

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Вороніна Артема Віталійовича

(ПІБ)

Академічної групи 141М-22-1

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Розробка заходів щодо зниження втрат електричної енергії в розподільчих
мережах 6 кВ вугільної шахти»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинго вою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Пінчук В.О.</u>			
розділів:				
Вступна частина	<u>Пінчук В.О.</u>			
Основна частина:	<u>Пінчук В.О.</u>			
Економічний	<u>Тимошенко Л.В.</u>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<u>Олішевський Г.С.</u>			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електроенергетики

_____ (повна назва)

_____ Папайка Ю.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Вороніну А.В. академічної групи 141М-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему «Розробка заходів щодо зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах 6 кВ вугільної шахти»,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.11.2023 № 1372-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Охарактеризувати основні принципи та засоби компенсації реактивної потужності.	20.10.2023 р.
Основна частина	1. Вибір компенсуючих улаштувань для підземної системи електропостачання. 2. Розрахунок втрат електричної енергії в підземній мережі. 3. Оцінка резонансних явищ в мережі шахти.	20.11.2023 р.
Економічна частина	1. Визначання капітальних витрат. 2. Розрахунок експлуатаційних витрат. 3. Оцінка техніко-економічних показників проекту.	10.12.2023 р.

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Пінчук В.О.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Воронін А.В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 стор., 8 рис., 16 табл., 1 додаток, 6 джерел.

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, КОНДЕНСАТОРНІ
УСТАНОВКИ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, ВИБУХОЗАХИЩЕНЕ
ОБЛАДНАННЯ.

Об'єкт кваліфікаційної роботи – розподільчі електричні мережі 6 кВ вугільної шахти.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка заходів щодо зниження втрат електричної енергії в підземній мережі 6 кВ шахти.

У вступній частині надано опис основних аспектів щодо компенсації реактивної потужності в електричних мережах.

В основній частині обґрунтовано принципи вибору засобів ефективної компенсації реактивної потужності в підземній електричній мережі 6 кВ шахти та обрано вибухобезпечні конденсаторні установки з визначенням місць їх розміщення.

В економічній частині наведено техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень, виконано розрахунки капітальних, експлуатаційних витрат, очікуваного зниження втрат електричної енергії та плати за її споживання.

ABSTRACT

Explanatory note: 58 pages, 8 figures, 16 tables, 1 appendix, 6 sources.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER, CAPACITOR INSTALLATIONS,
LOSSES OF ELECTRIC ENERGY, EXPLOSION-PROOF EQUIPMENT.

The object of the qualification work is the 6 kV electrical distribution networks of the coal mine.

The purpose of the qualification work is to develop measures to reduce electrical energy losses in the mine's 6 kV underground network.

The introductory part provides a description of the main aspects of reactive power compensation in electrical networks.

In the main part, the principles of choosing the means of effective compensation of reactive power in the 6 kV underground electrical network of the mine are substantiated, and explosion-proof capacitor units are selected with the determination of their locations.

In the economic part, the technical and economic justification of the adopted decisions is presented, calculations of capital and operating costs, expected reduction of electricity losses and fees for its consumption are performed.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	ВСТУПНА ЧАСТИНА.....	7
1.1	Особливості споживання та компенсації реактивної енергії	7
1.2	Обґрунтування застосування компенсуючих пристроїв 6 кВ для підземної системи електропостачання.....	10
2	ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	13
2.1	Основні аспекти впровадження системи компенсації реактивної потужності.....	13
2.2	Компенсація реактивної потужності в підземній системі електропостачання.....	15
2.3	Зміна режиму споживання реактивної потужності підземних струмоприймачів на шахті «Павлоградська».....	26
2.4	Аналіз графіків електричних навантажень споживачів 6 кВ, ш. «Павлоградська».....	27
2.5	Визначення параметрів режиму роботи підземної системи електропостачання для оцінки резонансних явищ.....	42
2.6	Визначення індуктивного опору захисних реакторів.....	49
3	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
3.1	Розрахунок капітальних витрат.....	51
3.2	Розрахунок експлуатаційних витрат.....	52
3.3	Визначення річного збитку на підземній СЕП за відсутності компенсації реактивної потужності.....	53
3.4	Визначення та аналіз показників економічної ефективності...	54
	ВИСНОВКИ.....	56
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57
	ДОДАТОК А.....	58

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі представлені результати аналізу електричних режимів шахти «Павлоградська» та оцінки показників електромагнітної сумісності за результатами моніторингу режимів електроспоживання. Особлива увага була приділена режиму реактивної потужності та відповідності показників якості електроенергії стандартним значенням та вищим коефіцієнтам гармонік.

Проведено розрахунки потужності та втрат енергії в основних елементах системи електропостачання шахти, а також проаналізовано існуючі та оптимальні системи компенсації реактивної потужності з рекомендаціями щодо обсягів та розташування установки компенсуючих пристроїв.

Моделювання режимів роботи оптимізованої системи компенсації реактивної потужності здійснюється з позицій зменшення її потоків в системі електропостачання та можливої оплати за недостатнє оснащення системи електропостачання засобами компенсації РП. Наведено відповідні результати обробки даних щодо рекомендацій впровадження ступінчатої компенсації для забезпечення оптимального перетікання реактивної енергії.

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості споживання та компенсації реактивної енергії

Особливість генерації реактивної енергії полягає у впливі метаболічних процесів, пов'язаних з Q , на техніко-економічні показники при її передачі від джерел до струмоприймачів і споживачів ЕЕ.

Централізація генерації реактивної енергії недоцільна з наступних причин:

1. При передачі значних потоків реактивної енергії в елементах системи електропостачання виникають додаткові втрати активної потужності та енергії:

Засоби компенсації реактивної потужності дозволяють уникнути додаткових втрат активної потужності в опорах елементів електричних мереж і збільшити їх пропускну здатність.

При передачі значних потоків реактивної енергії в елементах системи електропостачання виникають додаткові втрати активної потужності та енергії, про які можна дізнатися з виразів:

$$\Delta P = (P^2 + Q^2)R / U^2 ,$$

$$\Delta W_P = (P^2 + Q^2)R\tau_{нб} / U^2 ,$$

$$\Delta Q = (P^2 + Q^2)X / U^2 ,$$

$$\Delta W_Q = (P^2 + Q^2)X \cdot \tau_{нб} / U^2 .$$

2. Передача реактивної енергії спричиняє додаткові втрати напруги:

$$\Delta U = (PR + QX) / U .$$

- Навантаження на реактивний струм знижує пропускну здатність повітряних і кабельних провідників, а також трансформаторів. Додаткову активну потужність (струмове навантаження), яка може бути використана для зменшення реактивної потужності, можна отримати з виразів:

$$I_{\text{м}} = \sqrt{P^2 + Q^2} / \sqrt{3} U_{\text{л}};$$

$$P_{\text{дон}} = \sqrt{(\sqrt{3} U I_{\text{м}})^2 - Q^2}.$$

Ефективне економічне регулювання реактивних потоків є реальною операційною технологією енергозбереження в електричних мережах і необхідно:

- зменшення втрат активної електроенергії за рахунок потоку реактивних потужностей;
- забезпечення пріоритетних нормативних умов якості електричної енергії, а саме рівнів напруги на межі балансу, що належить до електричних мереж енергопостачальної організації;
- зниження аварійності основного електрообладнання в енергосистемі та у споживачів електроенергії.

Підвищення енергетичних показників системи електропостачання і, як наслідок, підвищення коефіцієнта потужності промислового підприємства може бути досягнуто тільки при правильному поєднанні різних методів, кожен з яких повинен бути технічно і економічно обґрунтований.

Заходи щодо зниження споживання реактивної енергії можна розділити на наступні групи:

- а) організаційний – без застосування компенсуючих пристроїв;
- б) спеціальні – із застосуванням компенсуючих пристроїв.

Організаційні заходи щодо зниження споживання приймачів реактивної потужності слід розглядати як першочергове завдання, оскільки вони, як правило, не вимагають значних капітальних витрат. До них можна віднести наступні:

- 1) раціоналізація технологічного процесу, що призводить до поліпшення енергетичного режиму роботи обладнання;
- 2) заміна недовантажених асинхронних двигунів на двигуни меншої потужності;
- 3) зниження напруги двигунів, що систематично працюють при малому навантаженні;
- 4) обмеження холостого ходу двигуна;
- 5) прийняття синхронних двигунів замість асинхронних у випадках, коли це можливо в умовах технологічного процесу;
- 6) підвищення якості ремонту двигунів;
- 7) заміна недовантажених трансформаторів.

Для підземних споживачів шахт з перерахованих вище заходів є реальною тільки заміна недонавантаженого обладнання (трансформаторів, двигунів), але вони вимагають відповідного техніко-економічного обґрунтування і наявності конкретних відомостей про режими роботи розглянутих об'єктів, які дуже складно отримати для підземної шахтної мережі. Упорядкування технологічного процесу, обмеження холостого ходу вимагає також впровадження засобів контролю і автоматизації, розробки відповідних алгоритмів роботи обладнання і т.д.

Єдиним ефективним заходом щодо зменшення протікання реактивної енергії в підземних мережах може бути компенсація реактивної потужності за допомогою компенсуючих пристроїв (конденсаторних установок). До недавнього часу реалізація цього заходу була неможливою, так як в конструкції ПБ були відсутні конденсаторні установки, що вимагає промислова безпека у вугільних шахтах. На сьогоднішній день успішно освоєно серійний випуск

вітчизняних конденсаторних установок типу УКРВ-6, які можуть бути використані для компенсації реактивної потужності у вибухонебезпечній атмосфері, характерній для умов вугільних шахт, оскільки ці пристрої є вибухобезпечними.

Для підземних споживачів компенсація реактивної потужності часто виконується на поверхні в розподільчому пристрої 6 кВ підземних споживачів шляхом установки статичних конденсаторних батарей, але цей захід не вирішує питання втрат в стовбурових кабелях і підземній мережі 6 кВ, які можуть бути значними, а значний потік реактивної енергії негативно позначається на пропускній здатності мережі і викликає необхідність збільшення перетинів або кількості кабельних ліній, що призводить до додаткових капітальних вкладень в систему електропостачання.

1.2. Обґрунтування застосування компенсуючих пристроїв 6 кВ для підземної системи електропостачання.

На практиці проблема вибору джерел реактивної потужності (РП) вирішується шляхом розгляду її балансу на рівні електричних мереж до 1 кВ, а потім на рівні електричних мереж 6-20 кВ. У першому випадку враховується кількість і потужність трансформаторів 6-10/0,38- 0,66 кВ, що залежать від ступеня компенсації реактивних навантажень при вторинній напрузі, а в другому - враховуються договірні умови підприємства з енергопостачальною організацією (ЕО) в режимі компенсації РП. Для підземних споживачів жоден з перерахованих вище підходів не застосовується, так як компенсація реактивних навантажень можлива тільки при напрузі 6 кВ, а договірні умови підприємства з енергопостачальною організацією щодо оплати за потоки реактивної енергії враховуються і актуальні при більш високому рівні розподілу ЕЕ.

Розподіл потужності КУ між окремими вузлами мережі може здійснюватися на основі декількох критеріїв:

- Мінімальна вартість проекту (PV-критерій);
- мінімальне споживання (втрати) електроенергії;
- пропорційно реактивному навантаженню пантографів.

Третій спосіб є найбільш поширеним для мереж промислових підприємств, в основному завдяки простоті алгоритмів реалізації. Однак другий спосіб є найбільш прийнятним для підземних споживачів вугільних шахт 6 кВ, так як для підземної системи електропостачання характерна багатоступінчаста радіальна схема електропостачання зі значною протяжністю магістральних живильних кабельних ліній, по яких доцільно передавати мінімальну реактивну потужність, тобто по можливості повністю компенсувати її в точках споживання. З урахуванням того, що реактивне навантаження на кожному рівні формується за значеннями реактивної потужності споживачів цього і нижчого рівнів розподілу електроенергії, необхідно виконувати компенсацію, починаючи з кінцевого рівня. Це дасть можливість розвантажити лінії електропередачі 6 кВ (магістральні та ствольні кабелі) від реактивної складової потужності і, відповідно, зменшити втрати активної (реактивної) потужності (енергії) в них.

Для компенсації реактивної потужності можливе прийняття конденсаторних установок типу УКРВ-6. Установка призначена для компенсації реактивної потужності (збільшення коефіцієнта потужності) в електричних мережах 6 кВ частотою 50 Гц підземних систем електропостачання шахт і шахт, в тому числі небезпечних по газу (метану) і вугільного пилу. Конденсаторна установка призначена для роботи в електричних мережах трифазного змінного струму з ізольованою нейтраллю.

Виконання за режимом роботи «К» – з вбудованим контактором та автоматичним підключенням до мережі та з автоматичним відключенням від мережі при зміні значення потужності реактивного навантаження. Блок

підключається і працює спільно з шафами розподільчих пристроїв типу УК-6, КРУВ-6 і КРУРН-6. Агрегат виконання «К» може підключатися до ділянки кабельної лінії С і В і працювати автономно.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики УКРВ-6

Найменування параметру	Норма
Номинальна напруга, В	6300
Номинальна частота, Гц	50
Номинальна потужність агрегату типу «К», квар	100...900** ** - рекомендовані потужності: 100; 200; 225; 300; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900.
Режим роботи	довгий
Напруга живлення ланцюгів управління і захисту, В	127 (з шафи розподільного пристрою)
Вибухозахисна конструкція	ПБ 4Б (ПБ Exd1)
Ступінь захисту від зовнішніх впливів	IP54
Габаритні розміри корпусу, мм	1970x1375x990
Маса, кг, не більше	925

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Основні аспекти впровадження системи компенсації реактивної потужності

Для оцінки місць розташування конденсаторних установок в підземній мережі необхідно мати дані про режими роботи високовольтних електроприймачів (водовідливних установок) і пересувних секційних підземних підстанцій (ПСПП) при напрузі 6 кВ. Це може бути складно, оскільки відповідна інформація з систем моніторингу не завжди доступна, і такі системи не використовувалися для ПСПП з терміном служби понад 5-7 років. Інформація може бути отримана на рівні осередків ЦПП-6 та/або РПП-6 за умови їх оснащення відповідними блоками захисту та управління, наприклад, БЗУ.

