

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

**Обґрунтування та розрахунок оптимального режиму реактивної
потужності для системи електропостачання з синхронними двигунами
гірничо-збагачувального комбінату**

Виконав: студент групи ЗЕЕМ-23ск

Олександр ПАНЧЕНКО

Керівник випускної роботи _____ д.ф., ст. викл. Владислав БАРАНОВСЬКИЙ

Нормо контролер _____ д.ф., ст. викл. Владислав БАРАНОВСЬКИЙ

Декан ЕТФ _____ к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____ к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг 2026 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПАНЧЕНКО Олександр Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Обґрунтування та розрахунок оптимального режиму реактивної
потужності для системи електропостачання з синхронними двигунами
гірничо-збагачувального комбінату

1. Термін подання студентом роботи: 19 червня 2026 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є обґрунтування
оптимального режиму реактивної потужності для системи
електропостачання гірничо-збагачувального комбінату. Завданням є
розрахунок оптимального режиму реактивної потужності для системи
електропостачання з синхронними двигунами
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I.
Режими реактивної потужності в умовах сучасного гірничо-збагачувального
підприємства; II. Режим реактивної потужності для умов сучасного гірничо-
збагачувального підприємства; III. Компенсуюча здатність синхронних
двигунів в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень) I. Залежність реактивної потужності; II. Графіки залежності
максимального коефіцієнта K_m ; III. Графік режимів реактивної потужності;
IV. Графіки розподілення коеф. максимуму.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Владислав БАРАНОВСЬКИЙ		
II	Владислав БАРАНОВСЬКИЙ		
III	Владислав БАРАНОВСЬКИЙ		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Теоретичні основи режиму компенсації реактивної потужності	21.05.26
2	Графічні залежності максимальних коефіцієнтів усереднення	27.05.26
3	Режим реактивної потужності	31.05.26
4	Розподіл коефіцієнтів максимуму	07.06.26
5	Компенсуюча здатність синхронних двигунів	14.06.26

Дата видання завдання 18.05.2026 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Олександр ПАНЧЕНКО
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Владислав БАРАНОВСЬКИЙ
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи бакалавра на тему: «Обґрунтування та розрахунок оптимального режиму реактивної потужності для системи електропостачання з синхронними двигунами гірничо-збагачувального комбінату»

46 с., 10 рис., 20 літературних джерел

Мета роботи: Мінімізація втрат активної електроенергії, підвищення пропускної здатності внутрішньозаводських мереж та нормалізація рівнів напруги в системі електропостачання гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) шляхом раціонального управління режимами генерації та споживання реактивної потужності з використанням компенсаційних можливостей високовольтних синхронних двигунів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

Проаналізувати добові та сезонні графіки електричних навантажень ГЗК, визначити баланс реактивної потужності з урахуванням роботи асинхронних двигунів, трансформаторів та ліній електропередачі.

Дослідити навантажувальні та регулювальні характеристики високовольтних синхронних двигунів (СД) основних технологічних агрегатів (млинів, дробарок, насосів) як джерел реактивної енергії.

Розробити критерії та алгоритм оптимального розподілу реактивних навантажень між спеціалізованими компенсувальними пристроями (конденсаторними установками) та синхронними електродвигунами комбінату.

Визначити технічні та теплові обмеження СД у режимі перезбудження залежно від їхнього поточного механічного навантаження на валу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Провести техніко-економічний розрахунок ефективності впровадження автоматизованих систем керування збудженням (АРЗ) СД для підтримки оптимального коефіцієнта потужності вузла навантаження в реальному часі.

ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, РЕАКТИВНА ПОТУЖНІСТЬ, СИНХРОННИЙ ДВИГУН, ПЕРЕЗБУДЖЕННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, ВТРАТИ НАПРУГИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	8
Розділ 1. Режими реактивної потужності в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства.....	12
1.1. Теоретичні основи режиму компенсації реактивної потужності в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства.....	12
1.2. Графічні залежності максимальних коефіцієнтів усереднення для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства.....	14
Розділ 2. Режим реактивної потужності для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства.....	19
2.1. Режим реактивної потужності основних вузлів навантаження гірничо-збагачувального підприємства.....	19
2.2. Розподіл коефіцієнтів максимуму для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства.....	22
Розділ 3. Компенсуюча здатність синхронних двигунів в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства	32
Висновки	34
Список використаних джерел	35
Додаток А.....	37
Додаток Б	38
Додаток В.....	39
Додаток Г	40
Додаток Д.....	41
Додаток Е	42
Додаток Ж	43

Додаток З.....	44
Додаток І	45
Додаток К.....	46

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність та проблематика електропостачання ГЗК

Гірничо-збагачувальні комбінати належать до найбільш енергоємних підприємств важкої промисловості.

Їхня система електропостачання характеризується наявністю розгалуженої мережі, великою кількістю ступенів трансформації та гігантськими обсягами споживання енергії.

Основу технологічного парку ГЗК становлять асинхронні двигуни (конвеєри, флотаційні машини, допоміжні механізми) та силові трансформатори, які є основними споживачами реактивної потужності.

Транспортування реактивної потужності від енергосистеми до споживача є вкрай небажаним явищем.

Воно призводить до додаткового завантаження ліній електропередачі та трансформаторів "марним" струмом, що викликає значне нагрівання провідників (втрати активної енергії) та глибокі зниження напруги на віддалених ділянках комбінату.

Крім того, енергопостачальні компанії застосовують жорсткі штрафні санкції за перетікання реактивної енергії понад встановлені ліміти (зниження).

Традиційний підхід із встановленням некерованих батарей статичних конденсаторів (БСК) не вирішує проблему повністю, оскільки навантаження ГЗК є динамічним.

Неможливість плавного регулювання БСК часто призводить до перекомпенсації (генерації зайвої реактивної енергії в мережу) в періоди

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спаду навантаження, що також є аварійним режимом і викликає небезпечні перенапруги.

Особливості використання синхронних двигунів

Унікальною особливістю технологічного процесу ГЗК є масове застосування потужних високовольтних синхронних двигунів для приводу млинів, потужних дробарок, ексгаустерів та головних водовідливних установок.

Специфіка синхронної машини полягає в тому, що струм збудження її ротора формується від незалежного джерела.

Регулюючи цей струм, можна змусити двигун не лише виконувати корисну механічну роботу, але й працювати в режимі "перезбудження", генеруючи реактивну енергію безпосередньо в центрі електричних навантажень.

Синхронний двигун, по суті, стає безкоштовним та надзвичайно потужним активним фільтром і компенсатором.

Його використання для компенсації реактивної потужності дозволяє розвантажити живильні мережі комбінату без купівлі додаткового дороговартісного високовольтного компенсувального обладнання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практична реалізація та вибір рішень

Для побудови оптимального режиму реактивної потужності на ГЗК застосовують комбінований підхід:

Засіб компенсації	Принцип роботи	Практична роль у системі ГЗК
Базові конденсаторні установки (БСК)	Ступінчасте генерування реактивної потужності.	Покриття постійної (базової) складової реактивного навантаження підстанції. Працюють у тривалому режимі.
Синхронні двигуни технологічних агрегатів	Плавна зміна генерації/споживання реактивної енергії шляхом зміни струму збудження.	Відпрацювання змінної частини графіка навантажень. Динамічна стабілізація напруги під час пусків важких механізмів.
Статичні тиристорні компенсатори (СТК / SVC)	Миттєва безконтактна комутація реакторів та конденсаторів.	Застосовуються лише на специфічних вузлах з різкозмінним ударним навантаженням (наприклад, потужні екскаватори або руднотермічні печі).

Практична реалізація оптимального режиму вимагає впровадження мікропроцесорних систем збудження.

Ці пристрої в режимі реального часу аналізують механічне завантаження млина чи дробарки (щоб не допустити теплового перегріву обмоток СД) і автоматично видають в мережу рівно стільки реактивної потужності, скільки потрібно для підтримки ідеального рівня напруги на секціях підстанції.

Це дозволяє ГЗК економити мільйони гривень щороку за рахунок зменшення втрат активної енергії та уникнення штрафів від обленерго.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Режими реактивної потужності в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства

1.1. Теоретичні основи режиму компенсації реактивної потужності в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства

