

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
к.т.н., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
“__” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ
на тему:
«Розробка системи електропостачання
агропромислових споживачів п/ст. Компаніївка
150/35/10 кВ»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу групи ЕЕ-20,
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»,
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Богдан ДАНУЦА
«__» _____ 2024 р.

Керівник роботи
професор, канд. техн. наук
_____Петро ПЛЄШКОВ
«__» _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Петро ПЛЄШКОВ

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Дануци Богдана Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка системи електропостачання**

агропромислових споживачів п/ст. Компаніївка 150/35/10 кВ

Development of a power supply system for agro-industrial consumers of the plant.

Kompaniivka 150/35/10 kV

2. Керівник роботи (проекту) Плєшков Петро Григорович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 3.06.2024 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) _____

Вступ; Розрахунок електричних навантажень; Картограма навантажень;
Режими реактивної потужності системи електропостачання району; Вибір
оптимальної схеми електропостачання району; Розрахунок режимів схем
електропостачання району; Вибір кількості та потужності трансформаторів і
підстанції району; Розрахунок струмів короткого замикання для вибору
високовольтного обладнання та високовольтних електричних мереж;
Модернізація електрообладнання підстанції

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н.Ю. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	1.05.24	
2	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	5.05.24	
3	<i>Картограма навантажень</i>	9.05.24	
4	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання району</i>	12.05.24	
5	<i>Вибір оптимальної схеми електропостачання району</i>	15. 05.24	
6	<i>Розрахунок режимів схем електропостачання району</i>	19. 05.24	
7	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів і підстанції району</i>	22. 05.24	
8	<i>Розрахунок струмів короткого замикання для вибору високовольтного обладнання та високовольтних електричних мереж</i>	25. 05.24	
9	<i>Модернізація електрообладнання підстанції</i>		
10	<i>Оформлення пояснювальної записки ВКР</i>	29. 05.24	
11	<i>Оформлення презентаційної частини ВКР</i>	31. 05.24	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024р.

Підпис керівника _____

Петро ПЛЄШКОВ

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Богдан ДАНУЦА

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 138 с.; 33 рис.; 35 табл.; 14 джерел, презентація 8 аркушів.

Дануца Б.О. Розробка системи електропостачання агропромислових споживачів п/ст. Компаніївка 150/35/10 кВ – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

В кваліфікаційній роботі було проведено розробку системи електропостачання агропромислових споживачів п/ст Компаніївка 150/35/10 кВ з впровадженням заходів по модернізації обладнання підстанції. В процесі роботи були розраховані електричні навантаження агропромислових споживачів, проведено вибір оптимальної схеми електропостачання району, вибір рівня номінальної напруги мережі, вибір схеми з'єднань ліній електричної мережі та варіантів електропостачання.

У спеціальному розділі розглянуто питання модернізації підстанційного обладнання. Визначено та запропоноване сучасне устаткування підстанцій, а саме КРП з цифровими системами управління і захисту, які замінюють масивні аналогові системи. Особливістю цих КРП є комплектація високовольтними вимикачами, які відрізняються високою ефективністю та довговічністю, що робить їх популярними у сучасних електричних установках.

Ключові слова: підстанція, трансформатори, високовольтне обладнання, районні мережі, режими електропостачання, вимикачі, комплектні розподільчі пристрої.

ABSTRACT

Qualification work: 138 p.; 33 Fig.; 35 tables; 14 sources, presentation of 8 sheets.

Danutsa B.O. Development of the electricity supply system for agro-industrial consumers p/st. Company 150/35/10 kV - Manuscript.

Qualification work on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

In the qualification work, the development of the power supply system for agro-industrial consumers at the Kompaniivka substation 150/35/10 kV was carried out with the implementation of measures to modernize the substation equipment. In the course of the work, the electrical consumption of agro-industrial consumers was calculated, the selection of the optimal district electricity supply scheme, the selection of the nominal voltage level of the network, the selection of the connection scheme of the electrical network lines and power supply options were carried out.

The issue of modernization of substation equipment is considered in a special section. Modern substation equipment is defined and proposed, namely substations with digital control and protection systems that replace massive analog systems. A feature of these circuit breakers is their high-voltage switches, which are highly efficient and durable, which makes them popular in modern electrical installations.

Keywords: substation, transformers, high-voltage equipment, regional networks, power supply modes, switches, complete distribution devices.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	8
1.1.	Розрахунок електричних навантажень в мережі 0,4 кВ.....	8
1.2.	Розрахунок освітлювального навантаження.....	9
1.3.	Розрахунок електричних навантажень в мережі з напругою вище 1000 В.....	10
1.4.	Побудова графіків електричних навантажень підприємства.....	11
2	КАРТОГРАМА НАВАНТАЖЕНЬ.....	27
3	РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ.....	28
3.1.	Розрахунок балансу реактивної потужності.....	28
3.2.	Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.....	30
4	ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ.....	32
4.1.	Вибір рівня номінальної напруги мережі.....	32
4.2.	Вибір схеми з'єднань ліній електричної мережі та варіантів електропостачання.....	34
4.3.	Споживання та забезпечення потреби в активній та реактивній потужностях в мережі.....	37
4.4.	Вибір потужності трансформаторів на підстанціях.....	38
4.5.	Вибір перерізів проводів повітряних ліній.....	40
4.6.	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання.....	42

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ БАКАЛАВРСЬКИМ РІВНЕМ ОСВІТИ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Дануца Б.О.				Розробка системи електропостачання агропромислових споживачів п/ст. Компаніївка 150/35/10 кВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Плешков П.Г.							138
						ЦНТУ, гр.ЕЕ-20		
Н. контр.	Гарасьова Н.Ю.							
Затвердив	Плешков П.Г.							

5	РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ	45
5.1.	Складання розрахункових схем заміщення.....	45
5.2.	Розрахунок режимів схем мережі та їх аналіз.....	47
5.3.	Компенсація реактивної потужності.....	49
5.4.	Техніко-економічні розрахунки варіантів електропостачання.....	49
6	ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ І ПІДСТАНЦІЇ РАЙОНУ.....	51
6.1.	Вибір трансформаторів ГЗП.....	51
6.2.	Вибір цехових трансформаторів.....	52
7	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	55
7.1.	Розрахунок струмів КЗ.....	55
7.2.	Вибір високовольтного обладнання.....	59
8	МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ.....	61
8.1.	Високовольтні вимикачі.....	61
8.2.	Впровадження комплектних розподільчих пристроїв в напругою 6– 35 кВ.....	77
	ВИСНОВКИ.....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
	ДОДАТОК А.....	97
	ДОДАТОК Б.....	110
	ДОДАТОК В.....	114
	ДОДАТОК Г.....	116
	ДОДАТОК Д.....	120
	ДОДАТОК Е.....	131
	ДОДАТОК Ж.....	136

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Електропостачання агропромислових споживачів включає в себе постачання електроенергії до сільськогосподарських підприємств, фермерських господарств, агрофірм, а також до об'єктів, що займаються переробкою сільськогосподарської продукції. Це охоплює населені сільські райони та допомагає забезпечувати електроенергією механізовані процеси виробництва, зокрема обробку ґрунту, полив, збирання врожаю, переробку та зберігання сільськогосподарської продукції.

Забезпечення електропостачання агропромислових споживачів вимагає планування та будівництво електромереж, ремонт і технічне обслуговування ліній електропередачі, а також встановлення та підтримку трансформаторних підстанцій, які забезпечують потрібні напруги для різноманітних типів споживачів. Агропромислові споживачі використовують електроенергію для виробництва, обробки, зберігання та інших аспектів сільськогосподарської діяльності. Це можуть бути фермерські господарства, сільськогосподарські кооперативи, агрофірми, підприємства з переробки сільськогосподарської продукції (наприклад, млини, переробні заводи), а також будь-які інші установи, що займаються агропромисловою діяльністю. Для їхньої діяльності необхідне стабільне та надійне електропостачання, оскільки багато процесів у сільському господарстві сьогодні механізовані та автоматизовані, а це вимагає якісної електроенергії.

До складу інфраструктурних об'єктів можуть входити сільські лікарні, школи, адміністративні будівлі тощо. Надійне електропостачання є важливим для забезпечення роботи цих установ та зручностей для місцевого населення.

Також важливою є розробка програм енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, що можуть стати важливим доповненням до традиційного електропостачання в сільських районах. У деяких випадках встановлення сонячних батарей або вітроенергетичних установок може бути ефективним

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішенням для забезпечення електроенергії у віддалених сільських районах, де підключення до централізованих електромереж може бути дорогим або складним.

Забезпечення електроенергією агропромислових районів потребує розвитку і модернізації електричних мереж у сільських районах, щоб забезпечити ефективну та безперебійну подачу електроенергії до сільських житлових будинків, сільських підприємств та фермерських господарств. Сучасне сільське господарство використовує різноманітні технології. Ці технології потребують надійного та стабільного електропостачання.

Загалом, ефективне забезпечення електроенергією агропромислового району вимагає комплексного підходу, який враховує потреби сільськогосподарських підприємств, сільських мешканців та розвиток сільської інфраструктури.

Коротка характеристика району

Компаніївський район розташований на південь від обласного центру міста Кропивницький. Електропостачання району забезпечується від підстанції з напругою 154/35/10 кВ, яка має можливість отримувати електроенергію двома способами:

1. Подача електроенергії від підстанції 1 з напругою 154/35/10 кВ, яка знаходиться та виконана за допомогою ЛЕП -150 кВ з проводом АС-120.
2. Подача електроенергії від підстанції 2, що здійснюється за допомогою ЛЕП -150 кВ.

Агропромислові споживачі району живляться від шин НН підстанції , а з КРП-10 виходить 10 ліній електропередачі. На підстанції встановлені два трансформатори потужністю 16 та 25 мВА.

З шин 35 кВ підстанції “Компаніївка” виконується живлення розподільчих підстанцій 35/10 кВ. В таблиці 1.1. приведені короткі параметри основних підстанцій.

Всі підстанції мають споживачів I та II категорії.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Першим кроком у процесі розробки системи електропостачання є визначення електричних навантажень. Залежно від значущості цих навантажень обирається та перевіряється електрообладнання системи, проводяться розрахунки втрат потужності та електроенергії. Електричні навантаження становлять основні дані для розв'язання складних технічних та економічних завдань, які виникають під час проектування електропостачання промислового підприємства. Визначення електричних навантажень є першим етапом у розробці будь-якої системи електропостачання і виконується для вибору та перевірки провідних елементів і трансформаторів на нагрів, розрахунку відхилень та коливань напруги, вибору компенсуючих установок, захисних пристроїв тощо. Від точності оцінки очікуваних електричних навантажень залежить раціональність вибору схеми та всіх компонентів системи електропостачання, а також її техніко-економічні показники.