Альтернативним, але менш точним способом оцінки електричних навантажень на конкретних елементах мережі (кабельних лініях, підстанціях) може стати розрахунок електричних навантажень споживачів за допомогою емпіричних методів, що дозволить визначити місця можливої установки вибухозахищених КП і величину зниження втрат електроенергії в шахтній мережі від передачі реактивної потужності.

Виконаємо розрахунок електричних навантажень 6 кВ підземних споживачів шахти «Павлоградська». Для цього окремо розглянемо наступні моменти розподілу електроенергії:

- ЦПП-6 міста. 235 м;
- ЦПП-6 міста. 190 м;
- РПП-6 № 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 гір. 235 м.

Всі розрахунки виконуються для нормального режиму роботи ланцюга електропостачання: живлення ЦПП (РПП) здійснюється через два вводи, секційні автоматичні вимикачі знаходяться в відключеному положенні. Потужність підключених споживачів 0,66-1,14 кВ з їх невідомим складом і

типом знаходять виходячи з потужності пересувної підстанції, приймаючи середній коефіцієнт навантаження (K_z) рівним 0,45-0,6 при коефіцієнті потужності $\cos\varphi = 0,7$. Коефіцієнт одночасності максимумів ($K_{одн}$) дорівнює 0,9.

Розрахунок електричних навантажень для підземних споживачів вугільних шахт здійснюється методом коефіцієнта попиту. Згідно з цією методикою, розрахункове максимальне навантаження виглядає наступним чином:

$$P_{p.m.i} = K_{c.i} P_{ном.i};$$

$$Q_{p.m.i} = P_{p.m.i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i,$$

де $P_{ном.i}$ - номінальна встановлена робоча потужність споживача, кВт;

$P_{p.m.i}$ - розрахункове максимальне активне навантаження першого споживача, кВт;

$Q_{p.m.i}$ - розрахункове максимальне реактивне навантаження і-го споживача, квар,

K_c - коефіцієнт попиту для конкретних споживачів (взятий з довідника).

Розрахунковий максимум для рівня розподілу потужності наступний:

$$P_{p.m.\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i};$$

$$Q_{p.m.\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{ном.i},$$

де n - число споживачів на кожному рівні розподілу ЕЕ.

При визначенні розрахункового навантаження для різних рівнів розподілу електроенергії враховуємо коефіцієнт одночасності $K_{ом} = 0,5-0,85$.

2.2 Компенсація реактивної потужності в підземній системі електропостачання

Компенсувати реактивну потужність доцільно в підземних розподільчих пунктах в місцях її споживання. Бажано зробити повну компенсацію, так як в цьому випадку не буде протікання реактивної енергії по живильних магістральних і ствольних кабелях 6 кВ, що позначиться на зниженні втрат електричної енергії в цих елементах.

У таблиці 2.2 наведені параметри кабельної мережі підземної системи електропостачання (магістральні і ствольні кабелі). У звичайному режимі роботи підземна СЕП складається з окремих контурів, по яких передається електрична енергія. Саме для вищевказаних схем доцільно розглядати установку компенсуючих пристроїв, виходячи з перерахованих вище принципів.

Таблиця 2.1 – Оцінка навантаження провідників та обладнання підземної мережі 6 кВ Павлоградської автомобільної дороги

№ комірки ГПП	Ланцюг	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабелю	Слупп/Р _{ном.ад}	Рр, кВт	Qр, квар	R, Ом	X, Ом
СЕКЦІЯ 1 ЦПП-6 гор. 235 м									
27		235/6		КВЭВБШв		2786,8	2843,1	0,083	0,042
ЦПП-6 гор. 235м		1		ЦНС 300	500	425,0	433,6		9,425
		2		ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
		3		ЦНС 300	500	425,0	433,6		9,425
Ланцюг 1		4_235/4-190/1		ВЭВБШв-6		100,8	102,8	0,017	0,008
	від ком. №1 ЦПП-6 гор. 190 м (1С) до ком. №4 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)			ТКШВП	320	100,8	102,8	0,925	2,660

№ комірки ГПП	Ланцюг	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабелю	Спулл/Р _{ном,ад}	Рр, кВт	Qр, квар	R, Ом	X, Ом
Ланцюг 2		5		ВЭБШВ-6		283,5	289,2	0,567	0,095
	Від ком. №1 РПП-6 №4 до ком. №5 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)			ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	250	78,8	80,3	1,500	4,810
	ЦПП-6 гор. 235 м	7		ЦНС 300	500	425,0	433,6	1,500	4,810
		8		ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
Ланцюг 3		235/9	№7/9	ВЭБШВ-6		1029,4	1050,2	0,155	0,062
	Від ком. №9 РПП-6 №7 (2С) до ком. №9 ЦПП- 6 гор. 235 м (1С)			TN	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				TN	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				TN	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	250	78,8	80,3	1,500	4,810
				ТСВП	250	78,8	80,3	1,500	4,810
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
		ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040		
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	320	100,8	102,8	0,925	2,660
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП	400	126,0	128,5	0,810	3,040
Ланцюг 4	Від ком. №4 РПП-6 №5 (1С) до ком. №10 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	235/10	№5/4	ВЭБШВ		711,9	726,3	0,559	0,225
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
Ланцюг 4.1	Від ком. №1 РПП-6 №8 до ком. №3 РПП- 6 №5 (1С)		№5/3.2- №8/1	СБН, ВЭБШВ		231,1	237,8	0,252	0,078
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040

№ комірки ГПП	Ланцюг	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабелю	Спулл/Р _{ном.ад}	Рр, кВт	Qр, квар	R, Ом	X, Ом
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-250	250	78,8	80,3	1,500	4,810
Ланцюг 4.2	Від ком. №7 РПП-6 №6 (2С) до ком. №2 РПП-6 №5(1С)		№5/2- №6/7	СБН, ВЭВБШВ		352,8	359,9	0,305	0,122
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
СЕКЦІЯ 2 ЦПП-6 гор. 235 м									
14		235/16		КВЭВБШВ		1703,9	1738,3	0,084	0,043
				ЦНС 300	500	425,0	433,6		9,425
				ТСВП-250	250	78,8	80,3	1,500	4,810
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ЦНС 300	500	425,0	433,6		9,425
Ланцюг С2.1	Від ком. №1 РПП-6 ком (1С) до яч. №17 ЦПП- 6 гор. 235 м (2С)	235/17	№7/1	ВЭВБШВ		1176,5	1200,3		
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				TN-1250	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				TN-1250	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				TN-1250	1250	393,8	401,7	0,160	1,430
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010

№ комірки ГПП	Ланцюг	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабелю	Спулл/Р _{ном.ад}	Рр, кВт	Qр, квар	R, Ом	X, Ом
СЕКЦІЯ 3 ЦПП-6 гор. 235 м									
19		235/23		КВЭВБШЬ		1764,0	1799,6	0,084	0,043
Ланцюг С3.3	Від ком. №1 РПП-6 №5 до ком. №22 ЦПП-6 гор. 235 м (3С)	235/22	№5/11	ВЭВБШВ		403,5	411,7	0,527	0,212
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-250		0,0	0,0	1,500	4,810
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
Ланцюг С3.2	Від ком. №1 РПП-6 №6 до ком. №10 РПП-6 №5 (2С)		№5/10- №6/1	ВЭВБШВ		176,4	180,0	0,305	0,122
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
Ланцюг С3.1	Від ком. №1 РПП-6 №9 до ком. №2 РПП-6 №6(1С)		№6/2- №9/1	ВЭВБШВ		1184,1	1208,0	0,776	0,239
				ТСВП-250	250	78,8	80,3	1,500	4,810
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-1000	1000	315,0	321,4	0,250	1,640
				ТСВП-630	630	198,5	202,5	0,440	2,010
				ТСВП-400	400	168,0	171,4	0,810	3,040
СЕКЦІЯ 2 ЦПП-6 гор. 190 м									
30		190/10		КВЭВБШЬ		816,6	833,1	0,068	0,034
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-250	250	78,8	80,3	1,500	4,810
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040
				ТСВП-400	400	126,0	128,5	0,810	3,040

Таблиця 2.2 – Характеристика підземної кабельної мережі 6 кВ на шахті «Павлоградській».

Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ (зв'язок)	Тип кабелю	Довжина, кабелі	Питомий опір жили кабелю		Потужність переданого навантаження (розрахункова)	
		L_k , км	Активний, R_0 , Ом/км	Реактивний, X_0 , Ом/км	$P_{р.м.}$, кВт	$Q_{р.м.}$, кВАр
СЕКЦІЯ 1 ЦПП-6 гор. 235 м						
ЛАНЦЮГ 1 (С1)						
від ком. №1 ЦПП-6 гор. 190 м (1С) до яч. №4 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭББШВ-6 3х120	0,11	0,15	0,076	100,8	102,8
ЛАНЦЮГ 2 (С1)						
від ком. №1 РПП-6 №4 до ком. №5 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭББШВ-6 3х35	1,09	0,52	0,087	283,5	289,2
ЛАНЦЮГ 3 (С1)						
від ком. №9 РПП-6 №7 (2С) до ком. №9 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭББШВ-6 3х95	0,8	0,194	0,078	1029,4	1050,2
ЛАНЦЮГ 4 (С1)						
від ком. №1 РПП-6 №8 до ком. №3 РПП-6 №5(1С)	ВЭББШВ-6 3х70	0,971	0,26	0,08	233,1	237,8
від ком. №7 РПП-6 №6 (2С) до ком. №2 РПП-6 №5(1С)	ВЭББШВ-6 3х95	1,57	0,194	0,078	352,8	359,9
від ком. №4 РПП-6 №5 (1С) до ком. №10 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭББШВ-6 3х95	2,88	0,194	0,078	711,9	726,3
від ком. №6 ЦПП-6 гор. 235м (1С) до ком. №27 ГПП (1С)	ВЭББШВ-6 3х120	0,55	0,15	0,076	2195,0	2239,3
СЕКЦІЯ 2 ЦПП-6 гор. 235 м						
від ком. №1 РПП-6 №7 (1С) до ком. №17 ЦПП-6 гор. 235 м (2С)	ВЭББШВ-6 3х95	0,8	0,194	0,078	1176,5	1200,3
від ком. №16 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до ком. №14 ГПП (2С)	ВЭББШВ-6 3х120	0,56	0,15	0,076	1703,9	1738,3

Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ (зв'язок)	Тип кабелю	Довжина, кабелі	Питомий опір жили кабелю		Потужність переданого навантаження (розрахункова)	
		L _к , км	Активний, R ₀ , Ом/км	Реактивний, X ₀ , Ом/км	P _{р.м.} , кВт	Q _{р.м.} , кВАр
СЕКЦІЯ 3 ЦПП-6 гор. 235 м						
від ком. №1 РПП-6 №9 до ком. №2 РПП-6 №6(1С)	ВЭБШВ-6 3х70	2,983	0,26	0,08	1184,1	1208,0
від ком. №1 РПП-6 №6 до ком. №10 РПП-6 №5 (2С)	ВЭБШВ-6 3х95	1,57	0,194	0,078	1360,5	1388,0
від ком. №11 РПП-6 №5 до ком. №22 ЦПП-6 гор. 235 м (3С)	ВЭБШВ-6 3х95	2,717	0,194	0,078	1764,0	1799,6
від ком. №23 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до ком. №19 ГПП (1С)	ВЭБШВ-6 3х120	0,56	0,15	0,076	1764,0	1799,6
СЕКЦІЯ 2 ЦПП-6 гор. 190 м						
від ком. №10 ЦПП-6 гор. 195м (2С) до ком. №30 ГПП (2С)	ВЭБШВ-6 3х120	0,45	0,15	0,076	816,6	833,1

Як приклад розрахуємо компенсацію реактивної потужності для першого контуру передачі електричної енергії від комірки № 19 ГПП (1С) до підземних споживачів, починаючи з нижнього рівня.

1. На РПП-6 №9 встановлюємо КУ типу УКРВ-6,3-900-К-УХЛ5. При цьому реактивна потужність протікає через живильний кабель від РПП-6 № 6 (секція 1 розділу «Яч. №1 РПП-6 №9 № 2 РПП-6 № 6 (1С)») буде:

$$Q'_{р.м.РПП6-РПП9} = Q_{р.м.РПП6-РПП9} - Q_{КУ1} = 1208 - 900 = -308 \text{ квар}$$

2. На першій секції РПП-6 № 6 встановлюємо УКРВ-6,3-800-К-УХЛ5 типу УЗ. При цьому протікання реактивної потужності по живильному кабелю від РПП-6 №5 (секція №1 РПП-6 №6 - ділянка №10 РПП-6 №5 (2С)) складе:

$$Q'_{р.м.РПП5-РПП6} = Q_{р.м.РПП5-РПП6} - (Q_{КУ1} + Q_{КУ2}) + Q'_{р.м.РПП6-РПП9} =$$

$$= 1388 - (900 + 800) + (-308) = -4 \text{ квар}$$

3. На другій секції РПП-6 № 5 встановити УКРВ-6,3-400-К-УХЛ5 типу КП. При цьому реактивна потужність протікає по живильному кабелю від ЦПП-6 (ділянка № 11 РПП-6 № 5 - ділянка № 22 СРР-6 міста 235 м (3С)):

$$Q'_{р.м.ЦПП6.3-РПП5} = Q_{р.м.ЦПП6.3} - (Q_{КУ1} + Q_{КУ2} + Q_{КУ3}) + Q'_{р.м.РПП5-РПП6} =$$

$$= 1764 - (900 + 800 + 400) + (-4) = 3,6 \text{ квар}$$

4. На третій ділянці КПП-6 смт. 235 м УЗ не встановлюємо. Далі потік реактивної потужності по живильному кабелю від РУ-6 ГПП (від блоку № 23 ЦПП-6 кріплення 235 м (2С) до блоку № 19 ГПП (1С)):

$$Q'_{р.м.ГПП19-ЦПП6.3} = Q_{р.м.ГПП19} - (Q_{КУ1} + Q_{КУ2} + Q_{КУ3}) + Q'_{р.м.ЦПП6.3} =$$

$$= 1764 - (900 + 800 + 400) + 3,6 = 3,6 \text{ квар}$$

Знаючи параметри кабельної мережі системи електропостачання підземних споживачів і їх навантажень, можна розрахувати потужність і втрати енергії в цих елементах за відомими виразами:

- втрата активної потужності

$$\Delta P_i = (P_{р.м.i}^2 + Q_{р.м.i}^2) R_{кл.i} / U_{ном}^2$$

- втрата активної енергії

$$\Delta W_p = \Delta P_i \cdot \tau_{нб}$$

де $\tau_{нб} = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot 8760 = (0,124 + \frac{4000}{10000})^2 \cdot 8760 = 2405$ ч - час

найбільшої втрати (припустимо, що кількість годин використання максимум дорівнює 4000 годин).