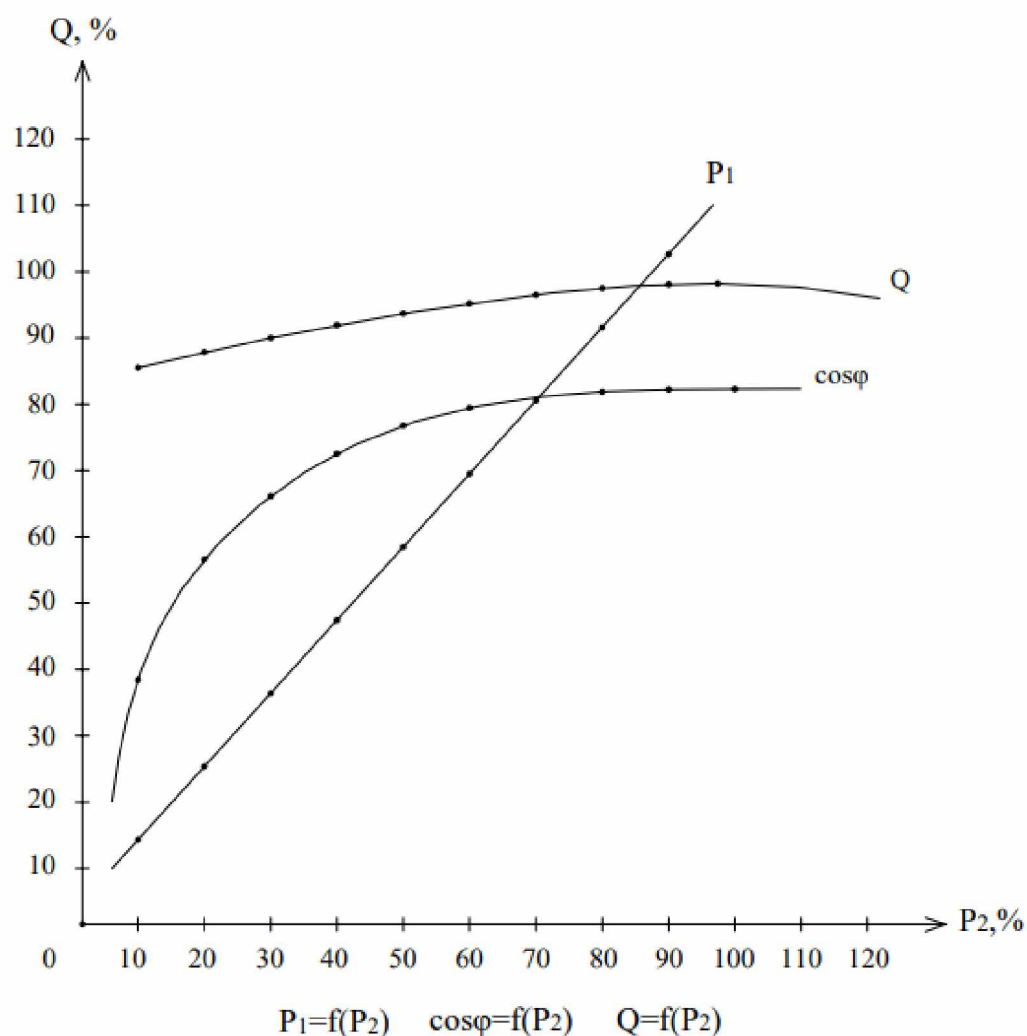


Рис. 1.1 - Залежність реактивної потужності асинхронного двигуна ($Q\%$) від його навантаження ($P_2 \%$)

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	Розділ 1		
Розробив	Панченко О.А.						
Перевірів	Барановський В.Д.						
Реценз.							
Н. Контр.	Барановський В.Д.						
Затвердив	Пересунько І.І.				КНУ ЗЕЕМ-23ск		
					Лім.	Лист	Листів
						12	7

Значення максимальних коефіцієнтів реактивної потужності для різних інтервалів усереднення наведені в таблиці.

Ці значення отримують на підставі експериментальних даних за три дні.

Середні значення визначаються для часткових значень за кожну добу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Графічні залежності максимальних коефіцієнтів усереднення для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства

Графіки залежності максимального коефіцієнта від інтервалу усереднення представлені на рисунку 1.21.3; 1.4; 1.5.

Наведений фактичний матеріал показує, що потрібно на гірничо-збагачувальних комбінатах:

1. Стабілізувати технологічний процес з метою не тільки отримання більш високих технологічних показників, але і зниження нерівномірності електропостачання.

2. Раціонально використовувати компенсуючу здатність синхронних двигунів для забезпечення оптимального режиму реактивної потужності.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

