

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Аналіз та розробка пропозицій до удосконалення методів
розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізорудних
підприємств»

КНУ.МР.141.25.668-04

Виконав студент II курсу , групи ЗСЕП-24м /Олена ШАБАНОВА/
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
«Системи електропостачання промислових підприємств,
міст та локальних об'єктів»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Нормоконтролер:

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Завідувач кафедри,

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____/Олексій МИХАЙЛЕНКО/

Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

ШАБАНОВА Олена Вячеславівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз та розробка пропозицій до удосконалення методів розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізрудних підприємств»
2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2025 р.
3. Мета та завдання кваліфікаційної роботи
Мета роботи – аналіз пропозицій до удосконалення методів розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізрудних підприємств. Завдання кваліфікаційної роботи: удосконалення методів розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізрудних підприємств.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
1. Підвищення ефективності роботи підземних систем електропостачання та оптимізація енергоспоживання на ділянках шахт. 2. Режим реактивної потужності на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Значення $P_{розр}/P^*/P_{факт.}$ навантаження трансформаторів по блокам і секціям шахт. 2. Співвідношення розрахункової, робочої та загальної потужності за кожним споживачем на ділянці ш.Артем-1. 3. Розподіл повної розрахункової потужності трансформаторів за секціями. 4. Режим реактивної потужності.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Сінчук О.М.		
II	Сінчук О.М.		

7. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Підвищення ефективності роботи підземних систем електропостачання та оптимізація енергоспоживання на ділянках шахт</i>	<i>6 вересня 2025 р.</i>
2	<i>Порівняння методів розрахунку електричного навантаження</i>	<i>13 вересня 2025 р.</i>
3	<i>Режим реактивної потужності на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу</i>	<i>17 жовтня 2025 р.</i>
4	<i>Стан титання</i>	<i>20 листопада 2025 р.</i>
5	<i>Споживачі реактивної потужності</i>	<i>27 листопада 2025 р.</i>
6	<i>Висновки</i>	<i>09 грудня 2025 р.</i>
7		
8		

Дата видачі завдання 01.09.2025 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Олена ШАБАНОВА
(ПІБ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олег СІНЧУК
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Аналіз та розробка пропозицій до удосконалення методів розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізорудних підприємств», КНУ.РМ.141.25.668-04.

Мета дослідження – аналіз та розробка пропозицій до удосконалення методів розрахунку рівнів електричних навантажень в умовах залізорудних підприємств.

Об’єкт дослідження – електричні навантаження в умовах залізорудних підприємств.

Предмет дослідження – методи розрахунку рівнів електричних навантажень.

Робота присвячена аналізу та вдосконаленню методів розрахунку електричних навантажень у системах електропостачання залізорудних підприємств.

В умовах зростання енергетичних витрат та високих вимог до надійності електропостачання питання точного визначення навантажень набуває особливої актуальності для гірничодобувної галузі.

Традиційні методики, що застосовуються при проектуванні шахтних і промислових енергосистем, часто призводять до суттєвих розбіжностей між розрахунковими та фактичними показниками, що стає причиною перевитрати встановленої потужності трансформаторів, підвищених експлуатаційних витрат та нерационального використання відповідного обладнання.

У даній роботі досліджено особливості формування навантажень на підземних електричних мережах, зумовлені специфікою роботи обладнання

— асинхронних і синхронних двигунів, пускових та вентиляційних установок, шахтного транспорту та допоміжних механізмів.

На основі аналізу добових графіків навантажень промислових підприємств гірничо-видобувного комплексу Криворізького залізорудного басейну було встановлено, що діючі розрахункові методи систематично завищують потужність на 24–48%.

З урахуванням цього виконано порівняння методик на основі коефіцієнтів попиту, середніх навантажень, методів еквівалентних потужностей та статистичних підходів.

Одним із ключових питань, розглянутих в межах даної роботи є визначення переваг групового коефіцієнта попиту, який забезпечує мінімальну похибку між розрахунковими та реальними навантаженнями.

Для умов залізорудних підприємств запропоновано уточнені залежності для розрахунку коефіцієнтів попиту активної та повної потужності, встановлені на основі обробки експериментальних даних.

Доведено, що застосування вдосконаленого методу знижує необхідну потужність трансформаторів у середньому в 1,5 рази без погіршення електропостачання.

Особливу увагу приділяється питанням реактивної потужності та компенсації її надлишків.

Встановлено, що гірничо-збагачувальні комбінати є одними з найбільших споживачів реактивної енергії в регіоні, а відхилення режимів призводять до значних фінансових витрат.

На основі дослідження роботи синхронних двигунів і їх компенсуючих властивостей запропоновано технічні рішення для стабілізації $\cos\varphi$ та зменшення навантаження на мережу.

У роботі також розглянуто сучасні системи управління шахтним електротранспортом, зокрема безконтактні тиристорні регулятори, імпульсно-фазове керування та особливості енергопостачання дизель-тролейвозів.

Графічно-аналітичний метод розрахунку струмових кривих дозволив визначити особливості навантаження тягових двигунів і сформулювати рекомендації щодо вибору апаратури захисту.

Окремий розділ присвячений вибору установок захисного відключення для підземних умов із урахуванням асиметричних режимів.

Завдяки проведеному аналізу стає можливим використання отриманих результатів службами енергетики шахт та ГЗК для оптимізації потужності трансформаторних підстанцій, зниження витрат на електроенергію, підвищення надійності та енергоефективності електропостачання гірничих підприємств. Запропонована методика може бути впроваджена в проєктну документацію, а сформовані алгоритми розрахунків — у програмні комплекси для інженерних розрахунків.

ЗАЛІЗОРУДНІ ПІДПРИЄМСТВА, ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ,
АНАЛІЗ, МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Підвищення ефективності роботи підземних систем електропостачання та оптимізація енергоспоживання на ділянках шахт	10
1.1. Порівняння методів розрахунку електричного навантаження....	13
1.2. Підсумки	26
РОЗДІЛ 2. Режим реактивної потужності на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу.....	28
2.1. Стан питання	28
2.2. Споживачі реактивної потужності	32
2.3. Підсумки	36
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39
ДОДАТКИ.....	41

ВСТУП

Системи електропостачання залізорудних підприємств належать до найбільш складних і відповідальних елементів гірничого виробництва.

Вони забезпечують безперебійну роботу основних технологічних процесів — видобутку, транспортування та переробки руди, вентиляції, водовідливу, підйомних і транспортних установок.

Від точності і обґрунтованості розрахунків електричних навантажень залежить надійність роботи електрообладнання, рівень енергоефективності, економічні показники підприємства та безпека праці в підземних умовах.

Традиційні підходи до розрахунку навантажень, що застосовуються у проєктній практиці, були сформовані десятиліттями раніше та в багатьох випадках не враховують сучасних режимів роботи обладнання, зміни технологічних процесів, впровадження частотно-керованих приводів і спеціальних систем керування шахтним транспортом і поточних реалій на енергоринку України.

У результаті часто спостерігається значне завищення розрахункових навантажень порівняно з реальними, що призводить до необґрунтованого збільшення встановленої потужності трансформаторних підстанцій, перевитрат електроенергії та низького коефіцієнта використання обладнання.

Особливе значення має також питання впливу реактивної потужності на режими роботи електричних мереж гірничих підприємств.

Нестабільність роботи асинхронних і синхронних двигунів, значна частка механізмів із повторно-короткочасними режимами та наявність потужного тягового електротранспорту призводять до коливань $\cos\varphi$ та збільшення втрат у мережах.

Це вимагає впровадження удосконалених методів оцінки навантажень та визначення оптимальних параметрів електропостачання.

Актуальність цього питання зумовлена необхідністю підвищення точності розрахунків електричних навантажень, оптимізації потужності трансформаторних підстанцій, раціонального використання електроенергії та зменшення експлуатаційних витрат залізничних підприємств в умовах сьогодення.

Впровадження сучасних методів розрахунку дозволяє зменшити похибку в проєктуванні та забезпечити економічну ефективність енергетичних систем.

РОЗДІЛ 1. Підвищення ефективності роботи підземних систем електропостачання та оптимізація енергоспоживання на ділянках шахт

Електрообладнання та електропостачання підземних гірничих робіт, його надійність і ефективність в значній мірі залежать від умов гірничих виробок, які істотно впливають на режим роботи технологічного обладнання, а отже, і електрообладнання ділянки.

Електричні навантаження шахт залежать від гірничо-технологічних факторів, динаміки розвитку гірничих робіт та інших факторів, які доводиться враховувати при визначенні розрахункового навантаження.

Залежно від стадії проектування і місця розташування конструктивного вузла в схемі електропостачання використовуються спрощені або точні методи визначення електричних навантажень.

Основні методи визначення електричних навантажень, що використовуються в даний час в розрахунковій практиці, можна розділити на:

- методи розрахунку навантажень на основі конкретних виробничих показників;
- метод визначення розрахункового навантаження на основі встановленої потужності і розрахункових коефіцієнтів;
- методи визначення розрахункового навантаження за величиною середнього навантаження і конструкційними коефіцієнтами, що характеризують відхилення проектного навантаження від середнього.

Правильний, технічно та економічно обґрунтований розрахунок і підбір кількості і потужності трансформаторів для районних підстанцій має важливе значення для побудови схем електропостачання.

Такий вибір робиться виходячи з розрахункового навантаження і категорії споживачів електроенергії.

При цьому повинна бути забезпечена надійність електропостачання, а капітальні витрати і втрати електроенергії в процесі експлуатації повинні бути мінімальними.

До основних етапів підбору трансформаторів для районних підстанцій відносяться:

1. Визначення кількості трансформаторів з урахуванням категорії споживачів,
2. Визначення потужності трансформаторів виходячи з розрахункового навантаження;
3. Перевірка потужності обраних трансформаторів за умовами їх навантажувальної здатності на випадок аварійної зупинки або ремонту;
4. Перевірка потужності трансформаторів і їх економічно обґрунтованого режиму роботи.

При порівнянні економічно рівноцінних варіантів перевагу слід віддавати тому варіанту, який забезпечує навантаження підприємства в більшій мірі.

У звіті відділу по держбюджетних дослідженнях за 1982 рік [4] наведені основні принципи визначення електричних навантажень h для вибору потужності секційних трансформаторних підстанцій залізничних шахт Кривбасу.

Значення коефіцієнтів попиту було прийнято в першому випадку для 1 групи з однорідними електроприймачами, у другому випадку для змішаних груп споживачів.

У даній роботі порівнюються та оцінюються методи розрахунку електричних навантажень за допомогою різних методів та перевіряється їх відповідність фактичним параметрам споживання електроенергії.

1.1. Порівняння методів розрахунку електричного навантаження

Для обґрунтування доцільності застосування запропонованої методики визначення електричних навантажень і, в кінцевому підсумку, підбору потужності трансформаторів районних підстанцій було проведено аналіз основних показників з урахуванням фактичного режиму споживання електроенергії на гірничих горизонтах залізрудних шахт м. Кривий Ріг.

Оцінка ступеня похибки при визначенні електричних навантажень і підборі потужності трансформаторів районних підстанцій проводилася шляхом порівняння результатів розрахунку електроустановок навантажень агрегату, дільниці, підстанції за існуючими та запропонованими методиками, а також шляхом перевірки відповідності отриманих результатів фактичним параметрам споживаної потужності.

Результати розрахунків.

З матеріалу, представленого в таблицях, випливає, що запропонований метод дає ближчі до фактичних значення електричних навантажень, ніж при розрахунку за застосовуваним в даний час методом проектування.