Оцінимо наведені вище показники для ділянок ланцюжка №1. Для порівняльної оцінки ефективності запропонованих заходів розглянемо два режими: без урахування компенсації та з її врахуванням.

Ділянка 1:

$$\Delta P_{V1} = (P_{p.m.V1}^2 + Q_{p.m.V1}^2) R_{кл.V1} / U_{ном}^2 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{V1} = (P_{p.m.V1}^2 + Q'_{p.m.V1}^2) R_{кл.V1} / U_{ном}^2 \text{ кВт};$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю.

Таблиця 2.3 – Зміни потужності та втрат енергії у підземній СЕП шахти «Павлоградська» з компенсацією реактивної потужності.

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Тип кабелю	Довжина, кабелі	Питомий опір жили кабелю		Потужність навантаження, що передається		Конденсаторна установка	Реактивне навантаження з урахуванням компенсації	Втрата потужності в кабельних лініях до компенсації		Втрата потужності в кабельних лініях після компенсації	
				Активний, R_0 , Ом/км	Реактивний, X_0	$P_{p.m.}$, кВт	$Q_{p.m.}$, кВАр			$Q_{к.у.}$, кВАр	$Q'_{p.m.}$, кВАр	ΔP , кВт	ΔQ , кВАр
Ланцюг 1	від ком. №1 ЦПП-6 гор. 190 м (1С) до ком. №4 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭВБШВ -6 3х120	0,11	0,15	0,076	100,8	102,8	100,0	2,8	0,010	0,005	0,005	0,002
Ланцюг 2	від ком. №1 РПП-6 №4 до ком. №5 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭВБШВ-6 3х35	1,09	0,15	0,076	283,5	289,2	300,0	-10,8	0,745	0,377	0,366	0,185

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Тип кабелю	Довжина, кабелі	Питомий опір жили кабелю		Потужність навантаження, що передається		Конденсаторна установка	Реактивне навантаження з урахуванням компенсації	Втрата потужності в кабельних лініях до компенсації		Втрата потужності в кабельних лініях після компенсації	
				загальна, Рн.у.	L _к , км	Активний, R ₀ , Ом/км	Реактивний, X ₀			P _{р.м.} , кВт	Q _{р.м.} , кВАр	Q _{к.у.} , кВАр	Q' _{р.м.} , кВАр
Ланцюг 3	від ком. №9 РПП-6 №7 (2С) до ком. №9 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭБ6Шв-6 3х95	0,8	0,15	0,076	1029,4	1050,2	900,0	150,2	7,209	3,652	3,607	1,828
Ланцюг 4.1	від ком. №1 РПП-6 №8 до ком. №3 РПП-6 №5(1С)	ВЭБ6Шв-6 3х70	0,971	0,26	0,08	233,1	237,8	225,0	12,8	0,778	0,239	0,382	0,118
Ланцюг 4.2	від ком. №7 РПП-6 №6 (2С) до ком. №2 РПП-6 №5(1С)	ВЭБ6Шв-6 3х95	1,57	0,194	0,078	352,8	359,9	400,0	-40,1	2,149	0,864	1,067	0,429
Ланцюг 4	від ком. №4 РПП-6 №5 (1С) до ком. №10 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	ВЭБ6Шв-6 3х95	2,88	0,194	0,078	711,9	726,3	0,0	74,0	16,053	6,454	7,951	3,197
Ком. №2 7 ГПП 1С	від ком. №6 ЦПП-6 гор. 235м (1С) до ком. №27 ГПП (1С)	ВЭБ6Шв-6 3х120	0,56	0,15	0,076	2195	2239,3	500,0	3,2	22,942	11,624	11,242	5,696
Ланцюг С3.1	від ком. №1 РПП-6 №9 до ком. №2 РПП-6 №6(1С)	ВЭБ6Шв-6 3х70	2,983	0,26	0,08	1184,1	1208	900,0	308,0	61,645	18,968	32,250	9,923
Ланцюг С3.2	від ком. №1 РПП-6 №6 до ком. №10 РПП-6 №5 (2С)	ВЭБ6Шв-6 3х95	1,57	0,194	0,078	1360,5	1388	800,0	-4,0	31,960	12,850	15,660	6,296
Ланцюг С3.3	від ком. №11 РПП-6 №5 до ком. №22 ЦПП-6 гор. 235 м (3С)	ВЭБ6Шв-6 3х95	2,717	0,194	0,078	1764	1799,6	400,0	3,6	92,978	37,383	45,560	18,318
Ком. №1 9 ГПП 1С	від ком. №23 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до ком. №19 ГПП (1С)	ВЭБ6Шв-6 3х120	0,56	0,15	0,076	1764	1799,6	0,0	3,6	14,817	7,507	7,261	3,679
Ланцюг С2.1	від ком. №1 РПП-6 №7 (1С) до ком. №17 ЦПП-6 гор. 235 м (2С)	ВЭБ6Шв-6 3х120	0,8	0,194	0,078	1176,5	1200,3	900,0	300,3	12,178	4,896	6,356	2,556
ком. №14 ГПП 2С	від ком. №16 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до ком. №14 ГПП (2С)	ВЭБ6Шв-6 3х120	0,56	0,15	0,076	1703,9	1738,3	900,0	238,6	13,825	7,005	6,907	3,500

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Тип кабелю	Довжина, кабелі	Питомий опір жили кабелю		Потужність навантаження, що передається		Конденсаторна установка	Реактивне навантаження з урахуванням компенсації	Втрата потужності в кабельних лініях до компенсації		Втрата потужності в кабельних лініях після компенсації	
				загальна, Рн.у.	Lк, км	Активний, R0, Ом/км	Реактивний, X0, Ом/км			Pр.м., кВт	Qр.м., кВАр	Qк.у., кВАр	Q'р.м., кВАр
ком. №30 ГПП 2С	від ком. №10 ЦПП-6 гор. 195м (2С) до ком. №30 ГПП (2С)	СБШВУ-6 3х120	0,45	0,15	0,076	816,6	833,1	800,0	33,1	2,552	1,293	1,252	0,635

Продовження таблиці 2.3

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Різниця втрат потужності в кабельних лініях з компенсацією		Зменшення втрат електроенергії, кВт*год/рік		Втрата напруги в мережі без КУ	Втрата напруги в мережі +КУ
		ΔP, кВт	ΔQ, кВАр	ΔWакт, кВт*год/рік	ΔVреакт, кВт*год/рік	ΔU, В	ΔU', В
Ланцюг 1	від ком. №1 ЦПП-6 гор. 190 м (1С) до ком. №4 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	0,005	0,002	11,6	5,9	0,4	0,3
Ланцюг 2	від ком. №1 РПП-6 №4 до ком. №5 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	0,379	0,192	912,3	462,2	11,7	7,6
Ланцюг 3	від ком. №9 РПП-6 №7 (2С) до ком. №9 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	3,601	1,825	8660,9	4388,2	31,2	22,1
Ланцюг 4.1	від ком. №1 РПП-6 №8 до ком. №3 РПП-6 №5(1С)	0,395	0,122	951,0	292,6	12,9	10,0
Ланцюг 4.2	від ком. №7 РПП-6 №6 (2С) до ком. №2 РПП-6 №5(1С)	1,082	0,435	2602,9	1046,5	25,3	17,1

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Різниця втрат потужності в кабельних лініях з компенсацією		Зменшення втрат електроенергії, кВт*год/рік		Втрата напруги в мережі без КУ	Втрата напруги в мережі +КУ
		δP , кВт	δQ , кВар	$\Delta W_{\text{акт}}$, кВт-год/рік	$\Delta V_{\text{реакт}}$, кварт/рік	ΔU , В	$\Delta U'$, В
Ланцюг 4	від ком. №4 РПП-6 №5 (1С) до ком. №10 ЦПП-6 гор. 235 м (1С)	8,102	3,258	19485,3	7834,3	93,5	69,1
Яч. №27 ГПП 1С	від ком. №6 ЦПП-6 гор. 235м (1С) до ком. №27 ГПП (1С)	11,700	5,928	28139,4	14257,3	46,6	30,8
Ланцюг С3.1	від ком. №1 РПП-6 №9 до ком. №2 РПП-6 №6(1С)	29,394	9,044	70693,7	21751,9	201,1	165,3
Ланцюг С3.2	від ком. №1 РПП-6 №6 до ком. №10 РПП-6 №5 (2С)	16,299	6,553	39200,3	15760,9	97,4	69,0
Ланцюг С3.3	від ком. №11 РПП-6 №5 до ком. №22 ЦПП-6 гор. 235 м (3С)	47,418	19,065	114039,2	45850,8	218,5	155,1
Яч. №19 ГПП 1С	від ком. №23 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до ком. №19 ГПП (1С)	7,557	3,829	18173,6	9208,0	37,5	24,7
Ланцюг С2.1	від ком. №1 РПП-6 №7 (1С) до ком. №17 ЦПП-6 гор. 235 м (2С)	5,822	2,341	14002,7	5630,0	42,9	33,6
Яч. №14 ГПП 2С	від ком. №16 ЦПП-6 гор. 235м (2С) до	6,918	3,505	16637,2	8429,5	36,2	25,5

	Найменування рівнів розподілу електроенергії 6 кВ	Різниця втрат потужності в кабельних лініях з компенсацією		Зменшення втрат електроенергії, кВт*год/рік		Втрата напруги в мережі без КУ	Втрата напруги в мережі +КУ
		δP , кВт	δQ , кВар	$\Delta W_{\text{акт}}$, кВт·год/рік	$\Delta V_{\text{реакт}}$, кварт/рік	ΔU , В	$\Delta U'$, В
	ком. №14 ГПП (2С)						
Яч.№30 ГПП 2С	від ком. №10 ЦПП-6 гор. 195м (2С) до ком. №30 ГПП (2С)	1,299	0,658	3124,8	1583,2	13,9	9,4
	<u>Усього:</u>	140,0	56,8	336635	136501	869,1	639,4

2.3 Зміна режиму споживання реактивної потужності підземних струмоприймачів на шахті «Павлоградська»

З наведених розрахунків видно, що крім зниження втрат електричної енергії, засоби компенсації реактивної потужності покращують режим в умовах стаціонарного відхилення напруги в системі електропостачання підземних споживачів, знижуючи її втрати до 3,83% по відношенню до номінальної. Установка компенсуючих пристроїв в підземну мережу дозволяє відмовитися від компенсації реактивної потужності на поверхні в розподільчому пристрої 6 кВ.

Беручи до уваги той факт, що статичні конденсаторні батареї, встановлені на поверхні, не регулюються, їх застосування недоцільно з огляду на взаємовідносини між енергопостачальною організацією і споживачем щодо оплати за реактивні потоки електроенергії.

Загальна потужність компенсуючих пристроїв становить 7125 квар. УКРВ6,3 типу «К» – з вбудованим контактором і автоматичним підключенням

до мережі і з автоматичним відключенням від мережі при зміні величини потужності реактивного навантаження, встановлюються відповідно до розрахунків в розрізах живильних кабельних ліній (до вхідного осередку КУВ-6). Таким чином, не потрібно капітальних вкладень для установки додаткових елементів КУВ для кожного конденсаторного блоку.

В результаті компенсації реактивної потужності в підземній системі електропостачання значно зменшується її витрата по лініях живлення 6 кВ, що сприяє зниженню втрат електроенергії, збільшенню пропускної здатності елементів мережі, підвищенню коефіцієнта потужності.

2.4 Аналіз графіків електричних навантажень споживачів 6 кВ, ш. «Павлоградська»

На основі даних системи моніторингу енергоспоживання на ш. «Павлоградській» проаналізуємо ефективність роботи системи електропостачання в початковому режимі роботи при існуючій встановленій потужності конденсаторних установок в порівнянні з варіантом розміщення системи електропостачання в підземній мережі 6 кВ.

Графіки електричних навантажень споживачів 6 кВ для ГПЗ (поточний режим роботи типових днів) при існуючій системі компенсації наведені нижче.

Графік 1 – ком. 9 Ввод №1

Графік 8 – ком. 40 Ввод №2

Графік 4 – ком. 23 ККУ №1

Графік 9 – ком. 32 ККУ №2

Графік 6 – ком. 27 ЦПП Ввод №1

Графік 22 – ком. 14 ЦПП Ввод №2

Графік 11 – ком. 30 ЦПП Ввод №3

Графік 36 – ком. 19 ЦПП Ввод №4

Графіки електричних навантажень на вводах ГПП (частина 9, частина № 1, частина 40, частина № 2).

Аналіз ГЕН для введів 6 кВ ГПП показує недокомпенсацію реактивної потужності в розмірі 5-5,5 МВАР, що призводить до додаткового навантаження апаратури ГПП і втрат у високовольтних живильних лініях і трансформаторах. Споживання реактивної потужності для вводу №2, навіть з урахуванням існуючої системи компенсації реактивної потужності, порівняно з споживаною активною потужністю 700-3500 кВар, для входу №1 - 55-2125 кВар.

Коефіцієнт потужності $\cos\phi = 0,84-1,0$ для вводу №1 ГПП, $\cos\phi = 0,63-0,87$ для вводу №2.