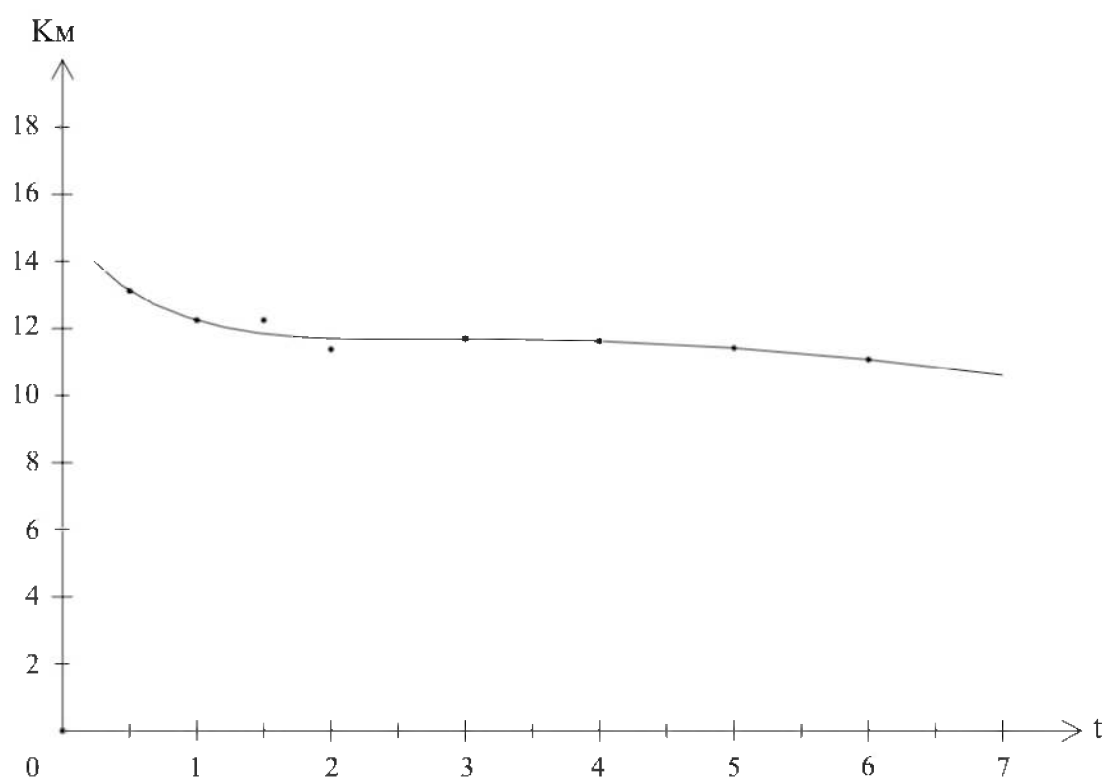


Рис. 1.2 - Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення

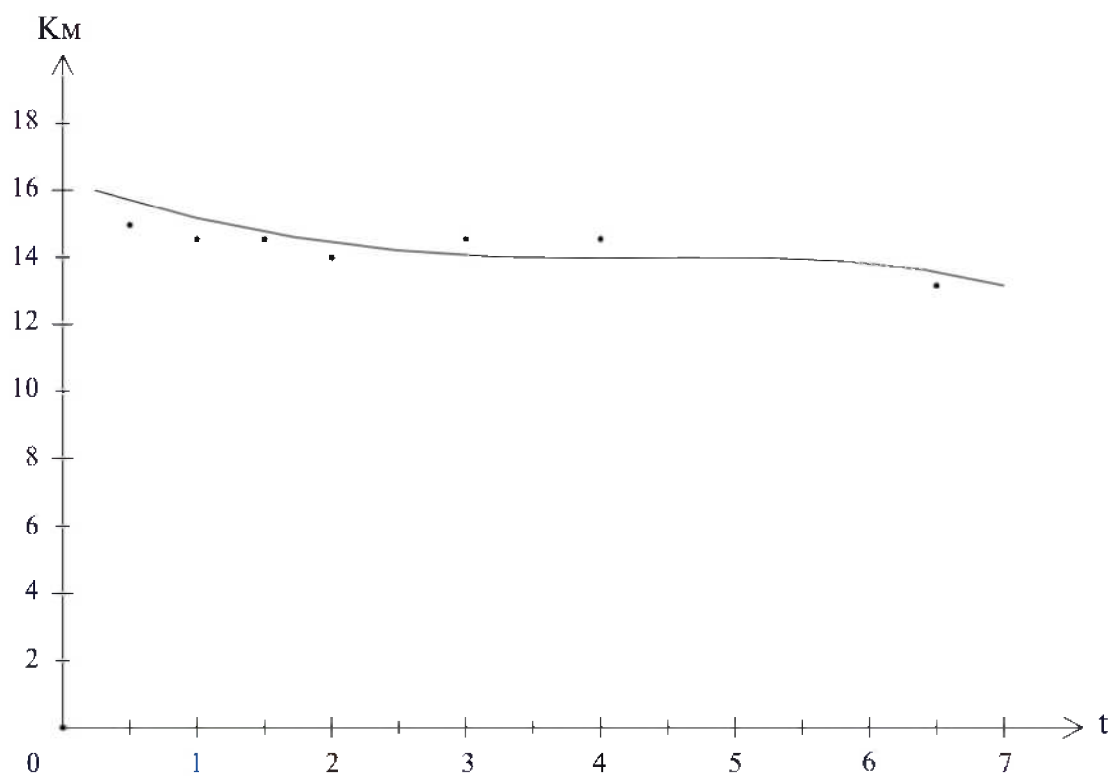


Рис. 1.3 - Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення

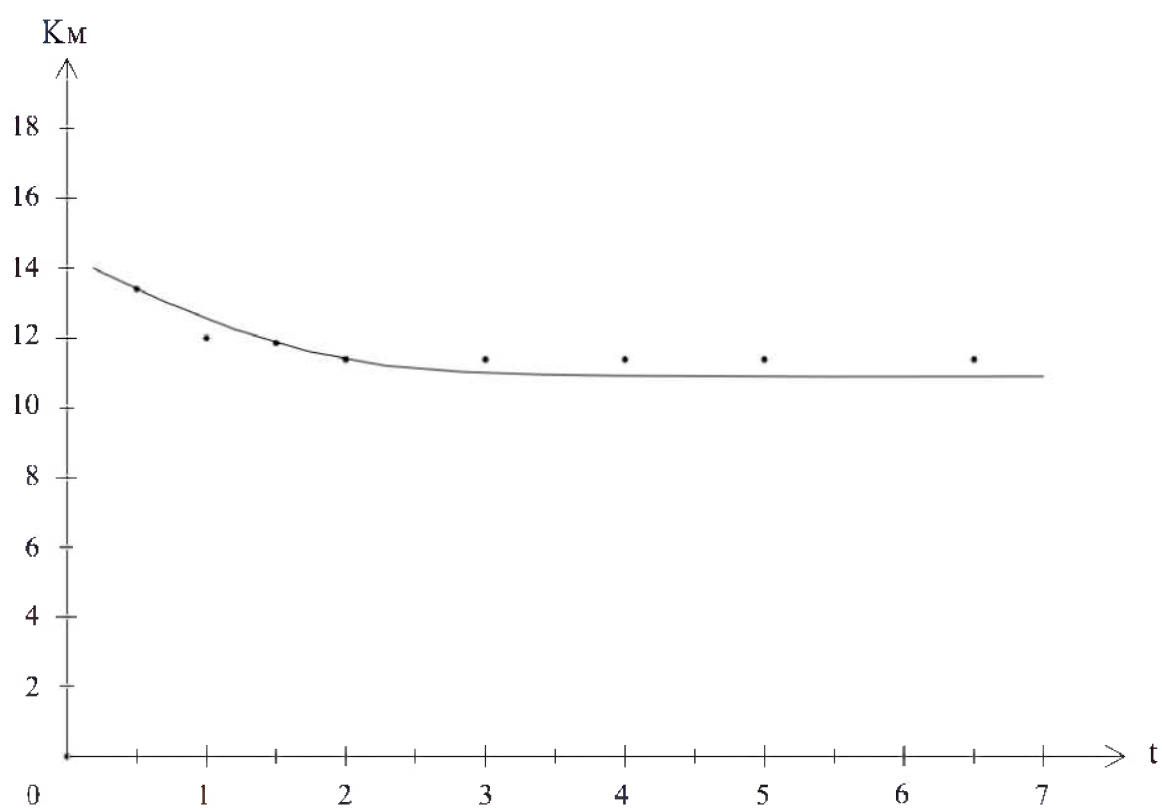


Рис. 1.4 - Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення

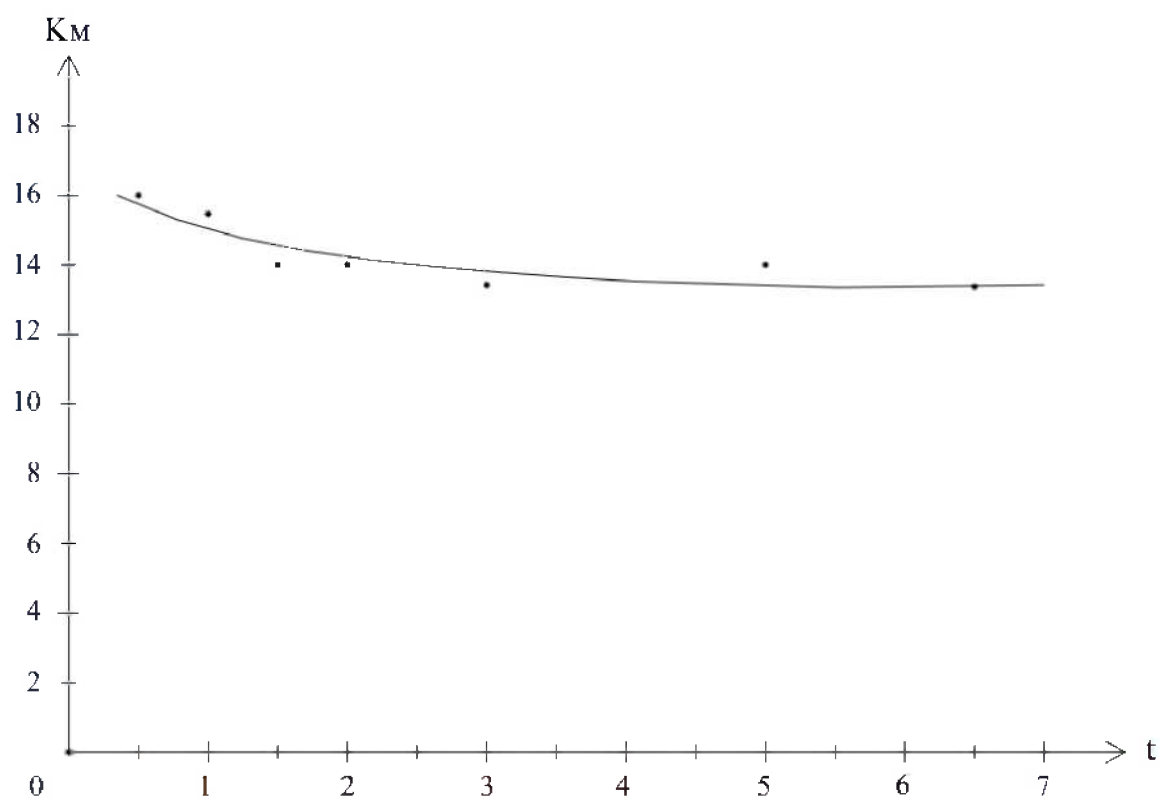


Рис. 1.5 - Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення

Розділ 2. Режим реактивної потужності для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства

2.1. Режим реактивної потужності основних вузлів навантаження гірничо-збагачувального підприємства

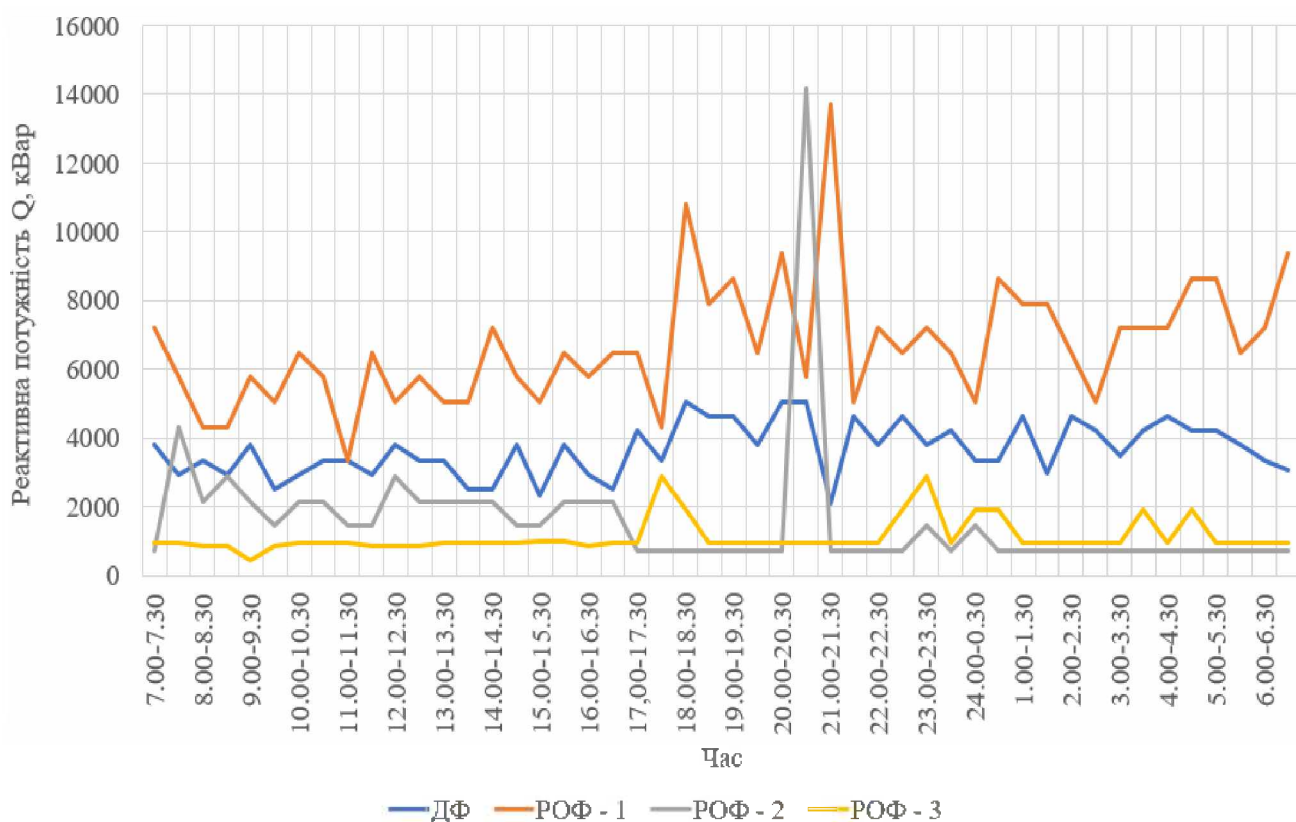


Рис. 2.1 – Графік режимів реактивної потужності основних вузлів навантаження ГЗК протягом доби

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат			
Розробив		Панченко О.А.			Розділ 2	Літ.	Лист
Перевірів		Барановський В.Д.					19
Реценз.							
Н. Контр.		Барановський В.Д.					
Затвердив		Пересунько І.І.				КНУ ЗЕЕМ-23ск	
						Листів	13