У даній кваліфікаційній роботі для визначення електричних навантажень агропромислових підприємств застосовується метод впорядкованих діаграм.

1.1. Розрахунок електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

Проведення розрахунку електричних навантажень у мережі напругою 0,4 кВ проводиться вирішує наступні питання:

1. Розрахунок навантажень допомагає при проектуванні та плануванні мережі. Знання, скільки електричної енергії потребується в певний час, дозволяє ефективно розробляти мережу, щоб вона відповідала цим потребам.

2. Визначення електричних навантажень допомагає електропостачальним компаніям планувати свої ресурси. Це дозволяє

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уникнути перевантажень у системі та забезпечити стабільне постачання електроенергії.

3. Розрахунок навантажень допомагає визначити, як найкраще використовувати наявну мережу. Він може вказати на області з недостатньою або зайвою потужністю, де можуть бути потрібні модернізації або розвиток.

4. Це також допомагає виявити можливі перевантаження у мережі та розробити стратегії їх уникнення.

5. Знання навантажень дозволяє визначити області, де можна застосувати заходи з енергозбереження, щоб зменшити витрати електроенергії.

Всі ці пункти допомагають забезпечити ефективне та стабільне електропостачання у мережі напругою 0,4 кВ.

Розрахунок навантажень проводився у відповідності з методологією розрахунку навантажень [3]. Результати розрахунку внесені в таблицю А1 Додатку А.

1.2. Розрахунок освітлювального навантаження

Початкові відомості для розрахунку освітлення включають огляд об'єктів, визначення параметрів приміщень (площа, габарити, особливості технологічного процесу, атмосферні умови, коефіцієнти відбивання поверхонь та умови електропостачання). Наступною кроком є вибір типу джерел світла, системи освітлення, виду світильників та необхідного рівня освітленості для кожного приміщення.

Серед найпоширеніших методів розрахунку освітлення сільськогосподарських приміщень можна виділити метод коефіцієнта використання світлового потоку, метод питомої потужності та точковий метод. При розрахунку освітлення за методом питомої потужності потужність лампи (P) визначається за такою формулою:

$$P = \frac{\Phi \cdot S}{N \cdot n}$$

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питома потужність (ω) є ключовим енергетичним показником освітлювальної установки і широко використовується для оцінки економічності прийнятих рішень. Розрахунок освітлення проведений відповідно методології, представлений в [3]. Результати розрахунку представлені в таблиці А2 Додатку А.

1.3. Розрахунок електричних навантажень в мережі з напругою вище 1000 В

– Розрахунок електричних навантажень у мережі з напругою понад 1000 В виконується з кількох причин:

– Визначення навантажень дозволяє правильно спроектувати мережу електропостачання з урахуванням потреб споживачів.

– Розрахунок навантажень допомагає визначити, чи витримає мережа навантаження, що в ній передбачається. Це важливо для забезпечення безпеки та надійності електропостачання.

– Знання навантажень дозволяє ефективно використовувати доступні потужності мережі та уникнути перевантажень.

– На основі розрахунків можна розробити план обслуговування мережі, включаючи планове обслуговування та ремонтні роботи.

– Аналіз навантажень допомагає зробити прогнози залежно від розвитку мережі та економічних умов, що дозволяє оптимізувати витрати на підтримку та розвиток мережі.

Всі ці фактори важливі для забезпечення ефективного та безпечного функціонування мережі з напругою понад 1000 В.

Результати розрахунку навантажень вище 1000 В представлено в Таблиці А3 Додатку А.

Результати розрахунку електричного навантаження зведені до таблиці А3 Додатку А.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Побудова графіків електричних навантажень підприємства

Графіки навантаження агропромислових районів будуються для аналізу та оптимізації електропостачання в цих регіонах. Це дозволяє ефективно розподіляти електроенергію, визначати потреби у ресурсах та планувати їхнє використання. Графіки навантаження допомагають розуміти пікові навантаження, періоди найбільшого споживання енергії, що дає змогу підготувати необхідні ресурси та інфраструктуру для забезпечення стабільного функціонування системи електропостачання. Крім того, ці графіки можуть бути використані для розробки стратегій енергозбереження та впровадження енергоефективних технологій у сільському господарстві та промисловості.

При виконанні послідовності розрахунків у кваліфікаційній роботі необхідні дані, що визначаються згідно графіків електричних завантажень. З цією метою в проекті необхідно створити суто добовий графік навантаження за активною потужністю та річний графік активної потужності в залежності від тривалості.

Побудову графіків виконуємо на базі рекомендацій, викладених в [4].

Обчислюємо час використання максимуму навантаження:

$$T_m = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{15946419^2 + 5198421^2}}{5305,08} = 3162,1 \text{ год}$$

Обчислюємо час максимальних втрат:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10^4})^2 8760 = (0,124 + \frac{3161,56}{10^4})^2 8760 = 1697,2 \text{ год}$$

Розрахункові дані для побудови графіків навантаження представлені у таблицях Б1-Б3 Додатку Б.

Графіки навантаження по підприємствам району представлені на рисунках 1.1-1.15.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ док.м.		

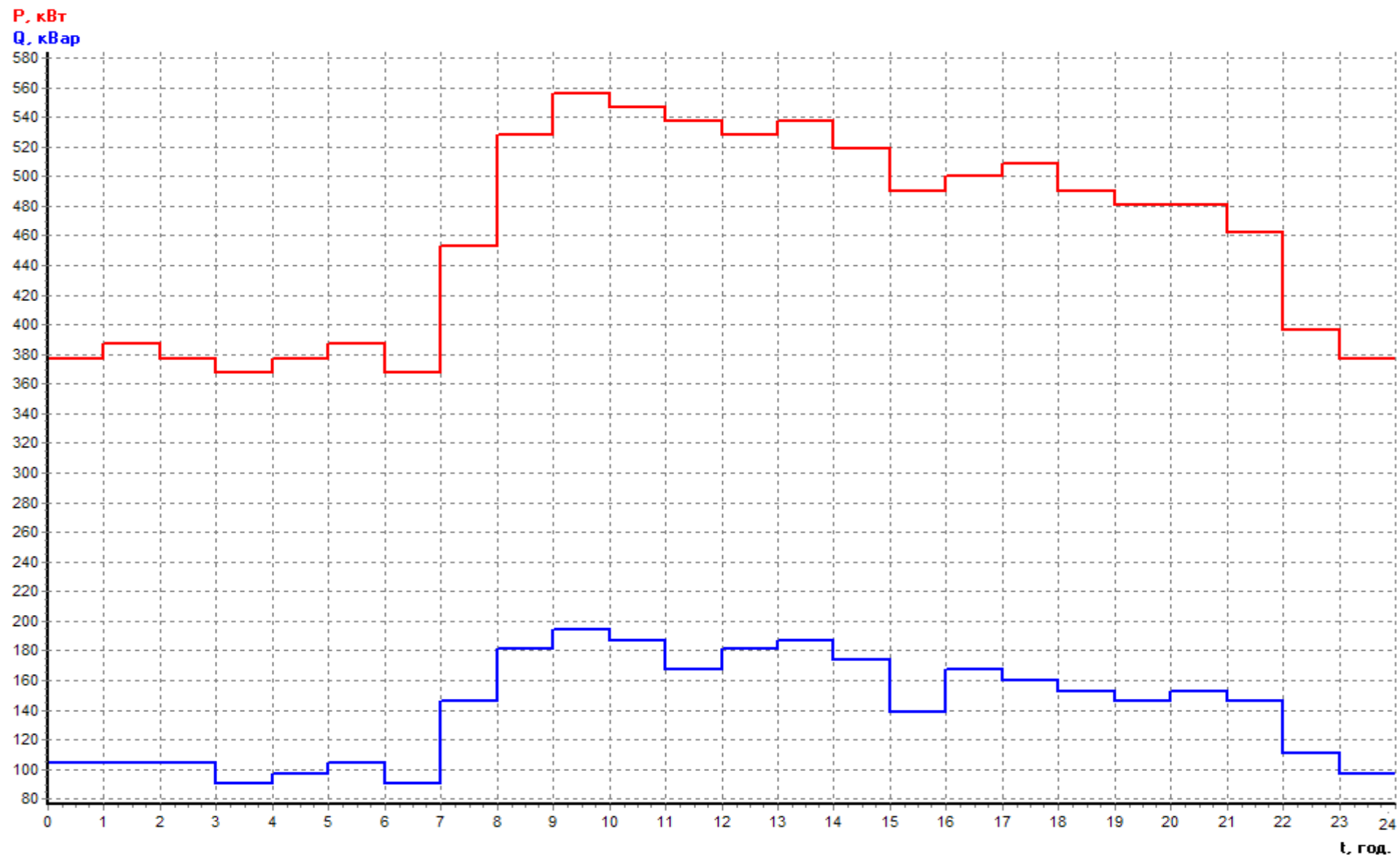


Рисунок 1.1 - Графіки навантаження лінії 10 кВ комбікормовий завод (літні робочі дні)



№ док.м.		