БСК 1 на секції 1 ГПП працюють в режимі генерації реактивної потужності в діапазоні 1642-1811 кВар, БСК2 – 843-967 кВар

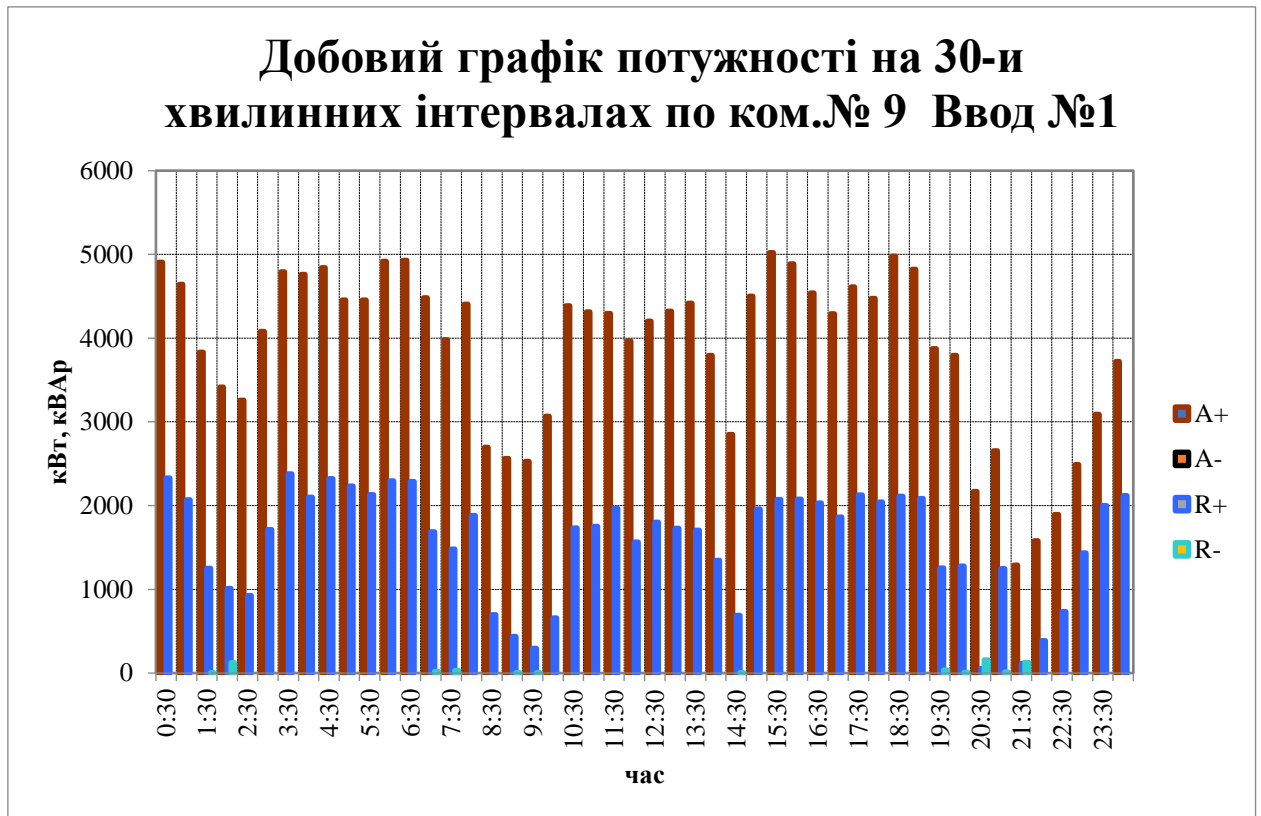


Рисунок 2.1 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 9 Ввод №1

Таблиця 2.4 – Параметри заміру навантаження по ком. №9, ввід №1

Час	Ком.№ 9 Ввод №1				
	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
0:30	4905	2329,2	5429,9	0,475	0,90
1:00	4640,4	2068,2	5080,4	0,446	0,91
1:30	3832,2	1249,2	4029,6	0,325	0,95
2:00	3414,6	1008	3527,6	0,259	0,97
2:30	3256,2	925,2	3385,1	0,284	0,96
3:00	4078,8	1713,6	4424,1	0,420	0,92
3:30	4791,6	2377,8	5349,1	0,496	0,90
4:00	4761	2100,6	5203,8	0,441	0,91
4:30	4840,2	2320,2	5367,6	0,479	0,90
5:00	4453,2	2232	4981,2	0,501	0,89
5:30	4455	2131,2	4938,5	0,478	0,90
6:00	4915,8	2293,2	5424,4	0,466	0,91
6:30	4926,6	2287,8	5431,9	0,464	0,91
7:00	4480,2	1686,6	4780,2	0,372	0,94
7:30	3979,8	1481,4	4236,0	0,365	0,94
8:00	4404,6	1881	4789,4	0,427	0,92
8:30	2696,4	696,6	2784,9	0,258	0,97
9:00	2561,4	437,4	2597,6	0,169	0,99
9:30	2527,2	293,4	2544,0	0,115	0,99
10:00	3067,2	657	3136,8	0,214	0,98
10:30	4384,8	1731,6	4714,3	0,395	0,93
11:00	4312,8	1751,4	4654,9	0,406	0,93
11:30	4293	1965,6	4721,6	0,458	0,91
12:00	3965,4	1566	4263,4	0,395	0,93
12:30	4203	1800	4572,2	0,428	0,92
13:00	4320	1728	4652,8	0,400	0,93
13:30	4415,4	1704,6	4733,0	0,386	0,93
14:00	3792,6	1346,4	4024,5	0,355	0,94
14:30	2847,6	687,6	2929,0	0,241	0,97
15:00	4500	1956,6	4907,0	0,435	0,92
15:30	5020,2	2073,6	5431,6	0,413	0,92
16:00	4885,2	2077,2	5308,5	0,425	0,92
16:30	4537,8	2030,4	4971,3	0,447	0,91
17:00	4289,4	1863	4676,5	0,434	0,92
17:30	4611,6	2125,8	5078,0	0,461	0,91
18:00	4474,8	2041,2	4918,4	0,456	0,91
18:30	4977	2111,4	5406,3	0,424	0,92
19:00	4820,4	2082,6	5251,0	0,432	0,92
19:30	3873,6	1256,4	4061,3	0,315	0,95
20:00	3792,6	1278	3999,8	0,335	0,95
20:30	2167,2	55,8	2169,6	-0,047	1,00
21:00	2653,2	1245,6	2926,5	0,465	0,91

Час	Ком.№ 9 Ввод №1				
	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
21:30	1288,8	113,4	1288,9	-0,011	1,00
22:00	1580,4	387	1627,1	0,245	0,97
22:30	1891,8	734,4	2029,3	0,388	0,93
23:00	2491,2	1432,8	2873,8	0,575	0,87
23:30	3088,8	1999,8	3679,7	0,647	0,84
0:00	3718,8	2118,6	4279,9	0,570	0,87
Ср. кв. знач.	3999,02	1699,48	4343,85	0,40	0,93
Макс. Знач.	5020,2	2125,8	5431,595	0,647436	1,00
Мін. Знач.	1288,8	55,8	1288,88	-0,04734	0,84

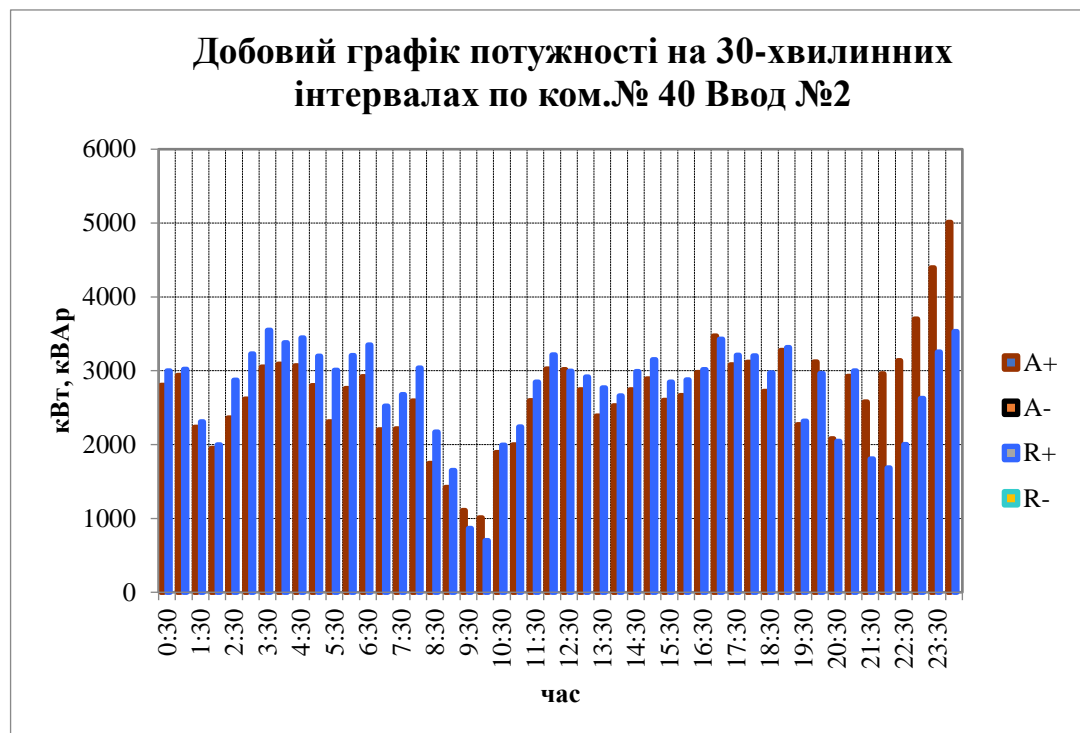


Рисунок 2.2 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 40 Ввод №2

Таблиця 2.5 – Параметри заміру навантаження по ком. №9, ввод №1

Час	Ком. № 40 Ввод №2				
	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
0:30	2800,8	2998,8	4103,3	1,071	0,68
1:00	2937,6	3018,6	4212,1	1,028	0,70
1:30	2232	2309,4	3211,7	1,035	0,69
2:00	1949,4	1994,4	2788,9	1,023	0,70
2:30	2361,6	2872,8	3718,9	1,216	0,64
3:00	2617,2	3227,4	4155,2	1,233	0,63
3:30	3047,4	3547,8	4676,9	1,164	0,65

	Ком. № 40 Ввод №2				
4:00	3088,8	3378,6	4577,7	1,094	0,67
4:30	3065,4	3441,6	4608,8	1,123	0,67
5:00	2797,2	3196,8	4247,8	1,143	0,66
5:30	2309,4	3007,8	3792,1	1,302	0,61
6:00	2757,6	3204	4227,3	1,162	0,65
6:30	2917,8	3348	4441,0	1,147	0,66
7:00	2197,8	2521,8	3345,1	1,147	0,66
7:30	2210,4	2674,8	3469,9	1,210	0,64
8:00	2590,2	3036,6	3991,2	1,172	0,65
8:30	1744,2	2167,2	2781,9	1,243	0,63
9:00	1418,4	1650,6	2176,3	1,164	0,65
9:30	1105,2	862,2	1401,7	0,780	0,79
10:00	1006,2	700,2	1225,9	0,696	0,82
10:30	1891,8	1990,8	2746,3	1,052	0,69
11:00	1994,4	2239,2	2998,6	1,123	0,67
11:30	2595,6	2844	3850,4	1,096	0,67
12:00	3024	3213	4412,2	1,063	0,69
12:30	3013,2	2993,4	4247,3	0,993	0,71
13:00	2743,2	2916	4003,5	1,063	0,69
13:30	2386,8	2766,6	3653,9	1,159	0,65
14:00	2525,4	2660,4	3668,2	1,053	0,69
14:30	2739,6	2989,8	4055,2	1,091	0,68
15:00	2887,2	3148,2	4271,7	1,090	0,68
15:30	2599,2	2844	3852,8	1,094	0,67
16:00	2662,2	2874,6	3918,0	1,080	0,68
16:30	2977,2	3013,2	4235,9	1,012	0,70
17:00	3470,4	3427,2	4877,4	0,988	0,71
17:30	3078	3209,4	4446,8	1,043	0,69
18:00	3114	3200,4	4465,4	1,028	0,70
18:30	2719,8	2971,8	4028,5	1,093	0,68
19:00	3276	3312	4658,5	1,011	0,70
19:30	2269,8	2318,4	3244,5	1,021	0,70
20:00	3117,6	2964,6	4302,1	0,951	0,72
20:30	2077,2	2044,8	2914,8	0,984	0,71
21:00	2921,4	2995,2	4184,0	1,025	0,70
21:30	2575,8	1805,4	3145,5	0,701	0,82
22:00	2957,4	1683	3402,7	0,569	0,87
22:30	3137,4	1999,8	3720,5	0,637	0,84
23:00	3700,8	2626,2	4537,9	0,710	0,82
23:30	4393,8	3252,6	5466,7	0,740	0,80
0:00	5009,4	3531,6	6129,1	0,705	0,82
Ср. кв. знач.	2776,19	2803,91	3945,78	1,04	0,70
Макс. Знач.	5009,40	3531,60	6129,13	1,24	0,87
Мін. Знач.	1006,20	700,20	1225,85	0,57	0,63