Таблиця 2.1

Режим реактивної потужності основних вузлів навантаження ГЗК

Час доби	Реактивна потужність на вузлі навантаження Q, квар			
	ДФ	РОФ - 1	РОФ - 2	РОФ - 3
1	2	3	4	5
7.00-7.30	3780	7200	720	960
7.30-8.00	2940	5760	4320	960
8.00-8.30	3360	4320	2160	840
8.30-9.00	2940	4320	2880	840
9.00-9.30	3780	5760	2160	420
9.30-10.00	2520	5040	1440	840
10.00-10.30	2940	6480	2160	960
10.30-11.00	3360	5760	2160	960
11.00-11.30	3360	3320	1440	960
11.30-12.00	2940	6480	1440	840
12.00-12.30	3780	5040	2880	840
12.30-13.00	3360	5760	2160	840
13.00-13.30	3360	5040	2160	960
13.30-14.00	2520	5040	2160	960
14.00-14.30	2520	7200	2160	960
14.30-15.00	3780	5760	1440	960
15.00-15.30	2320	5040	1440	1000
15.30-16.00	3780	6480	2160	1000
16.00-16.30	2940	5760	2160	840
16.30-17.00	2520	6480	2160	960
17.00-17.30	4200	6480	720	960
17.30-18.00	3360	4320	720	2880
18.00-18.30	5040	10800	720	1920
18.30-19.00	4620	7920	720	960
19.00-19.30	4620	8640	720	960
19.30-20.00	3780	6480	720	960
20.00-20.30	5040	9360	720	960
20.30-21.00	5040	5760	14140	960
21.00-21.30	2100	13680	720	960
21.30-22.00	4620	5040	720	960
22.00-22.30	3780	7200	720	960

22.30-23.00	4620	6480	720	1920
23.00-23.30	3780	7200	1440	2880
23.30-24.00	4200	6480	720	960
24.00-0.30	3360	5040	1440	1920
0.30-1.00	3360	8640	720	1920
1.00-1.30	4620	7920	720	960
1.30-2.00	2980	7920	720	960
2.00-2.30	4620	6480	720	960
2.30-3.00	4200	5040	720	960
3.00-3.30	3460	7200	720	960
3.30-4.00	4200	7200	720	1920
4.00-4.30	4620	7200	720	960
4.30-5.00	4200	8640	720	1920
5.00-5.30	4200	8640	720	960
5.30-6.00	3780	6480	720	960
6.00-6.30	3360	7200	720	960
6.30-7.00	3080	9360	720	960

2.2. Розподіл коефіцієнтів максимуму для умов сучасного гірничо-збагачувального підприємства

Таблиця 2.2

Коеф. максимуму для кар'єру ГЗК

Число/ місяць	Qср, квар	Коеф. максимуму при інтервалі усереднення, год.							
		0,5	0,1	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
15.УП	3071	1,64	1,64	1,64	1,29	1,32	1,23	1,23	1,2
29.УП	7152	1,53	1,35	1,24	1,18	1,19	1,16	1,07	1,12
5. УШ	6770	1,489	1,329	1,32	1,25	1,21	1,2	1,04	1,04
Середнє значення	5664	1,55	1,44	1,40	1,24	1,24	1,20	1,11	1,12

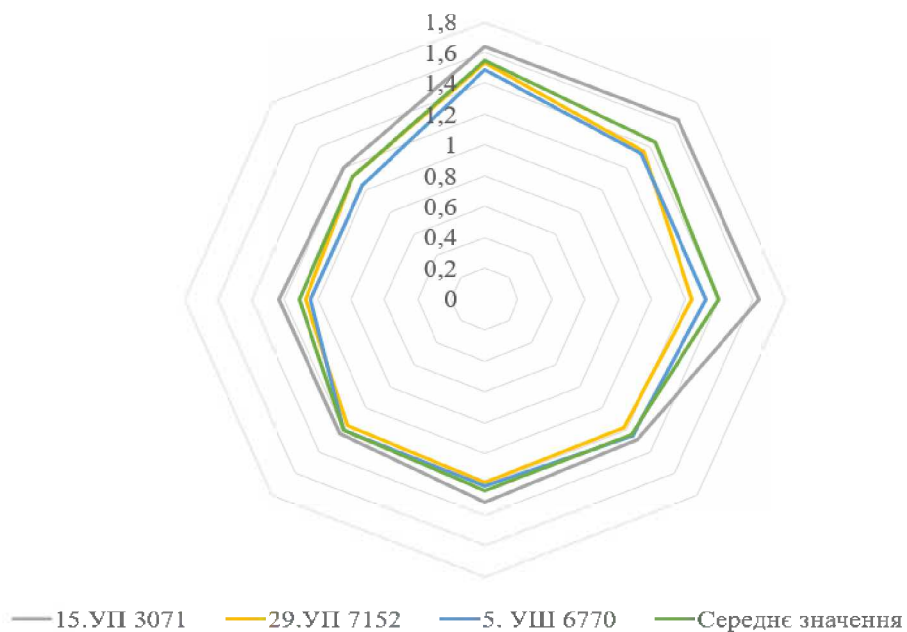


Рис.2.2 – Графік розподілення коеф.максимума для кар'єру ІнГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно

Таблиця 2.3

Коеф. максимуму для РОФ-2 ГЗК

Число/ місяць	Qср, квар	Коеф. максимуму при інтервалі усереднення, год.							
		0,5	0,1	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
15.УП	3030	1,43	1,27	1,43	1,19	1,19	1,07	1,06	1,04
29.УП	35239	1,22	1,18	1,14	1,17	1,11	1,13	1,11	1,05
5. УШ	35020	1,26	1,24	1,21	1,17	1,16	1,13	1,14	1,1
Середнє значення	24453	1,13	1,23	1,26	1,18	1,16	1,11	1,08	1,06

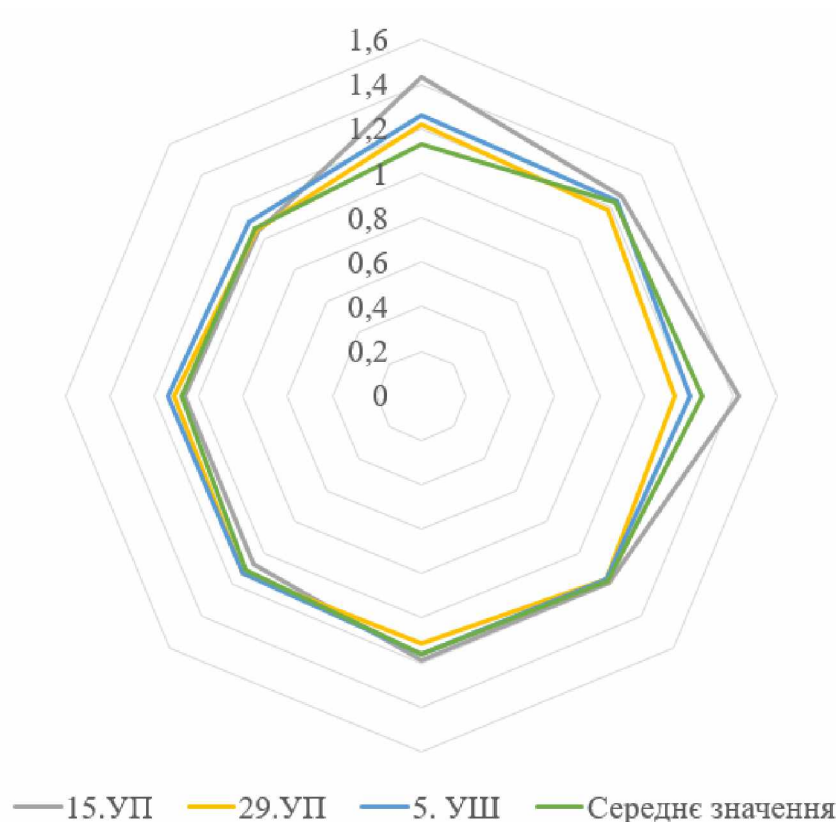


Рис.2.3 – Графік розподілення коеф. максимуму для РОФ-2 ГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно

Таблиця 2.4

Коеф. максимуму для РОФ-1 ГЗК

Число/ місяць	Qср, квар	Коеф. максимуму при інтервалі усереднення, год.							
		0,5	0,1	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
29.УП	54301	1,19	1,19	1,15	1,16	1,15	1,05	1,07	1,035
15.УП	13773	2,09	2,09	1,64	1,59	1,5	1,28	1,12	1,04
5. УШ	53415	1,14	1,13	1,11	1,1	1,09	1,1	1,013	1,03
Середнє значення	4483	1,851	1,472	1,3	1,28	1,25	1,14	1,06	1,04

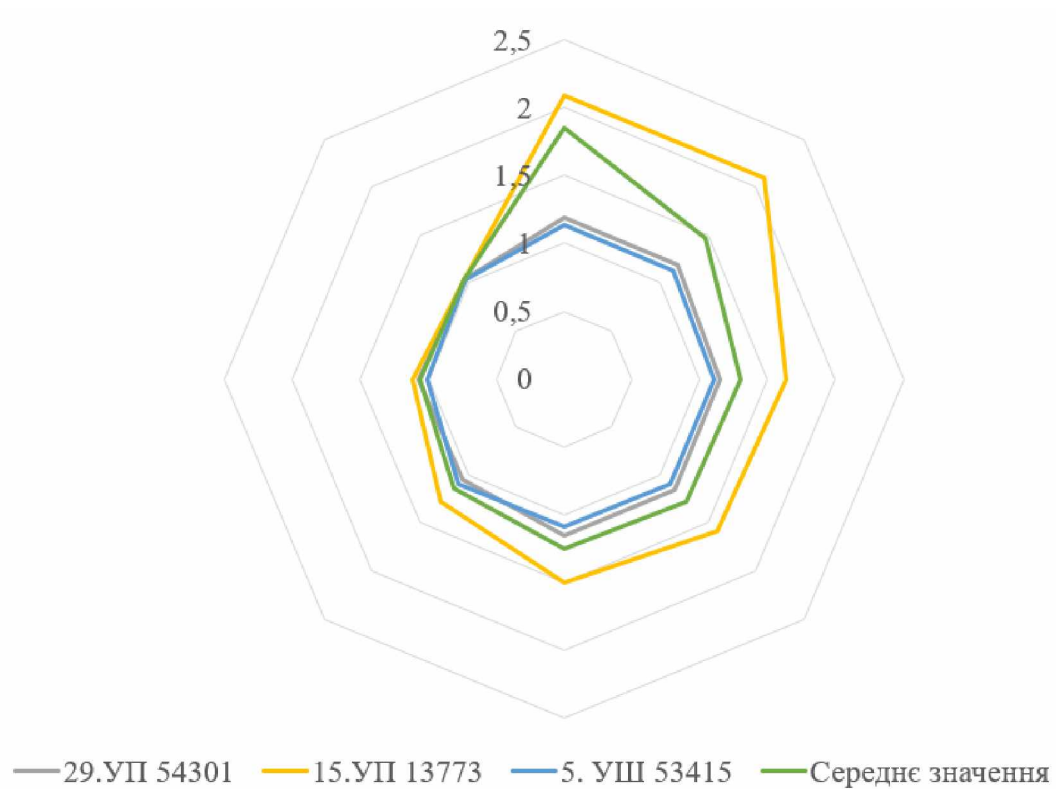


Рис.2.4 – Графік розподілення коеф.максимума для РОФ-1 ІнГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно