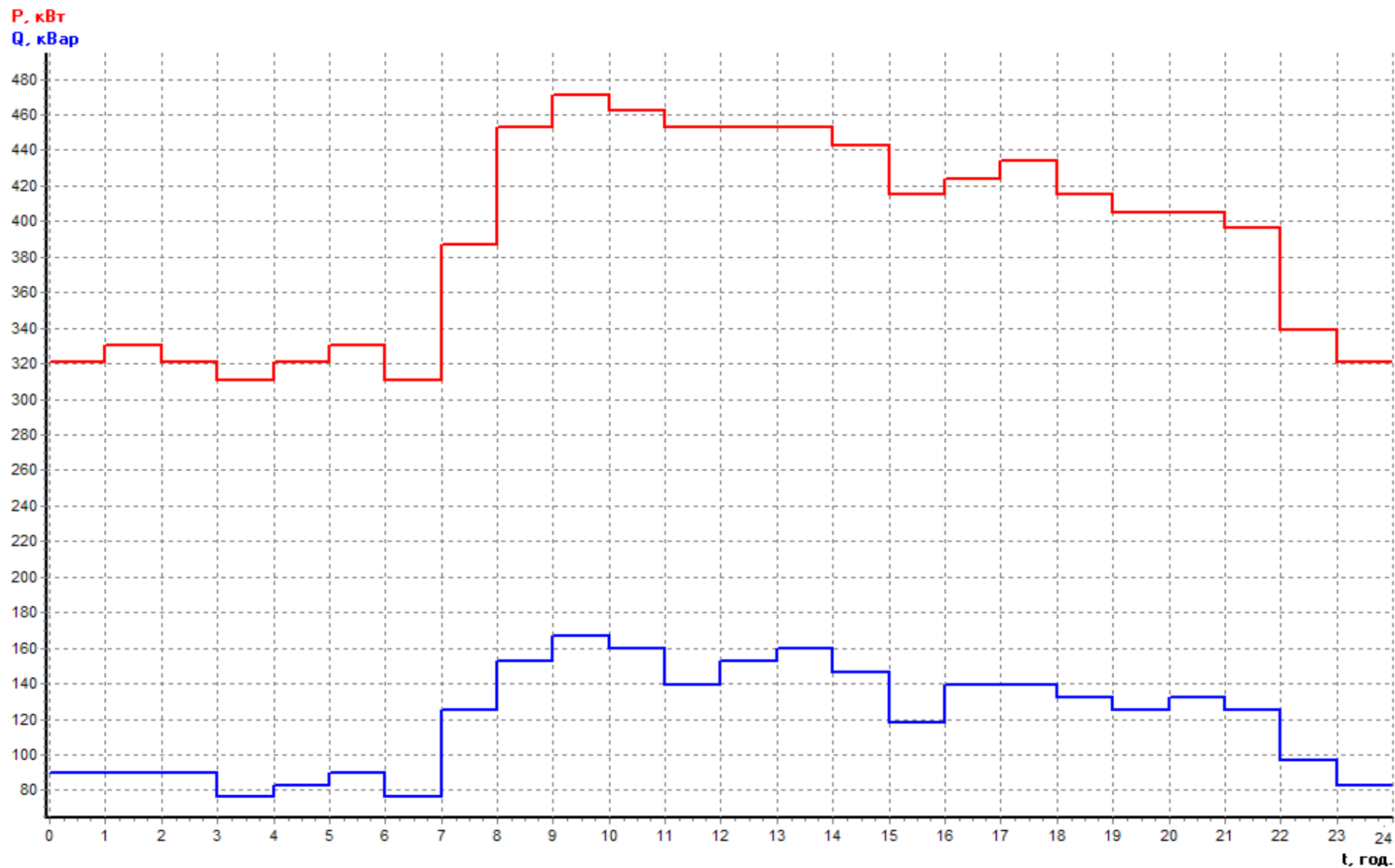


Рисунок 1.3 - Графіки навантаження лінії 10 кВ комбикормовий завод (літні вихідні дні)

№ док.м.		

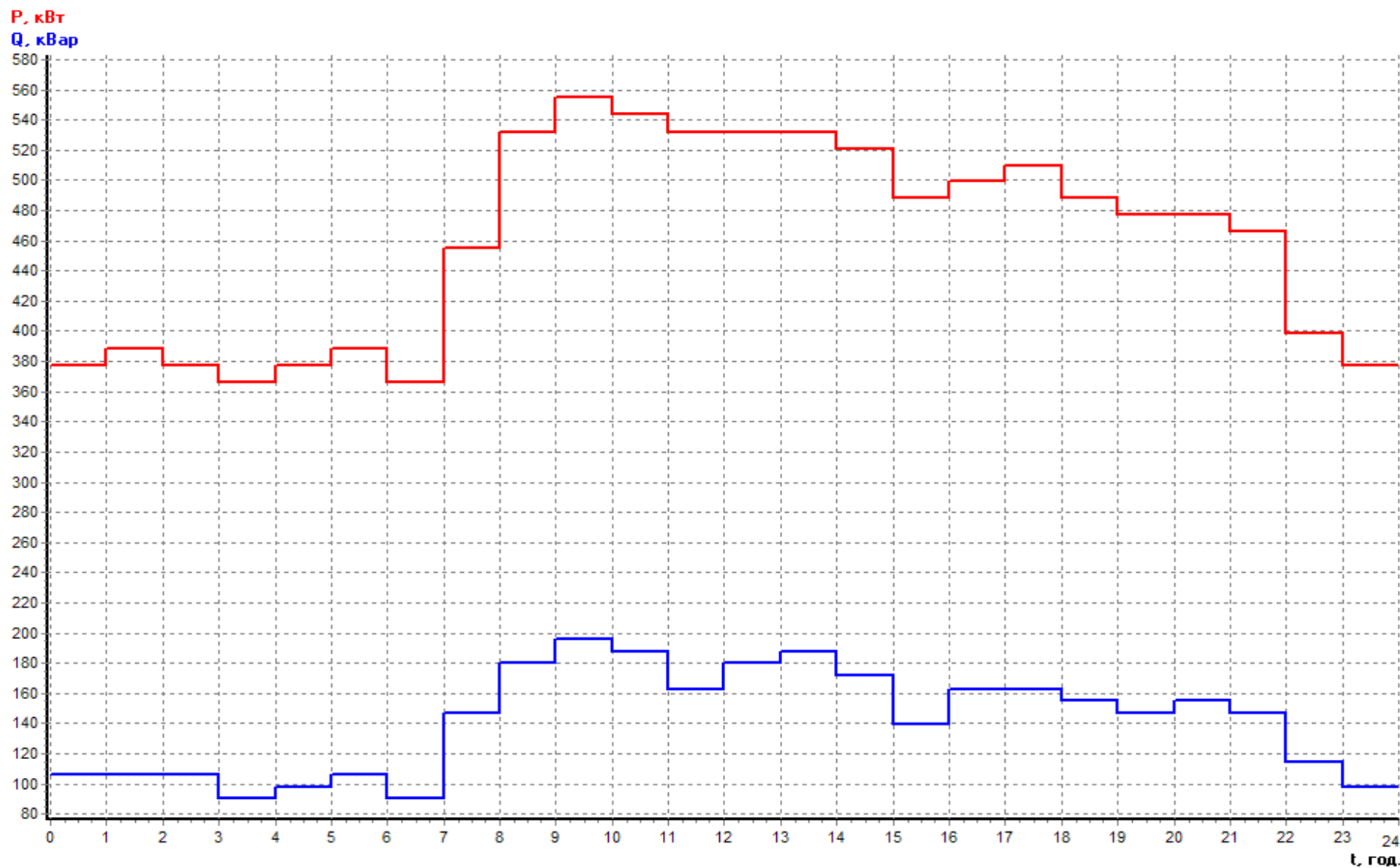


Рисунок 1.4 - Графіки навантаження лінії 10 кВ комбикормовий завод (зимові вихідні дні)