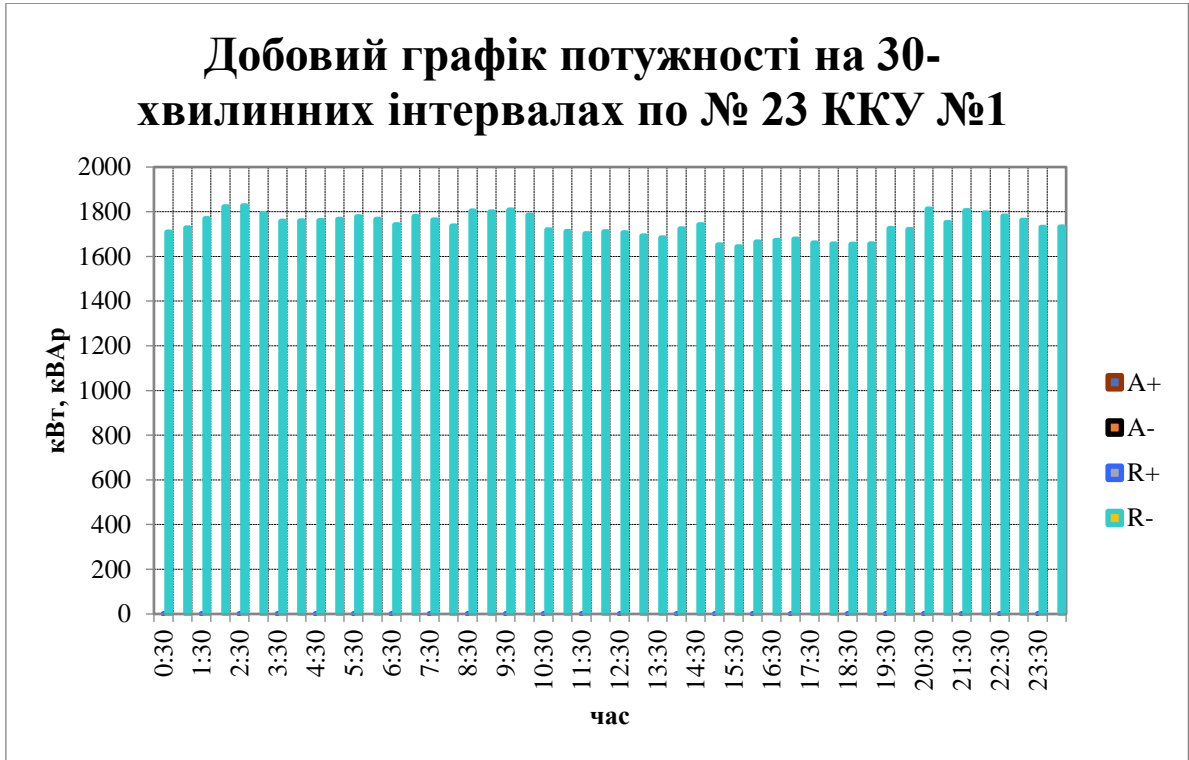


Рисунок 2.3 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 23 ККУ №1

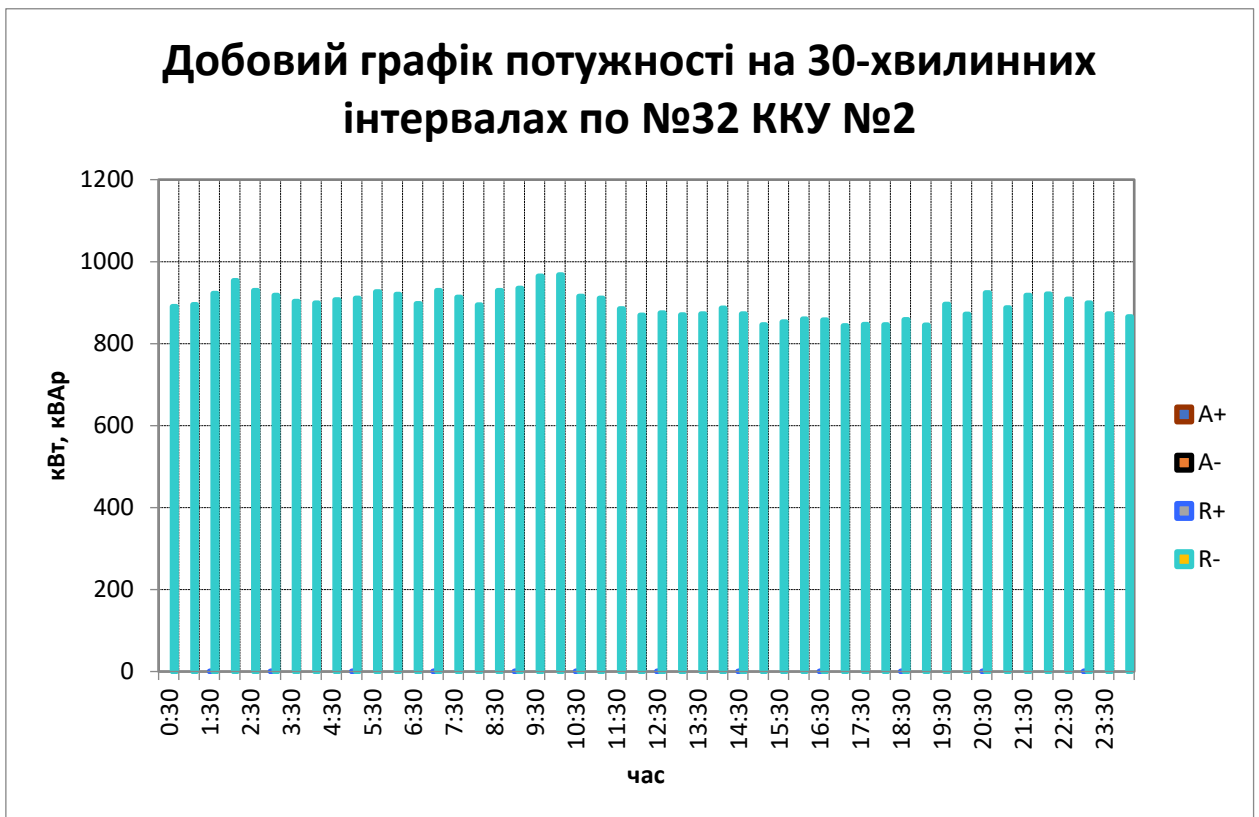


Рисунок 2.4 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 32 ККУ №2

Таблиця 2.5 – Параметри режиму генерації реактивної потужності по ком.

№23 ККУ №1 і №32 ККУ №2

	№ 23 ККУ №1	№ 32 ККУ №2
Час	R-, квар	R-, квар
0:30	1708,32	890,16
1:00	1727,52	895,2
1:30	1768,08	922,56
2:00	1821,84	953,28
2:30	1825,92	929,52
3:00	1791,84	918
3:30	1757,28	902,88
4:00	1758,96	899,28
4:30	1760,88	906,96
5:00	1765,2	910,8
5:30	1777,44	926,4
6:00	1765,68	919,68
6:30	1741,44	897,12
7:00	1778,88	929,28
7:30	1763,52	913,2
8:00	1735,2	894,24
8:30	1802,88	929,28
9:00	1798,56	934,8
9:30	1807,44	964,56
10:00	1783,92	967,68
10:30	1718,88	915,36
11:00	1711,68	910,32
11:30	1701,6	885,12
12:00	1710	869,52
12:30	1705,92	874,8
13:00	1691,52	870,24
13:30	1682,64	872,64
14:00	1723,44	886,08
14:30	1742,16	872,64
15:00	1651,92	845,52
15:30	1642,32	852,48
16:00	1664,16	859,92
16:30	1670,64	857,76
17:00	1677,6	843,6
17:30	1659,84	846,72
18:00	1655,76	845,52
18:30	1654,56	858,48
19:00	1655,76	845,04
19:30	1724,64	895,44
20:00	1720,08	871,92

	№ 23 ККУ №1	№ 32ККУ №2
Час	Р-, квар	Р-, квар
20:30	1811,52	924,24
21:00	1752,24	887,04
21:30	1805,04	918
22:00	1795,2	920,88
22:30	1779,84	908,64
23:00	1761,6	899,04
23:30	1730,64	872,64
0:00	1730,88	865,44
Ср. кв. знач.	1737,68	895,98
Макс. Знач.	1811,52	967,68
Мін. Знач.	1642,32	843,60

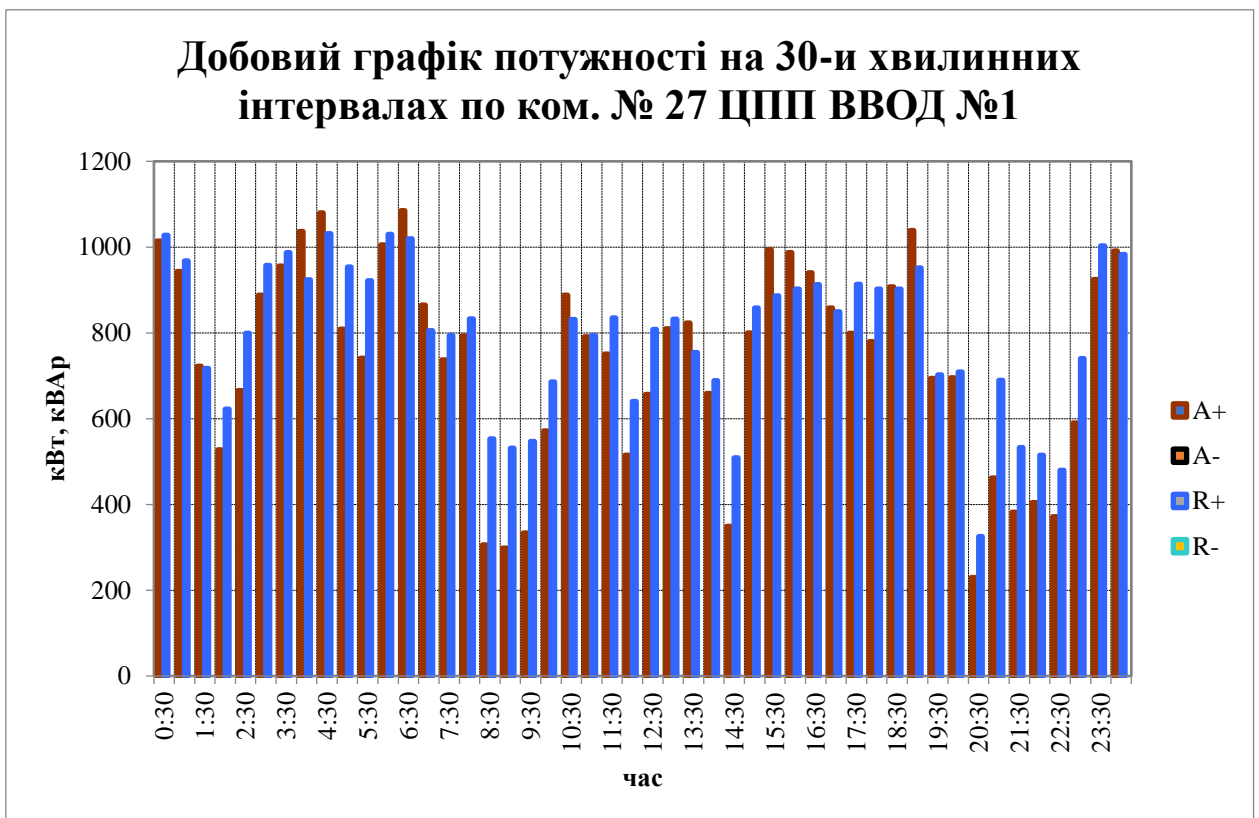


Рисунок 2.5 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 27 ЦПП Ввод №1

Таблиця 2.6 – Параметри режиму електроспоживання по ком. №27
ЦПП ВВОД №1

Ком. № 27 ЦПП ВВОД №1					
Час	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
0:30	1014,24	1027,2	1443,5	1,013	0,70
1:00	943,2	967,68	1351,3	1,026	0,70
1:30	722,4	717,12	1017,9	0,993	0,71
2:00	527,52	622,56	816,0	1,180	0,65
2:30	665,76	799,2	1040,2	1,200	0,64
3:00	888	957,6	1306,0	1,078	0,68
3:30	955,68	987,36	1374,1	1,033	0,70
4:00	1036,32	924	1388,4	0,892	0,75
4:30	1079,52	1031,52	1493,1	0,956	0,72
5:00	808,8	953,76	1250,5	1,179	0,65
5:30	741,12	921,12	1182,3	1,243	0,63
6:00	1005,12	1030,08	1439,2	1,025	0,70
6:30	1084,8	1019,52	1488,7	0,940	0,73
7:00	864,96	804,96	1181,6	0,931	0,73
7:30	737,28	793,92	1083,5	1,077	0,68
8:00	792,96	832,8	1149,9	1,050	0,69
8:30	305,76	552,48	631,4	1,807	0,48
9:00	298,08	530,88	608,8	1,781	0,49
9:30	333,6	546,72	640,5	1,639	0,52
10:00	571,2	685,44	892,2	1,200	0,64
10:30	888	831,36	1216,4	0,936	0,73
11:00	791,04	793,92	1120,7	1,004	0,71
11:30	750,24	835,2	1122,7	1,113	0,67
12:00	514,56	639,84	821,1	1,243	0,63
12:30	656,64	808,32	1041,4	1,231	0,63
13:00	809,28	831,84	1160,6	1,028	0,70
13:30	823,2	754,56	1116,7	0,917	0,74
14:00	658,56	688,32	952,6	1,045	0,69
14:30	348,96	508,8	617,0	1,458	0,57
15:00	800,16	858,24	1173,4	1,073	0,68
15:30	994,08	886,56	1332,0	0,892	0,75
16:00	986,88	902,4	1337,3	0,914	0,74
16:30	940,32	912,48	1310,3	0,970	0,72
17:00	858,24	849,12	1207,3	0,989	0,71
17:30	799,2	912,96	1213,3	1,142	0,66
18:00	780	901,92	1192,4	1,156	0,65
18:30	907,2	901,92	1279,2	0,994	0,71
19:00	1038,72	951,36	1408,6	0,916	0,74
19:30	693,6	701,76	986,7	1,012	0,70
20:00	695,52	708,96	993,2	1,019	0,70
20:30	229,44	325,44	398,2	1,418	0,58

Ком. № 27 ЦПП ВВОД №1					
Час	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
21:00	461,76	689,28	829,7	1,493	0,56
21:30	381,6	532,32	655,0	1,395	0,58
22:00	404,16	515,04	654,7	1,274	0,62
22:30	371,04	479,52	606,3	1,292	0,61
23:00	590,4	740,16	946,8	1,254	0,62
23:30	924,48	1003,2	1364,2	1,085	0,68
0:00	991,2	982,56	1395,7	0,991	0,71
Ср. кв. знач.	775,00	813,10	1123,28	1,16	0,67
Макс. Знач.	1038,72	1003,20	1408,55	1,81	0,75
Мін. Знач.	229,44	325,44	398,19	0,89	0,48