$$I_p \cdot g = \lambda \rho \sum_{i=1}^{t=n} I_{pi} + I$$

$$\lambda = \frac{B}{A+B}$$

$$I = \frac{C}{A+B}$$

$$A = 3rg + K_{ж} G^2 r f \left(K_M \frac{r_{fon} - r_{fo}}{I_H} \right)^2$$

$$B=Rr\phi c;$$

$$C=K_{ж}G\Phi_0+rf(K_M+\frac{if_{oH}-if_o}{i_H})ifa;$$

де $K_{ж}=\frac{P_{ож}}{\Phi_0^2}$ - коефіцієнт пропорційності між втратами в залізі і потоком в ньому;

$G=\frac{\Phi_H-\Phi_0}{I_H\sqrt{1-\cos^2\varphi_\Pi}}$ - коефіцієнт пропорційності між прирістом потоку і реактивного струму;

F_Π - витрата в залізі статора СД при номінальній напрузі;

I_H – номінальний струм статора СД;

$K_M \approx \frac{if_{H\cos\varphi=0}-if_{оп}}{I_H}$ - масштабний коефіцієнт зниження струму статора до струму збудження;

$if_{H\cos\varphi=0}$ - струм збудження при номінальному струмі статора і $\cos\varphi$

ifa - струм збудження на холостому ходу SD $F = F_0$.

Визначити значення λ_r , A , B , C за допомогою наведених вище формул складно через відсутність достатньої інформації про двигуни, що експлуатуються на заводах, тому доцільно використовувати формули за пропозицією УПІ «Тяжпромелектропроект»:

$$A=6U^2\frac{D_2}{Q_H^2}$$

$$B=6r\phi$$

$$C=\sqrt{3\cdot U\frac{D_1}{Q_H}}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де r_{ϕ} – опір фази мережі, Ом;

D1 і D2 - параметри синхронних двигунів, що випускаються в довідковій літературі.

Певні значення реактивного струму синхронних двигунів забезпечують навантаження на вузол

- а) мінімальні відхилення напруги;
- б) мінімальні загальні втрати.

Однак є ще один критерій, який необхідно враховувати при розрахунку компенсуючої здатності синхронних двигунів.

Згідно з «Інструкцією з компенсації реактивних потужностей в розподільчих мережах» реактивна потужність синхронного двигуна не повинна перевищувати значення

$$Q = \frac{\alpha_n P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n}{r_n}$$

де P_n ; $\operatorname{tg} \varphi_n$; r_n - номінальні значення активної потужності, коефіцієнта реактивної потужності і ККД синхронного двигуна;

α_m - максимальне доступне навантаження синхронного двигуна в перерахунку на реактивну потужність (табл. 2.7)

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5

Швидкість обертання n , об/хв	Відносне значення напруги	α_n при коефіцієнтах навантаження двигуна		
		$\beta = 0,9$	$\beta = 0,8$	$\beta = 0,7$
600 - 1000	1,10	0,89	0,94	0,96
375 - 300	1,10	0,88	0,92	0,94

Таблиця 2.6

Коеф. максимуму для РОФ-3 ГЗК

Число/ місяць	Qср Квар	Коеф.максимуму при інтервалі усереднення, год.							
		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0
15.УП	3188 0	1,44	1,23	1,22	1,17	1,10	1,08	1,05	1,06
5. УШ	3313 6	1,15	1,14	1,10	1,11	1,10	1,09	1,09	1,04
Середнє значення	3250 2	1,3	1,19	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07	1,05

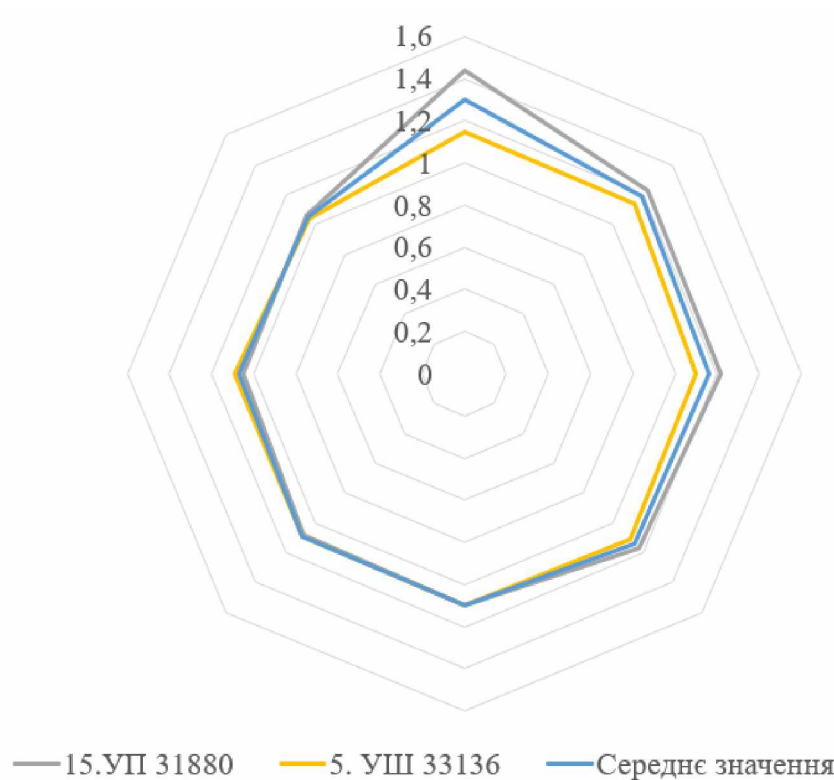


Рис.2.5 – Графік розподілення коеф. максимуму для РОФ-3 ГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно

Розділ 3. Компенсуюча здатність синхронних двигунів в умовах сучасного гірничо-збагачувального підприємства

Для багатьох вузлів навантаження (наприклад, підстанцій переробних заводів, підстанцій, з яких здійснюється живлення споживачів і т. д.)

Можливе забезпечення

$$I_{pg} \approx -\sum_{i=1}^{i=n} I_{pi}$$

Де I_{pg} – реактивний вивідний струм синхронних двигунів;

$\sum_{i=1}^{i=n} I_{pi}$ - реактивний струм всіх основних споживачів вузла навантаження.

Таке спрощення можливе тому, що в промислових умовах реактивна і активна складові струму ($\sum_{i=1}^{i=n} I_{pi}$ та $\sum_{i=1}^{i=n} I_{ai}$) сумірні, а активний опір мережі (r_c) приблизно на порядок менше, ніж індуктивний опір (x_c).

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат			
Розробив	Панченко О.А.				Розділ 3	Літ.	Лист
Перевірів	Барановський В.Д.						32
Реценз.							2
Н. Контр.	Барановський В.Д.					КНУ ЗЕЕМ-23ск	
Затвердив	Пересунько І.І.						

Таблиця 3.1

Частота обертання	Значення відносної напруги	α_n при коефіцієнтах навантаження двигуна		
		$\beta = 0,9$	$\beta = 0,8$	$\beta = 0,7$
n -об/хв	U			
187-300	1,10	0,86	0,88	0,90
10-167	1,10	0,81	0,85	0,87
Для всіх швидкостей	0,95	1,31	1,39	1,45
	1,00	1,21	1,27	1,33
	1,05	1,06	1,12	1,17

Встановлення оптимального режиму реактивної потужності на гірничо-збагачувальних комбінатах синхронних двигунів значно поліпшить роботу внутрішньої системи електропостачання і мінімізує фінансові санкції за компенсацію реактивної потужності.

Для повної ліквідації надбавок до вартості електроенергії слід передбачити додаткові компенсуючі пристрої (конденсаторні батареї).

Висновки

Для досягнення поставленої у роботі мети необхідно було виконати такі завдання:

Проаналізувати добові та сезонні графіки електричних навантажень ГЗК, визначити баланс реактивної потужності з урахуванням роботи асинхронних двигунів, трансформаторів та ліній електропередачі.

Дослідити навантажувальні та регулювальні характеристики високовольтних синхронних двигунів (СД) основних технологічних агрегатів (млинів, дробарок, насосів) як джерел реактивної енергії.

Розробити критерії та алгоритм оптимального розподілу реактивних навантажень між спеціалізованими компенсувальними пристроями (конденсаторними установками) та синхронними електродвигунами комбінату.

Визначити технічні та теплові обмеження СД у режимі перезбудження залежно від їхнього поточного механічного навантаження на валу.

