наступним чином:

$$P_2 = P_c \times (\tan \varphi - 0,25)^2 \times C, \quad (\text{Б.3})$$

При  $\tan \varphi \leq 0,25$  (що відповідає економічному режиму роботи з  $\cos \varphi = 0,97$ ) складова  $P_2$  приймається рівною нулю. Якщо  $\tan \varphi > 2$ , у формулі (Б.3) використовується  $\tan \varphi = 2$ .

При цьому важливо зазначити, що при всіх вищезазначених розрахунках розрахункові втрати реактивної електроенергії в обладнанні технологічних мереж споживача або оператора системи (ОС) (трансформатори, лінії, реактори тощо) в розрахунках за перетікання реактивної електроенергії не враховуються.

Таблиця Б.2 - Сплата за електричну потужність за день на ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4, ГЗП №5 за тарифами різних років

| Номер ГЗП № | Вид електричної потужності | Сплата за річними тарифами, грн. |          |         |          |          |          |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|
|             |                            | 2019                             |          | 2021    |          | 2023     |          |
|             |                            | Січень                           | Червень  | Січень  | Червень  | Січень   | Червень  |
| ГЗП №1      | Активна                    | 588926,1                         | 620547,1 | 513305  | 540866   | 942078,1 | 992660,8 |
|             | Споживання реактивної      | 2148,041                         | 2330,416 | 1031,0  | 1118,6   | 2718,703 | 2949,529 |
|             | Генерація реактивної       | 22,69719                         | 20,97864 | 10      | 10,06975 | 28,72707 | 26,55197 |
| ГЗП №2      | Активна                    | 1622977                          | 1743025  | 1414579 | 1519212  | 2596201  | 2788236  |
|             | Споживання реактивної      | 6065,064                         | 7093,402 | 2911,2  | 3404,833 | 7676,349 | 8977,882 |
|             | Генерація реактивної       | 18,7207                          | 77,2536  | 8,9     | 37,08173 | 23,69416 | 97,77731 |
| ГЗП №3      | Активна                    | 1316698                          | 1141162  | 1147628 | 994631,3 | 2106261  | 1825464  |
|             | Споживання реактивної      | 5048,741                         | 4930,6   | 2423,3  | 2366,688 | 6390,023 | 6240,496 |
|             | Генерація реактивної       | 111,5376                         | 55,1247  | 53,53   | 26,45986 | 141,1694 | 69,7695  |
| ГЗП №4      | Активна                    | 630143,9                         | 1291859  | 549230  | 1125978  | 1008012  | 2066527  |
|             | Споживання реактивної      | 1437,832                         | 2559,205 | 690,15  | 1228,418 | 1819,816 | 3239,1   |
|             | Генерація реактивної       | 84,32419                         | 202,356  | 40,47   | 97,13088 | 106,7263 | 256,1152 |
| ГЗП №5      | Активна                    | 1400897                          | 1359004  | 1221015 | 1184502  | 2240951  | 2173937  |
|             | Споживання реактивної      | 6225,064                         | 7339,623 | 2988,03 | 3523,01  | 7878,856 | 9289,517 |
|             | Генерація реактивної       | 12,26323                         | 0,3528   | 5,8     | 0,169    | 15,52116 | 0,446527 |

Таблиця Б.3. - Сплата за електричну потужність за місяць на ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4, ГЗП №5 за тарифами різних років

| Номер ГЗП № | Вид електричної потужності | Сплата за річними тарифами, грн. |          |          |          |          |          |
|-------------|----------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|             |                            | 2019                             |          | 2021     |          | 2023     |          |
|             |                            | Січень                           | Червень  | Січень   | Червень  | Січень   | Червень  |
| ГЗП №1      | Активна                    | 18256710                         | 18616414 | 15912463 | 16225979 | 29204421 | 29779823 |
|             | Споживання реактивної      | 66589,26                         | 69912,47 | 31962,85 | 33557,99 | 84279,81 | 88485,88 |
|             | Генерація реактивної       | 703,6128                         | 629,3592 | 337,7341 | 302,0924 | 890,5393 | 796,559  |
| ГЗП №2      | Активна                    | 50312275                         | 52290736 | 43851944 | 45576361 | 80482239 | 83647091 |
|             | Споживання реактивної      | 188017                           | 212802,1 | 90248,15 | 102145   | 237966,8 | 269336,5 |
|             | Генерація реактивної       | 580,3416                         | 2317,608 | 278,564  | 1112,452 | 734,519  | 2933,319 |
| ГЗП №3      | Активна                    | 40817635                         | 34234853 | 35576460 | 29838938 | 65294099 | 54763925 |
|             | Споживання реактивної      | 156511                           | 147918   | 75125,26 | 71000,64 | 198090,7 | 187214,9 |
|             | Генерація реактивної       | 3457,665                         | 1653,741 | 1659,679 | 793,7957 | 4376,251 | 2093,085 |
| ГЗП №4      | Активна                    | 19534462                         | 38755756 | 17026146 | 33779336 | 31248383 | 61995806 |
|             | Споживання реактивної      | 44572,79                         | 76776,14 | 21394,94 | 36852,55 | 56414,29 | 97173    |
|             | Генерація реактивної       | 2614,05                          | 6070,68  | 1254,744 | 2913,926 | 3308,516 | 7683,457 |
| ГЗП №5      | Активна                    | 43427812                         | 40770131 | 37851478 | 35535056 | 69469479 | 65218109 |
|             | Споживання реактивної      | 192977                           | 220188,7 | 92628,96 | 105690,6 | 244244,5 | 278685,5 |
|             | Генерація реактивної       | 380,16                           | 10,584   | 182,4768 | 5,08032  | 481,1558 | 13,39582 |

**ДОДАТОК В**  
**ПЕРЕЛІК ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ**

Таблиця В.1 – Перелік електричних двигунів

| Номер<br>ГЗП № | КЛ/Шинопровід | Підстанція | Найменування<br>механізму | Технологічний<br>номер | Тип<br>електродвигуна | Потужність | Навантаження,<br>А  | Примітка |
|----------------|---------------|------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------|---------------------|----------|
| ГЗП<br>№1      | Ш1-2<br>Ш2-2  | ПС 13      | Млин 161                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 90                  |          |
|                |               |            | Млин 162                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 110                 |          |
|                |               |            | Конвеєр О-1               |                        | АК 4-450-6            | 630        | Прилад<br>відсутній |          |
|                |               |            | Конвеєр О-2               |                        | АК 4-450-6            | 630        | Прилад<br>відсутній |          |
|                |               | ПС 14      | Млин 141                  |                        | СДС1851-36            | 1120       | 75                  |          |
|                |               |            | Млин 142                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 100                 |          |
|                |               |            | Млин 151                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 85                  |          |
|                |               |            | Млин 152                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | Відкл.              |          |
|                |               | ПС15       | Млин 111                  |                        | СДС1851-36            | 1120       | 100                 |          |
|                |               |            | Млин 112                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 105                 |          |
|                |               |            | Млин 121                  |                        | СДС1851-36            | 1120       | 90                  |          |
|                |               |            | Млин 122                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 85                  |          |
|                |               |            | Млин 131                  |                        | СДС1851-36            | 1120       | 95                  |          |
|                |               |            | Млин 132                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 100                 |          |
|                |               | ПС 16      | НДС-9                     |                        | А355Х4                | 315        | 40                  |          |
|                |               |            | НДС-10                    |                        | А355Х4                | 315        | Відкл.              |          |
|                |               |            | Млин 91                   |                        | СДС1851-36            | 1120       | 90                  |          |
|                |               |            | Млин 92                   |                        | СДС1851-36            | 1250       | 95                  |          |
|                |               |            | Млин 101                  |                        | СДС1851-36            | 1120       | 80                  |          |
|                |               |            | Млин 102                  |                        | СДС1851-36            | 1250       | 90                  |          |
|                |               | ПС-17      | НДС-7                     |                        | А355Х4                | 315        | Відкл.              |          |
|                |               |            | НДС-8                     |                        | А355Х4                | 315        | Відкл.              |          |
|                |               |            | Млин 81                   |                        | Н155051 Н36           | 1100       | 75                  |          |
|                |               |            | Млин 82                   |                        | СДС1851-36            | 1250       | 120                 |          |
|                |               |            | Млин 71                   |                        | Н155051 Н36           | 1100       | Відкл.              |          |

|  |                  |       |                |      |             |      |        |  |
|--|------------------|-------|----------------|------|-------------|------|--------|--|
|  |                  |       | Млин 72        |      | СДС1851-36  | 1250 | 125    |  |
|  |                  |       | Млин 61        |      | СДС1851-36  | 1120 | 80     |  |
|  |                  |       | Млин 62        |      | СДС1851-36  | 1250 | 95     |  |
|  |                  | ПС 18 | Млин 52        |      | СДС1851-36  | 1250 | 90     |  |
|  |                  |       | Млин 41        |      | Н155051-36  | 1100 | 80     |  |
|  |                  |       | Млин 42        |      | СДС1851-36  | 1250 | Відкл. |  |
|  |                  |       | Млин 31        |      | Н155051 Н36 | 1100 | 90     |  |
|  |                  |       | Млин 32        |      | СДС1851-36  | 1250 | 100    |  |
|  |                  | ПС 19 | Конвеєр О-3    |      | АК 4-400-6  | 500  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Конвеєр О-4    |      | АК 4-450-6  | 630  | 20     |  |
|  |                  |       | Млин 11        |      | Н155051 Н36 | 1100 | 80     |  |
|  |                  |       | Млин 12        |      | СДС1851-36  | 1250 | 90     |  |
|  | КЛ-521           | ПС 52 | Вакуум-насос   | 9    | АСДН1250К   | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 10   | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 11   | АСДН1250К   | 630  | 35     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 12   | АСДН1250К   | 630  | 45     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 13   | АСДН1250К   | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 14   | АСДН1250К   | 630  | 45     |  |
|  | КЛ-522           |       | Вакуум-насос   | 15   | АСДН1250К   | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 16   | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Турбокомпресор | ТК 4 | ВАО-2       | 250  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Турбокомпресор | ТК 5 | ВАО-2       | 250  | 25     |  |
|  |                  |       | Турбокомпресор | ТК 6 | ВАО-2       | 250  | Відкл. |  |
|  | КЛ-831<br>КЛ-832 | ПС 83 | Вакуум-насос   | 1    | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 2    | АСДН1250К   | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 3    | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 4    | АСДН1250К   | 630  | 40     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 5    | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 6    | АСДН1250К   | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос   | 7    | АСДН1250К   | 630  | Відкл. |  |

|           |        |       |                |      |               |     |                  |  |
|-----------|--------|-------|----------------|------|---------------|-----|------------------|--|
|           |        |       | Вакуум-насос   | 8    | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           | КЛ-92  | КВК   |                |      |               |     |                  |  |
| ГЗП<br>№2 | КЛ-911 | ПС 91 | Вакуум-насос   | 17   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 18   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 19   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 20   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 21   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 22   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           | КЛ-912 |       | Вакуум-насос   | 23   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 24   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 25   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Вакуум-насос   | 26   | АСДН1250К     | 630 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Турбокомпресор | ТК7  | ВАО-5         | 250 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Турбокомпресор | ТК8  | ВАО-5         | 250 | Відкл.           |  |
|           | КЛ-111 | ПС 11 | Дробарка       | 1-1А | АК3 13-42-10  | 320 | 25               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 1-1Б | АК3 13-42-10  | 320 | 25               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 1-2  | АК3 13-42-10  | 400 | 15               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 1-3  | АК3 13-42-10  | 400 | 15               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 2-1А | АК3 13-42-10  | 320 | 25               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 2-1Б | АК3 13-42-10  | 320 | 25               |  |
|           | КЛ-112 |       | Дробарка       | 2-2  | АК3 13-42-10  | 400 | 15               |  |
|           |        |       | Дробарка       | 2-3  | АК3 13-42-10  | 400 | 15               |  |
|           |        |       | АТУ            | 1    | JVF600S10     | 250 | Відкл.           |  |
|           |        |       | АТУ            | 2    | JVF600S10     | 250 | Відкл.           |  |
|           | КЛ-121 | ПС 12 | Дробарка       | 3-15 | АЗД 13-52-12  | 250 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Дробарка       | 3-17 | ДАЗО315-6-500 | 315 | Відкл.           |  |
|           |        |       | Дробарка       | 3-25 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|           |        |       | Дробарка       | 3-27 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад           |  |

|  |        |  |          |      |               |     |                  |  |
|--|--------|--|----------|------|---------------|-----|------------------|--|
|  |        |  |          |      |               |     | відсутній        |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-35 | АЗД 13-52-12  | 250 | Відкл.           |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-37 | ДАЗО315-6-500 | 315 | Відкл.           |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-45 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-47 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-55 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-57 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-65 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-67 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-75 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 3-77 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 4-15 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 4-17 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 4-25 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 4-27 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад відсутній |  |
|  |        |  | Дробарка | 4-35 | АЗД 13-52-12  | 250 | Прилад відсутній |  |
|  | КЛ-122 |  | Дробарка | 4-37 | АЗ 13-62-12   | 320 | Прилад           |  |