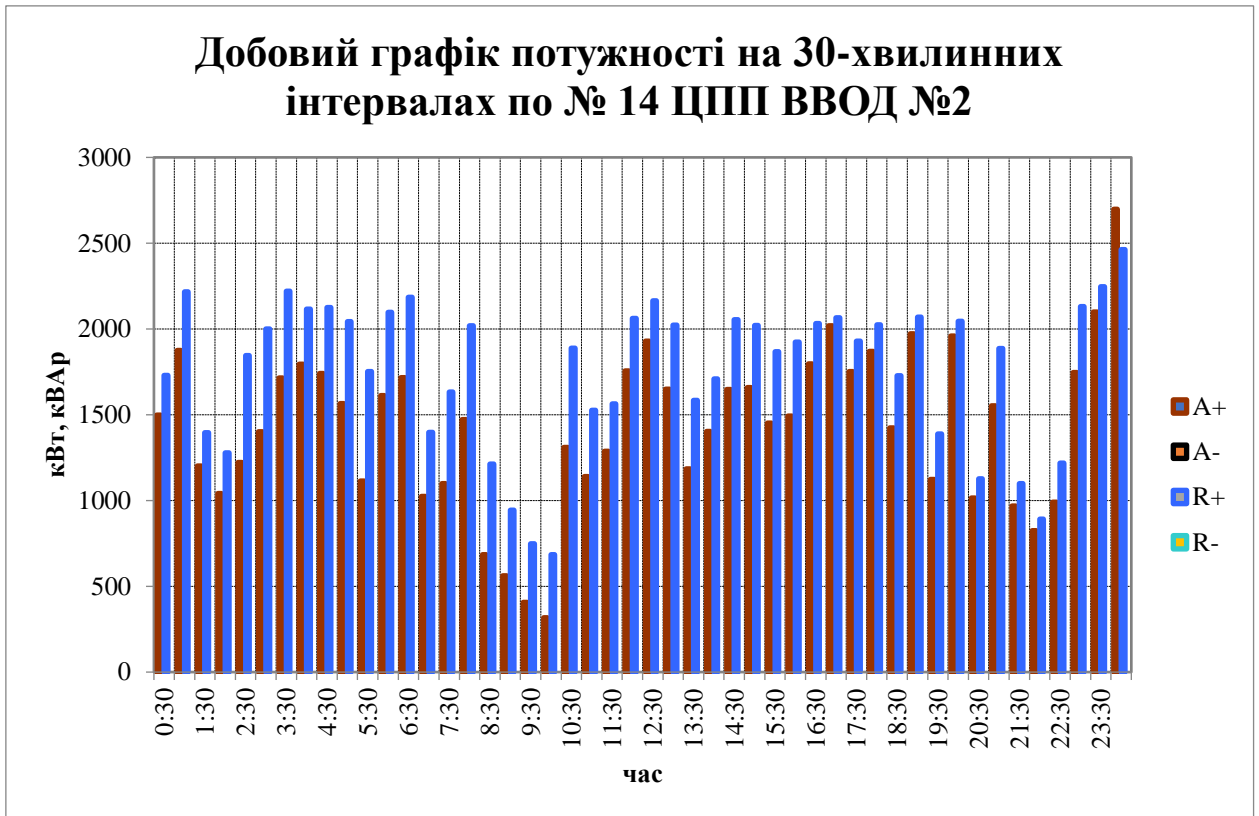


Рисунок 2.5 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 14 ЦПП Ввод №2

Таблиця 2.7 – Параметри режиму електроспоживання по ком. №14 ЦПП ВВОД №2

№ 14 ЦПП ВВОД №2					
Час	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
0:30	1497,6	1729,92	2288,1	1,155	0,65
1:00	1873,92	2216,16	2902,2	1,183	0,65
1:30	1201,92	1394,88	1841,3	1,161	0,65
2:00	1040,16	1277,28	1647,2	1,228	0,63
2:30	1221,6	1845,12	2212,9	1,510	0,55
3:00	1401,12	2000,64	2442,5	1,428	0,57
3:30	1714,56	2220	2805,0	1,295	0,61
4:00	1795,2	2115,36	2774,4	1,178	0,65
4:30	1740	2124,48	2746,1	1,221	0,63
5:00	1565,76	2041,92	2573,1	1,304	0,61
5:30	1114,08	1752,48	2076,6	1,573	0,54
6:00	1610,88	2096,64	2644,0	1,302	0,61
6:30	1715,52	2184,96	2778,0	1,274	0,62
7:00	1024,8	1397,28	1732,8	1,363	0,59
7:30	1098,24	1632,96	1967,9	1,487	0,56
8:00	1472,64	2018,4	2498,5	1,371	0,59
8:30	684	1212,96	1392,5	1,773	0,49
9:00	561,6	943,2	1097,7	1,679	0,51
9:30	405,6	747,36	850,3	1,843	0,48
10:00	316,8	683,52	753,4	2,158	0,42
10:30	1308,96	1887,84	2297,2	1,442	0,57
11:00	1140,48	1525,44	1904,6	1,338	0,60
11:30	1287,36	1563,84	2025,6	1,215	0,64
12:00	1754,88	2061,6	2707,4	1,175	0,65
12:30	1929,12	2164,32	2899,3	1,122	0,67
13:00	1649,76	2021,28	2609,1	1,225	0,63
13:30	1183,68	1583,52	1977,0	1,338	0,60
14:00	1402,08	1707,84	2209,6	1,218	0,63
14:30	1646,88	2052,96	2631,9	1,247	0,63
15:00	1658,4	2019,84	2613,4	1,218	0,63
15:30	1451,04	1866,72	2364,4	1,286	0,61
16:00	1491,84	1923,84	2434,5	1,290	0,61
16:30	1795,68	2032,32	2712,0	1,132	0,66
17:00	2019,36	2064,48	2887,9	1,022	0,70
17:30	1752,48	1929,6	2606,6	1,101	0,67
18:00	1869,6	2023,2	2754,8	1,082	0,68
18:30	1422,72	1727,04	2237,6	1,214	0,64
19:00	1970,88	2068,32	2857,0	1,049	0,69
19:30	1123,68	1388,64	1786,3	1,236	0,63
20:00	1958,4	2044,32	2831,0	1,044	0,69
20:30	1015,2	1126,08	1516,1	1,109	0,67

21:00	1552,32	1885,44	2442,2	1,215	0,64
21:30	968,64	1099,2	1465,1	1,135	0,66
22:00	824,64	891,84	1214,7	1,081	0,68
22:30	990,72	1218,24	1570,2	1,230	0,63
23:00	1746,24	2129,76	2754,1	1,220	0,63
23:30	2098,56	2246,4	3074,1	1,070	0,68
0:00	2697,12	2462,88	3652,4	0,913	0,74
Ср. кв. знач.	1504,36	1809,07	2352,84	1,30	0,62
Макс. Знач.	2697,12	2462,88	3652,43	2,16	0,74
Мін. Знач.	316,80	683,52	753,37	0,91	0,42

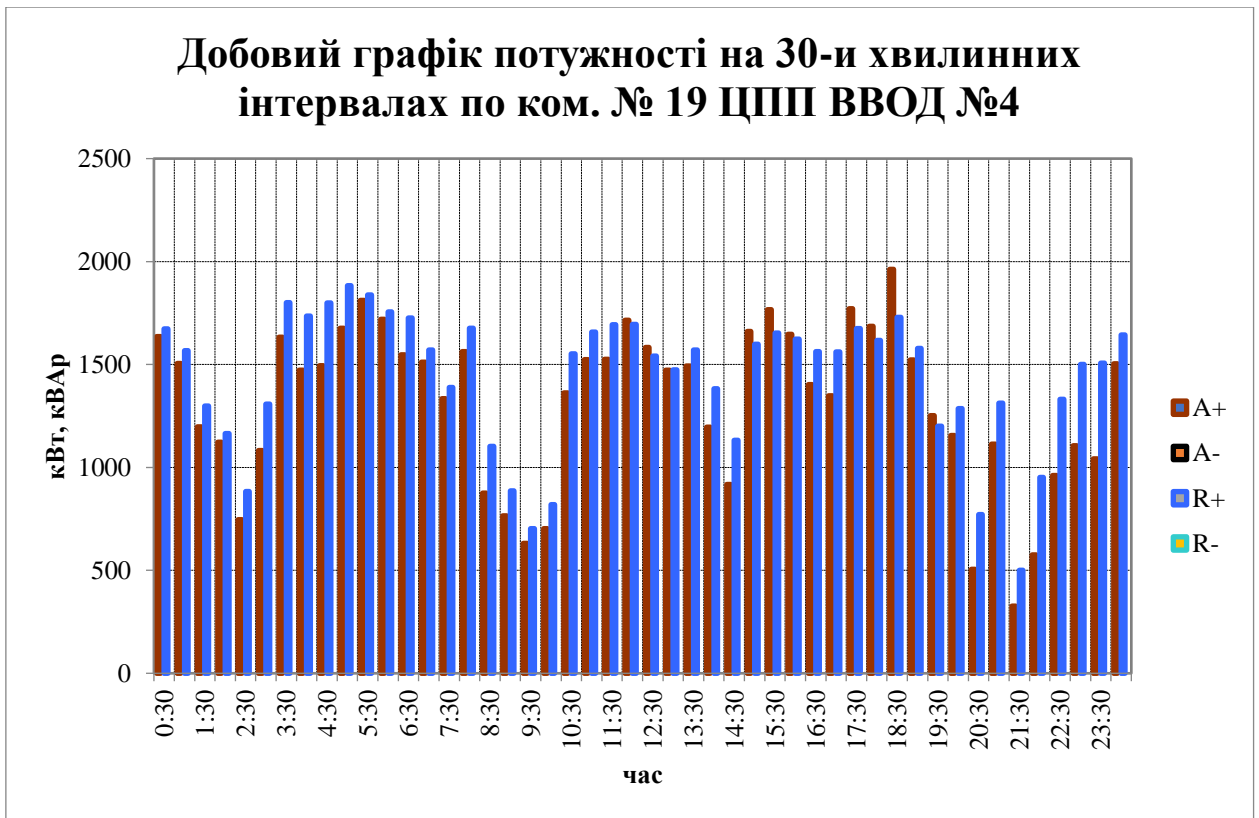


Рисунок 2.6 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 19 ЦПП Ввод №4

Таблиця 2.8 – Параметри режиму електроспоживання по ком. №19 ЦПП
ВВОД №4

№ 19 ЦПП ВВОД №4					
Час	P, кВт	Q,квар	S, кВА	tgφ	cosφ
0:30	1634,88	1673,28	2339,4	1,023	0,70
1:00	1504,32	1567,2	2172,3	1,042	0,69
1:30	1197,12	1297,44	1765,3	1,084	0,68
2:00	1123,2	1164	1617,6	1,036	0,69
2:30	746,88	883,68	1157,0	1,183	0,65
3:00	1081,44	1307,52	1696,8	1,209	0,64
3:30	1632,96	1800	2430,3	1,102	0,67
4:00	1471,68	1735,2	2275,2	1,179	0,65
4:30	1494,72	1798,56	2338,6	1,203	0,64
5:00	1676,64	1883,52	2521,7	1,123	0,66
5:30	1811,52	1838,4	2581,0	1,015	0,70
6:00	1719,84	1755,84	2457,8	1,021	0,70
6:30	1547,04	1726,08	2317,9	1,116	0,67
7:00	1511,52	1570,08	2179,4	1,039	0,69
7:30	1333,44	1388,16	1924,9	1,041	0,69
8:00	1562,4	1676,16	2291,4	1,073	0,68
8:30	875,52	1102,56	1407,9	1,259	0,62
9:00	764,64	886,56	1170,8	1,159	0,65
9:30	631,2	702,72	944,6	1,113	0,67
10:00	702,72	818,88	1079,1	1,165	0,65
10:30	1361,76	1551,84	2064,6	1,140	0,66
11:00	1523,52	1657,92	2251,6	1,088	0,68
11:30	1524,48	1692,96	2278,2	1,111	0,67
12:00	1715,52	1693,92	2410,9	0,987	0,71
12:30	1582,08	1540,8	2208,4	0,974	0,72
13:00	1472,64	1474,08	2083,6	1,001	0,71
13:30	1491,84	1571,04	2166,5	1,053	0,69
14:00	1195,2	1382,88	1827,8	1,157	0,65
14:30	917,28	1131,36	1456,5	1,233	0,63
15:00	1659,84	1598,4	2304,3	0,963	0,72
15:30	1766,4	1652,16	2418,6	0,935	0,73
16:00	1646,4	1622,88	2311,8	0,986	0,71
16:30	1403,04	1561,92	2099,6	1,113	0,67
17:00	1347,36	1560,96	2062,0	1,159	0,65
17:30	1770,24	1673,76	2436,2	0,945	0,73
18:00	1684,8	1617,6	2335,6	0,960	0,72
18:30	1961,76	1728,96	2614,9	0,881	0,75
19:00	1521,6	1578,24	2192,3	1,037	0,69
19:30	1250,88	1199,52	1733,1	0,959	0,72
20:00	1154,88	1284,96	1727,7	1,113	0,67
20:30	504,96	770,4	921,1	1,526	0,55

21:00	1112,64	1312,8	1720,9	1,180	0,65
21:30	325,92	501,12	597,8	1,538	0,55
22:00	575,04	951,84	1112,1	1,655	0,52
22:30	961,44	1331,52	1642,3	1,385	0,59
23:00	1104,96	1500,48	1863,4	1,358	0,59
23:30	1042,08	1506,72	1832,0	1,446	0,57
0:00	1503,84	1643,04	2227,4	1,093	0,68
Ср. кв. знач.	1369,70	1471,81	2010,55	1,14	0,67
Макс. Знач.	1961,76	1728,96	2614,92	1,66	0,75
Мін. Знач.	325,92	501,12	597,78	0,88	0,52