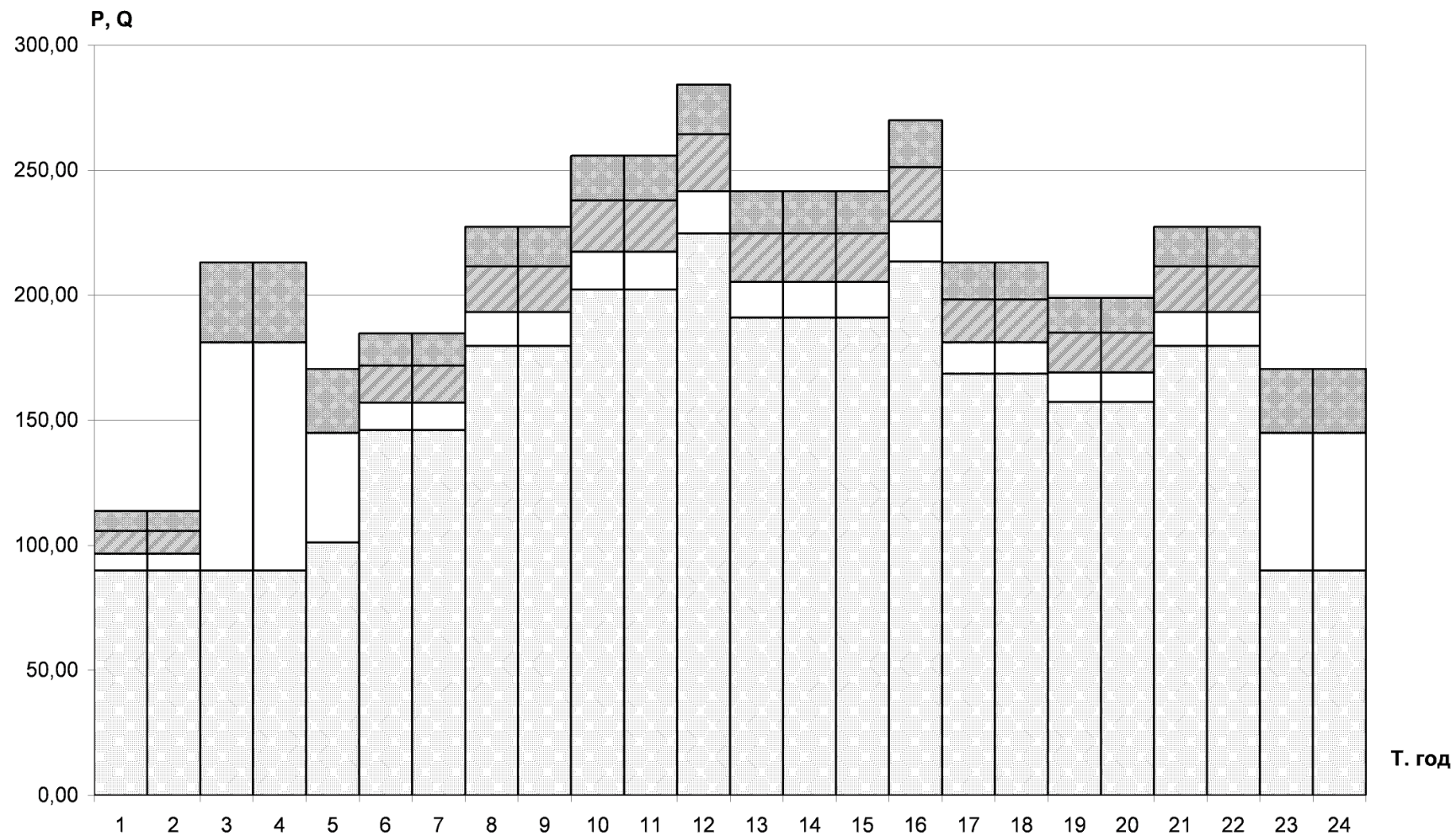


Рисунок 1.5 - Графіки навантаження лінії 10 кВ гідрокомпресорна станція

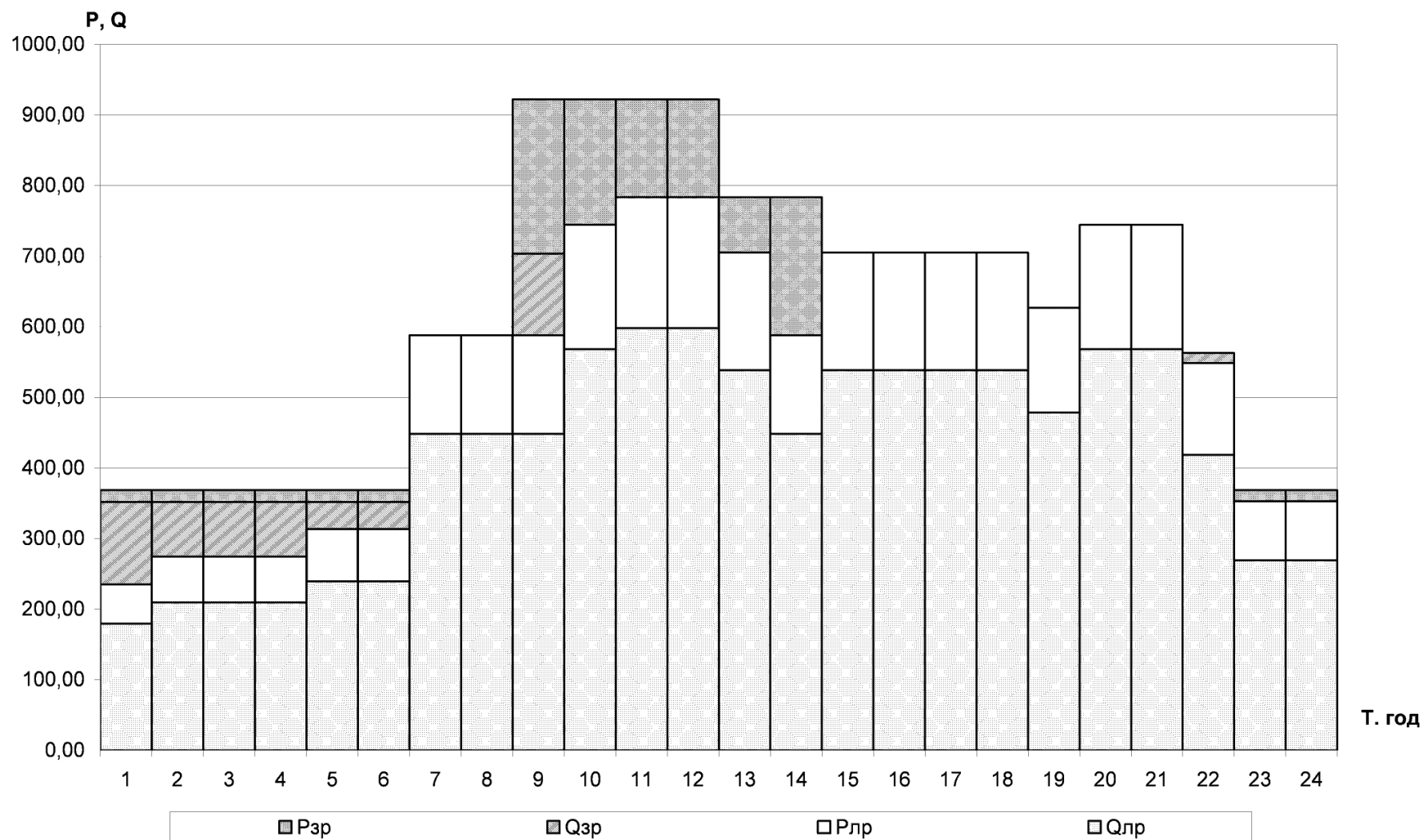


Рисунок 1.6 - Графіки навантаження лінії 10 кВ племінне господарство

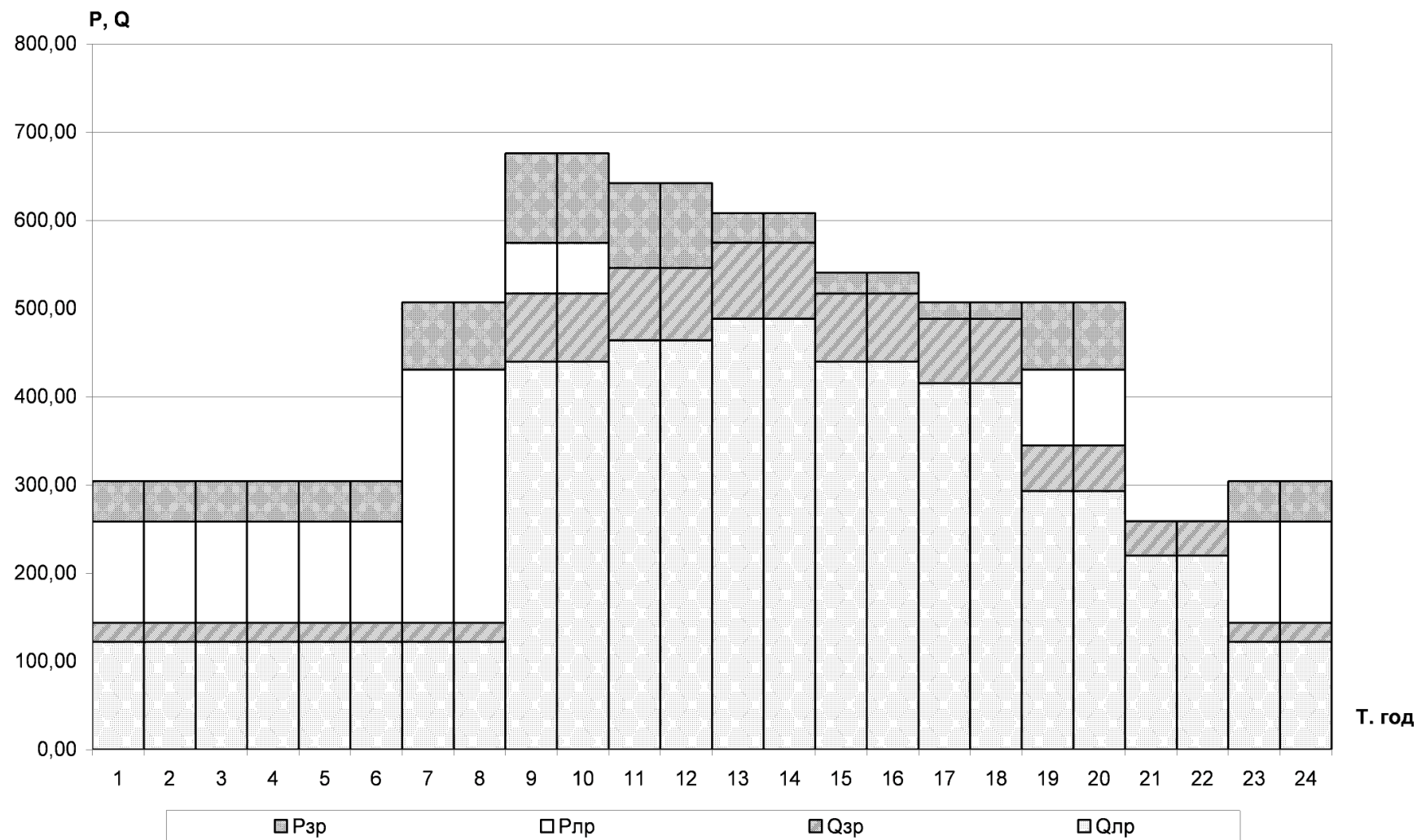


Рисунок 1.7 - Графіки навантаження лінії 10 кВ Агрофірма

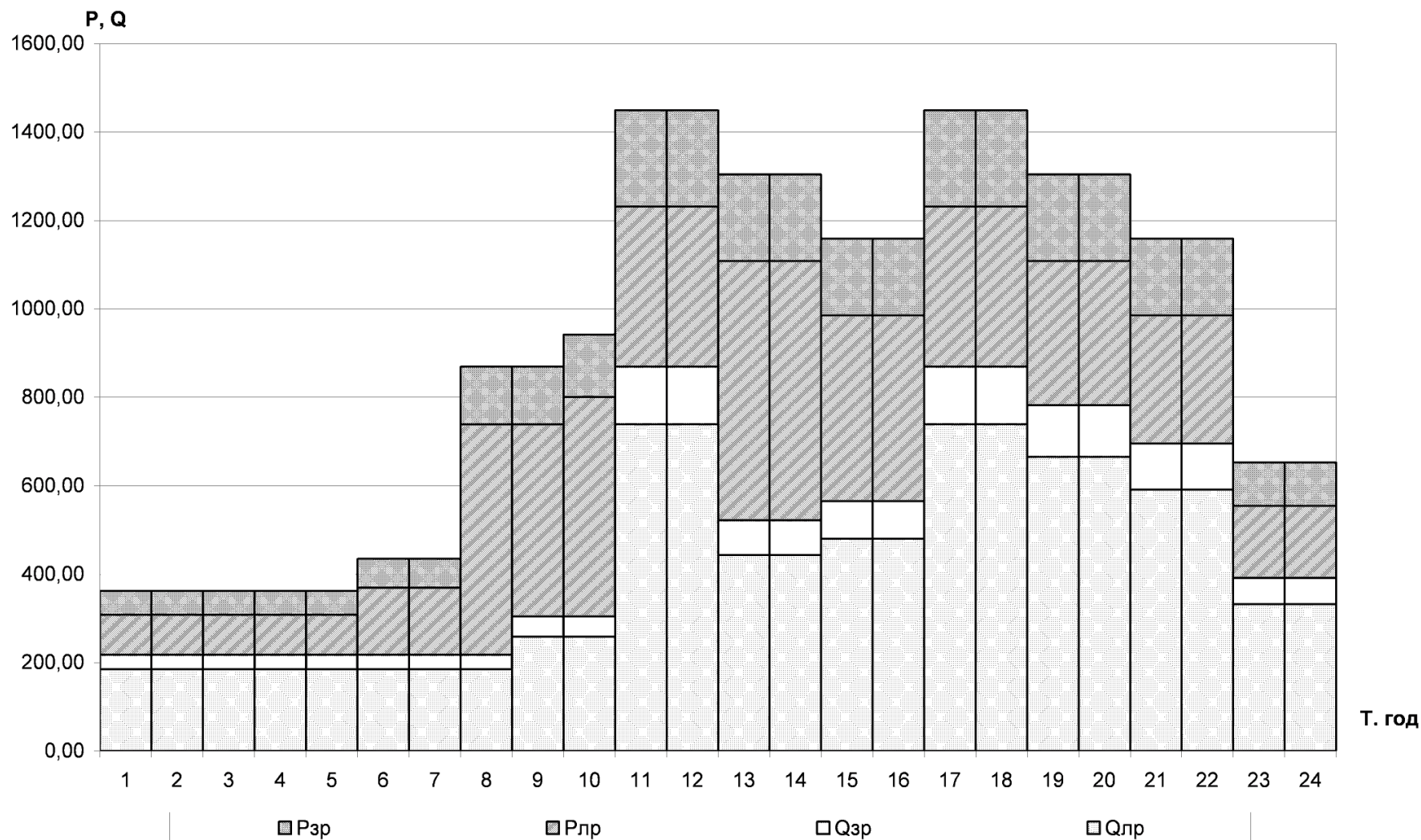