|  |  |  |          |      |                   |     |                     |  |
|--|--|--|----------|------|-------------------|-----|---------------------|--|
|  |  |  |          |      |                   |     | відсутній           |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-45 | АЗД 13-52-12      | 250 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-47 | АЗ 13-62-12       | 320 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-55 | АЗД 13-52-12      | 250 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-57 | ДАЗО315-6-<br>500 | 315 | 30                  |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-65 | АЗД 13-52-12      | 250 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-67 | АЗ 13-62-12       | 320 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-75 | АЗД 13-52-12      | 250 | Відкл.              |  |
|  |  |  | Дробарка | 4-77 | АЗ 13-62-12       | 320 | Відкл.              |  |
|  |  |  | Конвеєр  | К-1  | АКЗ 13-5-6        | 800 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Конвеєр  | К-1  | АКЗ 13-59-6       | 800 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Конвеєр  | К-2  | АКЗ 13-59-6       | 800 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Конвеєр  | К-2  | АКЗ 13-59-6       | 800 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Конвеєр  | М-1  | АКЗ 12-49-6       | 400 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | Конвеєр  | М-2  | АКЗ 12-49-6       | 400 | Прилад<br>відсутній |  |
|  |  |  | АТУ      | 3    | АЗ 12-52-8        | 320 | Відкл.              |  |
|  |  |  | АТУ      | 4    | АЗ 12-52-8        | 320 | Відкл.              |  |
|  |  |  | АТУ      | 5    | АЗ 12-52-8        | 320 | Відкл.              |  |
|  |  |  | АТУ      | 6    | АЗ 12-52-8        | 320 | 25                  |  |

|  |                   |       |              |  |                   |      |                 |                                                  |
|--|-------------------|-------|--------------|--|-------------------|------|-----------------|--------------------------------------------------|
|  | КЛ-211,<br>КЛ-212 | ПС 21 | Компресор №1 |  | ABB AMA<br>400L2W | 1000 | 80              | В роботі<br>один з №1-<br>№3 або два<br>№5 та №6 |
|  |                   |       | Компресор №2 |  | ASCK-S2A06        | 1000 | 80              |                                                  |
|  |                   |       | Компресор №3 |  | ASCK-S2A06        | 1000 | 80              |                                                  |
|  |                   |       | Компресор №5 |  | СДК2-17-26-12     | 630  | 42              |                                                  |
|  |                   |       | Компресор №6 |  | СДК2-17-26-12     | 630  | 23              |                                                  |
|  | Ш2-1<br>Ш1-1      | ПС 31 | Млин 171     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 170             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 172     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 95              |                                                  |
|  |                   |       | Млин 173     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 95              |                                                  |
|  |                   |       | Млин 171     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 160             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 182     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 100             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 183     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 90              |                                                  |
|  |                   | ПС 32 | НДС-1        |  | A355X4            | 315  | Насос відсутній |                                                  |
|  |                   |       | НДС-2        |  | A355X4            | 315  | Насос відсутній |                                                  |
|  |                   |       | Млин 191     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 145             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 192     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 95              |                                                  |
|  |                   |       | Млин 193     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 70              |                                                  |
|  |                   | ПС 33 | Млин 201     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 160             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 202     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 100             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 203     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 120             |                                                  |
|  |                   | ПС 34 | Млин 211     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 140             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 212     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 110             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 213     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 160             |                                                  |
|  |                   |       | НДС-3        |  | A355X4            | 315  | 40              |                                                  |
|  |                   |       | НДС-4        |  | A355X4            | 315  | Відкл.          |                                                  |
|  |                   |       | Млин 221     |  | СДС 1941-40       | 2000 | 100             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 222     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 110             |                                                  |
|  |                   |       | Млин 223     |  | СДС18 51-32       | 1250 | 150             |                                                  |
|  |                   | ПС 35 | НДС-5        |  | A355X4            | 315  | Відкл.          |                                                  |
|  |                   |       | НДС-6        |  | A355X4            | 315  | Відкл.          |                                                  |

|            |                |       |                        |  |             |      |        |                                           |
|------------|----------------|-------|------------------------|--|-------------|------|--------|-------------------------------------------|
|            |                |       | Млин 231               |  | СДС 1941-40 | 2000 | 130    |                                           |
|            |                |       | Млин 232               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 90     |                                           |
|            |                |       | Млин 233               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 100    |                                           |
|            |                |       | Млин 241               |  | СДС 1941-40 | 2000 | 0      |                                           |
|            |                |       | Млин 242               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 0      |                                           |
|            |                |       | Млин 243               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 0      |                                           |
|            |                | ПС 36 | Млин 251               |  | СДС 1941-40 | 2000 | 145    |                                           |
|            |                |       | Млин 252               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 110    |                                           |
|            |                |       | Млин 253               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 140    |                                           |
|            |                |       | Млин 261               |  | СДС 1941-40 | 2000 | Відкл. |                                           |
|            |                |       | Млин 262               |  | СДС18 51-32 | 1250 | Відкл. |                                           |
|            |                |       | Млин 263               |  | СДС18 51-32 | 1250 | Відкл. |                                           |
|            |                | ПС 37 | Конвеєр О-5            |  | АК 4-400-6  | 500  | 25     |                                           |
|            |                |       | Конвеєр О-6            |  | АК 4-450-6  | 630  | 25     |                                           |
|            |                |       | Млин 271               |  | СДС 1941-40 | 2000 | 160    |                                           |
|            |                |       | Млин 272               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 100    |                                           |
|            |                |       | Млин 273               |  | СДС18 51-32 | 1250 | 95     |                                           |
| ГЗП №<br>3 | К-251, К-253   | ПС 25 | Насосний агрегат<br>№1 |  | СДН-2-17-44 | 1600 | 118    |                                           |
|            |                |       | Насосний агрегат<br>№2 |  | СДН-2-17-44 | 1600 | Відкл. |                                           |
|            |                |       | Насосний агрегат<br>№4 |  | СДН-2-17-45 | 1600 | Відкл. |                                           |
|            | ЛЕП-3<br>ЛЕП-6 | ПС 20 | Насосний агрегат<br>№1 |  | М315-МК4    | 250  | 360    | 0,4кВ, в<br>роботі 1<br>або 2<br>агрегати |
|            |                |       | Насосний агрегат<br>№2 |  | М315-МК4    | 250  | 370    |                                           |
|            |                |       | Насосний агрегат<br>№3 |  | М315-МК4    | 250  | 360    |                                           |
|            |                |       | Насосний агрегат<br>№4 |  | М315-МК4    | 250  | 380    |                                           |

|  |                  |       |                        |    |               |      |        |  |
|--|------------------|-------|------------------------|----|---------------|------|--------|--|
|  | КЛ-281<br>КЛ-282 | ПС 28 | Насосний агрегат<br>№5 |    | М315-МК4      | 250  | 370    |  |
|  |                  |       | Землесос               | 9  | СДУ-18        | 3200 | Відкл. |  |
|  |                  |       | Землесос               | 10 | СДУ-18        | 3200 | Відкл. |  |
|  |                  |       | Землесос               | 11 | СДУ-18        | 3200 | 235    |  |
|  | КЛ-381<br>КЛ-382 | ПС 38 | Землесос               | 12 | LHD-49        | 3500 | Відкл. |  |
|  |                  |       | Землесос №1            |    | СДУ-18        | 3200 | 235    |  |
|  |                  |       | Землесос №4            |    | 2СД           | 3150 | Відкл. |  |
|  |                  |       | Землесос №3            |    | СДУ-18        | 3200 | 260    |  |
|  |                  |       | Землесос №2            |    | СДУ-18        | 3200 | Відкл. |  |
|  |                  |       | НГУ-1                  |    | A355L4        | 250  | 35     |  |
|  | КЛ-391<br>КЛ-392 | ПС 39 | НГУ-2                  |    | A355L4        | 250  | 35     |  |
|  |                  |       | Землесос №5            |    | LHD-49        | 3500 | 273    |  |
|  |                  |       | Землесос №8            |    | СДУ-18        | 3200 | 200    |  |
|  |                  |       | Землесос №6            |    | 2СД           | 3150 | 190    |  |
|  |                  |       | Землесос №7            |    | LHD-49        | 3500 | Відкл. |  |
|  |                  |       | НГУ-6                  |    | A355L4        | 250  | 35     |  |
|  | Ш-5<br>Ш-6       | ПС-41 | НГУ-5                  |    | A355L4        | 250  | 35     |  |
|  |                  |       | Конвеєр Ш-1            |    | АК3-12-49-6   | 400  | 20     |  |
|  |                  |       | Конвеєр Ш-2            |    | АК3-12-49-6   | 400  | 20     |  |
|  |                  |       | Млин І-1               |    | СДС3-2000-100 | 2000 | 120    |  |
|  |                  |       | Млин І-2               |    | СДС3-2000-100 | 2000 | 150    |  |
|  |                  |       | Млин І-3               |    | СДС3-2000-100 | 2000 | 170    |  |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 1-1      |    | ДАЗО-450х-4У1 | 630  | 45     |  |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 1-2      |    | ДАЗО-450х-4У1 | 630  | 50     |  |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 2-1      |    | ДАЗО-450х-4У1 | 630  | 42     |  |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 2-2      |    | ДАЗО-450х-    | 630  | 50     |  |

|  |                  |       |                          |      |                 |      |        |      |
|--|------------------|-------|--------------------------|------|-----------------|------|--------|------|
|  |                  |       |                          |      | 4У1             |      |        |      |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 3-1        |      | ДАЗО-450х-4У1   | 630  | 46     |      |
|  |                  |       | Вентилятор ВМ 3-2        |      | ДАЗО-450х-4У1   | 630  | 51     |      |
|  | Ш-5, Ш-6         | ПС 42 | Зміш. СВ-1 (вих)         |      | ДАЗО4-400х-4МУ1 | 400  | 32     |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-32         |      | АОД-3150/1000   | 3150 | 330    |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-33         |      | АОД-3150/1000   | 3150 | 315    |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-34         |      | АОД-3150/1000   | 3150 | 357    |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-30         |      | АОД-1600/1000   | 1600 | 165    |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-31         |      | ДАЗО-400-6У1    | 400  | 31     |      |
|  |                  |       | Вентилятор АН-35         |      | 1LA4 354        | 550  | 43     |      |
|  |                  |       | Ел-й фільтр AS-300       |      |                 | 300  | 28     |      |
|  |                  |       | Вентилятор AS-300        |      | A-4-400-6У1     | 400  | 38     |      |
|  |                  | ПС 43 | Вентилятор ЦАУ №2 (АТУ1) |      | ДАЗО-315М6      | 315  | 34     |      |
|  |                  |       | Екскатор ЕКГ-5А          |      | АЕ-113 4У2      | 250  | Відкл. |      |
|  | Ш-2, Ш-1         | ПС 44 | Вентилятор 1-59          | 10кВ | ДСП173-64-8     | 2000 | 141,6  | 10кВ |
|  | Ш-2, Ш-1         | ПС 45 | Вентилятор 2-51          | 10кВ | ДСП173-64-8     | 2000 | 87     | 10кВ |
|  |                  |       | Вентилятор 2-53          | 10кВ | СДС3-17-64-6    | 4000 | 255    | 10кВ |
|  |                  |       | Вентилятор 2-55          | 10кВ | СДС3-17-64-6    | 4000 | 234    | 10кВ |
|  | КЛ-481<br>КЛ-482 | ПС 48 | Вентилятор 2-58          |      | АОД-1000-8У1    | 1000 | 129    |      |
|  |                  |       | Вентилятор 2-60          |      | АОД-1000-8У1    | 1000 | 68     |      |
|  |                  |       | АТУ-2 (2-71)             |      | ДАЗО4-560-10    | 630  | 71     |      |
|  |                  |       | Димовсмоктувач           |      | ДАЗО4-450УК-    | 400  | 50     |      |

|            |                  |       |                            |     |                     |        |        |  |
|------------|------------------|-------|----------------------------|-----|---------------------|--------|--------|--|
|            |                  |       | АТУ 1-18                   |     | 8У1                 |        |        |  |
|            |                  |       | Димовсмоктувач<br>АТУ 2-17 |     | ДАЗО4-450УК-<br>8У1 | 400    | 50     |  |
|            |                  |       | Димовсмоктувач<br>АТУ 2-18 |     | АОД-400-10У1        | 400    | 42     |  |
|            |                  |       | Екскаватор ЕКГ-<br>5А      | №73 | АЕ-113-4У           | 250    | 18     |  |
|            |                  |       | Екскаватор ЕКГ-<br>4,6     | №3  | АЕ-113-4У           | 250    | 18     |  |
|            | КЛ-491<br>КЛ-492 | ПС 49 | АБК РЗФ-2 КТП<br>49-2      |     |                     | 2x1000 |        |  |
| ГЗП №<br>4 | ЛЕП-12<br>ЛЕП-13 | ПС 9  | Насосний агрегат<br>№1     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 140    |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№2     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | Відкл. |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№3     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 149    |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№4     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 140    |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№5     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | Відкл. |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№6     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 148    |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№7     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | Відкл. |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№8     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | Відкл. |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№9     |     | СДН-2-17-44         | 1600   | Відкл. |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат<br>№10    |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 157    |  |
|            |                  |       | Насосний агрегат           |     | СДН-2-17-44         | 1600   | 157    |  |