За розрахунковими даними з таблиць були побудовані відповідні графіки:

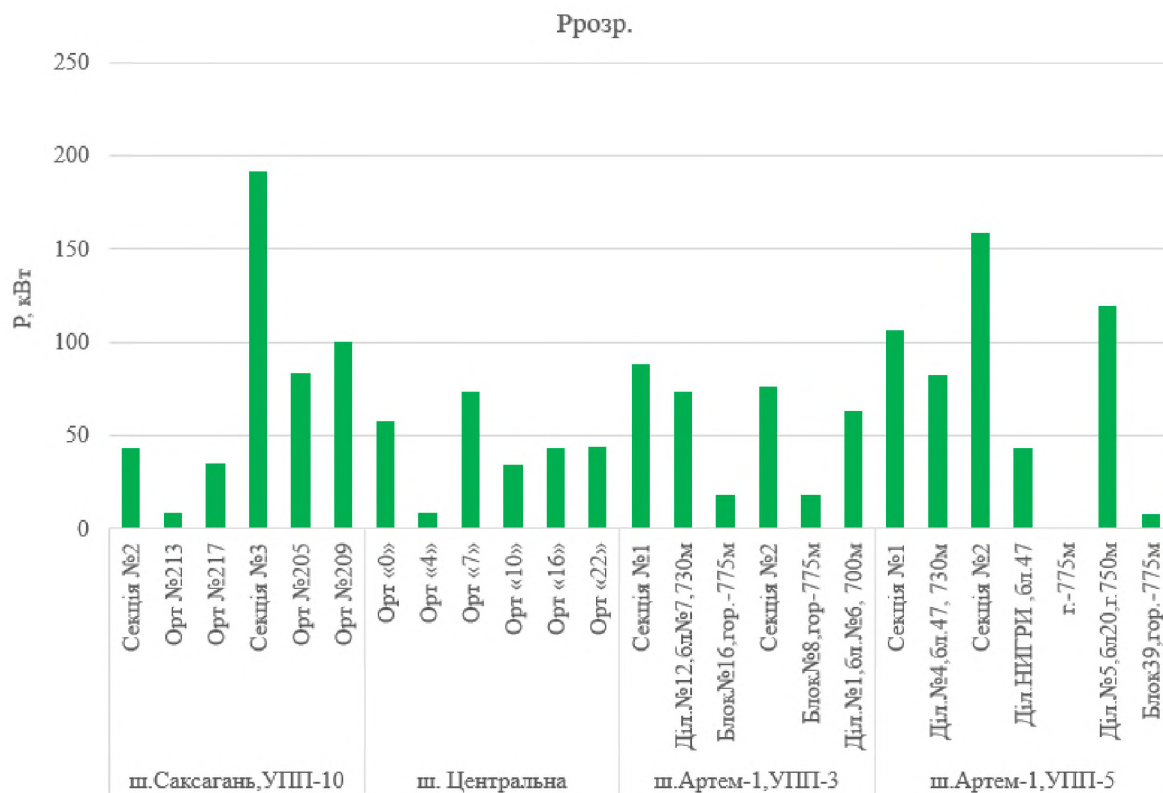


Рис. 1.1 – Значення Прозр. навантаження трансформаторів по блокам і секціям шахт

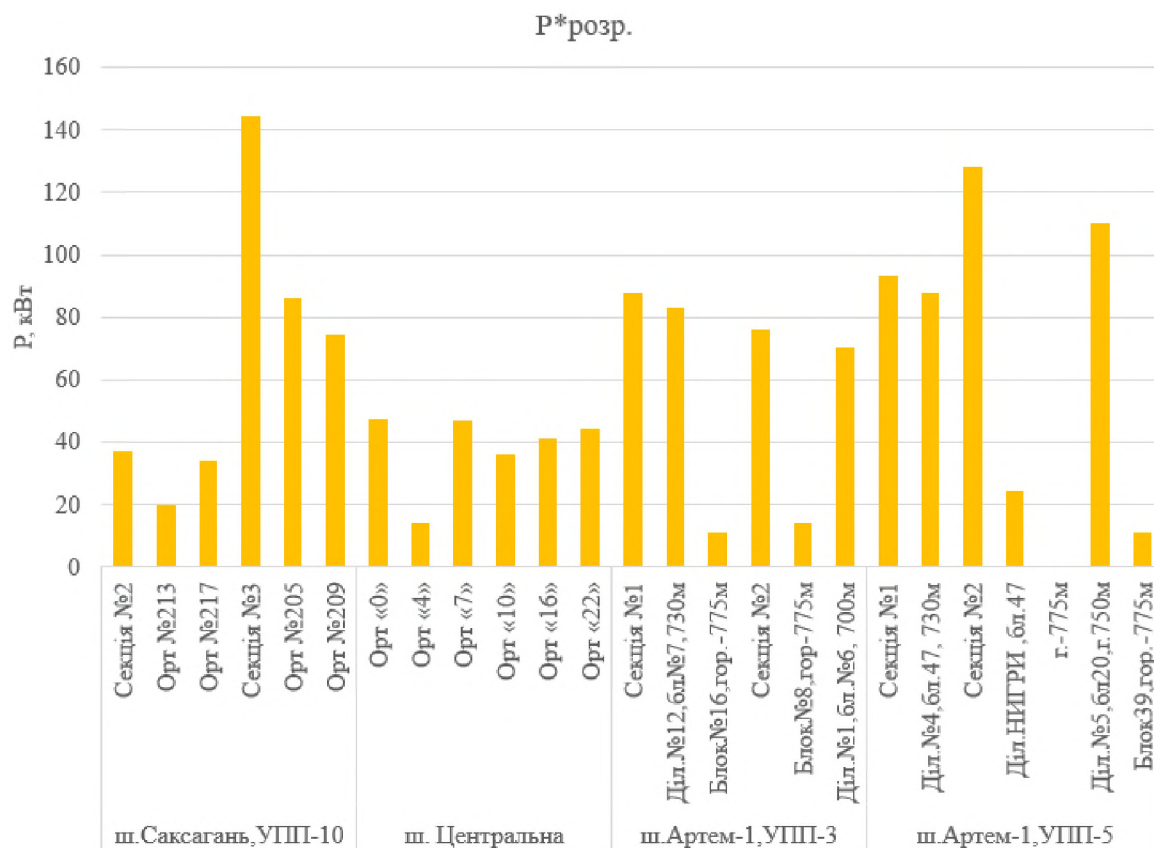


Рис. 1.2 – Значення Р*розр. навантаження трансформаторів по блокам і секціям шахт