Рисунок 1.8 - Графіки навантаження лінії 10 кВ Хлібзавод

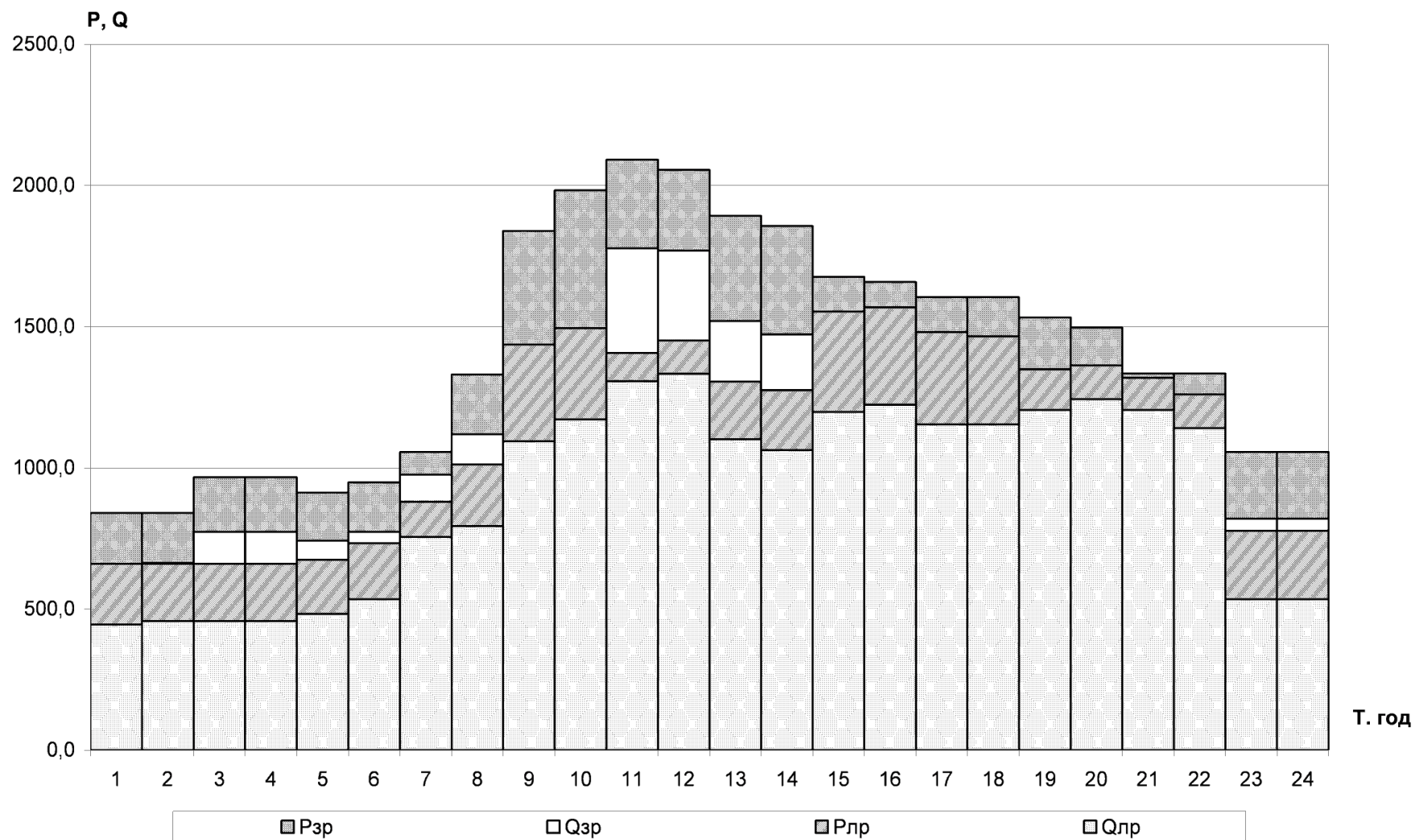


Рисунок 1.9 - Графіки навантаження на шини 35 кВ ПС «1»

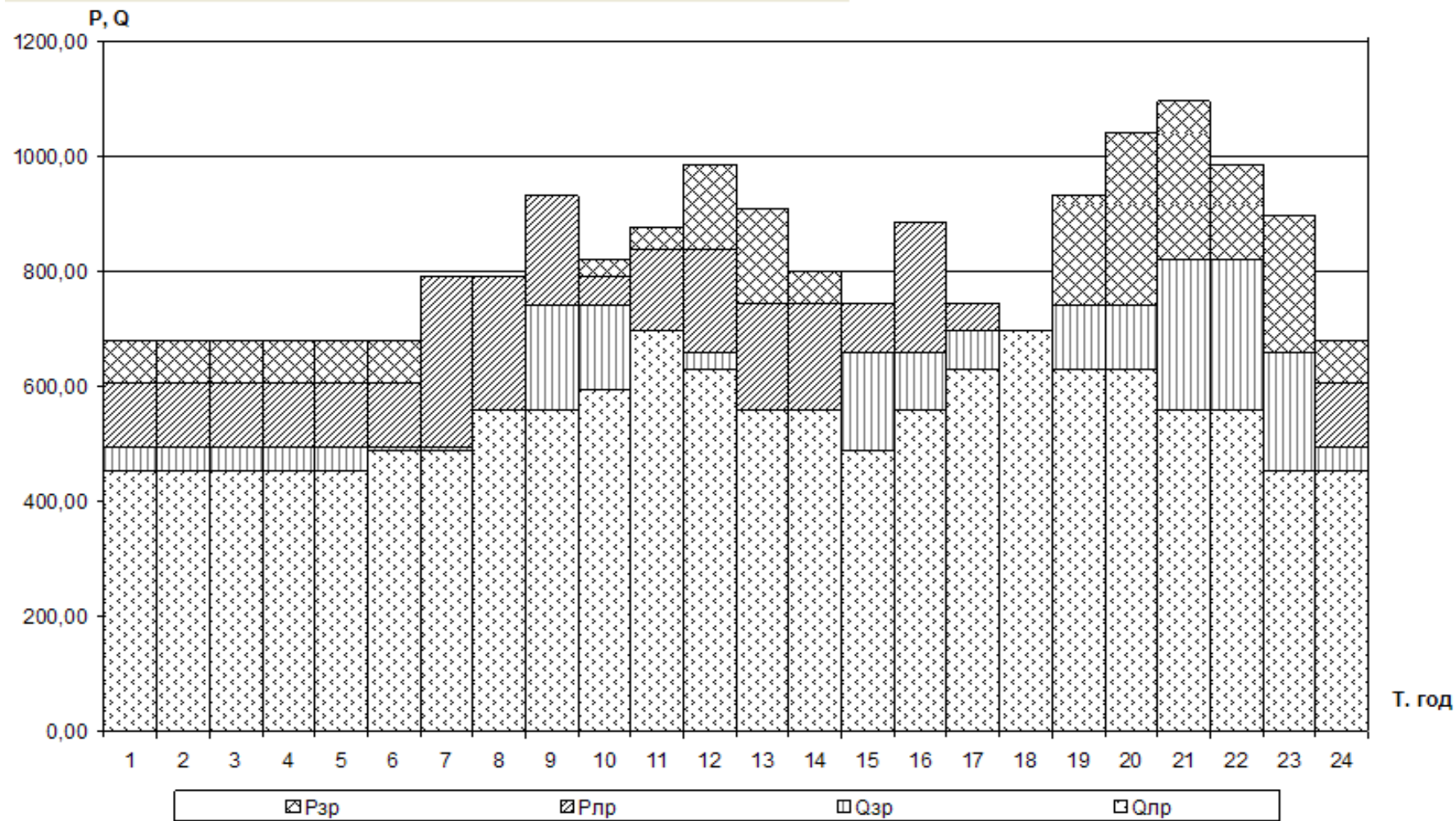


Рисунок 1.10 - Графіки навантаження на шинах 35 кВ ПС «2»

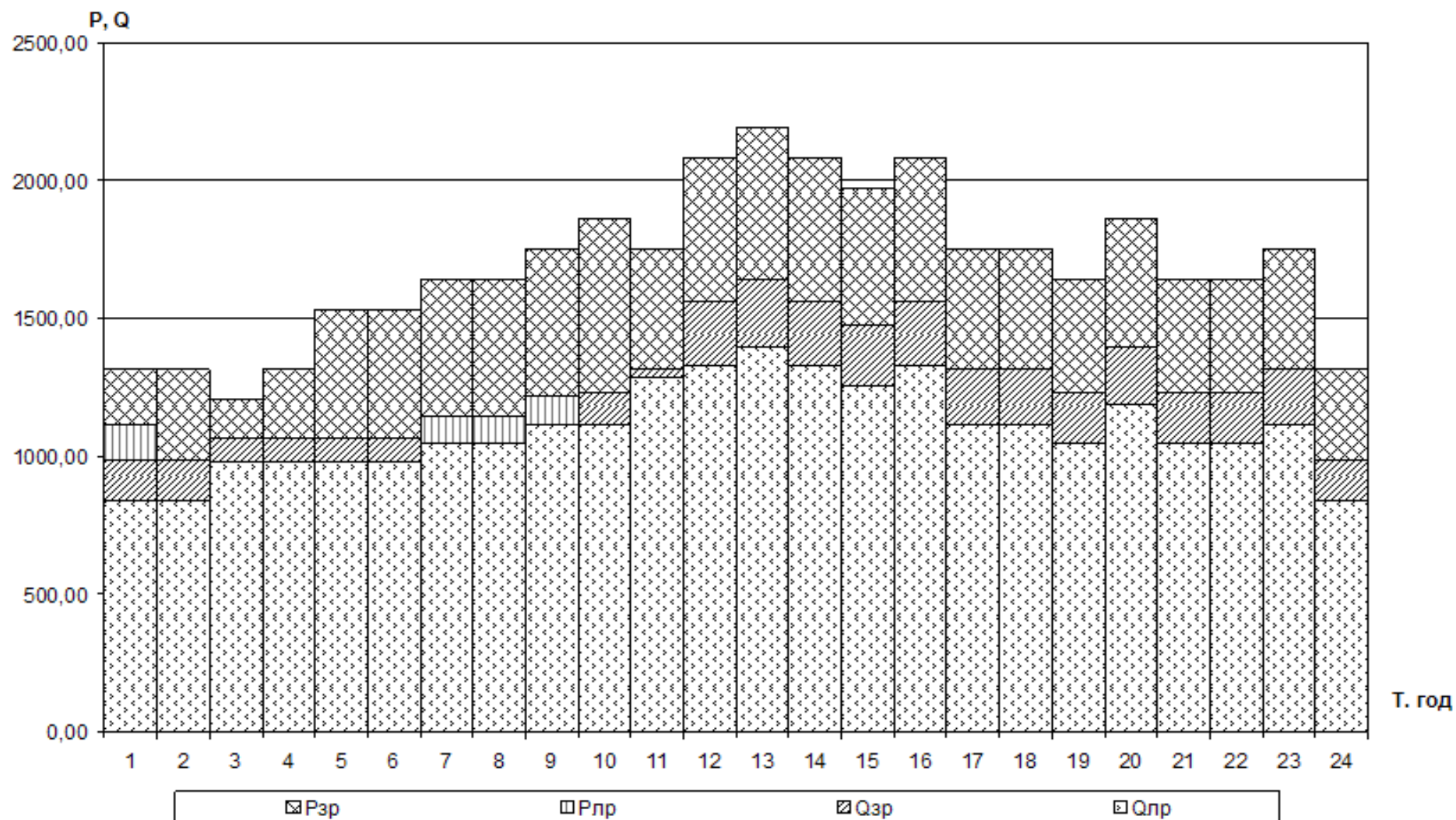


Рисунок 1.11 - Графіки навантаження на шинах 35 кВ ПС «З»