|  |          |       |                         |      |                    |      |        |  |
|--|----------|-------|-------------------------|------|--------------------|------|--------|--|
|  |          |       | №11                     |      |                    |      |        |  |
|  |          |       | Насосний агрегат<br>№12 |      | СДН-2-17-44        | 1600 | Відкл. |  |
|  |          |       | Насосний агрегат<br>№13 |      | СДН-2-17-44        | 1600 | 154    |  |
|  |          |       | Насосний агрегат<br>№14 |      | СДН-2-17-44        | 1600 | 153    |  |
|  | Ш-2, Ш-1 | ПС 63 | Вакуум-насос            | №1   | СДМ215-29-<br>24У4 | 630  | 535    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №2   | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №3   | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №4   | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №5   | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №6   | СДИ4-1250К-<br>24  | 630  | 520    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №7   | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №8   | СДМ215-29-<br>24У4 | 630  | 540    |  |
|  |          |       | Конвеєр<br>стрічковий   | ПБ-1 | АК3-12-496У4       | 400  | 340    |  |
|  |          |       | Насос НДС               | №1   | ДА3О4-<br>400ХК4У1 | 315  | 270    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №13  | СДМ4-1250К-<br>24  | 630  | 520    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №14  | ДС213-29-<br>24У4  | 630  | 550    |  |
|  |          |       | Вакуум-насос            | №15  | СДМ4-1250К-        | 630  | 520    |  |

|  |                         |        |                      |     |               |     |        |  |
|--|-------------------------|--------|----------------------|-----|---------------|-----|--------|--|
|  |                         |        |                      |     | 24            |     |        |  |
|  |                         |        | Вакуум-насос         | №16 | СДМ4-1250К-24 | 630 | 520    |  |
|  |                         |        | Вакуум-насос         | №17 | СДМ4-1250К-24 | 630 | 520    |  |
|  | ПС №5<br>ВЛ-14<br>ВЛ-15 | ПС-90  | Конвеєр ЛК-1         |     | АК3 12-39-6   | 320 | 19     |  |
|  |                         |        | Конвеєр ЛК-2         |     | АК3 13-46-6   | 630 | 52     |  |
|  |                         | ПС-47А | Конвеєр 5АКТ         |     | АК3 13-46-6   | 630 | 61     |  |
|  |                         | ПС 46  | Дробарка ККД-1       |     | АК3 13-52-10  | 400 | 37     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-52-10  | 400 | 37     |  |
|  |                         |        | Конвеєр 1КТ          |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         | ПС 47  | Конвеєр 2АКТ         |     | АК3 13-59-6   | 800 | 52     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 52     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 52     |  |
|  |                         | ПС-90  | Конвеєр ЛК-3         |     | АК3 12-39-6   | 320 | 19     |  |
|  |                         |        | Конвеєр ЛК-4         |     | АК3 12-39-6   | 320 | 21     |  |
|  |                         | ПС 82  | Дробарка ККД-2       |     | АК3 13-52-10  | 400 | 37     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-52-10  | 400 | 37     |  |
|  |                         | ПС 46  | Конвеєр 1АКТ         |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 45     |  |
|  |                         | ПС 47  | Конвеєр 2КТ          |     | АК3 13-59-6   | 800 | 72     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 80     |  |
|  |                         |        |                      |     | АК3 13-59-6   | 800 | 0      |  |
|  |                         |        | Конвеєр 4АКТ         |     | АК3 12-49-6   | 400 | 17     |  |
|  | ВЛ-271                  | ПС 27  | ПНС-2                |     | -             |     | Відкл. |  |
|  | ВЛ-272                  |        | ПНС-2                |     | -             |     | Відкл. |  |
|  | КЛ-731<br>КЛ-732        | ПС-73  | Турбокомпресор<br>№1 |     | AEDK S2A01    | 630 | 133    |  |

|  |  |  |                         |    |                 |      |     |                     |
|--|--|--|-------------------------|----|-----------------|------|-----|---------------------|
|  |  |  | Турбокомпресор №2       |    | СТД-1600-23     | 1600 | 129 |                     |
|  |  |  | Турбокомпресор №3       |    | СТД-1600-23     | 1600 | 128 |                     |
|  |  |  | Турбокомпресор №4       |    | СТД-1600-23     | 1600 | 128 |                     |
|  |  |  | Турбокомпресор №5       |    | СТД-1600-23     | 1600 | 120 |                     |
|  |  |  | Турбокомпресор №6       |    | СТД-1600-23     | 1600 | 120 |                     |
|  |  |  |                         |    |                 |      |     | В роботі 2 агрегати |
|  |  |  | Турбовоздухόδувка       | №1 | BAO2-450M2      | 250  | 220 |                     |
|  |  |  | Турбовоздухόδувка       | №2 | BAO2-450M2      | 250  | 220 |                     |
|  |  |  | Турбовоздухόδувка       | №3 | BAO2-450M2      | 250  | 220 |                     |
|  |  |  | Турбовоздухόδувка       | №4 | BAO2-450M2      | 250  | 220 |                     |
|  |  |  | Турбовоздухόδувка       | №5 | BAO2-450M2      | 250  | 220 |                     |
|  |  |  | Насос НДС               | №2 | ДА304-400XK4Y1  | 315  | 270 |                     |
|  |  |  | Насос НДС               | №4 | ДА304-400XK4Y1  | 315  | 270 |                     |
|  |  |  | Воздухόδувка AG 5.013.1 |    | DBKAJ 9030-8WF  | 4500 | 446 |                     |
|  |  |  | Газодувка АН 1.005.1    |    | 1TT6337-8FE25-Z | 3000 | 238 |                     |
|  |  |  | Воздухόδувка AG 5.006.1 |    | DBKAJ 9030-8WF  | 4500 | 395 |                     |
|  |  |  | Воздухόδувка AG 5.002.1 |    | DBKAJ 9030-8WF  | 4500 | 218 |                     |
|  |  |  | Воздухόδувка AG 1.028.1 |    | 1LA3359 B3      | 1300 | 79  |                     |
|  |  |  | Змішувач AG 1.019       |    | ДА304-400X-4    | 400  | 23  |                     |
|  |  |  | Змішувач AG 1.020       |    | ДА304-400X-4    | 400  | 22  |                     |

|  |  |    |                         |  |                   |         |     |  |
|--|--|----|-------------------------|--|-------------------|---------|-----|--|
|  |  |    | Димовсмоктувач А-20.1   |  | ДА304-450УК-8     | 400     | 30  |  |
|  |  |    | Конвеєр ОК-1            |  | АК4-400ХК-6       | 315     | -   |  |
|  |  | 68 | Воздуходувка ВГ 5.013.1 |  | ВВКАJ 9030-8WF    | 4500    | 400 |  |
|  |  |    | Газодувка ВН 1.005.1    |  | ВВКАJ 8033-10WF   | 3000    | 238 |  |
|  |  |    | Воздуходувка ВГ 5.006.1 |  | ВВКАJ 9030-8WF    | 4500    | 376 |  |
|  |  |    | Воздуходувка ВГ 5.002.1 |  | ВВКАJ 9030-8WF    | 4500    | 253 |  |
|  |  |    | Воздуходувка ВГ 1.028.1 |  | ВВКАJ 6326-8WF    | 1300    | 80  |  |
|  |  |    | Змішувач ВГ 1.019       |  | ДА304-400Х-4      | 400     | 19  |  |
|  |  |    | Змішувач ВГ 1.020       |  | ДА304-400Х-4      | 400     | 21  |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач В-20.1   |  | ДА3013-55-8МУ1    | 400     | 40  |  |
|  |  |    | Конвеєр ОК-2            |  | АК4-400У-6        | 500     | 24  |  |
|  |  | 70 | Млин в-р №1             |  | ДА3013-62-4МУ1    | 800     | 80  |  |
|  |  |    | Млин №1                 |  | СДМ3-2-22-34-60У4 | 1600    | 100 |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач №1, 1-13 |  | ДА302-16-44-8/10  | 250/125 | 24  |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач №3, 3-13 |  | ДА304-450Х-8      | 315     | 25  |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач №5       |  | ДА304-450УК-8     | 400     | 35  |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач №2, 2-13 |  | ДА304-14-8У2      | 315     | 32  |  |
|  |  |    | Димовсмоктувач          |  | ДА304-450Х-8      | 315     | 26  |  |

|  |                  |       |                          |     |                   |      |     |  |
|--|------------------|-------|--------------------------|-----|-------------------|------|-----|--|
|  |                  |       | №4, 4-13                 |     |                   |      |     |  |
|  |                  |       | Млин в-р №4              |     | ДА304-450-У4      | 800  | 70  |  |
|  |                  |       | Млин №4                  |     | СДМ3-2-22-34-60У4 | 1600 | 110 |  |
|  | КЛ-711<br>КЛ-712 | 71    | Насос №33 НОВС           |     | ДА304-450У-8      | 250  | 30  |  |
|  |                  |       | Насос №4 НОВС            |     | ДА304-400Х-4      | 400  | -   |  |
|  | КЛ-691<br>КЛ-692 | 69    | Конвеєр CG 8.012         |     | АК3-13-37-6       | 500  | 20  |  |
|  |                  |       | Конвеєр CG 8.014         |     | АК3-13-37-6       | 500  | 25  |  |
|  |                  |       | Димовсмоктувач 200 (КПО) |     | ДА304-14-8У2      | 400  | 42  |  |
|  | ВЛ-721           | ПС-75 | Вакуум-насос             | №18 | 4СДМ-1250К-24     | 630  | 520 |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос             | №9  | ДС213-29-24У4     | 630  | 550 |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос             | №10 | СДМ215-29-24У4    | 630  | 540 |  |
|  | ВЛ-752           |       | Вакуум-насос             | №11 | СДМ215-29-24У4    | 630  | 540 |  |
|  |                  |       | Вакуум-насос             | №12 | СДМ215-29-24У4    | 630  | 540 |  |
|  |                  |       | Турбовоздуходувка        | №1  | ВАО2-450М2        | 250  | 220 |  |

**ДОДАТОК Г**  
**U-ПОДІБНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННИХ ДВИГУНІВ**

З різноманіття синхронного обладнання, живленого від досліджуваних підстанцій, вибрані найбільш характерні синхронні двигуни, для яких експериментально вимірювалися «U-подібні» характеристики. Потужності обраних двигунів охоплюють практично весь спектр потужностей, використовуваних на комбінаті синхронних двигунів. Експериментально вимірювалися «U-подібні» характеристики наступних синхронних двигунів (Таблиця Г.2) і подані на рис. Г.1-Г.7. Для кожного двигуна визначені раціональні режими збудження, що забезпечують мінімум втрат у електроживильній мережі.