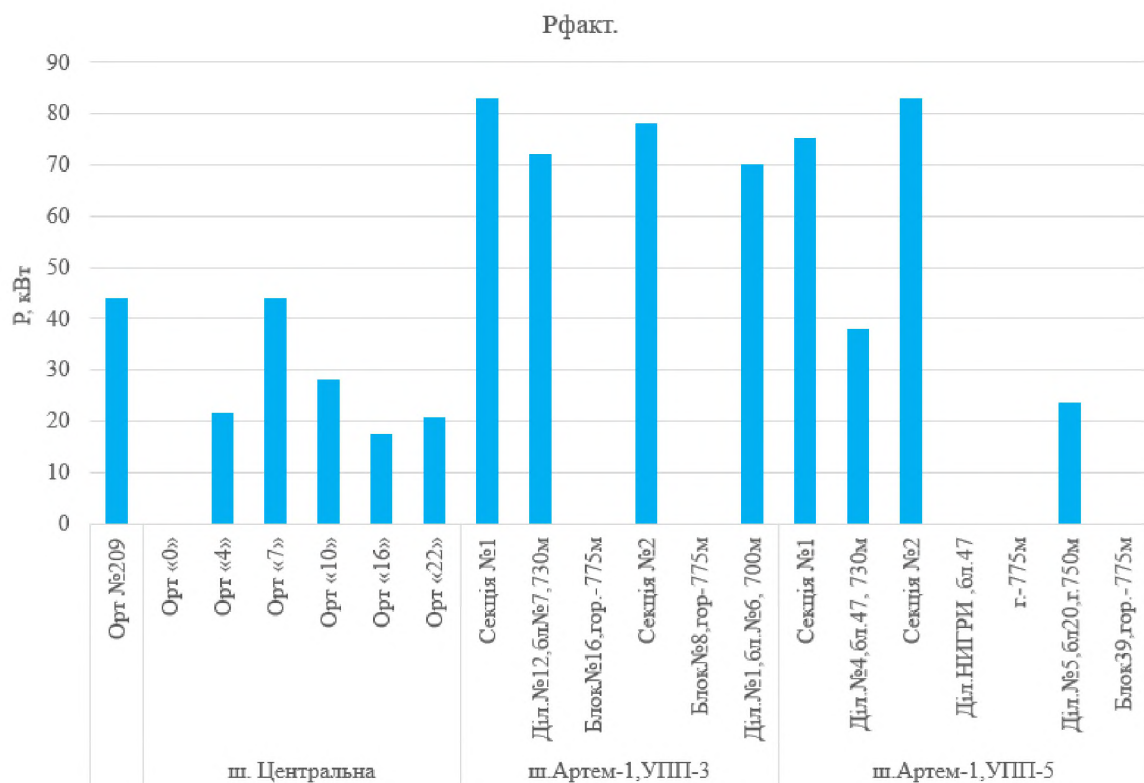


Рис. 1.3 – Значення Рфакт. навантаження трансформаторів по блокам і секціям шахт

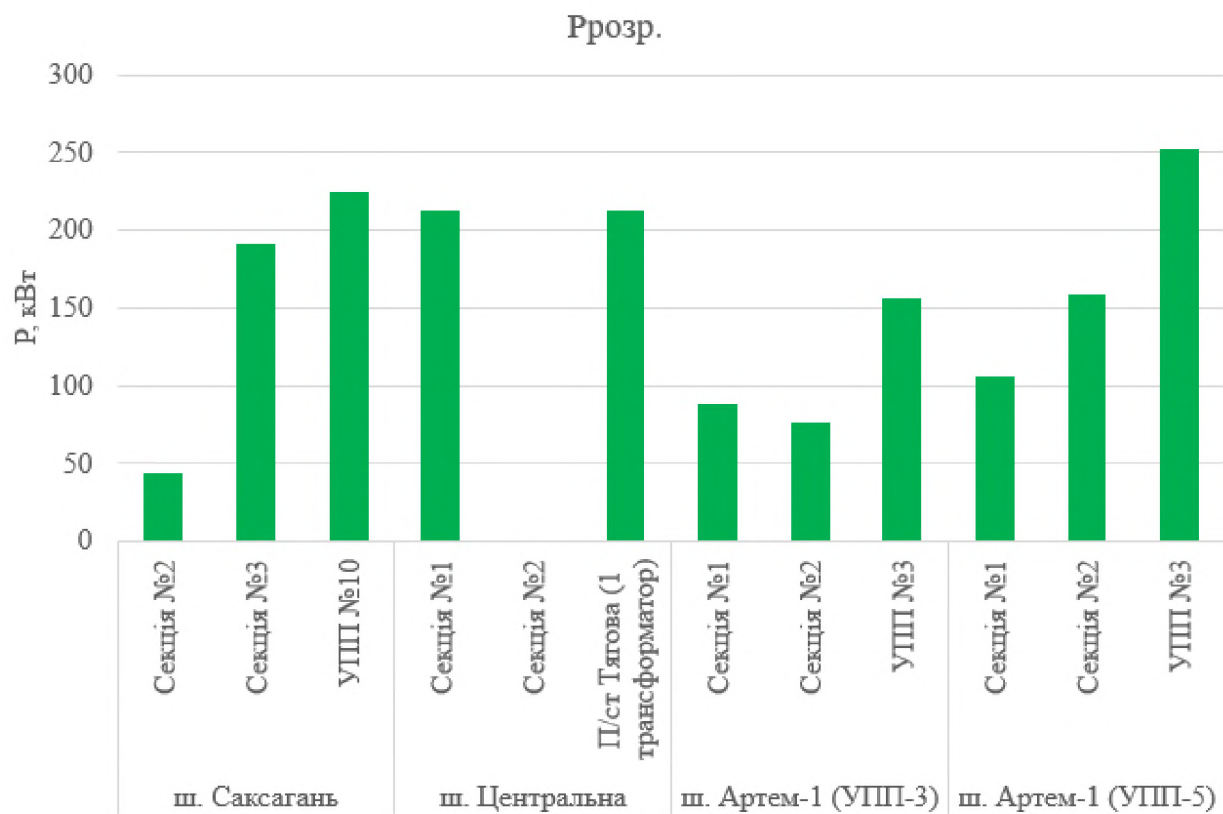


Рис. 1.4 – Значення Ррозр. трансформаторів по секціям і підстанціям шахт

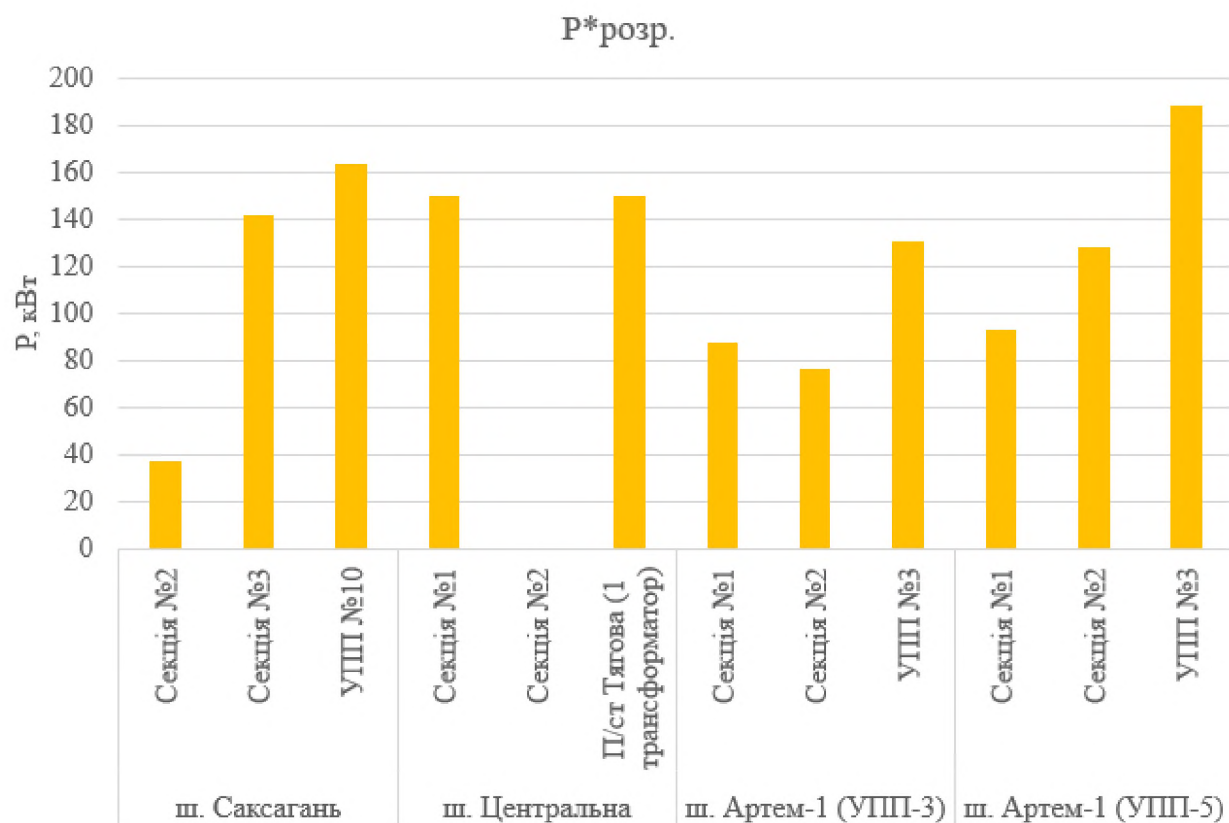


Рис. 1.5 – Значення $P^*_{\text{розр.}}$ навантаження трансформаторів по секціям і підстанціям шахт

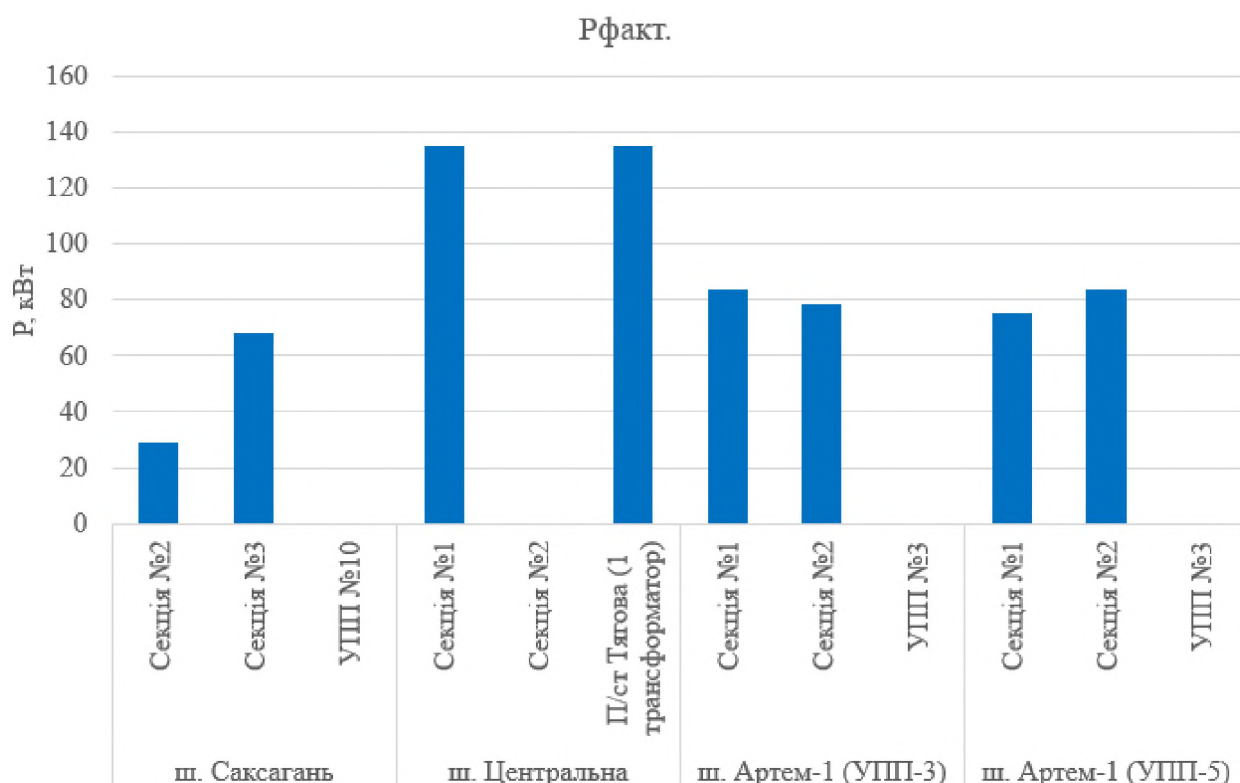


Рис. 1.6 – Значення Рфакт. навантаження трансформаторів по секціям і підстанціям шахт

Для районних розподільчих мереж розбіжність становить 24-48%, що має значний вплив на визначення та вибір параметрів систем електропостачання.

Важливим показником, що визначає якість і ефективність виконання завдань на проектування, є ступінь відповідності проектних рішень конкретним умовам експлуатації шахтного електрообладнання.

Однією з причин розбіжності між розрахунковими і фактичними електричними навантаженнями в ряді випадків є те, що обладнання на об'єктах, передбачених проектом, не відповідає фактично встановленому як за номенклатурою, так і за кількістю.

Наприклад.

Якщо розглядати обладнання, що використовується на шахті «Артем-1» (гор. - 775 м), то розрахункове навантаження істотно відрізняється від фактичного.

Результати розрахунків.

Графічно це продемонстровано на рис. 1.7-1.8:

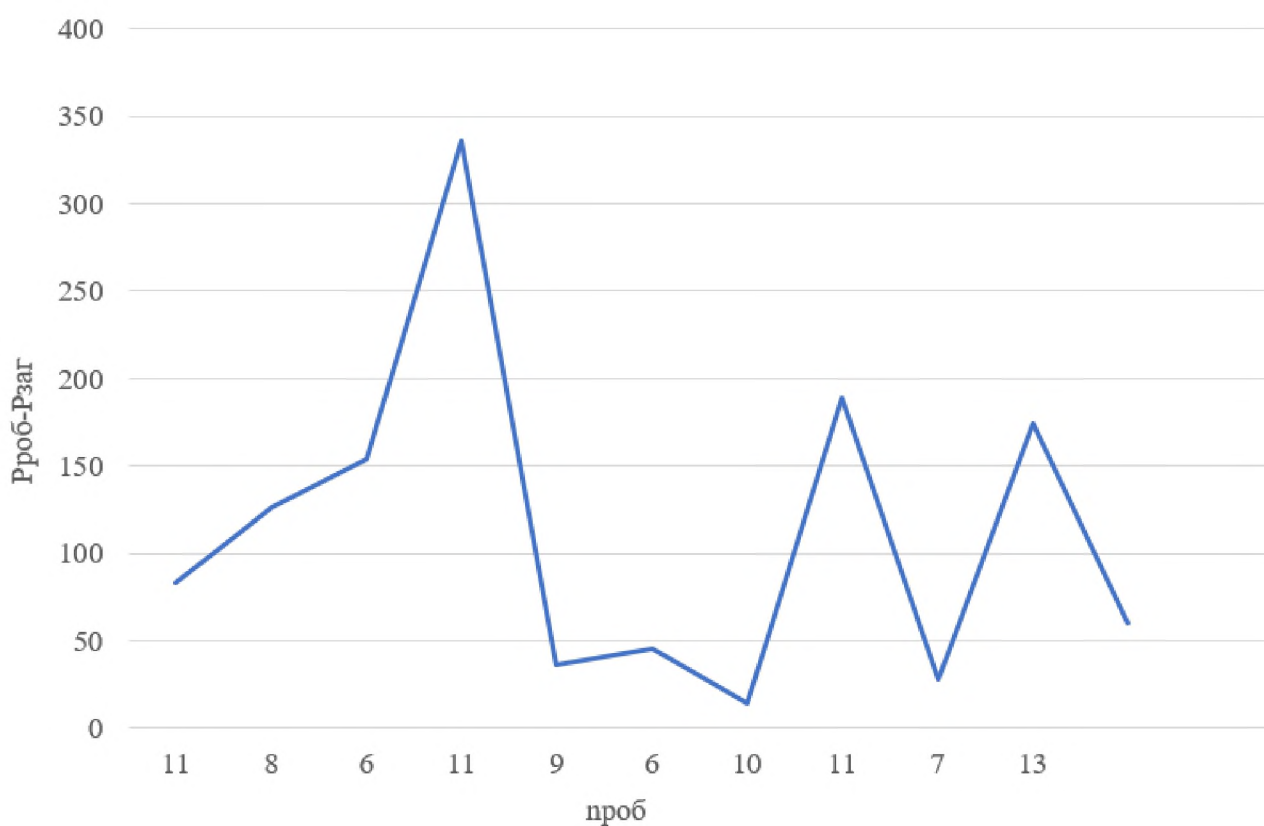


Рис. 1.7 – Графік співвідношення різниці робочого і загального навантаження від фактичної кількості споживачів

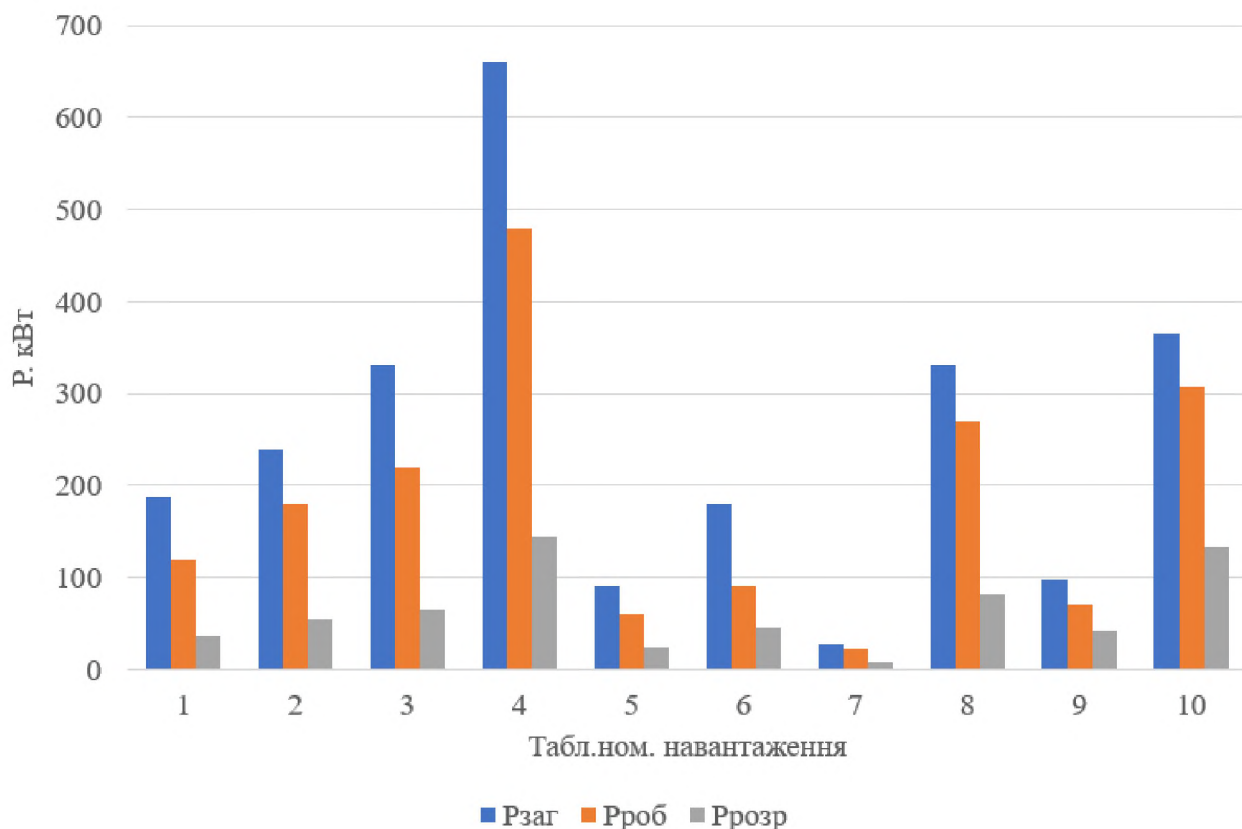


Рис. 1.8 – Співвідношення розрахункової, робочої та загальної потужності за кожним споживачем на ділянці

Згідно з наведеними вище даними, порівняння результатів розрахунку, отриманих за допомогою методу, що використовується для визначення електричних навантажень, показує, що значення загальної встановленої потужності за проектом перевищує її фактичне значення більш ніж в 1,6 рази; при цьому загальна проектна потужність становить 805 кВА, тоді як сумарна потужність виходячи з фактично встановленого обладнання становить лише 507 кВА.