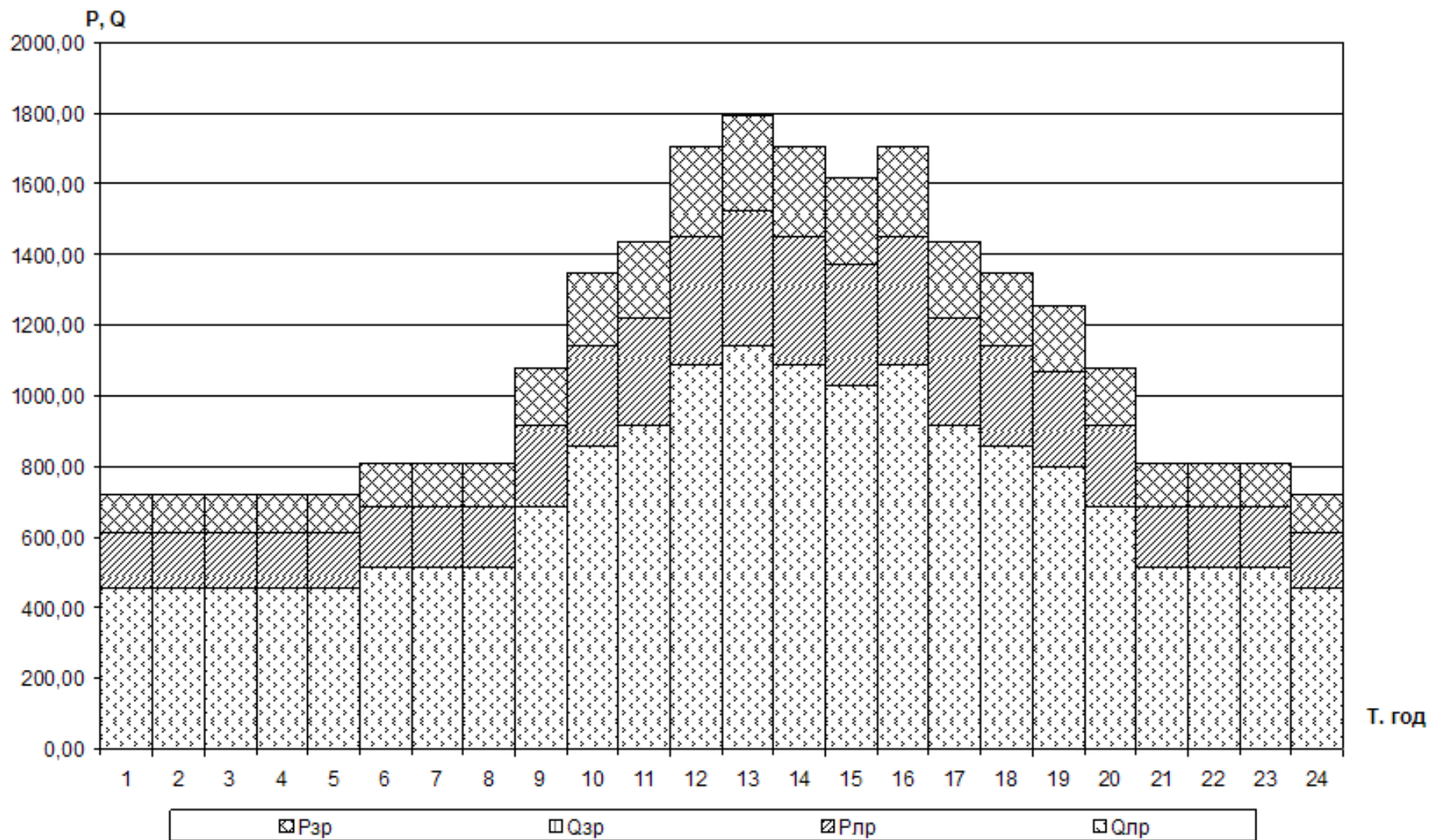


Рисунок 1.12 - Графіки навантаження на шинах 35 кВ ПС «4»

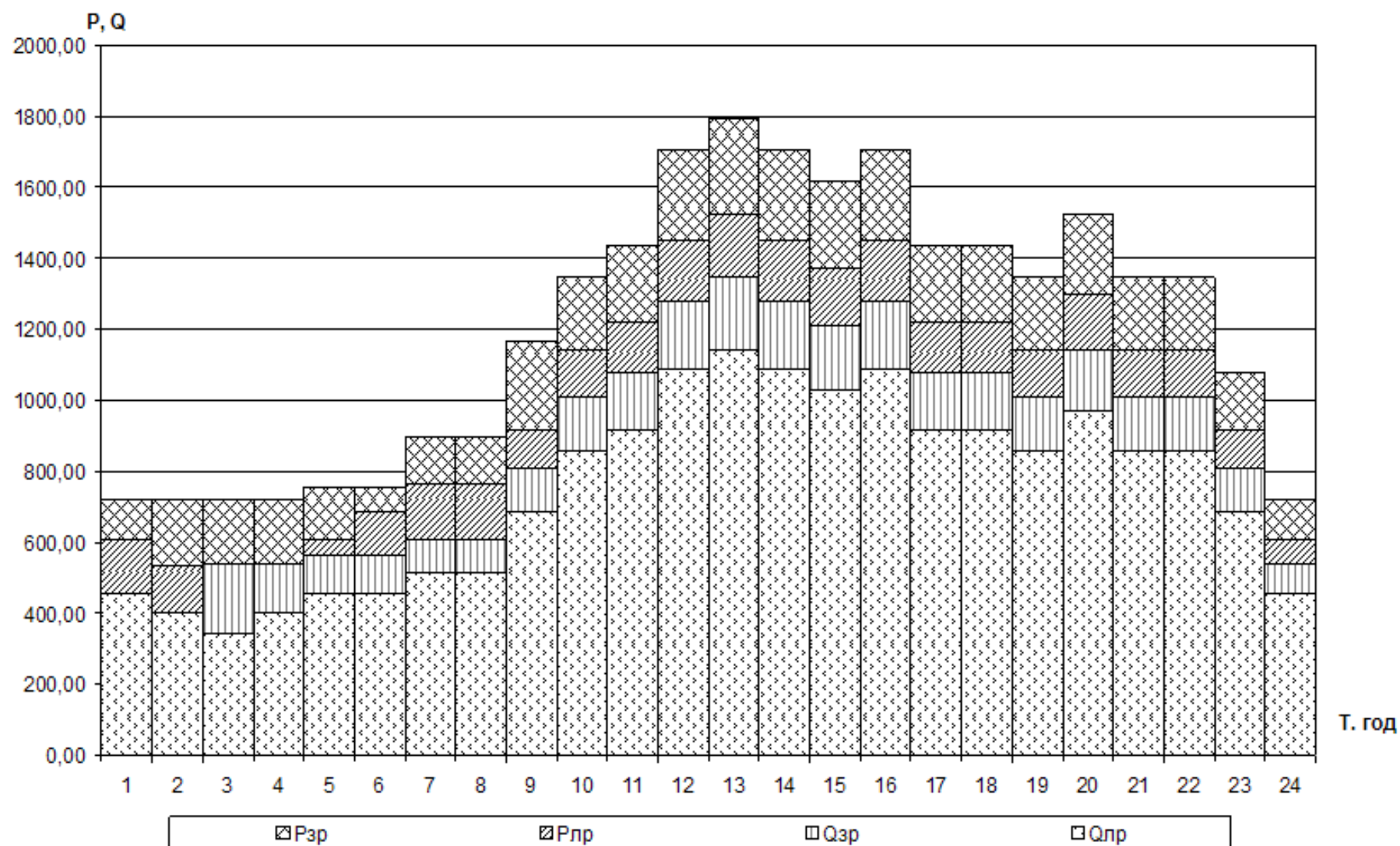


Рисунок 1.13 - Графіки навантаження на шинах 35 кВ ПС «5»