Таблиця Г.1. Паспортні характеристики синхронних двигунів

| №<br>п/п | Тип синхронного<br>двигуна | Номінальна<br>потужність, кВт | Струми збудження, А |         |
|----------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|---------|
|          |                            |                               | Номінальний         | Робочий |
| 1        | СДК 2-17-26-12             | 630                           | 261                 | 220     |
| 2        | СДС 1851-36                | 1100                          | 265                 | 200     |
| 3        | СДС 1851-32                | 1250                          | 250                 | 200     |
| 4        | СДН-2-17-44                | 1600                          | 278                 | 240     |
| 5        | ДСП 173-64-8               | 2000                          | 270                 | 220     |
| 6        | СДУ 18-54-16               | 3200                          | 262                 | 200     |
| 7        | СДЗС-17-64-6               | 4000                          | 290                 | 206     |

Таблиця Г.2. Експериментально зняті характеристики синхронних двигунів

| Тип<br>синхронного<br>двигуна | Номінальна<br>потужність,<br>$P_n$ , кВт | Номінальний<br>струм<br>возбудження,<br>$I_{вн}$ , А | Номінальний<br>струм статора,<br>$I_{сн}$ , А | Рік<br>випуску | $I_b$ ,<br>А | $I_c$ ,<br>А |
|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|
| ДСП 173-<br>64-8              | 2000                                     | 270                                                  | 225                                           | -              | 160          | 230          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 180          | 210          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 230          | 200          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 270          | 200          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 330          | 208          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 380          | 235          |
| СДН-2-17-<br>44               | 1600                                     | 287                                                  | 179                                           | 1967 г.        | 197          | 137          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 222          | 135          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 247          | 138          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 272          | 140          |
|                               |                                          |                                                      |                                               |                | 297          | 145          |

| Продовження табл. Г.2 |      |     |     |         |     |      |
|-----------------------|------|-----|-----|---------|-----|------|
| СДУ 18-54-16          | 3200 | 270 | 350 | 1974 г. | 190 | 255  |
|                       |      |     |     |         | 200 | 247  |
|                       |      |     |     |         | 210 | 245  |
|                       |      |     |     |         | 220 | 248  |
|                       |      |     |     |         | 230 | 257  |
|                       |      |     |     |         | 240 | 275  |
|                       |      |     |     |         | 250 | 305  |
| СДС 1851-32           | 1250 | 250 | 140 | 1980 г. | 180 | 108  |
|                       |      |     |     |         | 190 | 101  |
|                       |      |     |     |         | 200 | 99   |
|                       |      |     |     |         | 210 | 99   |
|                       |      |     |     |         | 220 | 100  |
|                       |      |     |     |         | 230 | 104  |
|                       |      |     |     |         | 240 | 109  |
| СДС 1851-36           | 1120 | 265 | 125 | 1974 г. | 250 | 115  |
|                       |      |     |     |         | 215 | 119  |
|                       |      |     |     |         | 225 | 115  |
|                       |      |     |     |         | 235 | 112  |
|                       |      |     |     |         | 245 | 110  |
|                       |      |     |     |         | 255 | 110  |
|                       |      |     |     |         | 265 | 113  |
| СДК 2-17-26-12        | 630  | 261 | 72  | 1963 г. | 275 | 118  |
|                       |      |     |     |         | 285 | 125  |
|                       |      |     |     |         | 240 | 37   |
|                       |      |     |     |         | 250 | 36   |
|                       |      |     |     |         | 260 | 35,8 |
|                       |      |     |     |         | 270 | 36   |
|                       |      |     |     |         | 280 | 36,5 |
| СДЗС-17-64-6          | 4000 | 290 | 446 | 1962 г. | 290 | 37,5 |
|                       |      |     |     |         | 300 | 39   |
|                       |      |     |     |         | 310 | 41   |
|                       |      |     |     |         | 320 | 43,5 |
|                       |      |     |     |         | 190 | 380  |
|                       |      |     |     |         | 205 | 361  |
|                       |      |     |     |         | 220 | 345  |
| СДЗС-17-64-6          | 4000 | 290 | 446 | 1962 г. | 235 | 332  |
|                       |      |     |     |         | 250 | 322  |
|                       |      |     |     |         | 265 | 320  |
|                       |      |     |     |         | 280 | 336  |
|                       |      |     |     |         | 295 | 370  |

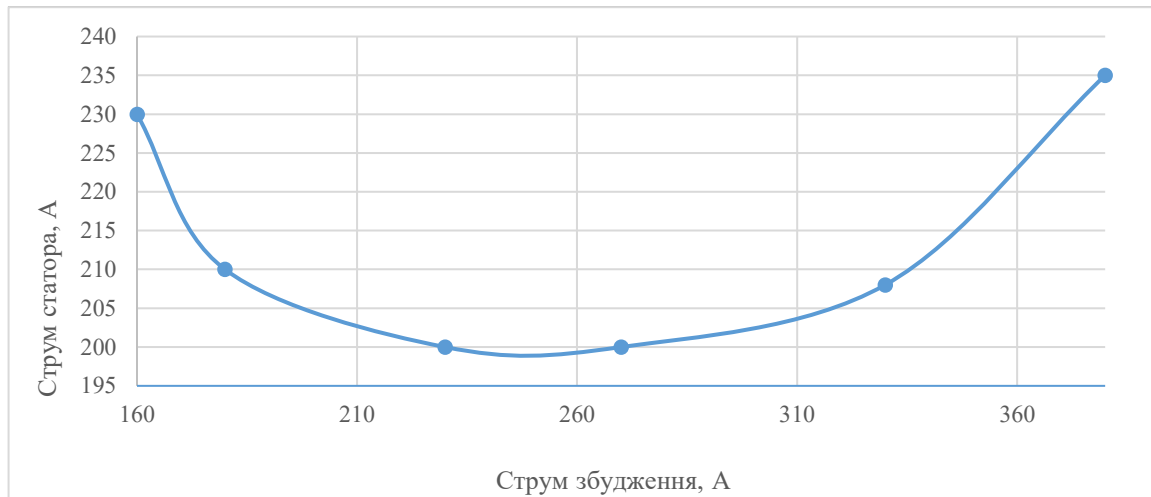


Рисунок Г.1 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна ДСП 173-64-8

**Висновки:** в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 182 А до 336 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 250$  А



Рисунок Г.2 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДН-2-17-44

**Висновки:** в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 144 А до 149 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 136$  А

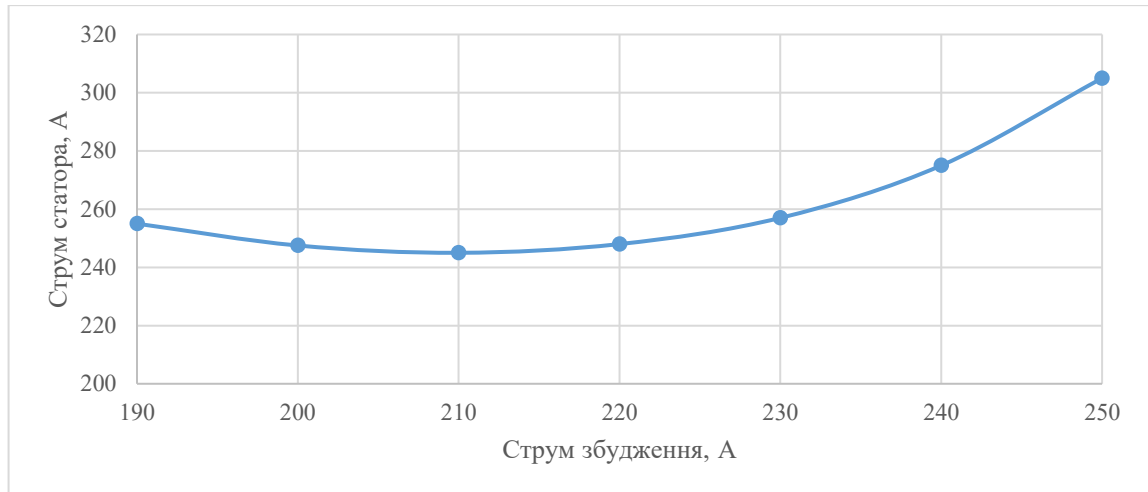


Рисунок Г.3 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДУ 18-54-16

Висновки: в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 188 А до 230 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 210$  А

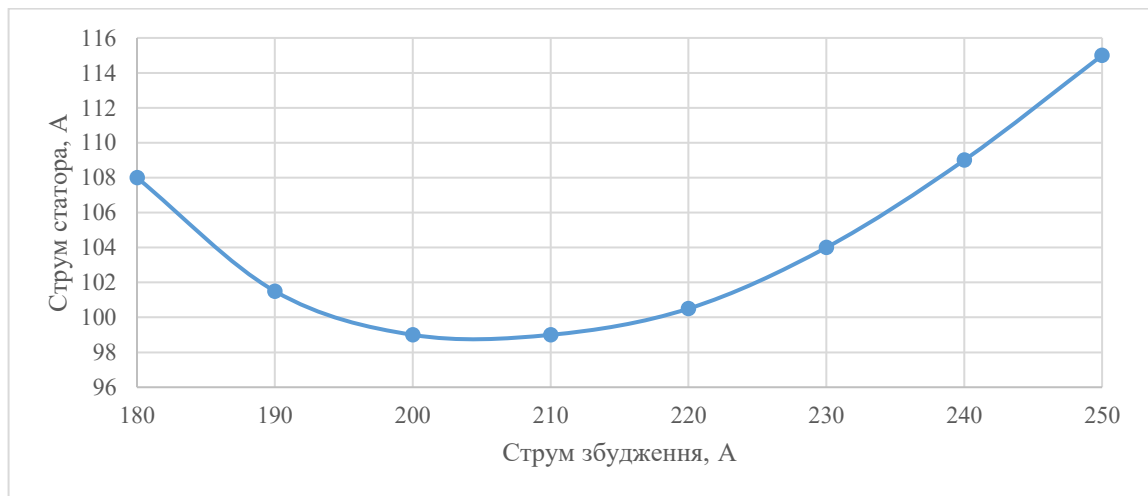


Рисунок Г.4 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДС 1851-32

Висновки: в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 185 А до 210 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 205$  А



Рисунок Г.5 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДС 1851-36

**Висновки:** в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 227 А до 270 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 250$  А

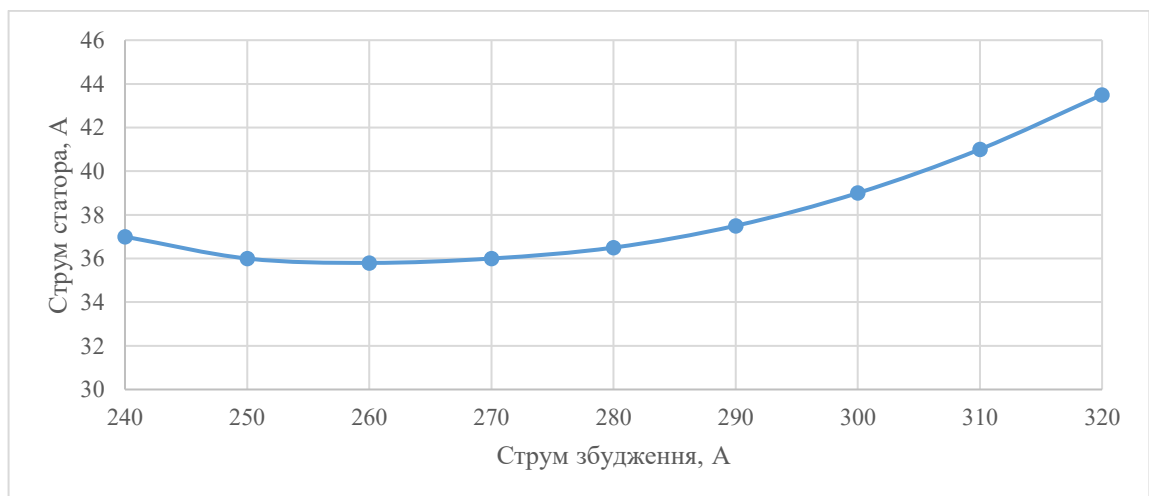


Рисунок Г.6 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДК 2-17-26-12

**Висновки:** в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 235 А до 290 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 260$  А

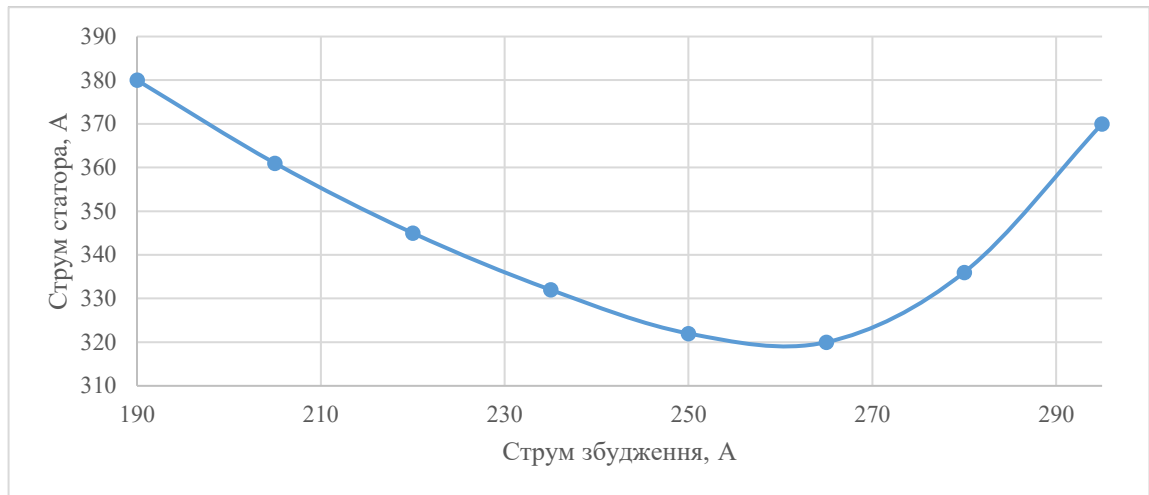


Рисунок Г.7 – Графік зміни струму статора від струму збудження двигуна СДЗС-17-64-6

**Висновки:** в діапазоні зміни струму збудження  $I_b$  від 230 А до 280 А забезпечується мінімум втрат, мінімальне споживання (генерація) реактивної потужності. Оптимальне значення збудження відповідає мінімуму втрат активної складової для двигунів  $I_{b\text{ опт}} = 260$  А