Виходячи з основних показників, підбираємо трансформатори з визначенням ступеня їх навантаження.

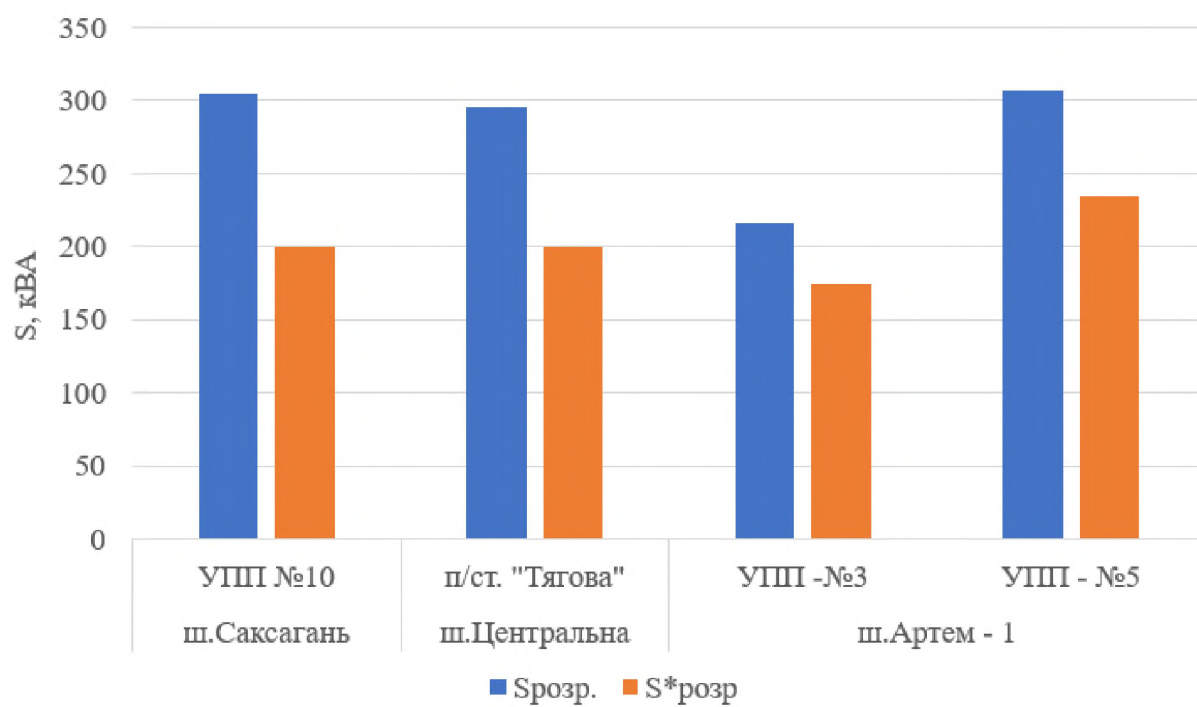


Рис. 1.9 – Порівняння $S_{\text{розр}}$ та $S^*_{\text{розр}}$ трансформаторів за $K_{\text{п}} = 1.2$

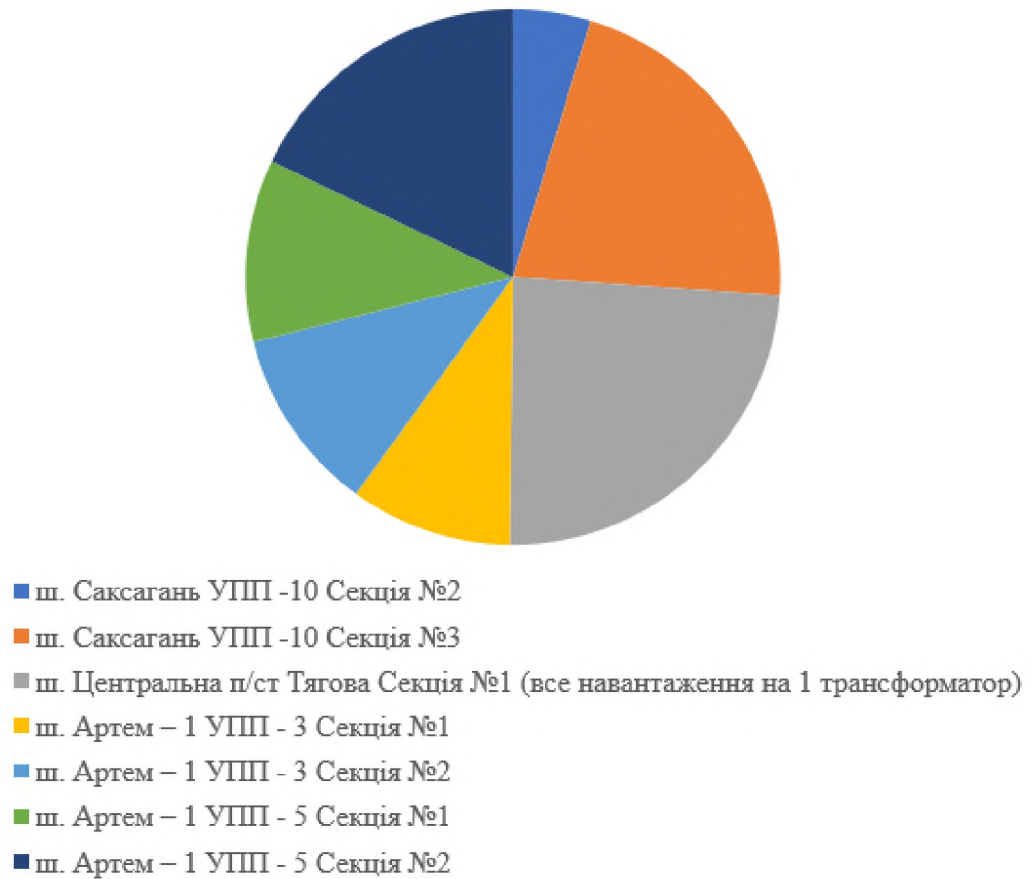


Рис.1.10 – Розподіл повної розрахункової потужності трансформаторів за секціями

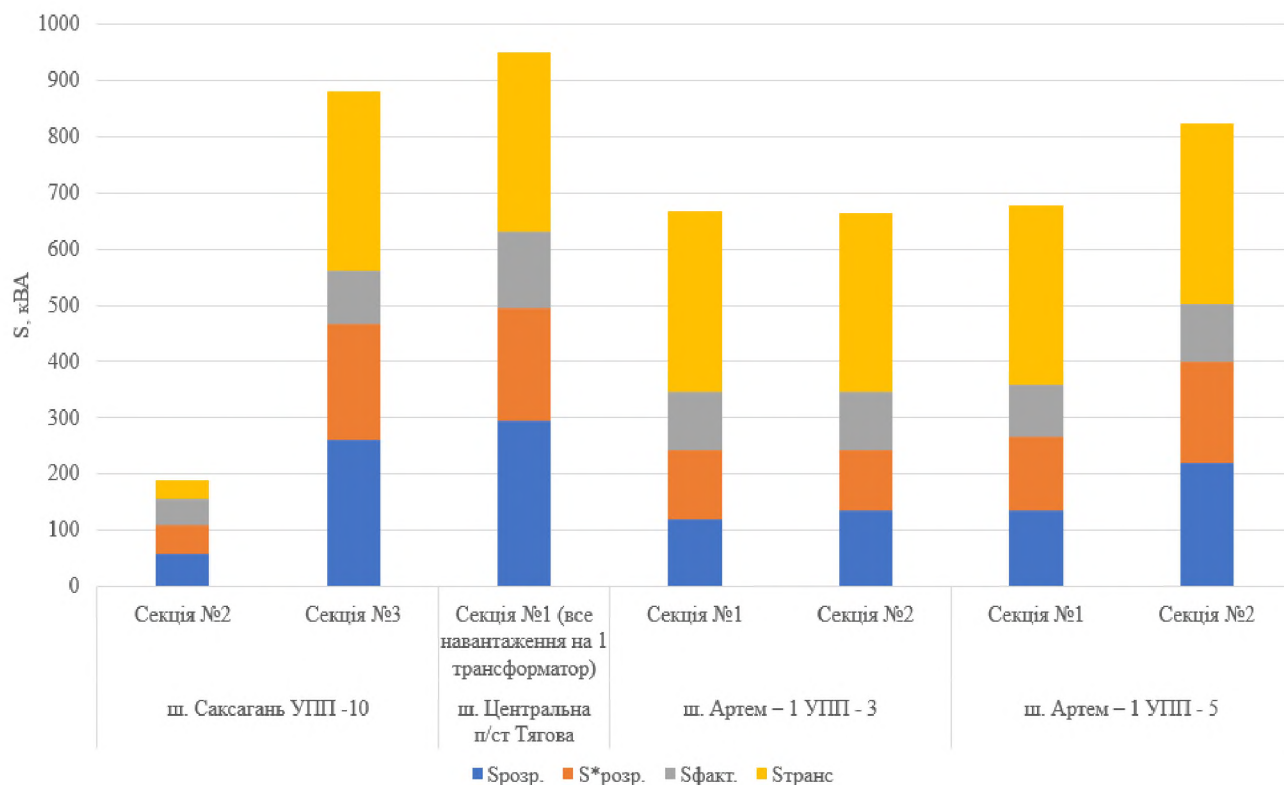


Рис. 1.11 – Графік порівняння розрахункових потужностей з фактичними і повними номінальними потужностями трансформаторів

Як видно з аналізу представленого матеріалу, фактичне навантаження трансформаторів, встановлених на майданчику підстанцій гірничих горизонтів досліджуваних шахт, становить близько 30% від їх номінальної потужності.

Відповідно до вищесказаного, при проектуванні електропостачання відбувається завищення встановленої потужності трансформаторів з наступних причин:

1. Застосовуваний в даний час метод розрахунку електричних навантажень за розрахунковими коефіцієнтами призводить до перевищення проектної потужності на 24 - 48% в порівнянні з рекомендованим методом розрахунку по коефіцієнту попиту для змішаних груп споживачів.

2. При визначенні потужності трансформатора не враховується перевантажувальна здатність, внаслідок чого розбіжність між проектною потужністю і фактичним навантаженням становить 40 - 70%.

3. Тип, кількість і потужність технологічного обладнання, що використовується на виробничих ділянках, відрізняється від проектного. Як правило, в проект входить обладнання більшої номенклатури і кількості, що в кінцевому підсумку призводить до вибору трансформатора завищеної потужності. Якщо порівняти, наприклад, сумарну потужність обладнання на ділянці «Артем – 1», то навантаження на проект в 1,6 рази більше фактичного.

1.2. Підсумки

Традиційні методики, що застосовуються при проєктуванні шахтних і промислових енергосистем, часто призводять до суттєвих розбіжностей між розрахунковими та фактичними показниками.

Це стає причиною перевитрати встановленої потужності трансформаторів, підвищених експлуатаційних витрат та нерационального використання відповідного обладнання.

У даній роботі досліджено особливості формування навантажень на підземних електричних мережах, зумовлені специфікою роботи обладнання — асинхронних і синхронних двигунів, пускових та вентиляційних установок, шахтного транспорту та допоміжних механізмів.