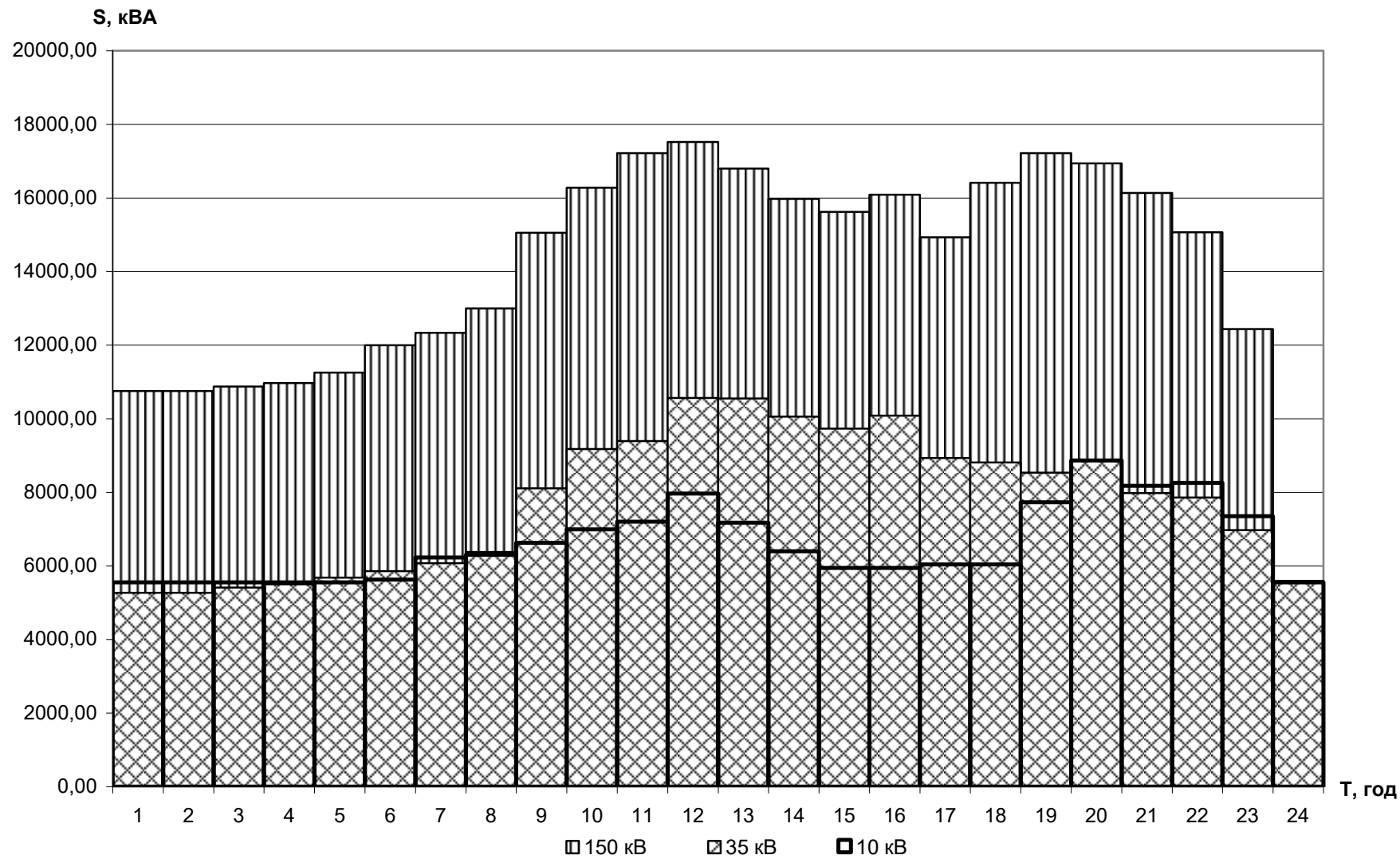


Рисунок 1.14 - Графік повної потужності по району на шинах 150/35/10 кВ ПС

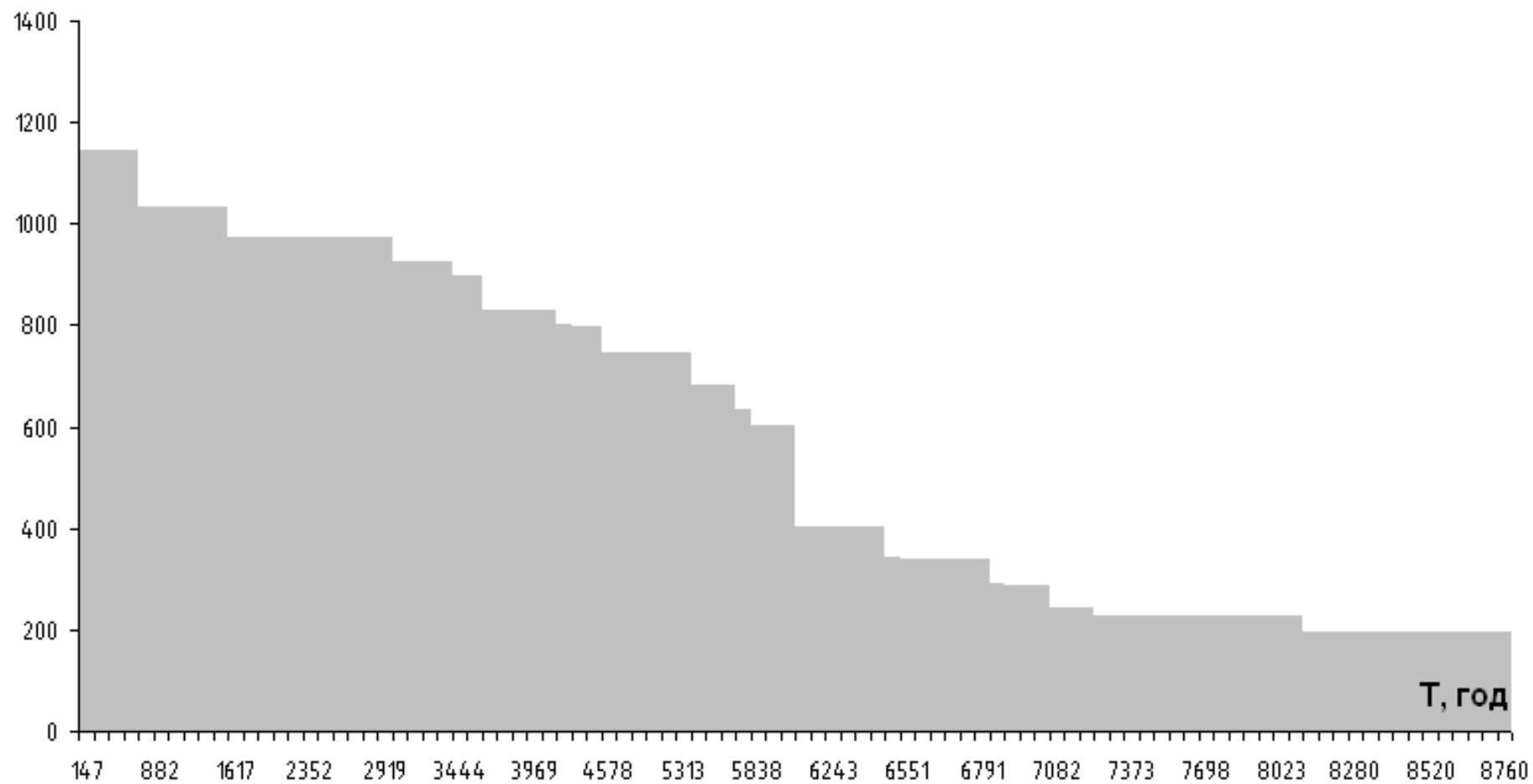


Рисунок 1.15 - Річний графік навантаження за тривалістю

2 КАРТОГРАМА НАВАНТАЖЕНЬ

Методика, викладена в [4], визначає картограму навантажень.

Для уникнення зворотного потоку енергії, який призводить до додаткових втрат та збільшення використання кабелю, місцезнаходження ГЗП обирається з врахуванням відстані відносно ЦЕН у напрямку джерела живлення.

На генплані зображена картограма електричних навантажень, за допомогою якої визначається місце розташування ЦЕН.

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{71573,42}{1118,27} = 65 \text{ м}$$
$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{66860,}{1118,3} = 59,8 \text{ м}$$

Враховуючи результати розрахунків та напрямок живлення від системи, а також місцезнаходження високовольтного обладнання, розташування ЦЕН за розрахунковими координатами неможливе, оскільки знаходиться в межах робочої зони. Тому ми зсуваємо координати ЦЕН у напрямку точки живлення.

Отримуємо координати ЦЕН з наступними значеннями:

$$X_0 = 65 \text{ м};$$

$$Y_0 = 60 \text{ м}$$

Залишаємо дані координати для використання в подальших розрахунках у роботі.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	27

3 РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ

3.1. Розрахунок балансу реактивної потужності.

Значення активного та реактивного навантаження в мережі до 1000 В (цехові підстанції):

$$P_H = 983,3 \text{ кВт}$$

$$Q_H = 766,1 \text{ кВАр}$$

Сумарні втрати в цехових підстанціях:

$$\Delta P_{тр} = 7,4 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{тр} = 65,8 \text{ кВАр}$$

Сумарне споживання активної та реактивної енергії по заводу:

$$P_p = P_v + P_H + \Delta P_{тр} = 0 + 983,3 + 7,4 = 990,7 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_v + Q_H + \Delta Q_{тр} = 0 + 766,07 + 65,8 = 841,87 \text{ кВАр}$$

Визначимо економічно доцільну потужність, яка може передаватися від системи:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_s = 990,6 \cdot 0,15 = 148,6 \text{ квар}$$

Визначаємо сумарну потужність КП визначається за умовою балансу:

$$Q_{кп} = Q_p - Q_e = 841,87 - 148,6 = 693,27 \text{ кВАр}$$

Визначаємо мінімальне число трансформаторів:

$$N_0 = P_H / (K_3 \cdot S_{н тр}) = 983,27 / (0,7 \cdot 630) = 2,61$$

Приймаємо $N_0 = 3$

Беремо до розгляду варіанти компенсації з числом трансформаторів $N = N_0, N = N_0 + 1, N = N_0 + 2$

Варіант I: $N = N_0 = 3$

Визначаємо реактивну потужність, яка передається з мережі 10 кВ в мережу 0,4 кВ через цехові ТП:

$$Q_s = \sqrt{(n \cdot S_m \cdot K_3)^2 - P_p^2} = \sqrt{(3 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 990,7^2} = 552 \text{ кВАр}$$

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За умови балансу реактивної потужності на шинах ТП потужність компенсуючих пристроїв, які потрібно встановити в мережі 0,4 кВ:

$$Q_{кн} = Q_{н} - Q_{п} = 841,8 - 552 = 289,8 \text{ кВАр}$$

Потужність КП, які треба встановити в мережі 10 кВ:

$$Q_{кв} = Q_{кп} - Q_{е} = 693,27 - 289,8 = 403,39 \text{ кВАр}$$

Активні втрати потужності при протіканні реактивної енергії через трансформатори цехових ТП:

$$\Delta P_{тп} = (P_{н}^2 + Q_{п}^2) / U_{н}^2 \cdot R_{ек} = (983,27^2 + 552^2) / 10^2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ кВт}$$

$$\text{де } R_{ек} = (\Delta P_{кз} \cdot U_{н}^2) / (N_{тр} \cdot S_{нтр}^2) = (6,5 \cdot 10^2) / (3 \cdot 630^2) \cdot 10^3 = 0,6 \text{ кОм}$$

Визначимо втрати активної потужності в високовольтних БК:

$$\Delta P_{кв} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{кв} = 0,003 \cdot 300 = 0,9 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,003 \text{ кВт/кВАр}$ – питомі втрати потужності в низьковольтних БК.

Обчислимо втрати активної потужності в низьковольтних БК:

$$\Delta P_{кн} = \Delta P_{пит} \cdot Q_{кн} = 0,0045 \cdot 300 = 1,35 \text{ кВт}$$

де $\Delta P_{пит} = 0,0045 \text{ кВт/квар}$ – значення питомих втрат потужності в низьковольтних БК.