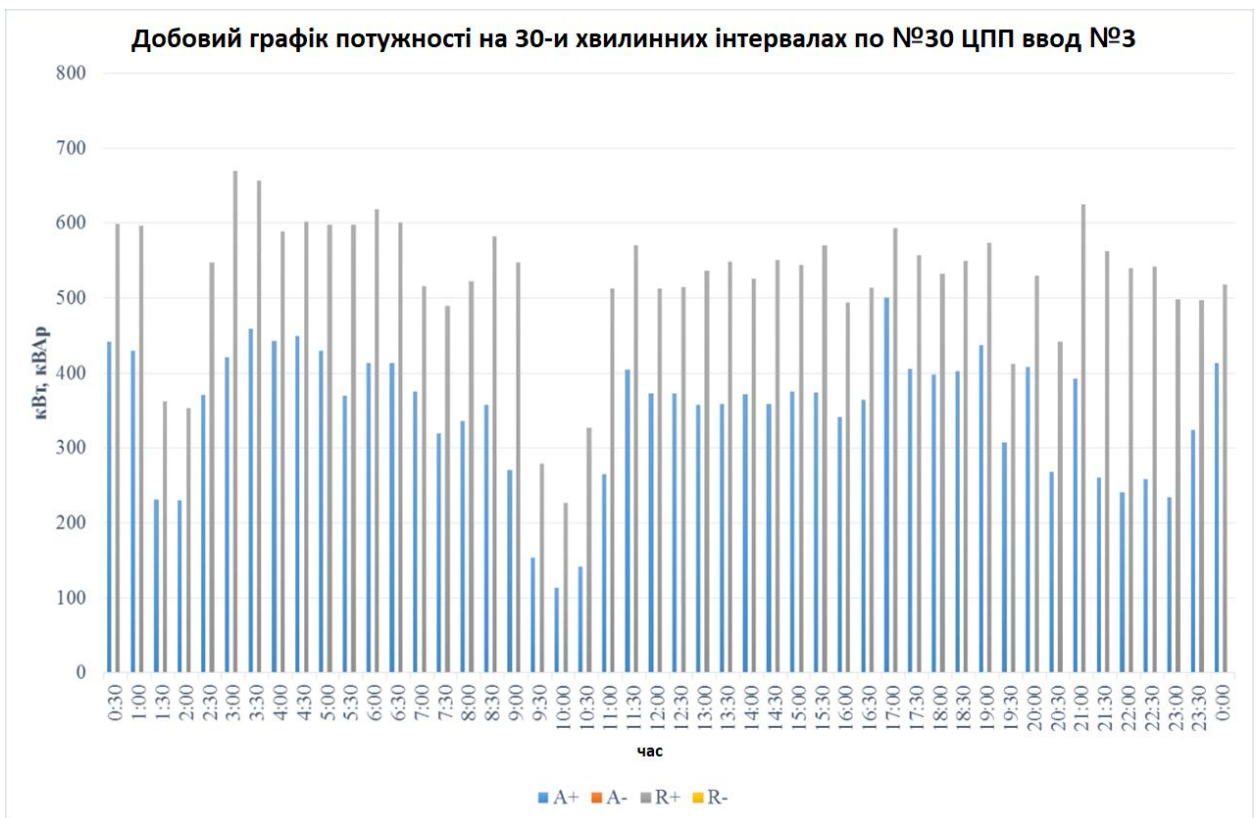


Рисунок 2.7 - Добовий графік потужності на 30-хвилинних інтервалах по ком.№ 30 ЦПП Ввод №3

Таблиця 2.8 – Параметри режиму електроспоживання по ком. №19 ЦПП
ВВОД №4

№30 ЦПП ВВОД №3					
Час	A+	R+	S	tgf	cosf
0:30	441,6	598,56	743,8	1,355	0,59
1:00	430,08	596,64	735,5	1,387	0,58
1:30	230,88	361,92	429,3	1,568	0,54
2:00	230,4	353,76	422,2	1,535	0,55
2:30	370,56	547,68	661,3	1,478	0,56
3:00	420,48	670,08	791,1	1,594	0,53
3:30	458,88	656,16	800,7	1,430	0,57
4:00	442,56	589,44	737,1	1,332	0,60
4:30	448,8	601,92	750,8	1,341	0,60
5:00	429,12	597,6	735,7	1,393	0,58
5:30	369,6	597,12	702,3	1,616	0,53
6:00	412,8	618,72	743,8	1,499	0,55
6:30	413,28	600,96	729,4	1,454	0,57
7:00	374,88	516	637,8	1,376	0,59
7:30	319,2	489,6	584,5	1,534	0,55
8:00	336	522,24	621,0	1,554	0,54
8:30	357,6	582,24	683,3	1,628	0,52
9:00	270,24	547,2	610,3	2,025	0,44
9:30	153,12	279,36	318,6	1,824	0,48
10:00	112,8	226,56	253,1	2,009	0,45
10:30	142,08	326,88	356,4	2,301	0,40
11:00	265,44	512,64	577,3	1,931	0,46
11:30	404,16	570,24	698,9	1,411	0,58
12:00	373,44	512,64	634,2	1,373	0,59
12:30	372,96	514,56	635,5	1,380	0,59
13:00	357,12	536,16	644,2	1,501	0,55
13:30	358,56	548,64	655,4	1,530	0,55
14:00	371,52	526,08	644,0	1,416	0,58
14:30	359,04	551,04	657,7	1,535	0,55
15:00	375,36	543,84	660,8	1,449	0,57
15:30	373,92	570,24	681,9	1,525	0,55
16:00	341,28	493,92	600,4	1,447	0,57
16:30	364,32	513,12	629,3	1,408	0,58
17:00	500,16	592,8	775,6	1,185	0,64
17:30	405,6	557,76	689,6	1,375	0,59
18:00	398,4	532,32	664,9	1,336	0,60
18:30	402,24	549,6	681,1	1,366	0,59
19:00	437,28	573,12	720,9	1,311	0,61
19:30	307,2	411,84	513,8	1,341	0,60
20:00	407,52	529,92	668,5	1,300	0,61

20:30	267,84	441,6	516,5	1,649	0,52
21:00	392,64	624,48	737,7	1,590	0,53
21:30	260,64	562,56	620,0	2,158	0,42
22:00	241,44	539,52	591,1	2,235	0,41
22:30	258,72	541,92	600,5	2,095	0,43
23:00	234,24	498,72	551,0	2,129	0,43
23:30	324	497,76	593,9	1,536	0,55
0:00	413,76	517,92	662,9	1,252	0,62
Ср. кв. знач.	358,97	533,48	643,01	1,59	0,55
Макс. Знач.	500,16	624,48	775,61	2,30	0,64
Мін. Знач.	112,80	226,56	253,09	1,19	0,40

2.5 Визначення параметрів режиму роботи підземної системи електропостачання для оцінки резонансних явищ

Для підземної частини шахтної системи електропостачання таблиці вихідних даних для аналізу включають в себе наступні елементи:

- високовольтні кабельні лінії 6 кВ;
- електродвигуни насосів водовідливної установки 6 кВ;
- підземні пересувні підстанції.

Опори всіх елементів приводяться до напруги 6 кВ. Для кабельних ліній враховується їх ємність відносно землі.

При еквівалентуванні вихідної схеми заміщення передбачається нормальний режим роботи схеми. Відключено секційні автоматичні вимикачі на підземних розподільчих пунктах РПП та центральних підземних підстанціях. Результуючі опори схеми заміщення підземної шахтної мережі приведено до відповідної секції шин ГПП (звідні комірки).

Таблиця з вихідними даними для розрахунків наведена нижче.

Таблиця 2.9 – Вихідні дані для проведення розрахунків режиму роботи СЕП

№ комірки ГПП	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р. ном.АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	С, мкФ
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120			
27	235/6		КВЭВБШв								550	0,083	0,042	0,253
	1		ВЭВБШв		125							0,144	0,013	0,029
			ЦНС 300	500									9,425	
	2		СБН				300					0,156	0,026	0,093
				ТСВП-400								0,810	3,040	
	3		ВЭВБШв			50						0,037	0,005	0,014
			ЦНС 300	500									9,425	
	4_235/4- 190/1		КВЭВБШв								110	0,017	0,008	0,051
	190_2		СБН				20					0,010	0,002	0,006
				ТКШВП-320								0,925	2,660	
	7		СБН				150					0,078	0,013	0,047
				ТСВП-250								1,500	4,810	
	8		СБН				320					0,166	0,028	0,099
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			СБН				400					0,208	0,035	0,124
				ТСВП-400								0,810	3,040	
14	235/16		КВЭВБШв								560	0,084	0,043	0,258
	12		СБН		100							0,115	0,010	0,023
			ЦНС 300	500									9,425	
	13		СБН				30					0,016	0,003	0,009
				ТСВП-250								1,500	4,810	
	15		СБН				300					0,156	0,026	0,093
				ТСВП-400								0,810	3,040	
	17											0,367	0,298	2,277
	18		СБН		125							0,144	0,013	0,029
			ЦНС 300	500									9,425	
19	235/23		КВЭВБШв								550	0,083	0,042	0,253
	235/22											0,703	0,487	5,502
30	190/10		КВЭВБШв								450	0,068	0,034	0,207
	4		ВЭВБШв				455					0,168	0,038	0,164
				ТСВП-400								0,810	3,040	

ЦПП гор.235 м

№ комірки ГПП	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р _{ном} АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	C, мкФ
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120			
				ТСВП-400								0,810	3,040	
				ТСВП-400								0,810	3,040	
	6		СБН				355					0,185	0,031	0,110
				ТСВП-400								0,810	3,040	
	7		СБН				200					0,104	0,017	0,062
				ТСВП-250								1,500	4,810	
	8		СБН				320					0,166	0,028	0,099
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			СБН				400					0,208	0,035	0,124
				ТСВП-400								0,810	3,040	
	9		ВЭВБ6Шв				320					0,166	0,028	0,099
				ТСВП-400								0,810	3,040	
17	235/17	№7/1	ВЭВБ6Шв						800			0,155	0,062	0,336
		2	ВЭВБ6Шв				520					0,270	0,045	0,161
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБ6Шв				1200					0,624	0,104	0,372
				TN-1250								0,160	1,430	
				TN-1250								0,160	1,430	
		3	ВЭВБ6Шв				520					0,270	0,045	0,161
				ТСВП-630								0,440	2,010	
			ВЭВБ6Шв				2150					1,118	0,187	0,667
				TN-1250								0,160	1,430	
		4	ВЭВБ6Шв				700					0,364	0,061	0,217
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБ6Шв				270					0,140	0,023	0,084
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБ6Шв				900					0,468	0,078	0,279
				ТСВП-630								0,440	2,010	
				ТСВП-630								0,440	2,010	
				ТСВП-630								0,440	2,010	
9	235/9	№7/9	ВЭВБ6Шв						800			0,155	0,062	0,336
		7	ВЭВБ6Шв				1590					0,827	0,138	0,493
				ТСВП-250								1,500	4,810	

РПП-6 №7 гор.235 м

РПП-6 №7 гор.235 м

№ комірки ГПП	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р _{ном} АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	C, мкФ	
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120				
			ВЭВБШв				450						0,234	0,039	0,140
				ТСВП-250									1,500	4,810	
			ВЭВБШв				1300						0,676	0,113	0,403
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШв					350					0,130	0,029	0,126
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШв				800						0,416	0,070	0,248
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		7	ВЭВБШв				520						0,270	0,045	0,161
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШв				250						0,130	0,022	0,078
				ТКШВП-320									0,925	2,660	
		8	ВЭВБШв				1950						1,014	0,170	0,605
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШв				235						0,122	0,020	0,073
				ТСВП-400									0,810	3,040	
5	235/5	№4/1	ВЭВБШВ, СБВШ				1090						0,567	0,095	0,338
		2	ВЭВБШВ				315						0,164	0,027	0,098
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		3	ВЭВБШВ				800						0,416	0,070	0,248
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		4	ВЭВБШВ				200						0,104	0,017	0,062
				ТСВП-400									0,810	3,040	
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				800						0,416	0,070	0,248
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		5	СБН				40						0,021	0,003	0,012
				ТСВП-250									1,500	4,810	
19	235/19	№4/7	ВЭВБШВ				1280						0,666	0,111	0,397
14	235/14	№3/1	СБН							2120			0,411	0,165	0,890
		3	СБН				210						0,109	0,018	0,065
				ТСВП-400									0,810	3,040	

РПП-6 №4 гор.235 м

РПП-6 №3
гор.235 м

№ комірки ГПП	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р _{ном} АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	C, мкФ	
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120				
										20			0,005	0,002	0,008
				ТКШВП-240									1,500	3,440	
		№3/4- №2/3	ВЭВБШВ							870			0,226	0,070	0,348
		1	ВЭВБШВ				220						0,114	0,019	0,068
				ТСВП-400									0,810	3,040	
				ТСВП-400									0,810	3,040	
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		2	ВЭВБШВ				20						0,010	0,002	0,006
				ТКШВП-240									1,500	3,440	
		4	ВЭВБШВ				1070						0,556	0,093	0,332
		4.1	ВЭВБШВ				120						0,062	0,010	0,037
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		4.2	ВЭВБШВ				360						0,187	0,031	0,112
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		5	ВЭВБШВ				400						0,208	0,035	0,124
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				300						0,156	0,026	0,093
				ТСВП-400									0,810	3,040	
10		235/10	№5/4	ВЭВБШВ						2880			0,559	0,225	1,210
		3.1.	СБН				250						0,130	0,022	0,078
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		2											0,305	0,122	1,233
		3.2.	СБН, ВЭВБШВ						971				0,252	0,078	0,388
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		1	ВЭВБШВ				500						0,260	0,044	0,155
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		1	ВЭВБШВ						230				0,060	0,018	0,092
		1.1.	ВЭВБШВ							560			0,109	0,044	0,235
				ТСВП-400									0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				1200						0,624	0,104	0,372
				ТСВП-400									0,810	3,040	
		1.2.	ВЭВБШВ				100						0,052	0,009	0,031
				ТСВП-250									1,500	4,810	
		2	ВЭВБШВ				100						0,052	0,009	0,031