На основі аналізу добових графіків навантажень промислових підприємств гірничо-видобувного комплексу Криворізького залізрудного басейну було встановлено, що діючі розрахункові методи систематично завищують потужність на 24–48%.

З урахуванням цього виконано порівняння методик на основі коефіцієнтів попиту, середніх навантажень, методів еквівалентних потужностей та статистичних підходів.

Одним із ключових питань, розглянутих в межах даної роботи є визначення переваг групового коефіцієнта попиту, який забезпечує мінімальну похибку між розрахунковими та реальними навантаженнями.

Для умов залізрудних підприємств запропоновано уточнені залежності для розрахунку коефіцієнтів попиту активної та повної потужності, встановлені на основі обробки експериментальних даних.

Доведено, що застосування вдосконаленого методу знижує необхідну потужність трансформаторів у середньому в 1,5 рази без погіршення електропостачання.

РОЗДІЛ 2. Режим реактивної потужності на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу

2.1. Стан питання

Добре відомо вплив величини реактивної потужності на ефективність енергосистеми та якість електроенергії за напругою. В результаті вживаються заходи щодо компенсації реактивних навантажень.

Значення гірничо-збагачувальних комбінатів у формуванні графіків навантажень і режиму реактивних потужностей енергосистеми визначається їх відносною потужністю.

Питома вага гірничо-збагачувальних комбінатів у загальному балансі споживання електроенергії Криворізького басейну наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Частка гірничо-збагачувальних комбінатів у загальному балансі споживання електроенергії в басейні Кривого Рогу (100%)

№ п/ п	Найменування	Відсоток участі в загальному балансі споживання електроенергії
1.	Південний гірничо-збагачувальний комбінат	10 -14
2.	Новокриворізький гірничо-збагачувальний комбінат	12,0 - 15,0
3.	Центральний гірничо-збагачувальний комбінат	5 –6
4.	Північний гірничо-збагачувальний комбінат	13 -18
5.	Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат	9 -10
6.	Всього	49 -51

Ситуація, що склалася змушує енергопостачальну організацію висувати жорсткі вимоги до режиму реактивних потужностей гірничо-збагачувальних комбінатів, і з кожним роком ці вимоги стають все більш жорсткими.

Ці жорсткості, з одного боку, пов'язана зі зміною розрахунку дисконтів і доплат за компенсацію реактивної потужності, з іншого - з зацікавленістю енергосистеми в зростаючому розвантаженні зовнішніх мереж від реактивної потужності.

Надалі ж планується домогтися відсутності переповнення реактивної потужності на стику «енергосистема - підприємство»

Розрахунок знижок і доплат за компенсацію реактивної потужності в залежності від співвідношення оптимального і фактичного коефіцієнтів реактивної потужності в години роботи системи максимальної потужності, який був зроблений до 1 січня 1981 року, дозволив підприємству мати значні розбіжності між фактичними і оптимальними значеннями реактивної потужності.

Значення оптимальної реактивної потужності визначали за коефіцієнтом поправки на коефіцієнт реактивної потужності $tgY_e = \frac{Q_{\Sigma 1}}{P_{M \times 3}} = 0,2$.

Відповідно до шкали знижок і тарифів на електричну енергію і доплат за електричну енергію для компенсації реактивної потужності в електроустановках споживачів (у відсотках).

При фактичному коефіцієнті реактивної потужності $tgY_M = \frac{Q_{\Phi 1}}{P_{M \times 3}} = 0,4$ знижки або надбавки не було ($c_{III} = 0$). Енергетичні служби, як правило, стримували цей режим.

Різниця в фактичній і оптимальній реактивній потужності для гірничо-збагачувальних комбінатів склала:

$$\Delta Q = \Sigma Q_{\phi} - \Sigma Q$$

$$\Sigma Q_{\phi} = tg \, Y_{\phi} \cdot \Sigma P$$

$$\Sigma P_{\text{гок}} \approx 1000 \text{ мВт}$$

$$\Sigma Q_{\phi} = 0,4 \cdot 1000 = 400 \text{ мвар}$$

$$\Sigma Q_{\varepsilon} = tg \, Y_{\varepsilon} \cdot \Sigma P$$

$$\Sigma Q_{\varepsilon} = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мвар}$$

$$\Delta Q = 400 - 200 = 200 \text{ мвар}$$

Недотримання рекомендованого режиму реактивної потужності, що призвело до збільшення реактивного навантаження енергосистеми на 200 мвар, не спричинило жодних фінансових санкцій.

При нинішній системі розрахунку знижок і доплат фінансові штрафні санкції за вищевказане розбіжність між оптимальними і фактичними значеннями реактивної потужності будуть значними.

Отже, якщо припустити, що як в період отримання максимальної електроенергії, так і реактивна потужність в точці підключення споживача до енергосистеми.

Але гірничо-збагачувальні комбінати розвинули електричні мережі різного рівня напруги, і реактивна потужність має значний вплив на роботу цих мереж і всієї внутрішньої системи електропостачання.

Тому особливий інтерес представляють характеристики «споживачів» реактивної потужності в цехах гірничо-збагачувальних комплексів.

2.2. Споживачі реактивної потужності

Основними електроприймачами ГЗК є асинхронні двигуни 0,4 кВ і синхронні двигуни 6 і 10 кВ.

Асинхронні двигуни. Діапазон їх потужностей дуже великий: від часток кВт до 132÷230 кВт при напрузі 380 В і до 600-800 кВт при напрузі 6 кВ.

Залежність між навантаженням на вал двигуна і величиною реактивної потужності видно на рис.2.1.

Зміна потужності від 20 до 100% від номінальної (на 80%) призводить до зміни реактивної потужності з 82% до 100% - тобто всього на 18%.

Для більшості асинхронних двигунів, що встановлюються на збагачувальних механізмах, зміна чистої потужності в такому широкому діапазоні, як 20÷80% від P_n , нереальна.

Ця зміна зазвичай не перевищує 30-75% від P_n . Тоді зміна реактивної потужності не перевищить 86÷98% від Q_n , тобто на 12%.

Це в рівній мірі відноситься навіть до виробництва таких нерівномірних машин, як дробарки, так як їх приводи споживають 23-27% середньої робочої потужності навіть на холостому ходу.

Синхронні двигуни. Розглянемо синхронні двигуни, які використовуються в якості приводів для механізмів з досить рівномірним графіком навантажень: шарових і штангових млинів, ексгаустерів, насосів, вакуумних насосів, компресорів і т.д

Дещо знижена стабільність графіків навантаження СД млинів самоподрібнення і мінімальний термін роботи енергосистеми, параметри енергоспоживання гірничо-збагачувальних комбінатів однакові.

Враховуючи це:

$$H=H_1+H_2$$

$$H_1=30 \cdot \frac{Q_{\phi}-Q_{\text{эл}}}{P_{\phi}}$$

$$H_1=30 \cdot \frac{400-200}{1000}=6\%$$

$$H_2=20 \cdot \frac{Q_{\phi}-Q_{\text{эл}1}}{P_{\phi}}-2$$

$$H_1=20 \cdot \frac{400-200}{1000}-2=2\%$$

$$H=6+2=8\%$$

Навіть якщо припустити, що енергослужби гірничо-збагачувальних комбінатів забезпечать $Q_{\phi 2} = Q_{\text{е}2}$ і в результаті отримають знижку 2%

$(H_2=20 \cdot \frac{Q_{\phi}-Q_{\text{эл}1}}{P_{\phi}}-2=-2\%)$ то загальна надбавка становитиме

$$H=6-2=4\%$$

або вирази у валюті

$$B = c \cdot W \cdot 0,04$$

де C – вартість 1 кВт/год

$$C = 1,5 \text{ копійки.} = 0,015 \text{ грн.}$$

W – споживана потужність

$$W = T \cdot \sum P_{\phi}$$

$$C = 0,016 \cdot 8760 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,04$$

$$C = 5\,258\,000 \text{ грн.}$$

У першому варіанті при $N = 8\%$ розмір надбавки в грн.

$$B = 0,016 \cdot 8760 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,08 = 1,05$$

тобто понад 10 млн.

Наведені цифри наочно показують важливість неухильного дотримання раціонального режиму реактивних потужностей гірничо-збагачувальними комбінатами.

Розрахунки ґрунтувалися лише на фінансових взаємовідносинах з електромережею, тобто враховувався вплив на вартість.

Ці млини встановлені тільки на частині ділянок НКГЗК і Північного ГЗК.

Загалом, можна рахувати, що саме реактивна потужність синхронних двигунів стабільна, тому що струм збудження встановлюється постійним протягом тривалого часу, тобто практично не регулюється.

Перераховані вище фактори свідчать про те, що величина реактивної потужності в більшості вузлів навантаження гірничо-збагачувальних комплексів повинна бути стабільною.

У той же час статистичні дані, зібрані методом пасивного експерименту, не підтверджують це твердження.

Коливання реактивної потужності, що реально відбуваються, в якій наводяться дані про півгодинних значеннях реактивної потужності для дробильної фабрики і трьох черг рудопереробного заводу НКГЗК.

Таке ж розсіювання реактивної потужності має місце і для інших частин навантаження.

Отже, значення максимального коефіцієнта реактивної потужності не обмежуються значенням $K_m(Q) \leq 1.1$ рекомендовані методичними рекомендаціями щодо визначення очікуваних електричних навантажень.

Ці коефіцієнти навіть при усередненні інтервалів великих 3,5 години часто значно перевищують значення $K_m = 1,1$.

2.3. Підсумки

Особливе значення має також питання впливу реактивної потужності на режими роботи електричних мереж гірничих підприємств.

Нестабільність роботи асинхронних і синхронних двигунів, значна частка механізмів із повторно-короткочасними режимами та наявність потужного тягового електротранспорту призводять до коливань $\cos\phi$ та збільшення втрат у мережах.

Це вимагає впровадження удосконалених методів оцінки навантажень та визначення оптимальних параметрів електропостачання.

Актуальність цього питання зумовлена необхідністю підвищення точності розрахунків електричних навантажень, оптимізації потужності трансформаторних підстанцій, раціонального використання електроенергії та зменшення експлуатаційних витрат залізничних підприємств в умовах сьогодення.

Впровадження сучасних методів розрахунку дозволяє зменшити похибку в проєктуванні та забезпечити економічну ефективність енергетичних систем.

ВИСНОВКИ

Дослідження, проведені на даному проміжному етапі, дозволять підвищити ефективність роботи підземних систем енергоспоживання та оптимізувати споживання електроенергії на підстанціях дільниць.

Порівняння існуючих і запропонованих методів розрахунків електричних навантажень показало, що запропонована методика дає результати, наближені до реальних, і дає можливість знизити потужність трансформаторів районних підстанцій в середньому в 1,5 рази, що дає економічний ефект в 102 тис. на рік на шахтах Кривбасу.

Встановлено, що саме недотримання рекомендованих режимів реактивної потужності призводить до збільшення реактивного навантаження енергосистеми більш ніж на 200 МВАр, що спричиняє застосуванню посиленних фінансових санкцій у вигляді знижок та доплат.

Основними умовами удосконалення функціонування енергосистем є:

1. Удосконалення технологічного процесу з метою зменшення нерівномірності споживання електроенергії;
2. В якості компенсуючих пристроїв оптимально використовувати синхронні двигуни і статичні конденсатори.

Проведені дослідження на системах управління шахтними електровозами дозволили систематизувати матеріал, розробити загальні вимоги.

Встановлено, що застосування тиристорних регуляторів і перетворювачів призводить до радикальних змін в електричних і функціональних ланцюгах електровозів.

Це, в свою чергу, пред'являє додаткові вимоги,

Характерною особливістю розглянутих розробок є те, що електровози залишилися колишніми, були змінені тільки системи управління, в інших випадках - типи тягових двигунів.

Визначено, що найбільш перспективними шахтними електровозами, які забезпечують мінімум втрат електроенергії, компактність обладнання та мають найбільш сприятливі передумови для автоматизації управління транспортним процесом, можна вважати електровози з використанням однофазних мостових схем з керованими тиристорами.