**ДОДАТОК Д**  
**ОДНОЛІНІЙНІ СХЕМИ ГОЛОВНИХ ЗНИЖУВАЛЬНИХ**  
**ПІДСТАНЦІЙ**



Рисунок Д.1 – Однолінійна схема ГЗП №1 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК»

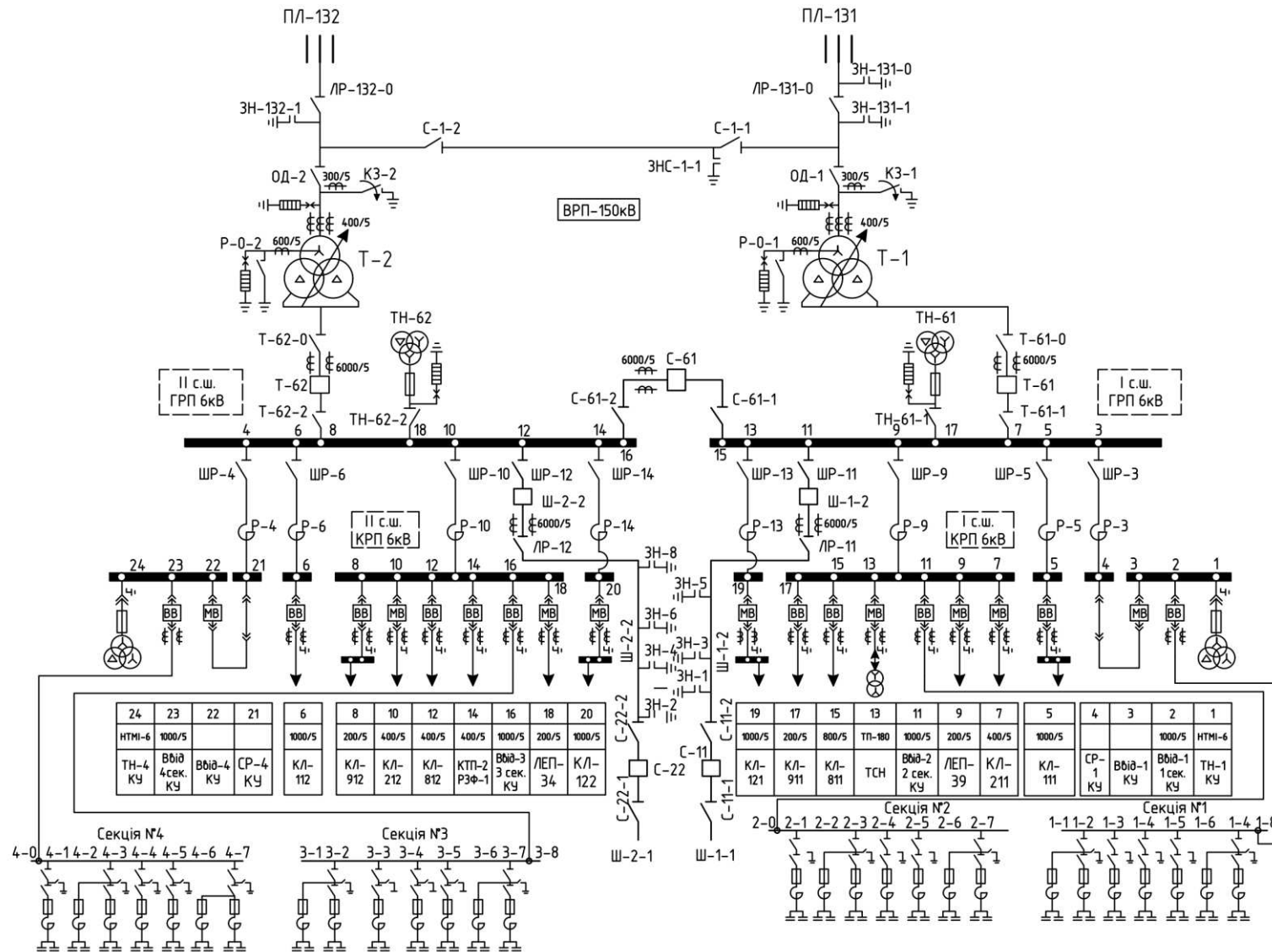


Рисунок Д.2 – Однолінійна схема ГЗП №2 підприємства ПрАТ «ПівніЗК»

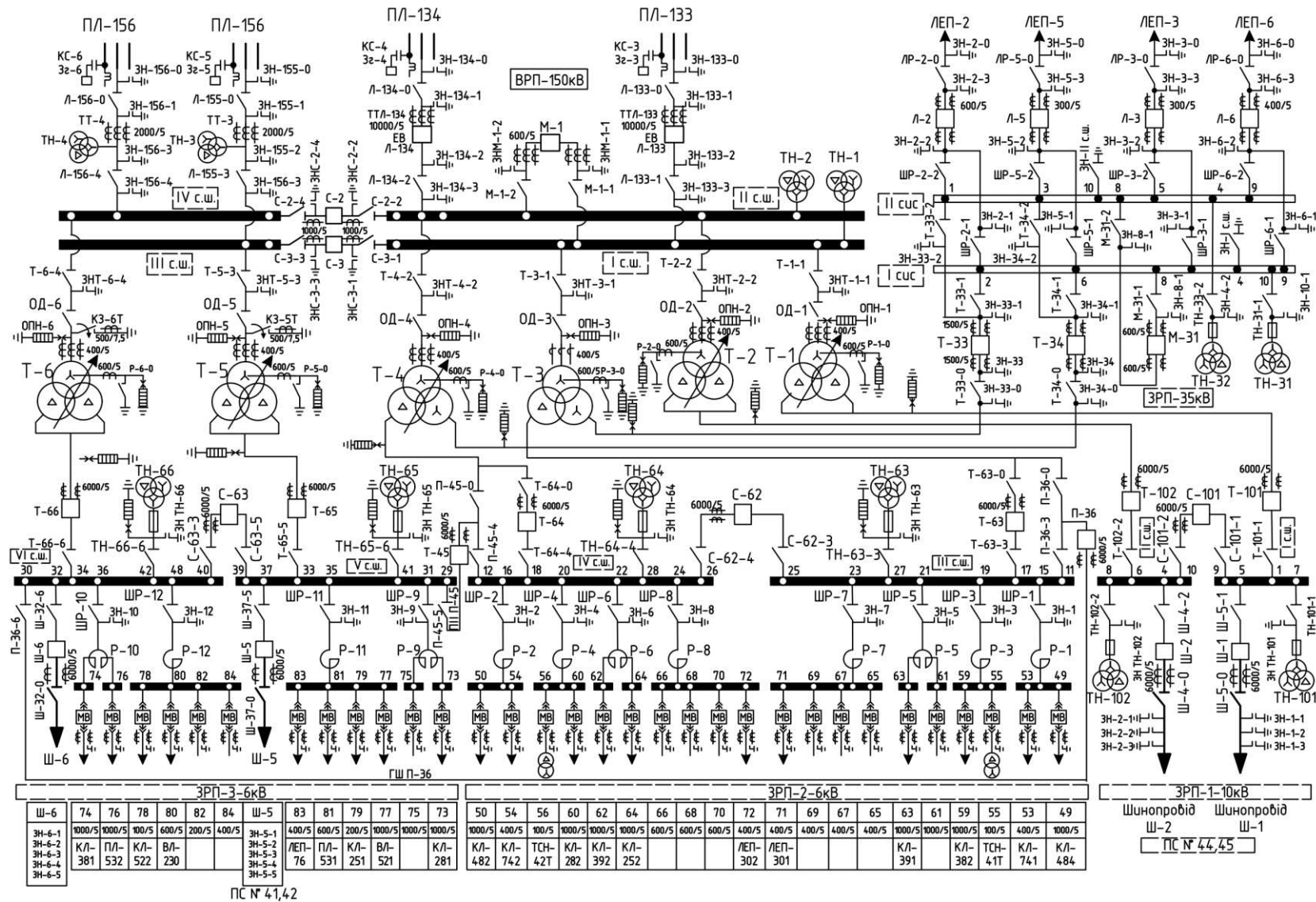
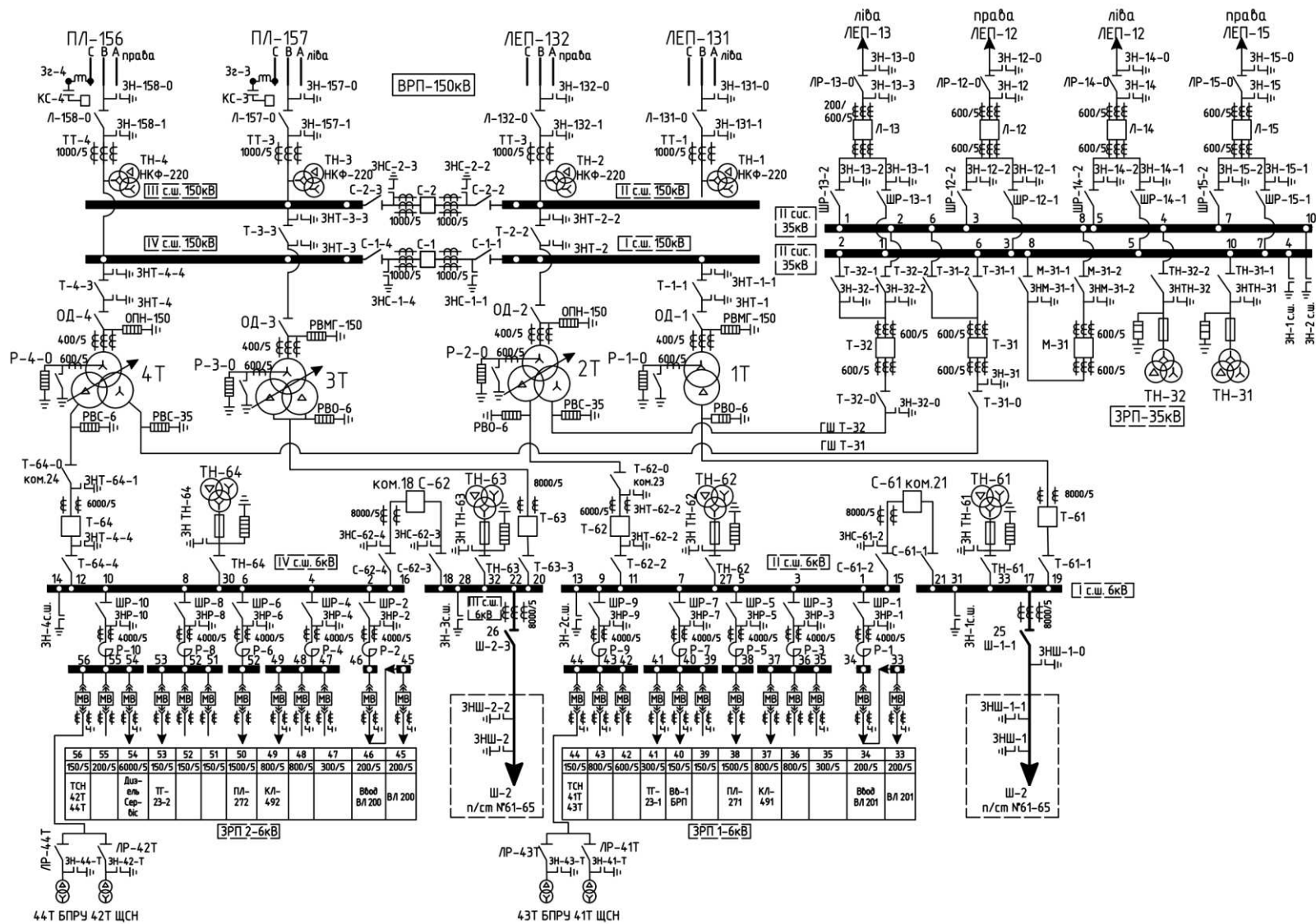


Рисунок Д.3 – Однолінійна схема ГЗП №3 підприємства ПрАТ «ПівніГЗК»