РПП-6 №2 гор.235 м

РПП-6 №5 гор.235 м

РПП-6
№8
гор.235
м

№ комірки ГПП	ЦПП гор.,м/№ комірки	РПП№ /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р _{ном} АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	C, мкФ
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120			
				ТСВП-400								0,810	3,040	
22	235/22	№5/11	ВЭВБШВ							2717		0,527	0,212	1,141
		7	СБН				300					0,156	0,026	0,093
				ТСВП-630								0,440	2,010	
		8	ВЭВБШВ				640					0,333	0,056	0,198
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				200					0,104	0,017	0,062
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				100					0,052	0,009	0,031
				ТСВП-250								1,500	4,810	
		9	ВЭВБШВ				285					0,148	0,025	0,088
				ТСВП-400								0,810	3,040	
		№5/10- №6/1	ВЭВБШВ							1570		0,305	0,122	0,659
		3	ВЭВБШВ				800					0,416	0,070	0,248
				ТСВП-400								0,810	3,040	
		4	ВЭВБШВ				500					0,260	0,044	0,155
				ТСВП-400								0,810	3,040	
		№6/2- №9/1	ВЭВБШВ						2983			0,776	0,239	1,193
		2	ВЭВБШВ				650					0,338	0,057	0,202
				ТСВП-250								1,500	4,810	
		3	ВЭВБШВ				620					0,322	0,054	0,192
				ТСВП-400								0,810	3,040	
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБШВ				510					0,265	0,044	0,158
				ТСВП-400								0,810	3,040	
		4	ВЭВБШВ				620					0,322	0,054	0,192
		пр. яч.	ВЭВБШВ				150					0,078	0,013	0,047
				ТСВП-630								0,440	2,010	
				ТСВП-400								0,810	3,040	
			ВЭВБШВ					2000				0,740	0,166	0,720
				ТСВП-630								0,440	2,010	
				ТСВП-630								0,440	2,010	
				ТСВП-1000								0,250	1,640	

№ комірки ГПП	ЦПП гор., м/№ комірки	РПП № /№ комірки	Марка кабеля	Тип ПУПП/Р _{ном} АД	Перетин і довжина кабелю, м							R, Ом	X, Ом	C, мкФ			
					3x16	3x25	3x35	3x50	3x70	3x95	3x120						
			5	ВЭВБШВ				345					0,179	0,030	0,107		
				ТСВП-630								0,440	2,010				
				ВЭВБШВ				50				0,026	0,004	0,016			
				ТСВП-400								0,810	3,040				
			№5/2- №6/7	СБН, ВЭВБШВ						1570		0,305	0,122	0,659			
			8	ВЭВБШВ						800		0,208	0,064	0,320			
			пр1.1	ВЭВБШВ				500				0,260	0,044	0,155			
				ТСВП-400								0,810	3,040				
			пр1.2		ТСВП-400							0,810	3,040				
					ТСВП-400							0,810	3,040				
			пр2	ВЭВБШВ						500		0,130	0,040	0,200			
				ВЭВБШВ				1000				0,520	0,087	0,310			
					ТСВП-400							0,810	3,040				
				ВЭВБШВ				800				0,416	0,070	0,248			
					ТСВП-400							0,810	3,040				
			пр.3		ТСВП-400							0,810	3,040				
					ТСВП-400							0,810	3,040				
					1500	350	50	33915	2805	6374	13017	2220					

Розрахунок паралельно-послідовних ланцюгів, що складаються з опорів елементів підземної мережі, дозволив отримати наступні результати:

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків режиму роботи СЕП

	ГПП	ЦПП	R, Ом	X, Ом	C, мкФ	R, Ом	X, Ом	C, мкФ
C1	Ком №27	C1: яч. 1-10	0,11	0,16	8,21	0,046	0,033	13,96
	Ком №19	C3: яч. 21-24	0,08	0,04	6			
C2	Ком №30	C2 ЦПП2: яч. 4-10	0,22	0,44	0,87	0,081	0,088	3,55
	Ком №14	C2: яч. 12-19	0,13	0,11	2,69			

2.6 Визначення індуктивного опору захисних реакторів

Щоб не допустити перевантаження конденсаторів, необхідно включати реактор послідовно з батареєю. Крім того, захист батареї статичного конденсатора (БСК) реактором запобігає виникненню резонансу струму при зміні еквівалентної реактивної провідності мережі [8,9].

Фазовий опір реактора для основної частоти розраховується за формулою:

$$X_P = \frac{X_{БСК}}{\nu^2}$$

де $\nu = 5$ - гармоніка найнижчого порядку для шестиімпульсного перетворювача;

$X_{БСК}$ – опір БСК.

Опір БСК визначається за такою формулою:

$$X_{БСК} = \frac{U_{ном.БСК}^2 \cdot 10^3}{Q_{БСК.реал}}$$

де $Q_{БСК.реал}$ - фактична місткість БСК;

$U_{ном.БСК}^2$ - номінальна максимальна напруга БСК (лінійна).

Як приклад розрахуємо індуктивний опір захисного реактора для БСК1 шахти «Павлоградська».

$$X_{БСК1} = \frac{3 \cdot U_{ном.БСК}^2 \cdot 10^3}{Q_{БСК1.реал}} = \frac{6,3^2 \cdot 10^3}{1800} = 22,05 \text{ Ом},$$

$$X_{P1} = \frac{X_{БСК1}}{\nu^2} = \frac{22,05}{5^2} = 0,882 \text{ Ом}.$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Індуктивні опори захисних реакторів

Назва	Місце встановлення	Реальна потужність, квар	Індуктивний опір захисного реактора, Ом
БСК1	"Павлоградська"	1800	0,882
БСК2		900	2,54

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано заходи щодо покращення режимів споживання реактивної потужності в підземній електромережі 6 кВ шахти «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» шляхом компенсації реактивної потужності підземних споживачів. Компенсація реактивної потужності в точках її споживання дозволить підвищити ефективність роботи системи електропостачання, знизити втрати потужності та енергії в елементах мережі, а також поліпшити режим напруги підземних споживачів. Розроблені заходи вимагають оцінки економічних показників.

3.1 Розрахунок капітальних витрат.

Розрахунок капітальних витрат на компенсацію реактивних навантажень підземних споживачів може здійснюватися за вартісними показниками компенсуючих установок типу УКРВ-6,3, які застосовні для вибухонебезпечних середовищ.

Вартість монтажних і пусконаладжувальних робіт приймається в розмірі 10% від вартості електрообладнання.

Витрати на транспортування, заготівлю і зберігання беруться у відсотках від вартості обладнання в розмірі 7%.

Капітальні витрати на реалізацію варіанту розраховуються наступним чином:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн},$$

де $K_{об}$ – вартість обладнання, тис.грн.;

$K_{тр}$ - витрати на транспортування, заготівлю і зберігання, тис.грн.;

$K_{мн}$ - витрати на монтаж і пусконаладжувальні роботи, тис.грн.;

Розрахунок капітальних витрат наведено в таблиці 3.1 за даними ПАТ «Донецька машинобудівна група» (виробник УКРВ-6.3).

Таблиця 3.1 – Розрахунок капітальних витрат

Назва	Тип	Вартість одиниці тис.грн/квар	Сумарна потужність батареї, квар	Капітальні витрати (тис. грн)
Конденсаторні установки 6 кВ	УКРВ-6,3-XXX-К- УХЛ5 Qсум = 7125 квар	0,5	7125	3562,5
Всього $K_{об} =$				3562,5
	Монтажні та пусконаладжувальні роботи		0,1 $K_{об}$	356,25
	Транспортно- заготівельні витрати		0,07 $K_{об}$	249,4
			$K =$	4168,1

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн} = 3562,5 + 356,25 + 249,4 = 4168,1 \text{ тис. грн}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.

Основні статті витрат:

1. Амортизація та амортизація (C_a).
2. Витрати на утримання та ремонт обладнання та мережах (C_T).

Таким чином, загальні експлуатаційні витрати складуть:

$$Z_{ЭК} = C_a + C_T, \text{ тис.грн.}$$

1. Річна амортизація C_a за основними активами розраховується виходячи з балансової вартості обладнання та мінімального (регламентованого) терміну служби:

$$C_a = \Phi_B / T_{\min}$$

Мінімальний термін служби електрообладнання - 5 років. Балансова вартість обладнання становить 4168,1 тис. Тоді витрати на амортизацію дорівнюватимуть:

$$C_a = \Phi_B / T_{\min} = 4168,1 / 5 = 833,6 \text{ тис. грн}$$

$$Z_{\text{ЭКС}} = C_a + C_T = 833,6 + 41,68 = 875,3 \text{ тис.грн}$$

2. До річних витрат на утримання і поточний ремонт електроустаткування відносяться витрати на матеріали, запасні одиниці, що визначаються у відсотках від капітальних витрат (в даній вартості основних засобів):

- для конденсаторних блоків – 1%.

Витрати на технічне обслуговування та ремонт:

$$C_T = 0,01 \cdot K = 0,01 \cdot 4168,1 = 41,68 \text{ тис. грн}$$

3.3 Визначення річного збитку на підземній СЕП за відсутності компенсації реактивної потужності.

Протікання реактивної електроенергії через елементи підземної електричної мережі (стволові та магістральні кабелі) 6 кВ спричиняє збільшення втрат активної потужності та енергії, що є суттєвим для сумарної

плати підприємства за електроенергію. Компенсація реактивної потужності в точках їх споживання сприяє зниженню втрат електроенергії в підземній системі електропостачання. В основній частині розраховані значення зниження втрат електроенергії за рахунок використання конденсаторів УКРВ-6,3. Сумарне значення зменшення втрат активної енергії з урахуванням компенсації реактивної потужності склало $\Delta W_p = 336635$ кВт·год/рік.

Розрахуємо вартість втрат електроенергії. Враховуючи, що точка балансу шахти «Павлоградська» розташована при напрузі вище 27,5 кВ, розрахунки за спожиту електроенергію проводяться за тарифами за першим класом напруги.

Приймаємо тарифну ставку на рівні 2,5 грн/кВт*год без ПДВ. ПДВ приймається на рівні 20%. У цьому випадку економічним ефектом від використання компенсації реактивної потужності буде величина витрат на зниження втрат електроенергії.

$$\Delta E = \Delta W_p \cdot (1,2 T_w) = 336635 \cdot (1,2 \cdot 2,5) = 1009905 \text{ грн/рік}$$

3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності.

Оцінка економічної ефективності технічного рішення проводиться на основі визначення та аналізу наступних показників:

- Коефіцієнт ефективності передбачуваних капітальних витрат

$$E_p = \Delta E / K,$$

$$E_p = \frac{1009,9}{4168,1} = 0,242.$$

- Термін окупності капітальних витрат показує, скільки років знадобиться для окупності капітальних витрат за рахунок розроблених заходів щодо компенсації реактивної потужності:

$$T_p = 1/E_p,$$

$$T_p = \frac{1}{0,242} = 4,13 \text{ роки}$$

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні показники

Назва показника	Одиниці вимірювання	Проектний варіант
Капітальні витрати	тис.грн	4168,1
Орієнтовний термін окупності	роки	4,13

Орієнтовний термін окупності проекту - 4,13 року. Техніко-економічні показники проекту, отримані в результаті розрахунків, є задовільними з урахуванням того, що вартість електроенергії має тенденцію до постійного зростання (не менше 10% на рік). Тому реальний термін окупності проекту настане раніше, ніж через 4 роки. Таким чином, з економічної точки зору дане технічне рішення є доцільним для впровадження на підприємстві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз електричних режимів шахти «Павлоградська» та оцінки показників електромагнітної сумісності за результатами моніторингу режимів електроспоживання. Особлива увага була приділена режиму реактивної потужності та відповідності показників якості електроенергії стандартним значенням та вищим коефіцієнтам гармонік.

Крім зниження втрат електроенергії, об'єкти компенсації реактивної потужності покращують режим в умовах стаціонарного відхилення напруги в системі електропостачання підземних споживачів, знижуючи її втрати до 3,83% по відношенню до номінальної. Установка компенсуючих пристроїв в підземній мережі дозволяє виключити додаткову компенсацію реактивної потужності на поверхні в розподільчому пристрої 6 кВ.

Сумарна проектна потужність компенсуючих пристроїв становить 7125 квар і може бути уточнена при наявності даних про моніторинг навантажень окремих РПП-6. До монтажу приймаються БК УКРВ-6,3 типу «К» – з вбудованим контактором і автоматичним підключенням до мережі і з автоматичним відключенням від мережі при зміні величини потужності реактивного навантаження, встановлюються відповідно до розрахунків в розрізах живильних кабельних ліній (до входних комірок КРУВ-6). Таким чином, немає необхідності вкладати кошти в установку додаткових комірок КРУВ для кожного конденсаторного блоку.

В результаті компенсації реактивної потужності в підземній системі електропостачання значно зменшується її витрата по лініях живлення 6 кВ, що сприяє зниженню втрат електроенергії, збільшенню пропускнуої здатності елементів мережі, підвищенню коефіцієнта потужності. Розрахункова величина зменшення втрат активної енергії в підземній системі електропостачання шахти становить $\Delta W_{\text{пот}} = 336635 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$, або близько 1 млн грн у грошовому еквіваленті, при капітальних інвестиціях близько 5 млн грн. Термін окупності запропонованих рішень становить менше 5 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. В.С. Дзюбан, І.Г. Ширнін, Б.М. Ванєєв, В.М. Гостищев Довідник енергетика вугільної шахти: У 2 т./; Під. заг. ред. канд. техн. наук Б.М. Ванєєва. - Вид. 2-е дод. І перероб. - Донецьк: ТОВ «Південний Схід, Лтд», 2001. - Т.2.: (Гол. 22-44). - 440 с.
2. Електрифікація гірничих робіт: Підручник. Вид. 2-е, доправ та доп. / Г. Г. Півняк, М. М. Бєлий, Л. П. Ворохов, В. Т. Заїка, Ю. М. Зражевський, А. Я. Рибалко, В. І. Тєслєнко, Ф. П. Шкрабець; За ред. Академіка НАН України Г. Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. – 615 с.
3. Довідник з електроустановок вугільних підприємств. Електроустановки вугільних шахт/В.Ф. Антонов, Ш.Ш.Ахмедов, С.А.Волотковський та ін; за ред. В.В. Дєгтярьова, В.І. Сєрова, Г.Ю. Цєпєлінського.- М.: Надра, 1988. - 727с.
4. Основи енергопостачання гірничих підприємств / С.А. Волотковський, А.І. Кур'ян, С.Р. Маймін та ін; за ред. С.А. Волотковського. - К.: Вища школа, 1978. - 271с.
5. Режими електроспоживання вугільних шахт: Навч. Посібник.- Дніпропетровськ, Національна гірнича академія України, 2002.- 126 с.
6. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. – Київ,- 1995. –38 с.

Додаток А

		Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка	58	
5					
6					
7			Презентаційні матеріали	10	
8					
9					
10					
11					
12					