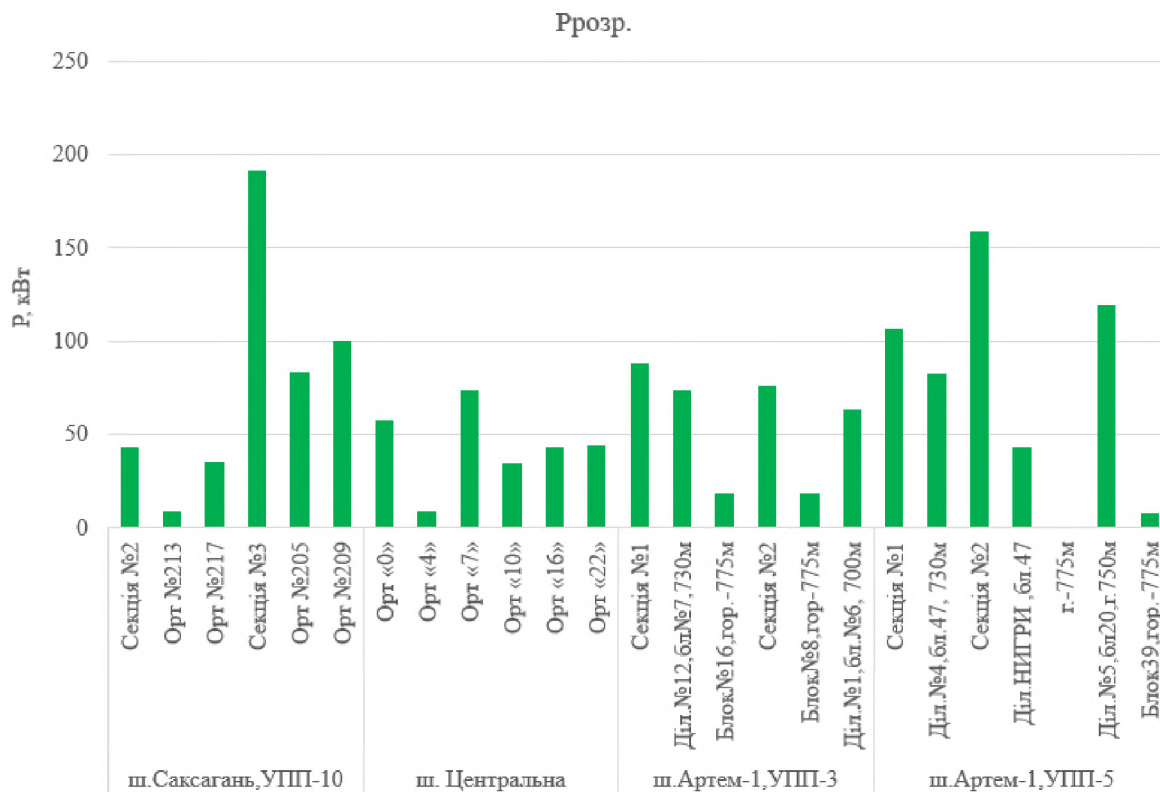
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Beaty H. W., Fink D. G. Handbook of electric power calculations. — URL: <https://www.iqytechnicalcollege.com/HANDBOOK%20OF%20ELECTRIC%20POWER%20CALCULATIONS%20-%20Podelise.ru%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf>
2. Haben S. Core concepts and methods in load forecasting. — URL: <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/63002>
3. Torres-Bermeo P. Sizing and characterization of load curves. — URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/7/1832>
4. Nelson J. Understanding Electrical Load Estimation. — URL: <https://www.pcreee.org/sites/default/files/event/files/Understanding%20Electrical%20Load%20Estimation.pdf>
5. Matayev A. Substantiation and selection of parameters for mine workings. — URL: https://mining.in.ua/articles/volume18_4/12.pdf
6. Rauch J. Optimal reactive power compensation. — URL: https://www.researchgate.net/publication/368998315_Achieving_Optimal_Reactive_Power_Compensation_in_Distribution_Grids
7. Reactive Power Compensation — проект. — URL: https://www.academia.edu/69805902/Reactive_Power_Compensation
8. Improving the accuracy of electrical load calculations. — URL: https://www.researchgate.net/publication/337353087_Improving_the_accuracy_of_calculations_of_electrical_loads_for_industrial_enterprises
9. Determination of dynamic characteristics for predicting load peaks. — URL: <https://scispace.com/pdf/determination-of-dynamic-characteristics-for-predicting-vm7udjtk.pdf>

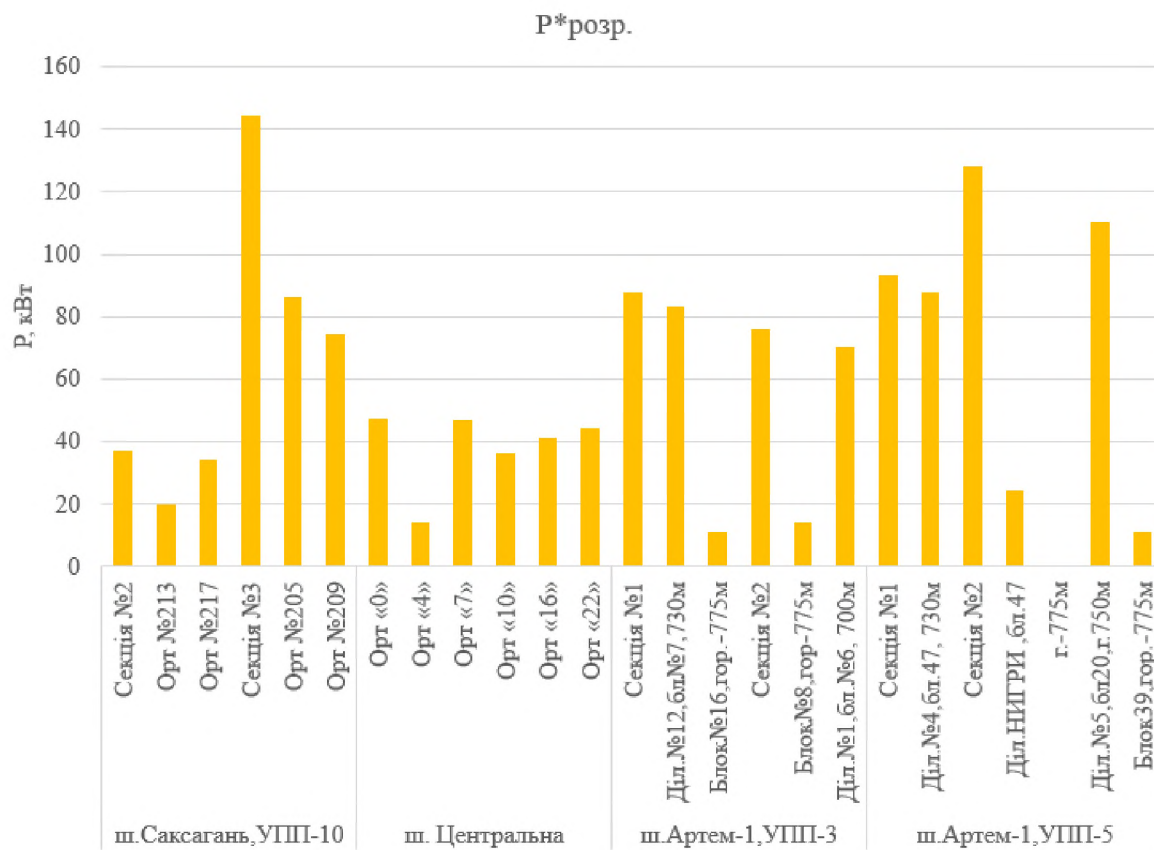
10. Braide S. Optimal sizing of distribution transformer using improved load forecasting. — URL:
https://www.researchgate.net/publication/358579504_Optimal_Sizing_of_Distribution_Transformer_using_Improved_Consumer_Load_Forecasting
11. Methodology for reactive power compensation in industrial systems. — URL:
<https://scispace.com/pdf/methodology-calculation-for-reactive-power-compensation-in-3cdbbm6e1.pdf>
12. Core concepts and methods in load forecasting. — URL:
<https://centaur.reading.ac.uk/110965/1/978-3-031-27852-5.pdf>
13. Identification of electrical loads in mining enterprises. — URL:
https://www.researchgate.net/publication/397254055_Identification_and_classification_of_electrical_loads_in_mining_enterprises
14. Electrical calculations and guidelines for systems. — URL:
https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781498769396_A31962830/preview-9781498769396_A31962830.pdf

ДОДАТКИ

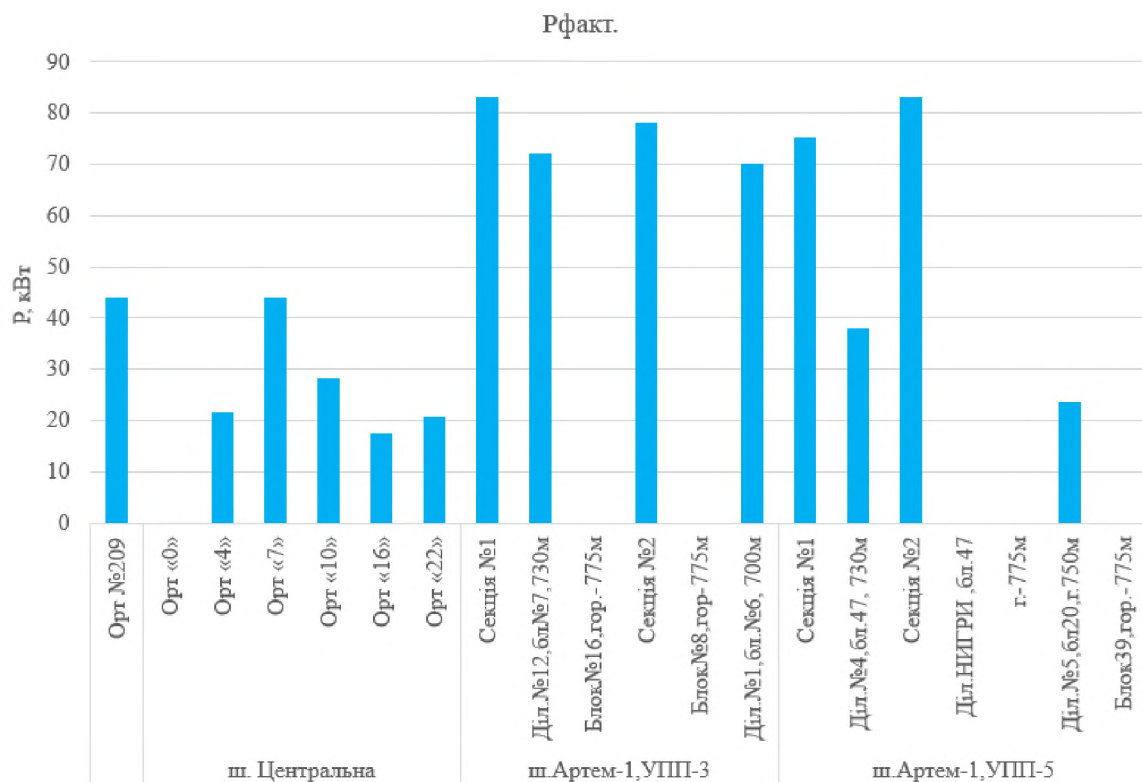
Значення Ррозр. навантаження трансформаторів
по блокам і секціям шахт



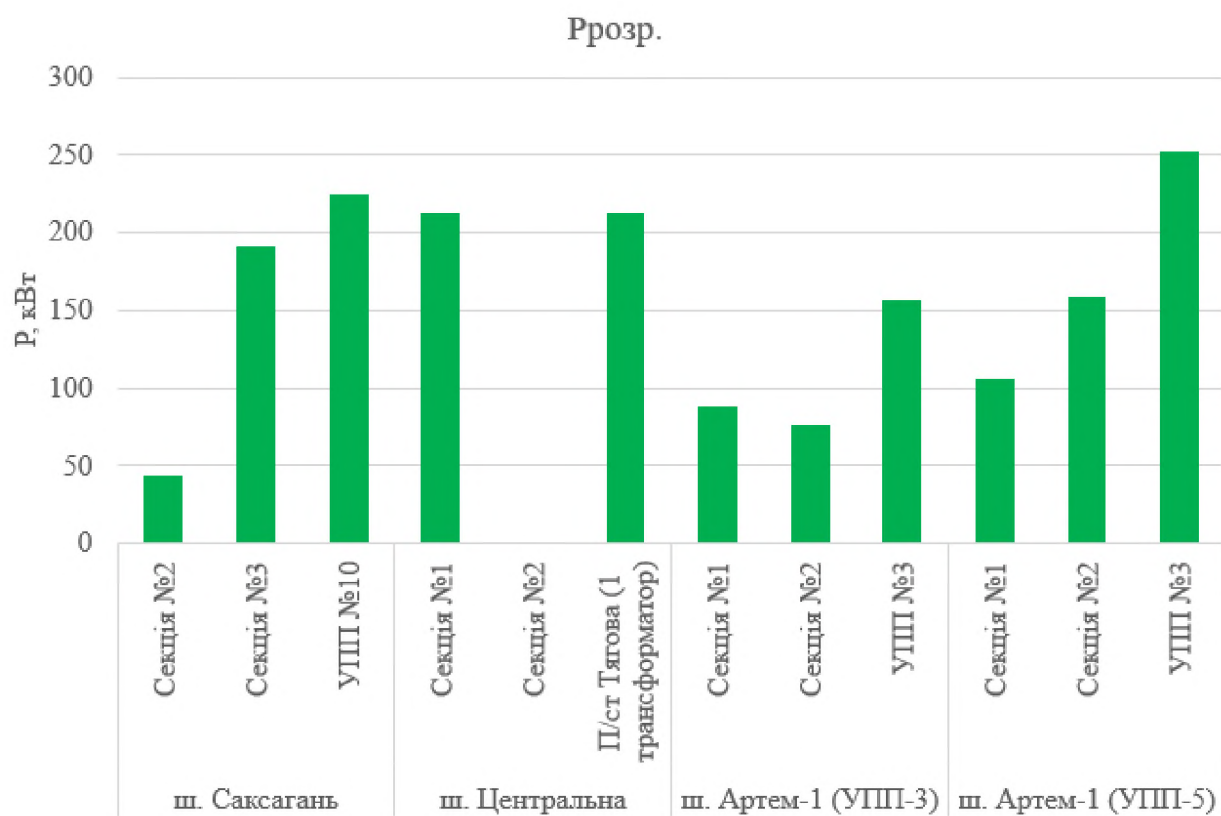
Значення P^* розр. навантаження трансформаторів
по блокам і секціям шахт