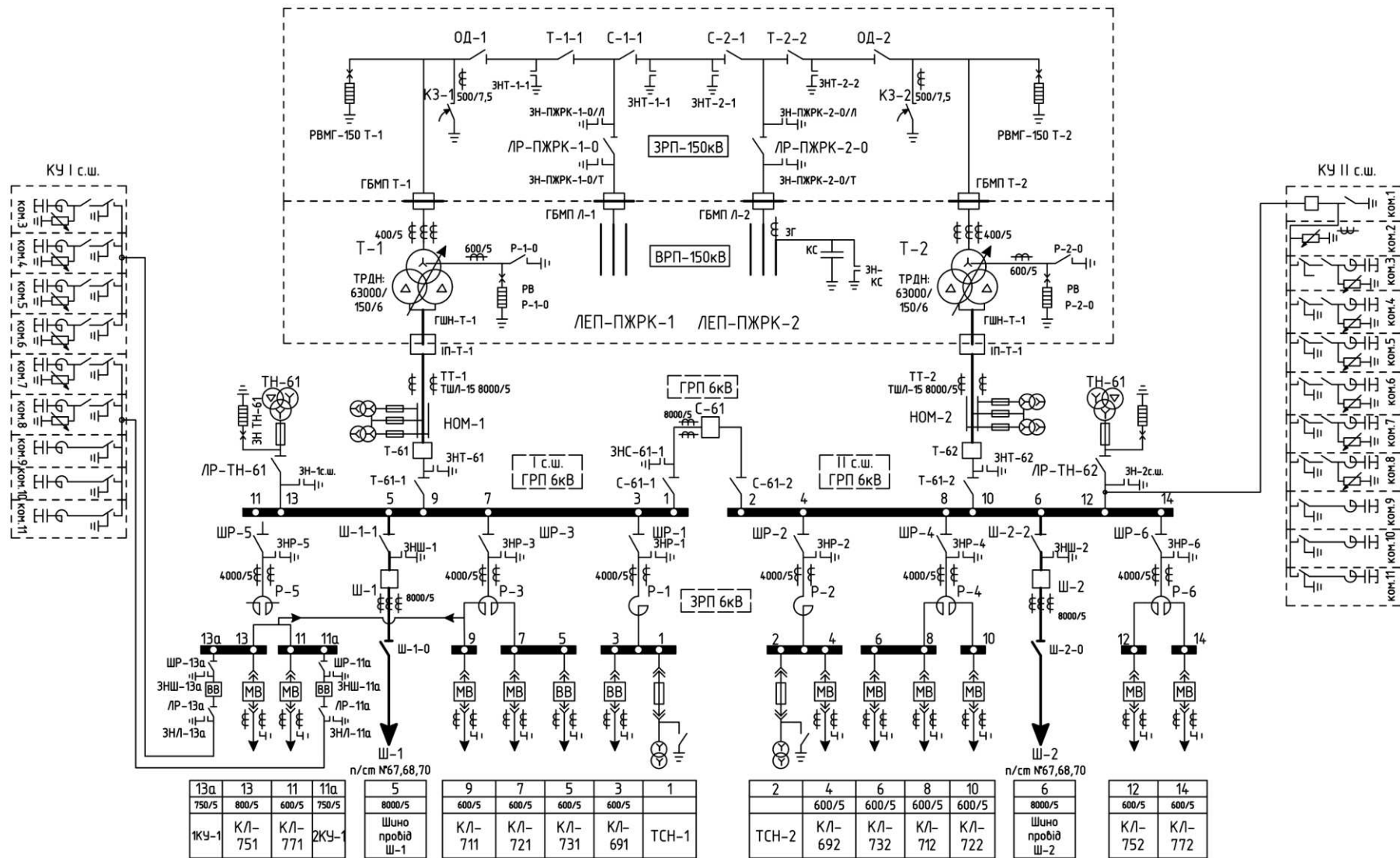


Рисунок Д.5 – Однолінійна схема ГЗП №5 підприємства ПрАТ «ПівнГЗК»

**ДОДАТОК Е**  
**СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**  
**СИНХРОННОГО ДВИГУНА**

Передатна функція об'єкта регулювання  $W_0(p)$ , тобто залежність між заданою напругою на вході тиристорного збудника  $U_3$  та реактивною потужністю синхронного двигуна  $Q$  (на підставі знятих експериментальних даних):

$$W_0(p) = \frac{Q(p)}{U_3(p)} = \frac{k}{T_b p + 1}, \quad (\text{E.1})$$

де  $k$  – коефіцієнт посилення об'єкта:

$$k = \frac{\Delta Q}{\Delta U_3}, \quad (\text{E.2})$$

$T_b$  – постійний час об'єкта.

Запис всіх часів у системі здійснюється у відносних одиницях, де за базисне значення приймається базисний час, що дорівнює інтервалу дискретизації роботи мікропроцесорного пристрою  $t_{\text{баз}} = T_i$ .

Тобто, відносна постійна часу об'єкта:

$$\tau_b = \frac{T_b}{T_i}. \quad (\text{E.3})$$

Передатна функція об'єкта у Z-формі:

$$W_0(Z) = \frac{Q(Z)}{U_3(Z)} = \frac{k}{b_1 + \tau_b Z}, \quad (\text{E.4})$$

де  $b_1 = 1 - \tau_b$  – константи.

При синтезі цифрового регулятора необхідно, щоб бажана передатна функція замкнутої системи  $W_6(Z)$  забезпечувала періодичність перехідних процесів та одночасні астатизм 1 порядку. Це досягається при структурі бажаної передавальної функції  $W_6(Z)$ .

$$W_6(Z) = \frac{1 - l^\alpha}{Z - l^\alpha}, \quad (\text{E.5})$$

де  $\alpha = 1/\tau_6$ , с,

$\tau_6$  – бажана відносна стала часу замкнутої системи.

На першому етапі синтезу нехтуємо обчислювальним та вимірювальним запізненням. У цьому випадку передатна функція регулятора – ланки послідовної корекції визначатиметься з виразу:

$$\frac{1 - l^\alpha}{Z - l^\alpha} = \frac{W_p(Z) \cdot W_0(Z)}{1 + W_p(Z) \cdot W_0(Z)}, \quad (\text{E.6})$$

де  $W_p(Z)$  – передатна функція регулятора у  $Z$ -формі.

Звідки:

$$W_p(Z) = \frac{\left(Z + \frac{b_1}{\tau_B}\right)}{Z - 1} \cdot (1 - l^\alpha) \cdot \frac{\tau_B}{k} = \frac{Z + d}{Z - 1} \cdot C, \quad (\text{E.7})$$

де  $C = (1 - l^\alpha) \frac{\tau_B}{k}$  – константа;

$d = \frac{b_1}{\tau_B}$  – константа.

Реальна система автоматичного регулювання (САР) має обчислювальне запізнення на один інтервал дискретності в прямому каналі ( $Z^{-1}$ ) та інформаційним запізненням на один інтервал ( $Z^{-1}$ ) у каналі зворотного зв'язку. Компенсацію запізнювань здійснюємо відомим методом з використанням ланки послідовної корекції. При цьому концептуальна схема контуру регулювання має бути представлена у вигляді зображених на рис. Е.1. При цьому забезпечується стабільність роботи цифрової системи (Е.1). Остаточну структуру нашого контуру регулювання зображено на рис. Е.2. Прирівнюючи еквівалентні передавальні функції обох структур, знаходимо передатну функцію коригувального ланки  $W_k(Z)$  компенсатора запізнювань:

$$W_k(Z) = \frac{Z^2}{Z^2 + (1 - l^\alpha)Z + (1 - l^\alpha)}. \quad (\text{E.8})$$

На рис. (Е.1, Е.2) величина  $Q_3$  - Це необхідна для компенсації величина реактивної потужності. Переходячи від  $Z$ -зображення системи до оригіналів, отримуємо вихідні значення величини, що цікавлять нас, на кожному з інтервалів  $n$ .

Різністне рівняння компенсатора:

$$x_1[n] = -x_1[n - 1](1 - l^\alpha) - x_1[n - 2](1 - l^\alpha) + Q_3[n] - \quad (\text{E.9})$$

$$-Q[n-1].$$

Різнісне рівняння регулятора:

$$x_2[n] = cx_1[n] + dcx_1[n-1] + x_2[n-1]. \quad (\text{E.10})$$

Різнісне рівняння для визначення вихідного параметра системи  $Q[n]$ :

$$Q[n] = \frac{k}{\tau_b} x_2[n-2] - Q[n-1] \frac{b_1}{\tau_b}. \quad (\text{E.11})$$

Різнісне рівняння – ця програма функціонування мікропроцесорного пристрою кожному з  $n$ -інтервалів дискретності, де  $n$  – необхідне число інтервалів дискретності.

Задаючи на вході системи необхідне для компенсації значення реактивної потужності за раніше визначеними алгоритмами (різницевиими рівняннями), відпрацьовуються відповідні величини  $x_1[n]$ ,  $x_2[n]$ , і при цьому забезпечується заданий аперіодичний закон зміни вихідного параметра  $Q[n]$ .

Напруга на вході тиристорного збудника  $U_3[n]$  визначається значенням  $x_2[n-1]$  плюс напруги зміщення  $U_{зм}$ , де,  $U_{зм}$  – напруга, що задає, знаходить тиристорного збудника, відповідне  $Q=0$ .

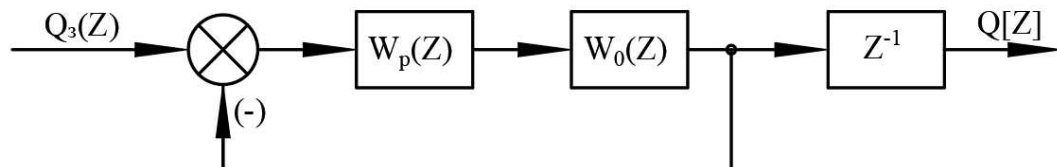


Рисунок Е.1 – Бажана структурна схема цифрового контуру регулювання реактивної потужності

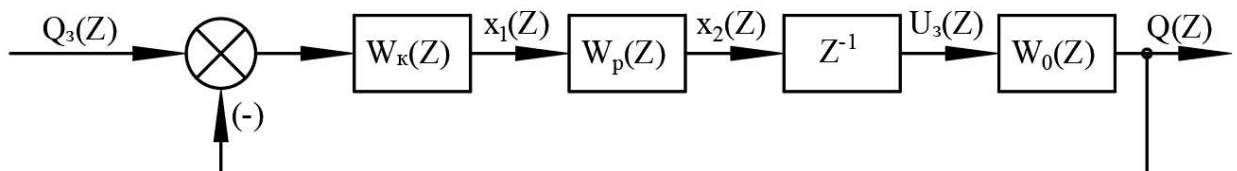


Рисунок Е.2 – Структурна схема цифрового контуру регулювання реактивної потужності

**ДОДАТОК Ж**  
**СИНТЕЗ БЛОКУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ**  
**ПЕРЕТІКАННЯМ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

Використання нечіткої логіки в задачах компенсації реактивної потужності за допомогою синхронних двигунів (СД) та конденсаторних батарей (КБ) обґрунтовано в 4-му розділі дисертаційної роботи.

Вибір алгоритму нечіткого виведення Мамдані для синтезу системи управління компенсацією реактивної потужності є науково та практично обґрунтованим рішенням, зумовленим специфікою об'єкта керування та складністю точної математичної формалізації протікаючих у ньому багатовимірних електромеханічних процесів. На відміну від алгоритму Сугено, який оперує константними функціями на виході і переважно орієнтований на задачі апроксимації та автоматизованого машинного навчання, архітектура Мамдані дозволяє безпосередньо інтегрувати та математично описати технологічний досвід інженера-експерта у вигляді прозорої бази лінгвістичних правил. Це є критично важливим для досліджуваної системи, оскільки процес прийняття рішень щодо підключення конденсаторних батарей чи зміни режиму перезбудження синхронних двигунів базується на комплексному аналізі параметрів з нечіткими межами.

З фізичної та експлуатаційної точок зору така математична властивість гарантує плавність генерування керуючих впливів та усуває ймовірність появи високочастотних коливальних сигналів, що має вирішальне значення для запобігання динамічним перевантаженням електромережі, мінімізації механічного зносу комутаційної апаратури та недопущення перегріву статорних обмоток синхронних машин. Таким чином, саме алгоритм Мамдані виступає найбільш адекватним та надійним інструментом для побудови робастної системи управління, здатної ефективно підтримувати нормативні показники якості електроенергії в умовах стохастичної природи промислового навантаження, забезпечуючи при цьому пріоритетний захист дороговартісного електромеханічного обладнання.