Провести техніко-економічний розрахунок ефективності впровадження автоматизованих систем керування збудженням (АРЗ) СД для підтримки оптимального коефіцієнта потужності вузла навантаження в реальному часі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

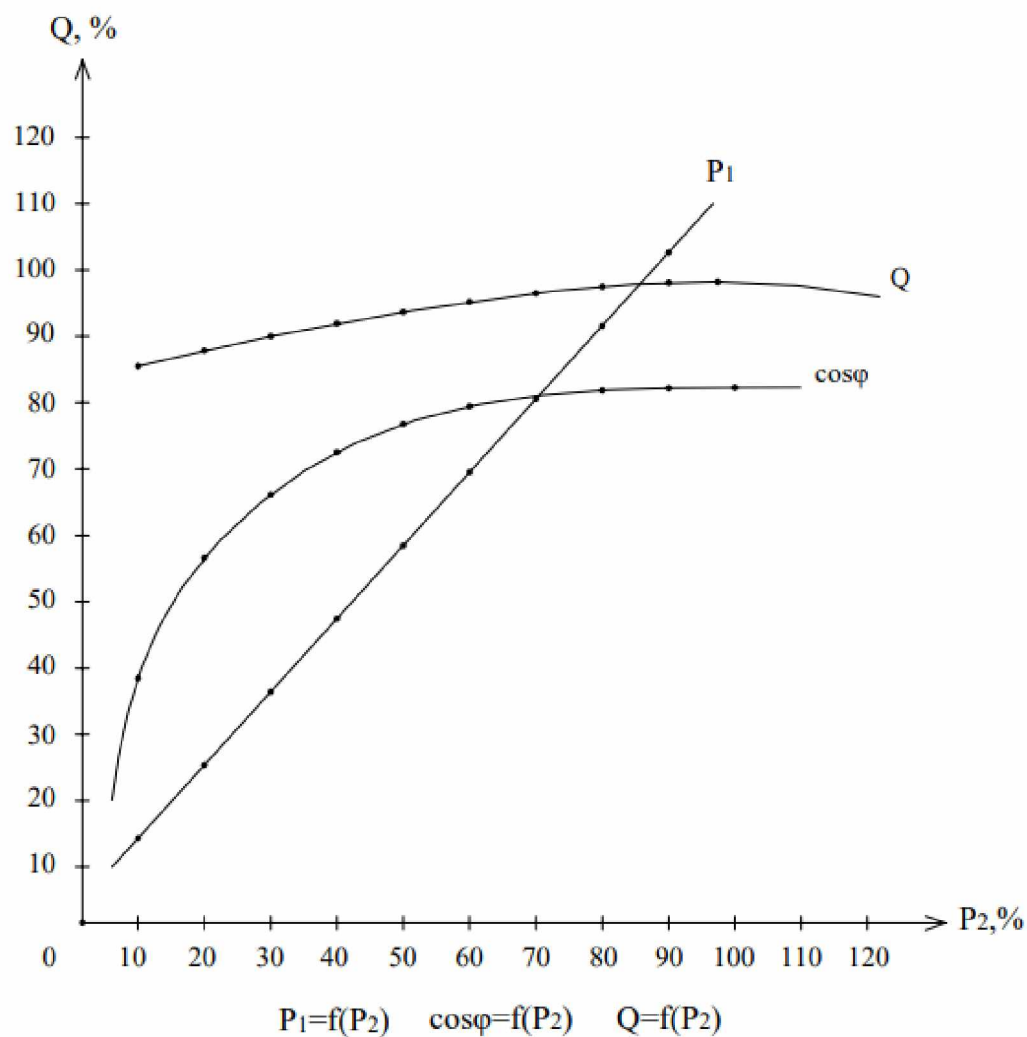
Список використаних джерел

1. Жежеленко, І. В. (2010). Показники якості електроенергії та їх контроль на промислових підприємствах. Київ: Техніка.
2. Півняк, Г. Г., & Волошин, О. В. (2011). Електропостачання гірничих підприємств. Дніпропетровськ: НГУ.
3. Сиромятников, И. А. (1984). Режимы работы асинхронных та синхронных двигунів. Москва: Энергоатомиздат. (Фундаментальна праця з регулювання СД).
4. Kundur, P. (1994). Power System Stability and Control. McGraw-Hill Education.
5. Taylor, C. W. (1994). Power System Voltage Stability. McGraw-Hill.
6. Dixon, J., Moran, L., Rodriguez, J., & Domke, R. (2005). Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review. Proceedings of the IEEE, 93(12), 2144-2164.
7. Праховник, А. В., Розен, В. П., & Дегтярьов, В. В. (2005). Энергоббереження в системах електропостачання промислових підприємств. Київ: Політехніка.
8. Miller, T. J. E. (1982). Reactive Power Control in Electric Systems. John Wiley & Sons.
9. Volkov, A., & Spivak, O. (2016). Management of reactive power in power supply systems of mining and processing enterprises. Mining Electromechanics and Automatics, 96(2), 45-52.
10. IEEE Std 141-1993. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Red Book). IEEE.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.26.251-11	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

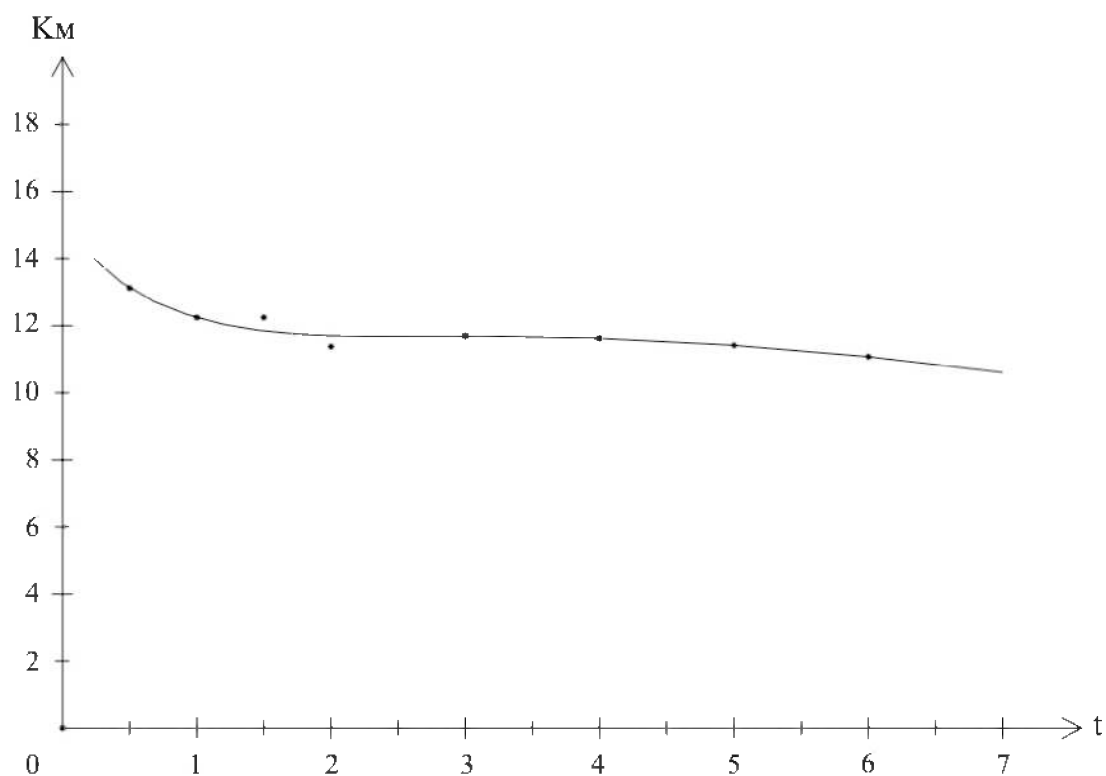
11. IEEE Std 519-2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE.
12. Синчук, О. М., & Гузов, Е. С. (2018). Оптимізація режимів електроспоживання гірничо-збагачувальних комбінатів. Кривий Ріг: КНУ.
13. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Київ: Держспоживстандарт України.
14. Kothari, D. P., & Nagrath, I. J. (2008). Modern Power System Analysis. Tata McGraw-Hill Education.
15. Zachepa, I., & Chorny, O. (2019). The efficiency of using synchronous motors of ball mills for reactive power compensation. Electromechanical and Energy Saving Systems, (3), 34-41.
16. Кузнецов, В. Г., & Ніколаєнко, В. Г. (2012). Компенсація реактивної потужності в електричних мережах. Київ: Наукова думка.
17. Fuchs, E., & Masoum, M. A. (2015). Power Quality in Power Systems and Electrical Machines. Academic Press.
18. Hingorani, N. G., & Gyugyi, L. (2000). Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems. IEEE Press.
19. Arrillaga, J., Smith, B. C., Watson, N. R., & Wood, A. R. (1997). Power System Harmonic Analysis. John Wiley & Sons.
20. Shchutsky, V. I., & Babokin, G. I. (2005). Reliability and Efficiency of Electrical Equipment in Mining Industry. Moscow: Nedra.