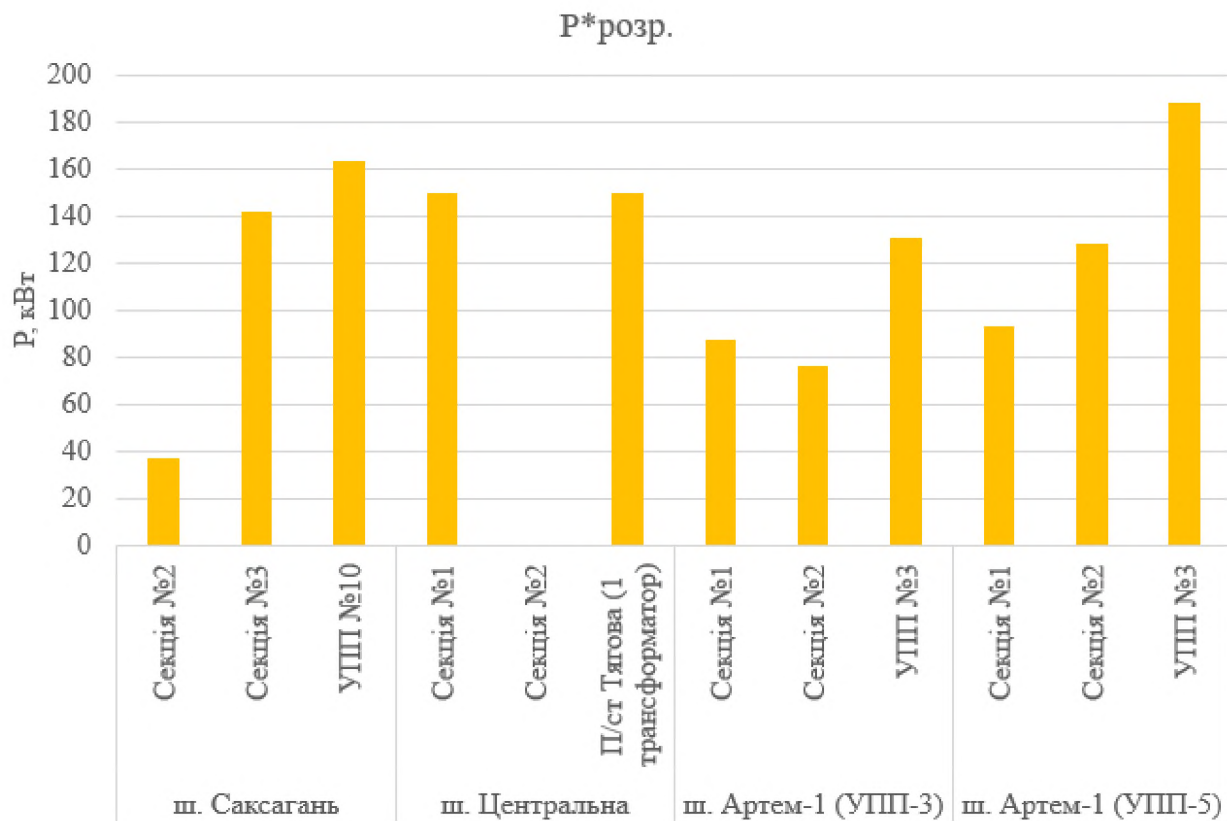
Значення $R_{\text{факт.}}$ навантаження трансформаторів по блокам і секціям шахт



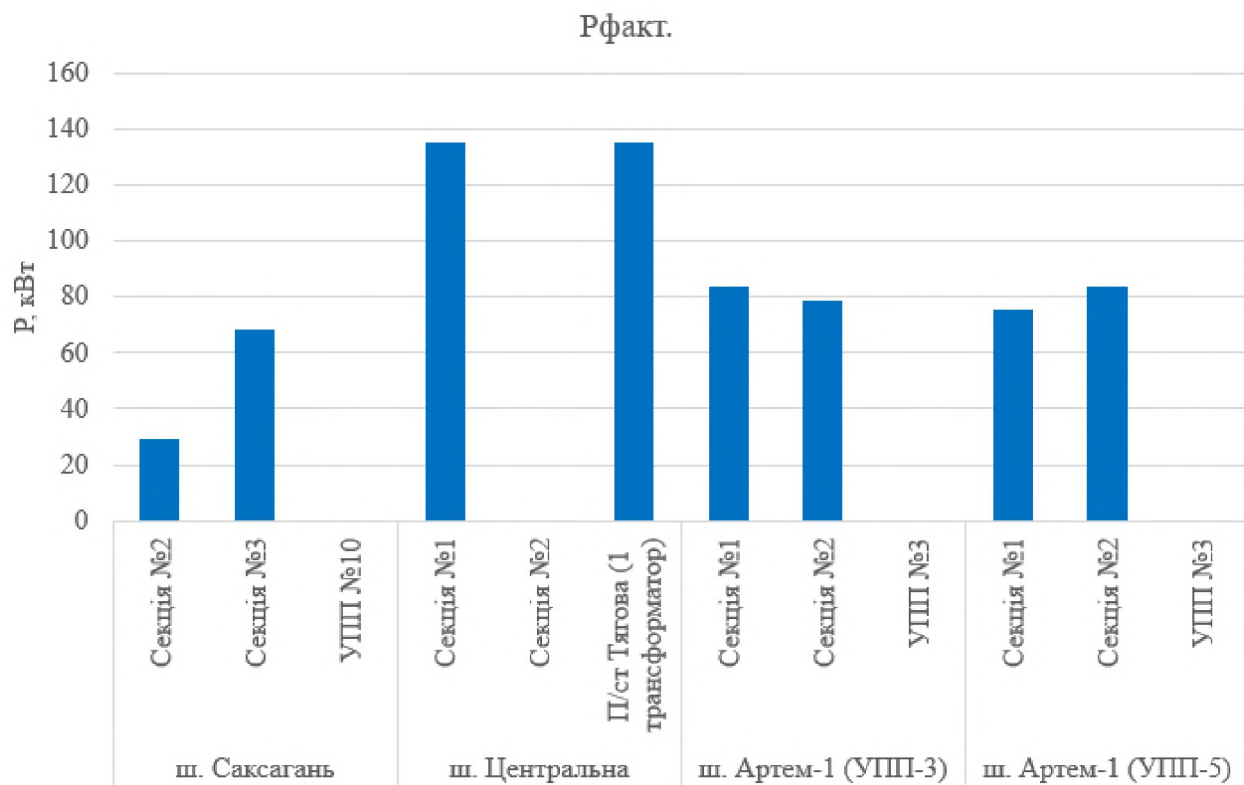
Значення Ррозр. трансформаторів
по секціям і підстанціям шахт



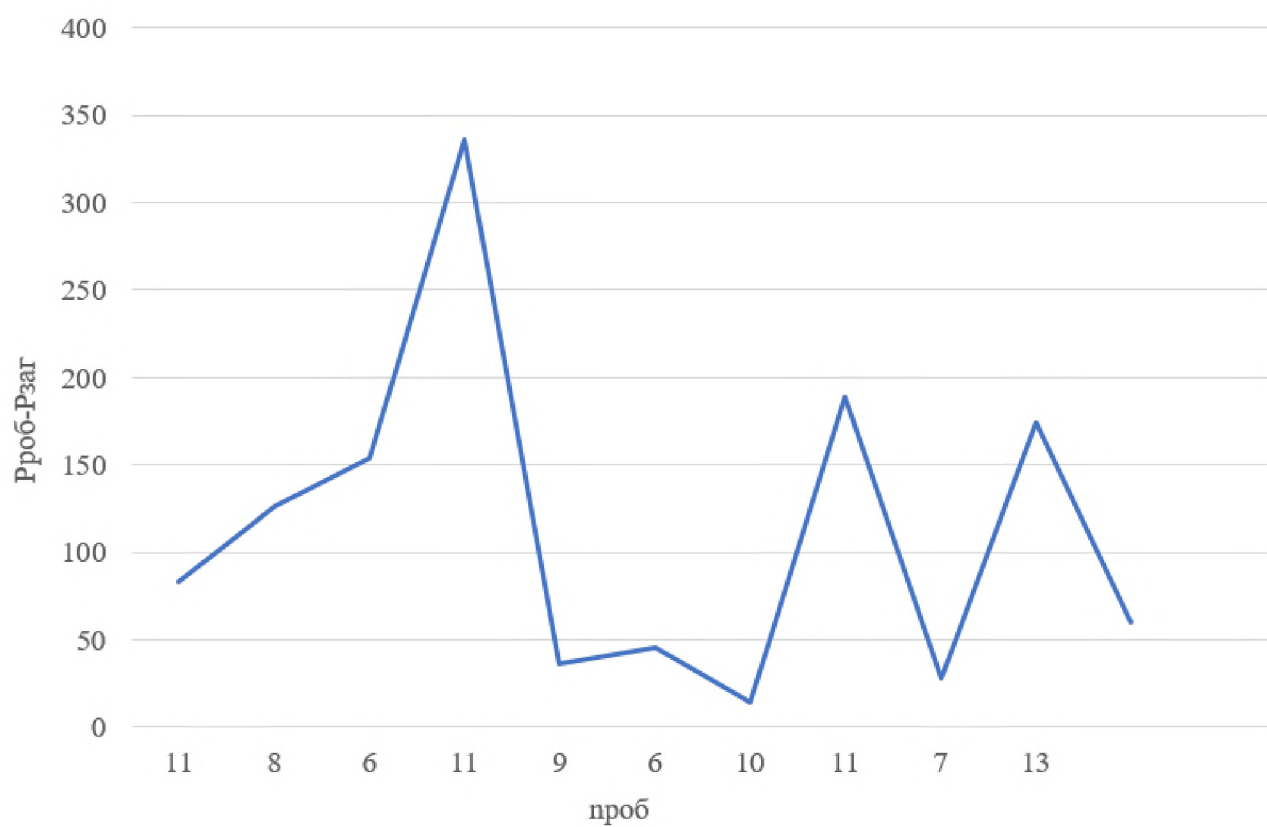
Значення P^* розр. навантаження трансформаторів
по секціям і підстанціям шахт