Відповідно, перелік правил для блоку нечіткої логіки, де використовують лише конденсаторні батареї:

1. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is 2C3C) (1)
2. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is 1C2C) (1)
3. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) then (QcompV is 2C3C) (1)
4. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is 2C3C) (1)
5. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is 1C) (1)
6. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) then (QcompV is 2C) (1)
7. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) then (QcompV is 3C) (1)
8. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is 2C) (1)
9. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) then (QcompV is 3C) (1)

Перелік правил для блоку нечіткої логіки тільки з синхронними двигунами:

1. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) then (QcompV is SM1) (1)
2. If (numberSM is lowNSM) then (QcompV is SM1) (1)
3. If (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
4. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
5. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
6. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
7. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
8. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
9. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
10. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
11. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
12. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
13. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
14. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
15. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
16. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
17. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
18. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
19. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)

20. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
21. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
22. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
23. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)

Перелік правил для блоку нечіткої логіки для сумісного використання КБ та СД:

1. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
2. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
3. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
4. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
5. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
6. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
7. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
8. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM1) (1)
9. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
10. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
11. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
12. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
13. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
14. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
15. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
16. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
17. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C2C) (1)
18. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
19. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)

20. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
21. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
22. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
23. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
24. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
25. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
26. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C3C) (1)
27. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
28. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
29. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
30. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
31. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
32. If (Qcons is lowconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
33. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
34. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
35. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
36. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
37. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
38. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
39. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
40. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM2) (1)
41. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
42. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
43. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
44. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
45. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)

46. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
47. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
48. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
49. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM3) (1)
50. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
51. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
52. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
53. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
54. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
55. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
56. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
57. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
58. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 1C) (1)
59. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
60. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
61. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
62. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
63. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
64. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
65. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
66. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
67. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 2C) (1)
68. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
69. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
70. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
71. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM4) (1)

72. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
73. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
74. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
75. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM4) (1)
76. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
77. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
78. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
79. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
80. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
81. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
82. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
83. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
84. If (Qcons is normconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
85. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
86. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
87. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
88. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
89. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
90. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
91. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
92. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
93. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is normtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is 3C) (1)
94. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is lowNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM5) (1)
95. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM5) (1)
96. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is AverageTZSM) then (QcompV is SM5) (1)
97. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is AverNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM5) (1)

98. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is lowTZSM) then (QcompV is SM5) (1)
99. If (Qcons is highconsQ) and (tanFI is badtanFI) and (numberSM is highNSM) and (ZagrAndTempSM is highTZSM) then (QcompV is SM5) (1)

**ДОДАТОК 3**  
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ДВИГУНА**

Експериментальні дослідження СД типу СТД 10000-2У4 турбокомпресора К1500-61-1 були зроблені в умовах цеху компресії №2 кисневого цеху №2 ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» в період з 04.09.2023 по 08.09.2023 наступним чином: змінюючи струм збудження від мінімального до максимального значення (100% від  $I_n$ ), кожні 10А фіксувалися значення реактивної, активної потужності електропривода, напруги та струмів в кожній фазі двигуна, напруга на шинах, коефіцієнта потужності.

Номінальні характеристики представленого СД наступні:

$P_n=10000\text{кВт}$ ;  $S_n=11400\text{кВА}$ ;  $\cos \varphi=0,9$  (випереджаючий);  $I_{1n}=1097\text{А}$ ;  $U_{pn}=190\text{В}$ ;  $I_{pn}=243\text{А}$ ;  $\eta_n=97,8\%$ .

Графіки побудовані на основі експериментальних даних та дозволяють оцінити компенсуючу здатність електродвигунів в різних режимах роботи, наведені на рис. 3.1 – 3.3.

Досліджувалось чотири режими роботи електропривода:

№1 – режим роботи турбокомпресора при повністю відкритому протипомпажному клапані та закритих засувках на всмоктуванні та виході в пневмомережу;

№2 – режим роботи турбокомпресора при повністю відкритому протипомпажному клапані, відкритій засувці на всмоктуванні та закритій засувці на виході в пневмомережу;

№3 – режим роботи турбокомпресора при повністю відкритій засувці на всмоктуванні, частково прикритому протипомпажному клапані за допомогою засувки (створено тиск 2,2 атм), та повністю закритій засувці в пневмомережу;

№4 – режим роботи турбокомпресора при повністю закритому протипомпажному клапані та повністю відкритих засувках на всмоктуванні та виході в пневмомережу, тобто реальний режим роботи компресора в пневматичній мережі.

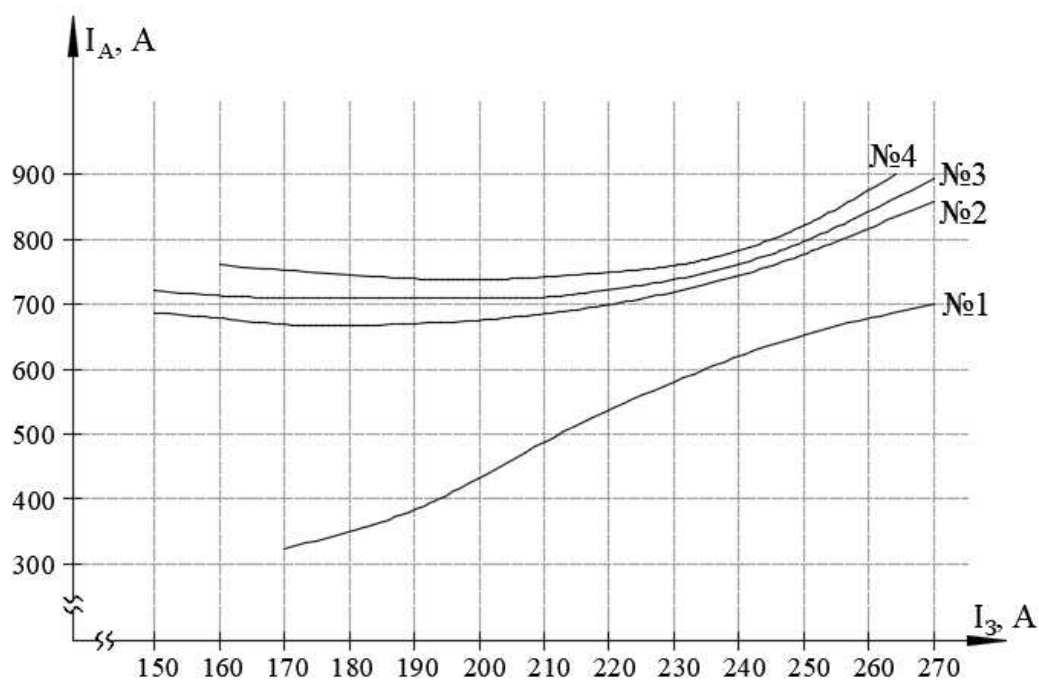


Рисунок 3.1 – U-подібна характеристика синхронного двигуна СТД-10000-23-У4

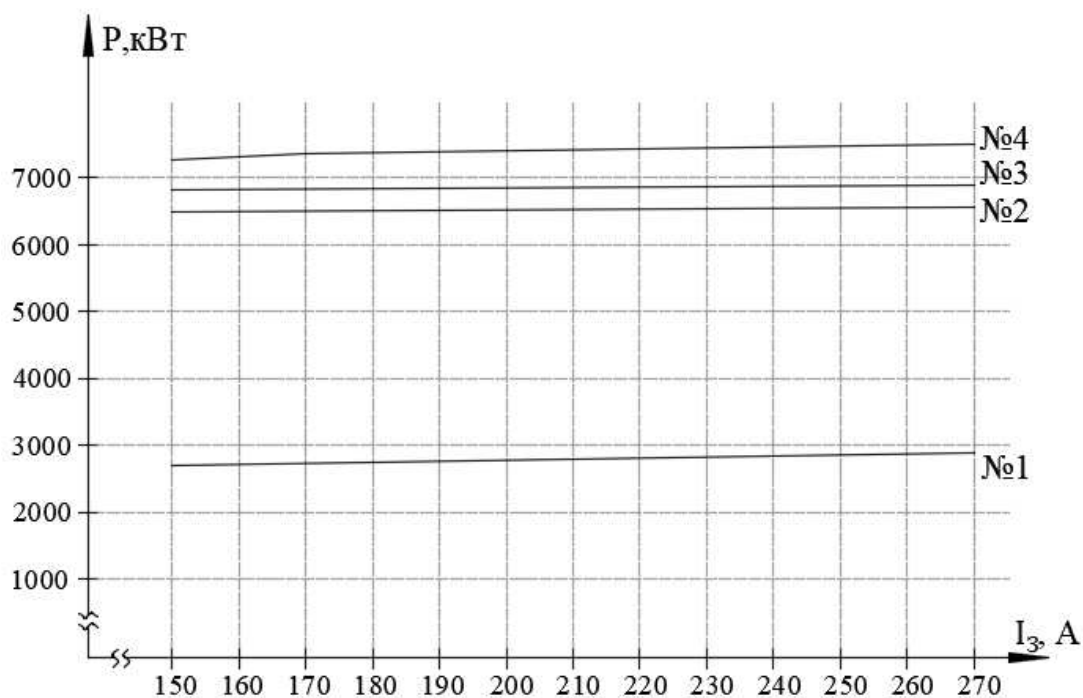


Рисунок 3.2 – Графік залежності  $P=f(I_3)$  синхронного двигуна СТД-10000-23-У4

Для прикладу розглянемо режим повного холостого ходу (лінії №1 на графіках рис. 3.1-3.2). Цей режим роботи може бути використано в тому випадку, якщо електропривод підключено тільки для компенсації реактивної

потужності. В цьому режимі споживання активної потужності мінімально, а значить можна при одних і тих самих струмах збудження віддати в мережу більше реактивної потужності, ніж в інших випадках. Так, наприклад, вже при струмі збудження  $I_3 > 120\text{A}$  ( $I_3 > 50\%$  від  $I_{3.н.}$ ) починається генерація реактивної потужності, кількість якої визначається потребами споживачів.

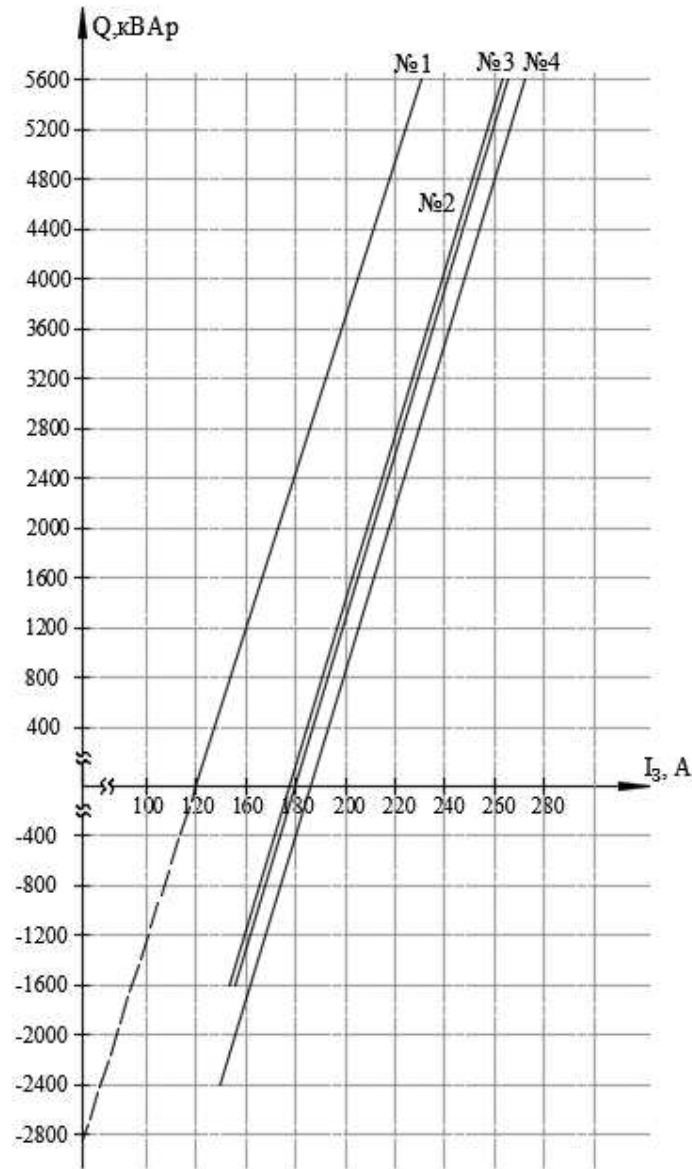


Рисунок 3.3 – Графік залежності  $Q=f(I_3)$  синхронного двигуна СТД-10000-23-У4

Другий та третій режим роботи (лінії №2 та №3 на графіках рис. 3.1-3.3 відповідно) були зняті з метою визначення регулювальних можливостей по реактивній потужності при різних ступенях завантаження СД по активній потужності. Основний режим роботи – четвертий (лінія №4 на графіках рис.

3.1-3.3 відповідно), коли електропривод працює на робоче навантаження, середнє значення якого складає 67%. Генерація в мережу реактивної потужності двигуна при роботі на номінальне навантаження починається при  $I_3=186\text{A}$ , тобто при значенні  $I_3>72\%$  від  $I_{3.\text{н.}}$ .

У випадку необхідності генерації РП для СД необхідно виконувати додаткові техніко-економічні розрахунки з контролем його технологічних режимів роботи СД.

Під час виконання дослідження процесу компенсації за допомогою СД було встановлено, що існуючі варіанти «інтуїтивного» керування перетіканням реактивної потужності призводять до порушення технологічних режимів роботи СД, а саме до завищених температурних параметрів обмоток та величини живлячої напруги на затискачах СД. Це призводить до прискореного «старіння» ізоляції обмоток та відповідно, до зменшення експлуатаційного терміну роботи двигуна, а в деяких випадках і до аварійного виходу із робочих режимів. Основною причиною неефективного використання можливостей СД по компенсації РП – відсутність методики по вибору раціональних режимів роботи СД. Тому за допомогою інтеграції в систему керування прямого контролю гранично можливих технологічних параметрів синхронних двигунів, пропонується визначення їх раціональних рівнів компенсаційних можливостей, що дозволить продовжити їх експлуатаційний термін.