Залежність реактивної потужності асинхронного двигуна ($Q\%$) від його навантаження ($P_2\%$)



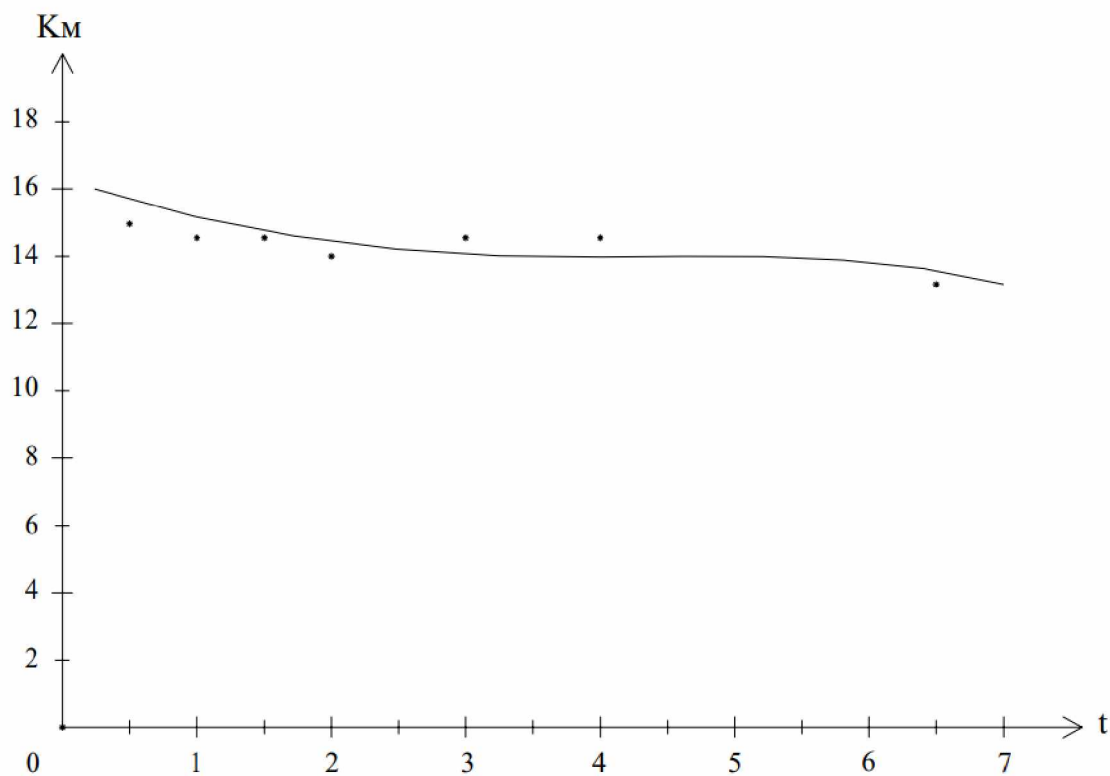
Додаток Б

Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення



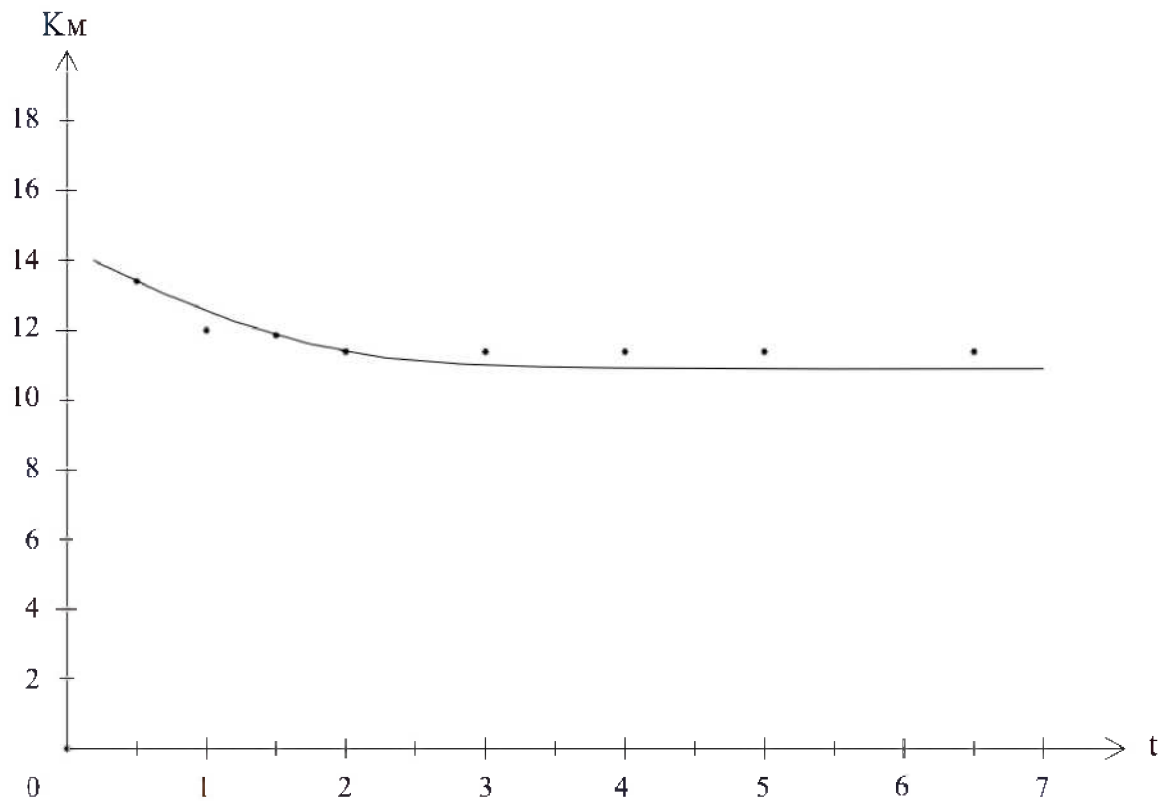
Додаток В

Графік залежності максимального коефіцієнта K_m від інтервалу усереднення

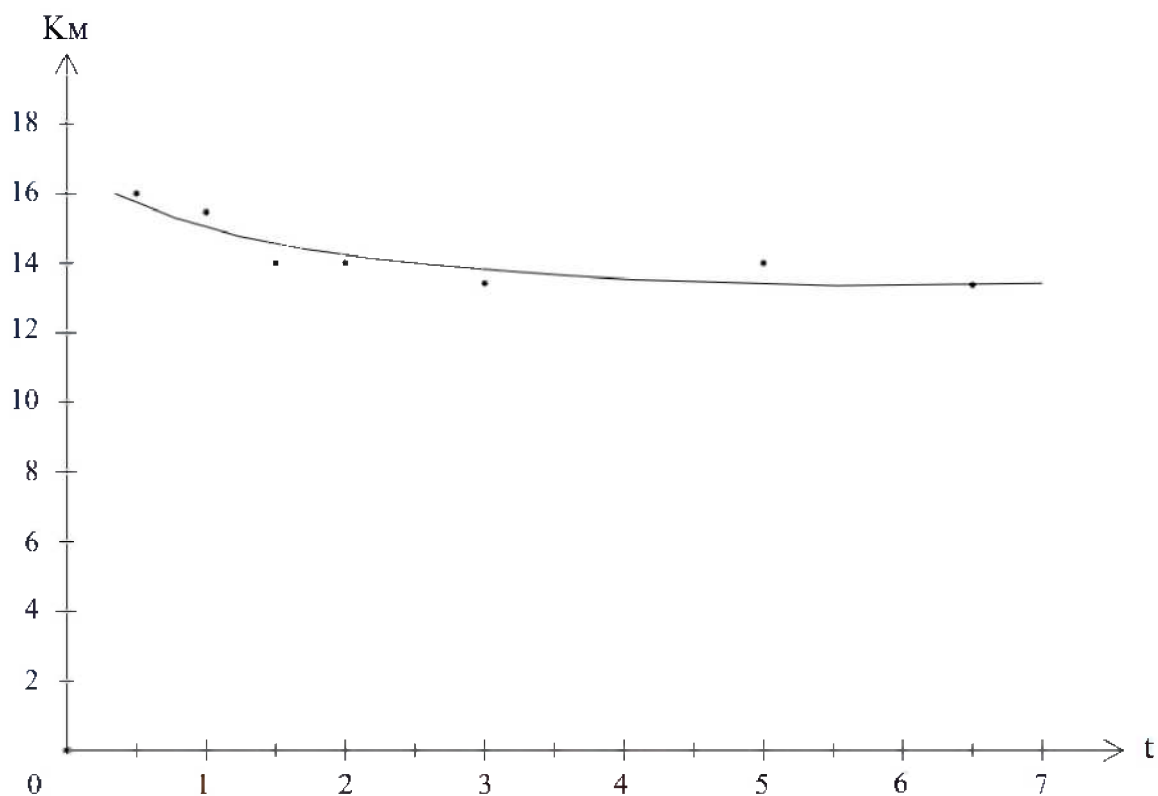


Додаток Г

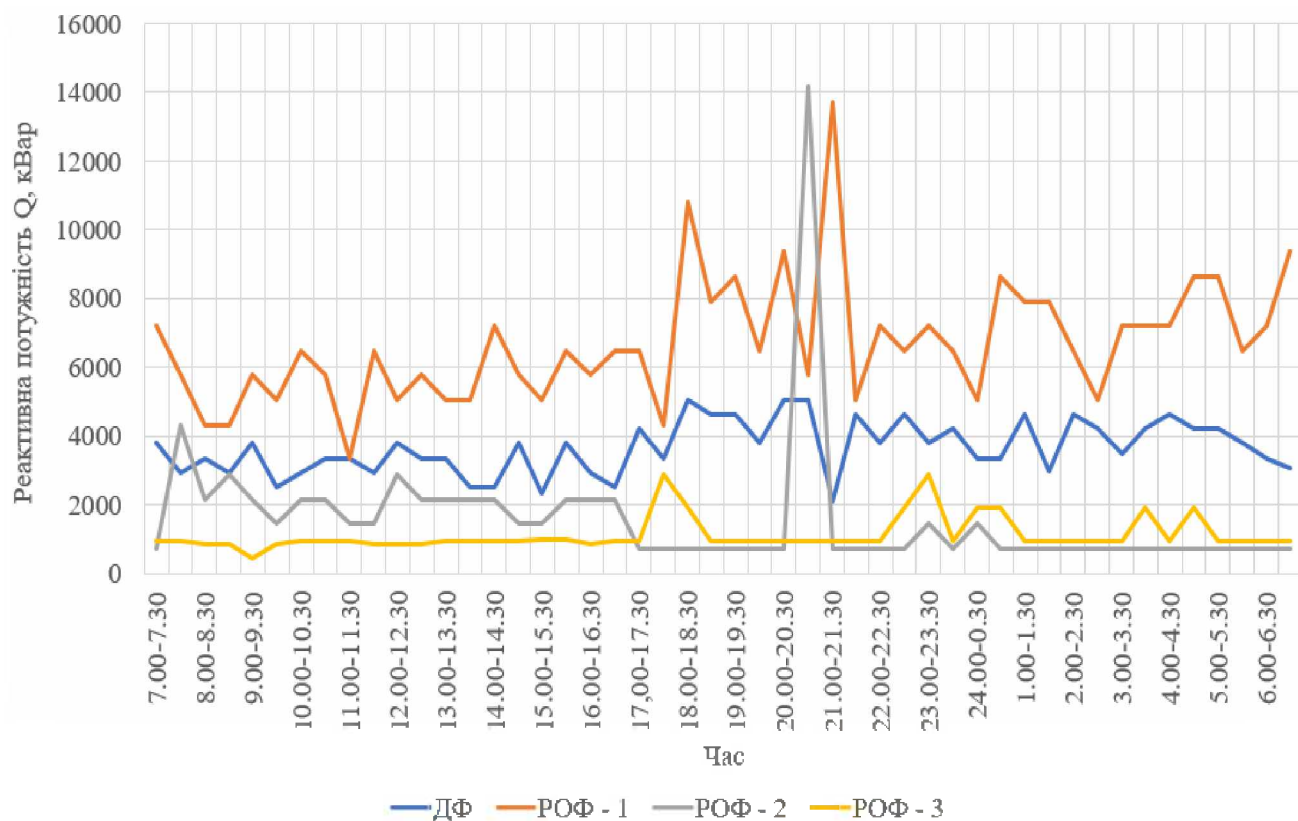
Графік залежності максимального коефіцієнта K_M від інтервалу усереднення



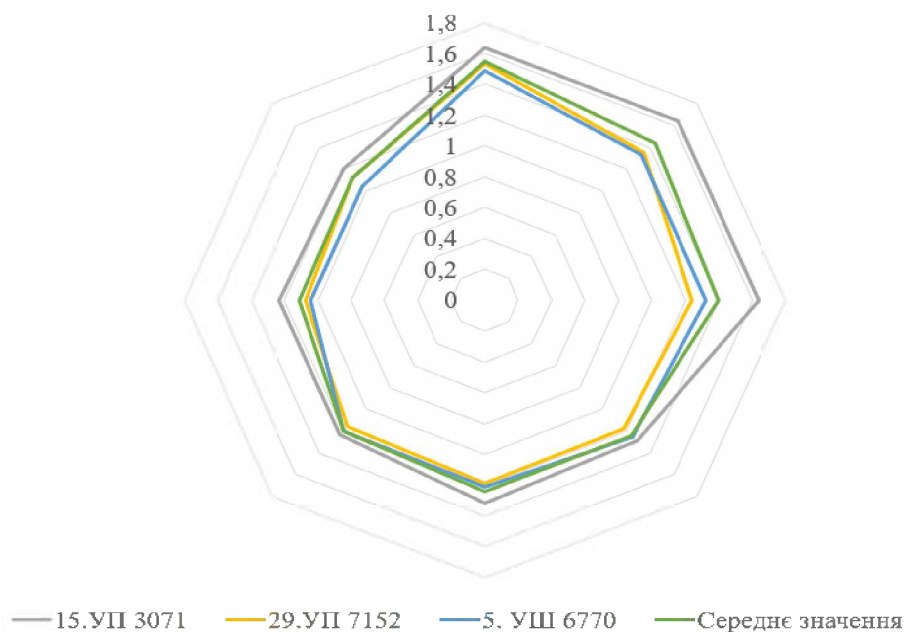
Графік залежності максимального коефіцієнта K_M від інтервалу усереднення