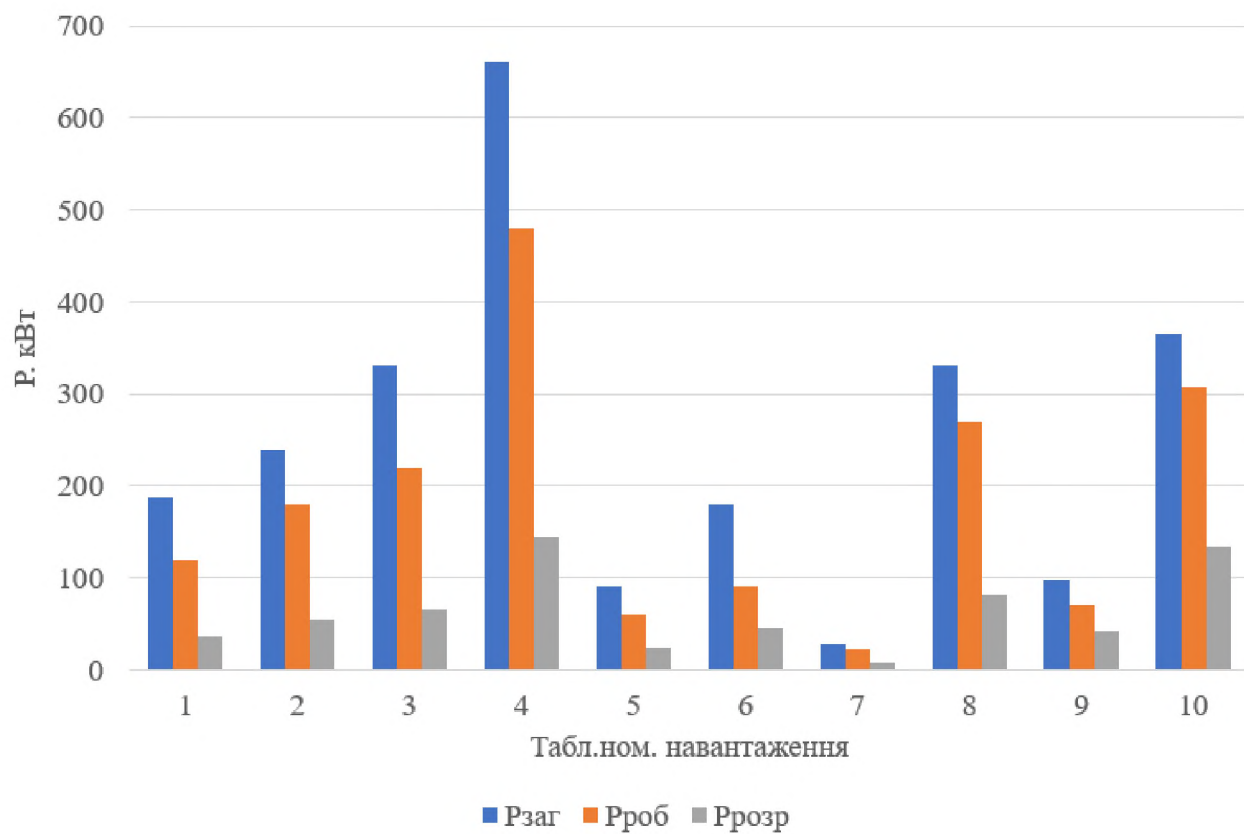
Значення $R_{\text{факт.}}$ навантаження трансформаторів
по секціям і підстанціям шахт



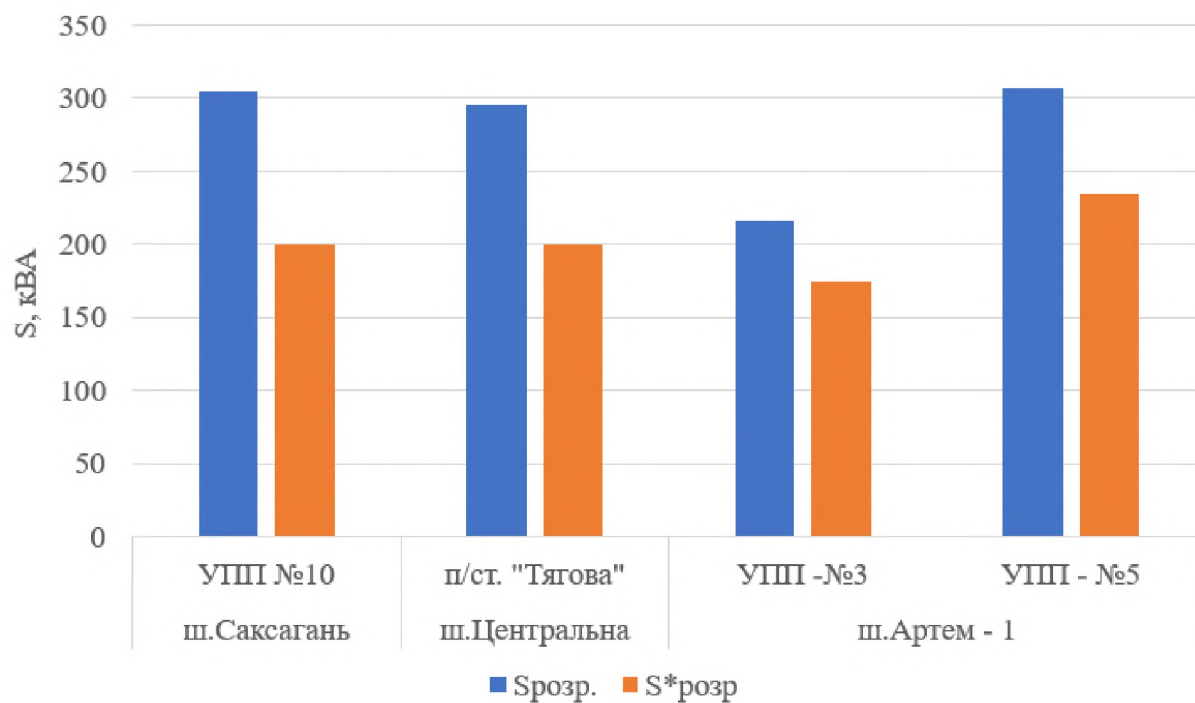
Графік співвідношення різниці робочого і загального навантаження від фактичної кількості споживачів



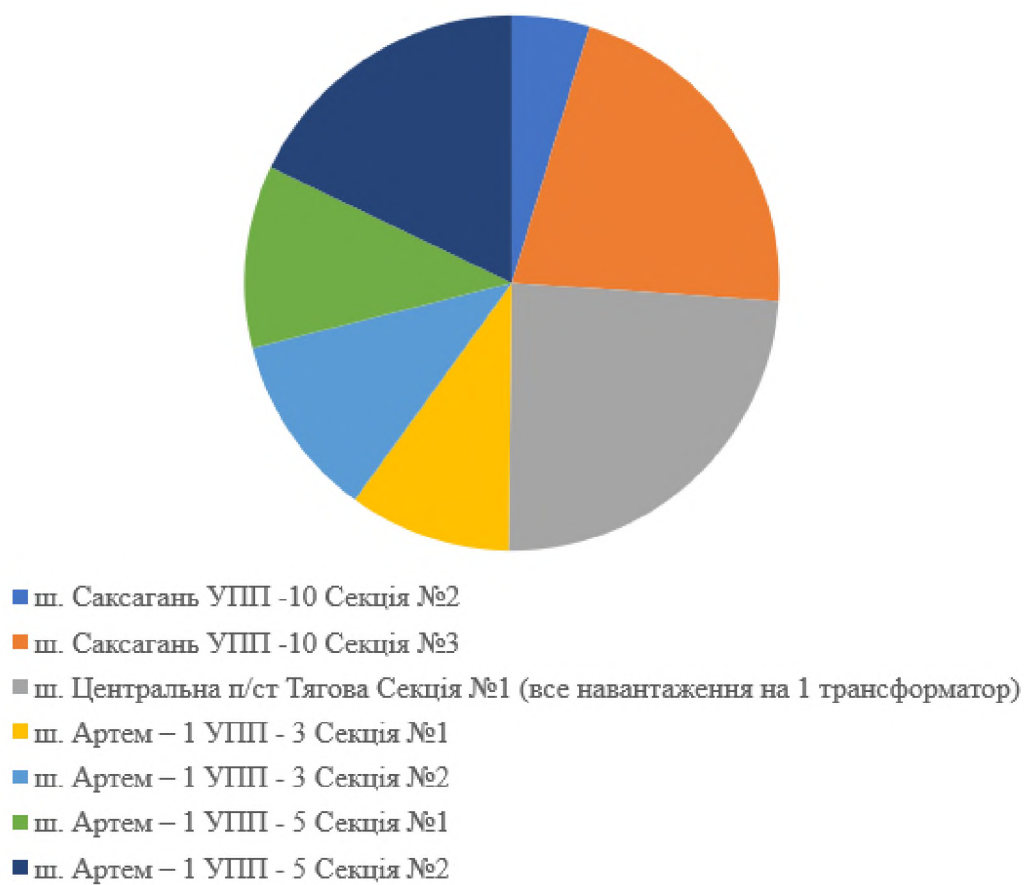
Співвідношення розрахункової, робочої та загальної потужності за
кожним споживачем на ділянці



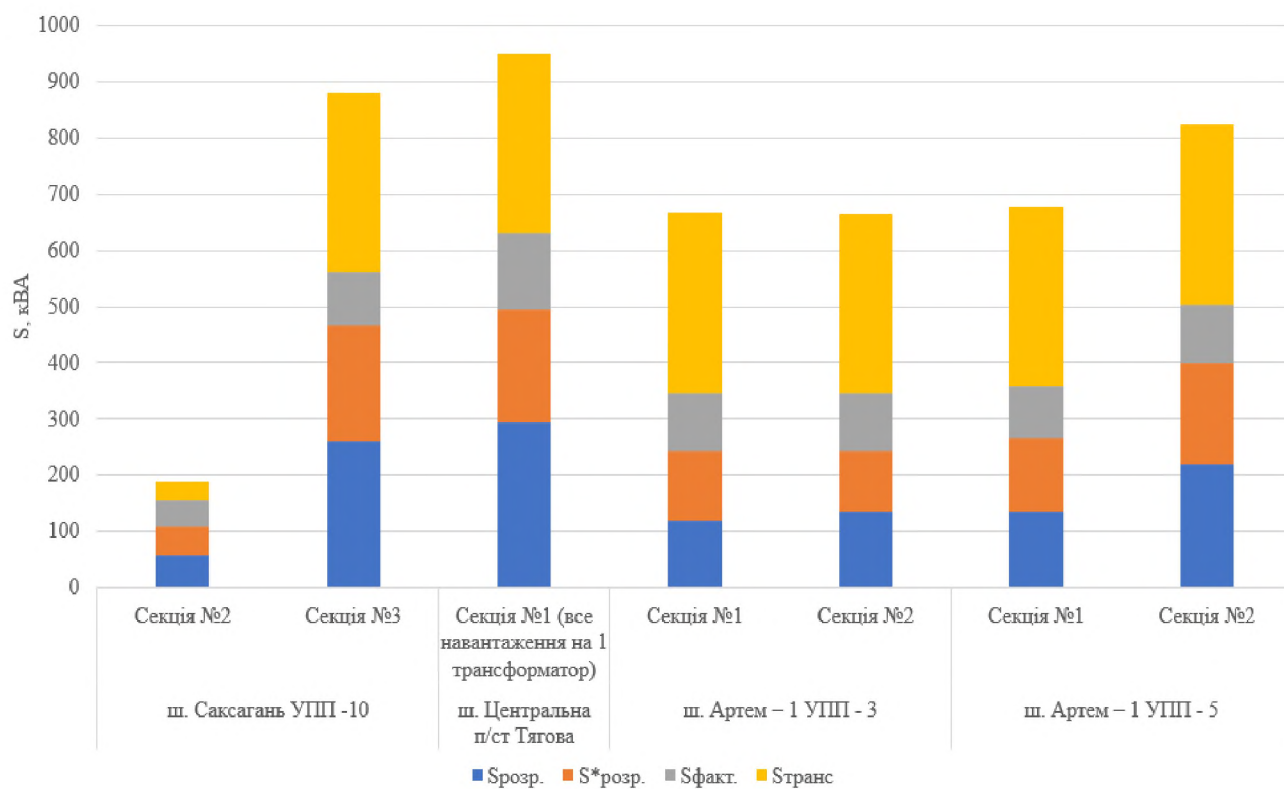
Порівняння $S_{розр}$ та $S^*_{розр}$ трансформаторів за $K_{п} = 1.2$



Розподіл повної розрахункової потужності трансформаторів за секціями



Графік порівняння розрахункових потужностей з фактичними і повними номінальними потужностями трансформаторів



Частка гірничо-збагачувальних комбінатів у загальному балансі
споживання електроенергії в басейні Кривого Рогу (100%)

№ п/ п	Найменування	Відсоток участі в загальному балансі споживання електроенергії
1.	Південний гірничо-збагачувальний комбінат	10 -14
2.	Новокриворізький гірничо-збагачувальний комбінат	12,0 - 15,0
3.	Центральний гірничо-збагачувальний комбінат	5 –6
4.	Північний гірничо-збагачувальний комбінат	13 -18
5.	Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат	9 -10
6.	Всього	49 -51