**ДОДАТОК І**  
**РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ**  
**АДАПТИВНО-ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ**  
**КОМПЕНСАЦІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ**

Економічний ефект від впровадження запропонії енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями доцільно визначити відповідно до стандартних методик оцінки результатів нововведень. Зазначають три основні види економічного ефекту: попередній, очікуваний і фактичний.

Попередній економічний ефект розраховується на етапі обґрунтування дослідження та включення її до плану робіт. Він визначається за орієнтовними показниками, враховуючи обсяг можливого впровадження результатів досліджень.

Очікуваний економічний ефект прогнозується на визначений період, зазвичай на рік або більш тривалі терміни (до 10 років для нових матеріалів та до 5 років для технологічних процесів, приладів чи конструкцій). Очікуваний ефект розраховується організаціями, що виконують наукові розробки.

Фактичний економічний ефект визначається після впровадження результатів досліджень у виробництво, але не раніше ніж через рік. Він розраховується на основі фактичних витрат на дослідження та впровадження, з урахуванням вартісних показників підприємства або галузі. Фактичний економічний ефект є найбільш точним критерієм економічної ефективності.

Для визначення доцільності використання енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями, а також для оцінки його здатності виправдати витрачені кошти та час, а також отримати прибуток, можна застосувати просту методику економічного аналізу.

Основним показником економічної доцільності використання енергоефективної адаптивної системи керування компенсаційними пристроями є річний економічний ефект. Річний економічний ефект – величина, яка включає в себе прибуток, отриманий від використання даної системи, за винятком витрат на капітальний ремонт та річну амортизацію.

Формули та алгоритм розрахунку терміну окупності для проектів, пов'язаних із компенсацією реактивної потужності, базуються на

загальноприйнятих економічних та енергетичних підходах, які висвітлюються в таких джерелах:

Типові методики оцінки ефективності інновацій (зокрема НДДКР, енергоефективних заходів) представлені у:

- ДСТУ 3270.4-95 "Енергозбереження. Методи розрахунку енергетичної ефективності".
- Методичних рекомендаціях Міністерства економіки України щодо оцінки ефективності інвестиційних проектів.

Формули економії від зменшення втрат електроенергії та компенсації реактивної потужності часто використовуються у практичних розрахунках на основі:

- IEEE Std 739-1995 – "IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities".

Сам алгоритм терміну окупності є класичною формулою з курсів інвестиційного аналізу, фінансів і проектного менеджменту, широко висвітленою у літературі.

Економія за рахунок зменшення плати за реактивну потужність:

$$E_Q = Q_{\text{зменш.}} \cdot T_Q, \text{ грн} \quad (\text{I.1})$$

де  $Q_{\text{зменш.}}$  – обсяг зменшення споживаної реактивної потужності (кВАр·год);  $T_Q$  – тариф на реактивну електроенергію (грн/кВАр·год).

Як було зазначено в основних розділах, при використанні компенсаційних пристроїв (СД чи КБ) виникають додаткові втрати активної потужності. Таким чином, це додаткові затрати на активну потужність:

$$E_P = P_{\text{збільш.}} \cdot T_P, \text{ грн} \quad (\text{I.2})$$

де  $P_{\text{збільш.}}$  – обсяг збільшення споживаної активної потужності (кВт·год);  $T_Q$  – тариф на реактивну електроенергію (грн/кВт·год).

Отже, загальна економія складе:

$$E_{\text{заг}} = E_Q - E_P, \text{ грн} \quad (\text{I.3})$$

I, відповідно, загальний термін окупності:

$$T_{\text{окупн.}} = \frac{C_0}{E_{\text{заг}}}, \text{ р.} \quad (\text{I.4})$$

де  $T_{\text{окупн.}}$  – термін окупності (в роках);  $C_0$  – початкові інвестиції (вартість компенсаційних пристроїв, грн.);  $E_{\text{заг}}$  – щорічна економія (грн).

На основі вищезазначених формул виконаємо розрахунок терміну окупності для ГЗП №1, ГЗП №2, ГЗП №3, ГЗП №4, ГЗП №5. При розрахунку зазначимо: для обладнання враховувалася вартість лише КБ, оскільки за результатами досліджень, які наведені в інших додатках та основних розділах було обґрунтовано достатність та доцільність використання в процесі компенсації реактивної потужності наявних СД в активі підприємства.

Таблиця I.4. Термін окупності використання компенсаційних пристроїв.

| Номер ГЗП | Термін окупності, р. |
|-----------|----------------------|
| ГЗП №1    | 6,15                 |
| ГЗП №2    | 7,58                 |
| ГЗП №3    | 5,51                 |
| ГЗП №4    | 7,11                 |
| ГЗП №5    | 7,73                 |

При цьому отримані терміни окупності можуть змінюватись у широких межах, в залежності від того, чи наявні СД на підприємстві (та чи доцільно їх використовувати у процесі компенсації реактивної потужності), чи наявні КБ на РП та ТП. Дані значення, отримані у табл. I.4 – це один з оптимальних сценаріїв, тобто мінімальні терміни окупності для кожної з ГЗП підприємства.

**ДОДАТОК К**  
**АКТИ, ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ**  
**ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ**

# АКТ

## впровадження результатів дисертаційної роботи ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича «Адаптивно-енергоєфективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів» в практику роботи ПрАТ «ПівнГЗК»

ПрАТ «Північний ГЗК» (м.Кривий Ріг, Україна) — одне з провідних підприємств Групи «Метінвест» з видобутку та збагачення залізорудної сировини. У межах підвищення ефективності виробництва комбінат співпрацює з низкою українських та закордонних партнерів. ПрАТ «Північний ГЗК» нарощує обсяги видобутку та збагачення руди, проводить капітальні ремонти і модернізацію кар'єрного та збагачувального обладнання, зокрема встановлює сучасні електродвигуни й системи компенсації реактивної потужності для зниження енергоємності технологічних процесів.

В зв'язку з цим, для ПрАТ «ПівнГЗК» цікавими є результати дисертаційних досліджень ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича, сегменти наукових досліджень яких, як в рамках науково-дослідної роботи (до договору №752 від 24.06.2019р. та договору №646 від 22.06.2021р.) так і дослідження в цілому, впроваджувались та продовжують впроваджуватись в практику роботи підприємства.

В переліку впроваджень:

- концепція, що набула подальшого розвитку щодо вибору потужностей компенсуючих пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, який враховує сезонні та добові стохастичні коливання енергоспоживання та диференціацію добових тарифів електроенергії, в результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсуючих пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат;
- удосконалення способів застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, мінімізуючи втрати на компенсацію реактивної потужності, що забезпечить більш ефективну компенсацію з підвищенням стабільності електроенергетичної системи;
- адаптивний алгоритм контролю компенсуючими пристроями (синхронними двигунами та конденсаторними батареями) з урахуванням змін їх технологічних параметрів;
- цифровий регулятор реактивної потужності для автоматичної підтримки параметрів синхронного двигуна-компенсатора, що оптимізує його роботу.

Очікуємий річний економічний ефект від впровадження вищенаведених заходів, може скласти 1,3-5 млн. грн. з терміном окупності – п'ять років (в цінах 2025 р.). Процес впровадження результатів дисертаційної роботи ШЕРСТНЬОВА Юрія в практику роботи ПрАТ «ПівнГЗК» продовжується.

Головний енергетик ПрАТ «ПівнГЗК» \_\_\_\_\_ Таранік А.А.



## АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича

***«Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної  
потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних  
комбінатів» в практику роботи проектної організації «НВК  
«Криворіжелектромонтаж»***

Підприємство НВК «Криворіжелектромонтаж» являє собою базову організацію з монтажу, ремонту і технічного обслуговування електричного устаткування. Тому наукові та практичні результати дисертаційного дослідження, отримані в дисертаційній роботі ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича, цікаві для поточної та подальшої роботи нашого підприємства.

У практику проектних робіт організації НВК «Криворіжелектромонтаж» в поточному стані впроваджуються наступні результати дисертаційної роботи:

- процес керування функціонуванням пристроїв компенсації на основі багатокритеріальних умов з адаптацією до змінного навантаження для подальшого наближення до «нуль-перетікання» реактивної енергії на вводи підстанції і зниженням втрат повної потужності;
- розроблений адаптивний алгоритм керування компенсуючими пристроями (синхронними двигунами та конденсаторними батареями) з урахуванням змін їх технологічних параметрів;
- удосконалені способи застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, мінімізуючи втрати на компенсацію реактивної потужності, що дозволяє забезпечити більш ефективну компенсацію з підвищенням стабільності електроенергетичної системи.

Директор НВК «Криворіжелектромонтаж»

Владислав КУЛЕМІН



## СПРАВКА

про використання в практику роботи промислового підприємства ТОВ «МОНТАЖУНІВЕРСАЛ» (м. Кривий Ріг) результатів дисертаційної роботи  
**«Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів»**

здобувача ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича

У відповідності до існуючої тактики реалізації стратегії енергозбереження підприємством ТОВ «МОНТАЖУНІВЕРСАЛ» було підписано договір на виконання НДР (№19-205-25 від 11.08.2025р.) з Криворізьким Національним Університетом (КНУ). Відповідальним виконавцем зазначеної НДР був здобувач 3-го рівня вищої освіти, аспірант кафедри електричної інженерії КНУ, Юрій ШЕРСТНЬОВ. Виконання договору було оформлено відповідним актом. Наразі в ТОВ «МОНТАЖУНІВЕРСАЛ» проводиться комплекс організаційно-технічних заходів щодо реалізації рекомендацій зазначеної НДР в практику роботи даного підприємства.

В їх числі:

- концепція вибору потужностей компенсуючих пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, який враховує сезонні та добові стохастичні коливання енергоспоживання та диференціацію добових тарифів електроенергії для забезпечення точності визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсуючих пристроїв, що привело до зниження експлуатаційних витрат;

- практичні рекомендації щодо застосування компенсаційних пристроїв в умовах змінних навантажень, що забезпечило підвищення енергоефективності компенсації реактивної потужності та стабільності електроенергетичної системи.

Директор ТОВ «МОНТАЖУНІВЕРСАЛ»



Фаніс ЯГУДІН



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Криворізького національного університету

Владислав ЧУБАРОВ

« 21 » квітня 2026 р.

## АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

ШЕРСТНЬОВА Юрія Володимировича

«Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів»

Комісія у складі голови декана електротехнічного факультету, канд. техн. наук, доцента Владислава Федотова та членів комісії: завідувачки навчально-методичного відділу Світлани Івашури, завідувача кафедри електричної інженерії, професора Олега Сінчука, канд. техн. наук, доцента кафедри електричної інженерії Юрія Осадчука (гарант ОП другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»), склала цей акт про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційної роботи Юрія Шерстньова «Адаптивно-енергоефективне керування компенсаторами реактивної потужності систем електропостачання гірничо-збагачувальних комбінатів» шляхом впровадження матеріалів цих дисертаційних досліджень до: лекційних курсів та практичних занять навчального курсу «Основи проектування сучасних електромеханічних систем» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод». Для забезпечення впровадження матеріалів дисертаційних досліджень були використані наступні складові дисертаційної роботи Юрія ШЕРСТНЬОВА:

до лекційних занять з курсу «Основи проектування сучасних електромеханічних систем»:

– набула подальшого розвитку концепція вибору потужностей компенсуючих пристроїв на основі інтеграції сучасних методів статистичного аналізу та прогнозування, який враховує сезонні та добові стохастичні коливання енергоспоживання та диференціацію добових тарифів електроенергії, в результаті чого забезпечується точність визначення характерних патернів споживання з суттєвими змінами навантаження для оптимального розподілу потужностей компенсуючих пристроїв, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат.

до практичних занять з курсу «Основи проектування сучасних електромеханічних систем»:

– узагальнено принципи моніторингу та управління енергоспоживанням на підстанціях гірничозбагачувальних підприємств при розбудові кіберфізичної системи, з синхронізацією роботи підсистем окремих регуляторів пристроїв компенсації та застосуванням адаптивних алгоритмів, що підвищить енергоефективність роботи мережі.

Комісія встановила відповідність впроваджених результатів вимогам проведення учбових занять в Криворізькому національному університеті для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Голова комісії:

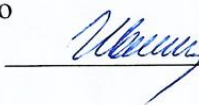
Декан електротехнічного факультету,  
канд. техн. наук, доцент



Владислав ФЕДОТОВ

Члени комісії:

Завідувачка навчально-методичного  
відділу



Світлана ІВАШУРА

Завідувач кафедри ЕІ,  
д-р техн. наук



Олег СІНЧУК

Доцент кафедри ЕІ,  
канд. техн. наук



Юрій ОСАДЧУК