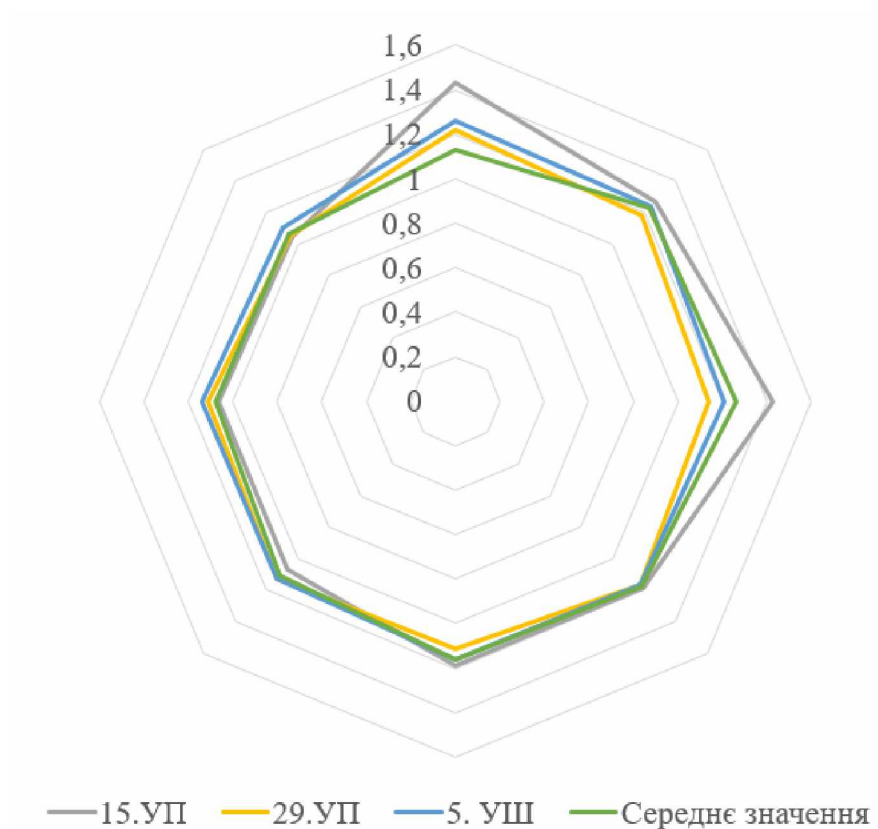
Графік режимів реактивної потужності основних вузлів навантаження
ГЗК протягом доби



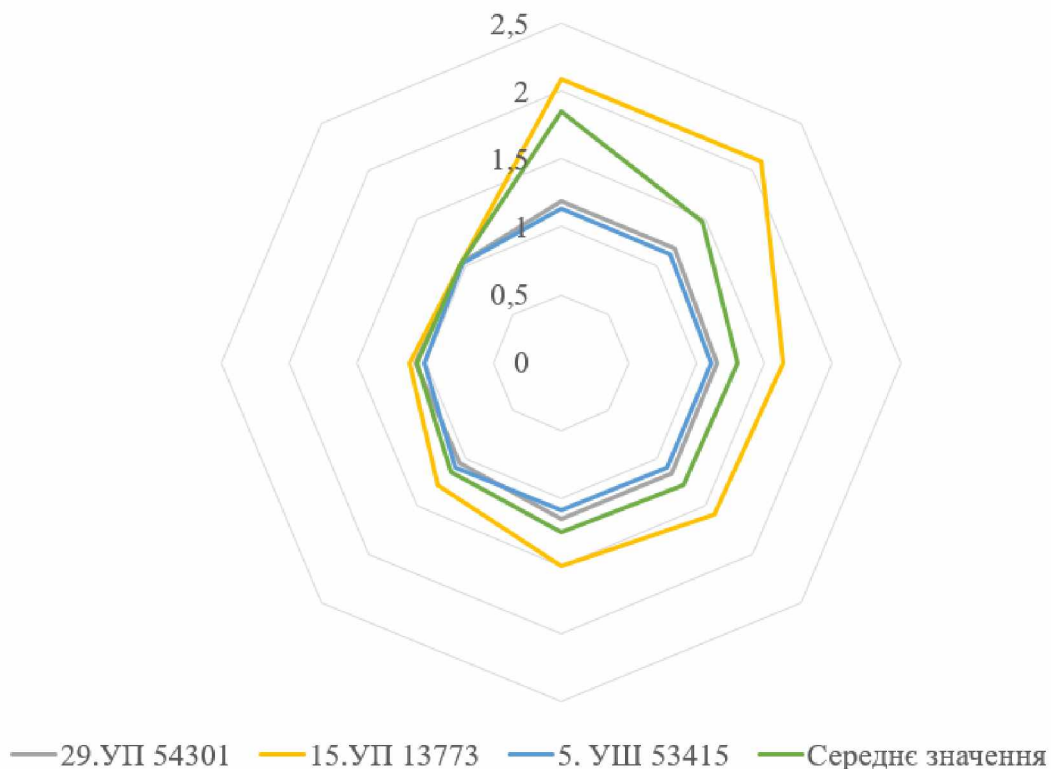
Графік розподілення коеф.максимума для кар'єру ІнГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно



Графік розподілення коеф. максимуму для РОФ-2 ГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно



Графік розподілення коеф.максимума для РОФ-1 ІнГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно



Графік розподілення коеф. максимуму для РОФ-3 ГЗК при інтервалі усереднення від 0.5 до 8 год відповідно