Ціна низьковольтних БК:

$$K_{кн} = N_{бк}^{0,4i} \cdot K_{кку}^{0,4i} = 3 \cdot 35,6 = 71,2 \text{ тис. грн.}$$

Ціна високовольтних БК:

$$K_{кв} = N_{бк}^{10i} \cdot K_{кку}^{10i} = 2 \cdot 33 = 66 \text{ тис. грн.}$$

Ціна КТП:

$$K_{ктп} = N_{тп(1)} \cdot K_{тп(1)} + N_{тп(2)} \cdot K_{тп(2)} = 1 \cdot 638 + 1 \cdot 337,9 = 975,9 \text{ тис. грн.}$$

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $N_{ТП(1)}$, $N_{ТП(2)}$ – число одно- та двотрансформаторних підстанцій;

$K_{ТП(1)}$, $K_{ТП(2)}$ – ціна одно- та двотрансформаторних підстанцій.

Розраховуємо витрати на компенсацію реактивної потужності:

$$Z_1 = E_n \cdot (K_{кн} + K_{кТП} + K_{кв}) + (\Delta P_{кн} + \Delta P_{ТП} + \Delta P_{кв}) \cdot C_0 \cdot \tau =$$

$$\tau = 0,12 \cdot (71,2 + 66 + 975,9) + (1,35 + 0,9 + 6,7) \cdot 4,7 \cdot 1697,2 = 72505$$

тис.грн.

Розрахунок з $N=N_0+1=3+1=4$ та $N=N_0+2=3+2=5$ проводиться відповідно аналогічній методиці. Результати розрахунку зведені в таблицю В1 Додатку В.

Виявилось, що приведені затрати 1-го варіанту менші, його і приймаємо для подальших розрахунків.

3.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.

Для трьох випадків розраховуємо реактивну потужність, яку можна передати через трансформатори КТП до районної розподільчої мережі. Оскільки через сільські КТП не проходить межа розподілу мережі, компенсація реактивної потужності вважається недоцільною. Тому компенсацію реактивної потужності виконують на підстанціях агропромислового району. У розподільчій мережі 10 кВ агропромислового району компенсацію реактивної потужності проводять під час виконання розрахунків режимів в пункті "Аналіз режимів".

Ефективне розташування низьковольтних компенсуючих пристроїв залежить від ряду чинників. Розміщення цих пристроїв на трансформаторних підстанціях (КТП) визначається урахуванням збереження стабільності напруги у розподільчій мережі.

При високих втратах напруги внаслідок перевантаження мережі, розглядається можливість встановлення низьковольтних батарей компенсації реактивної потужності (БК). Однак, рішення про встановлення БК повинно підтверджуватися техніко-економічним аналізом. Крім того, якщо можливо

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечити стабільну напругу в мережі шляхом використання переключень розподільних пристроїв, то встановлення батарей конденсаторів може бути неов'язковим.

Для обраного варіанту проводимо розрахунок реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП до цехових мереж, а також потужності компенсації (КП), що будуть встановлені у цехових мережах.

По-перше, визначаємо реактивну потужність, яку необхідно скомпенсувати в мережі низької напруги (НН) на ТП1. Потім визначаємо максимальну потужність, яка може бути передана через трансформатори:

$$Q_n = \sqrt{(n \cdot S_T \cdot K_3)^2 - P_p^2} = \sqrt{(2 \cdot 630 \cdot 0,7)^2 - 679,8^2} = 330,9 \text{ квар}$$

Обчислюємо потужність КП:

$$Q_{кп} = Q_p - Q_n = 518,9 - 330,9 = 188 \text{ квар}$$

Реактивна потужність на ТП, враховуючи компенсацію:

$$Q_p' = Q_{кп} - Q_{БК} = 188 - 200 = -12 \text{ квар}$$

Повна потужність ТП 1,2, враховуючи компенсацію:

$$S_p' = \sqrt{P_p^2 + Q_p'^2} = \sqrt{679,8^2 + (-12)^2} = 750,8 \text{ квар}$$

Коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_3 = \frac{S_p'}{n \cdot S_{ном.т}} = \frac{750,8}{2 \cdot 630} = 0,69$$

У таблиці В2 Додатку В наведений розрахунок для інших трансформаторних підстанцій (ТП).

Сумарна потужність батарей компенсації (БК) на боці 0,4 кВ становить 300 кВАр. Кількість та потужність БК на боці 10 кВ складає 2х150, а сумарна потужність батарей компенсації на напрузі 10 кВ становить також 300 кВАр.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ

У проектуваному районі існують п'ять підстанцій з напругою 35/10 кВ, які живлять промислові та агропромислові споживачі. Джерелом живлення для цього району є системна підстанція I "Компаніївка" з напругою 150/35/10 кВ. Комбікормовий завод отримує живлення від шин 10 кВ підстанції I "Компаніївка". Навантаження цього заводу розраховано в розділі 1 кваліфікаційної роботи.

При розробці системи електропостачання для цього району потрібно вибрати оптимальну номінальну напругу для ліній передачі.

4.1. Вибір рівня номінальної напруги мережі

При виборі номінальної напруги для окремих ліній мережі важливо враховувати значне підвищення вартості ліній і підстанцій зі збільшенням номінальної напруги. Підвищення напруги може призвести до суттєвого зростання вартості інфраструктури, оскільки вимагається використання більш дорогих матеріалів і складнішої конструкції.

Проте варто зауважити, що разом із підвищенням вартості, збільшення напруги ліній може привести до значного підвищення їх пропускної здатності і зменшення відносних втрат напруги, потужності і електроенергії в електричній мережі. Тому врахування цих факторів є важливим при прийнятті рішення щодо вибору номінальної напруги для ліній мережі.

Так, довжина лінії та її пропускна здатність є ключовими факторами, які впливають на вибір оптимальної номінальної напруги для окремих ліній мережі. Досвід проектування дозволяє приблизно оцінити економічно доцільну напругу для ліній при відомій їх довжині та передаваній потужності.

Наприклад, для коротких ліній може бути доцільним використання низьких напруг, оскільки вони зазвичай коштують менше і вимагають менше

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергетичних втрат. Однак для довгих ліній, що передають велику потужність, може бути ефективнішим використання вищих напруг, щоб зменшити втрати енергії та матеріаловитрати.

Таким чином, на основі довжини лінії та потужності, що передається, можна оцінити оптимальну напругу для економічно доцільного проектування мережі.

Потужності навантаження підстанцій розраховані в розділі 1. Навантаження на шинах 10 кВ ПСт «Компаніївка» 150/35/10 кВ становить $S_{10}=4,18-j\ 2,62$ МВА (враховуючи компенсацію на комбікормовому заводі). Від шин цієї підстанції живиться гідрокомпресорна станція, племінне господарство, агрофірма, хлібозавод.

В таблиці Г1 Додатку Г приведені навантаження на шинах 10 кВ всіх підстанцій району, що проектується.

Враховуючи незначні потужності навантаження підприємств у районі та їх взаємне розташування, використання напруги 150 кВ для електропостачання району не є ефективним, оскільки це призведе до надмірного розміру і витрат на будівництво і експлуатацію мережі.

Також використання напруги 10 кВ для живлячих ліній є неефективним через значні втрати потужності та електроенергії, а також велику вартість втраченої електроенергії.

Отже, для електропостачання агропромислових підприємств району раціональним вибором буде використання напруги 35 кВ.

Для вибору номінальної напруги мережі використовуємо таблицю Г2 Додатку Г.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Вибір схеми з'єднань ліній електричної мережі та варіантів електропостачання

Так, електричні мережі зазвичай проектуються у вигляді повітряних ліній електропередач (ЛЕП) для напруг 35-150 кВ, а розподільчі сільськогосподарські мережі також можуть мати подібну структуру.

У процесі проектування електричних мереж враховують місце розташування джерел живлення і споживачів, а також різні можливі варіанти їх з'єднання. Основною метою є забезпечення необхідної якості електроенергії для споживачів за найменшими витратами, а також забезпечення надійності електропостачання та досягнення доцільних техніко-економічних показників.

Так, в проектній практиці часто застосовується варіативний метод для отримання раціональної та оптимальної конфігурації електричної мережі. Цей метод передбачає розробку декількох можливих варіантів мережі для заданого розташування споживачів та джерел живлення. Проте варіанти, які пропонуються, не повинні бути випадковими, або занадто специфічними, оскільки це може призвести до обмеженого або неоптимального вибору.

Порівняння цих варіантів дозволяє вибрати найкращий з них. Важливо, щоб ці варіанти були реалістичними та практично досяжними, щоб результати порівняння відображали реальні можливості та обмеження. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальну конфігурацію мережі з урахуванням потреб споживачів та технічних параметрів системи.

Так, у процесі складання доцільних варіантів схеми з'єднання мережі рекомендується спочатку розділити пункти електричних навантажень району на дві категорії: ті, що знаходяться мало віддаленими один від одного або від пункту живлення, і ті, що більш віддалені. Це дозволяє виокремити пункти, які можна об'єднати в одну замкнену схему та жити окремо від інших пунктів.

Врахування потоків потужності по окремим лініям мережі та оцінка найбільших втрат напруги у нормальному та післяаварійному режимах при

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимальних навантаженнях дозволяє вибрати оптимальні схеми з'єднання мережі.

Цей аналіз допомагає вибрати такі схеми з'єднання, які забезпечують ефективне електропостачання району з мінімальними втратами енергії та найкращою надійністю. Врахування різних режимів роботи та максимальних навантажень дозволяє побудувати мережу, яка буде працювати стабільно навіть у найважчих умовах. Такий підхід є важливим для забезпечення надійного та ефективного електропостачання споживачів.

Конфігурація електричної мережі, що проектується, значно впливає на умови надійності електропостачання. Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), навантаження I категорії має бути забезпечене електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Це означає, що для такого типу споживачів, в більшості випадків, необхідно передбачати живлення по двох окремих лініях.

Двоколова лінія електропередачі забезпечує більшу надійність в порівнянні з одноколовою, оскільки у разі пошкодження одного кільця, інше може продовжувати подавати електроенергію. Однак, для споживачів II категорії допускається живлення по двоколовій лінії, а для споживачів III категорії досить передбачити споживання від однієї лінії електропередачі, оскільки вони мають менш високі вимоги до надійності.

Так, у багатьох сценаріях ефективної передачі електроенергії до районів споживання використовується передача по лініях більш високої напруги, а вже всередині цього району енергія розподіляється по лініях більш низької напруги.

Під час оцінки можливого післяаварійного режиму, достатньо розглядати випадок відключення або пошкодження однієї з ліній мережі, що може призвести до найбільшого зниження напруги на шинах для найбільш віддаленого споживача. Це дозволяє ефективно враховувати можливі наслідки аварійних ситуацій та розробляти стратегії для забезпечення максимальної надійності електропостачання.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

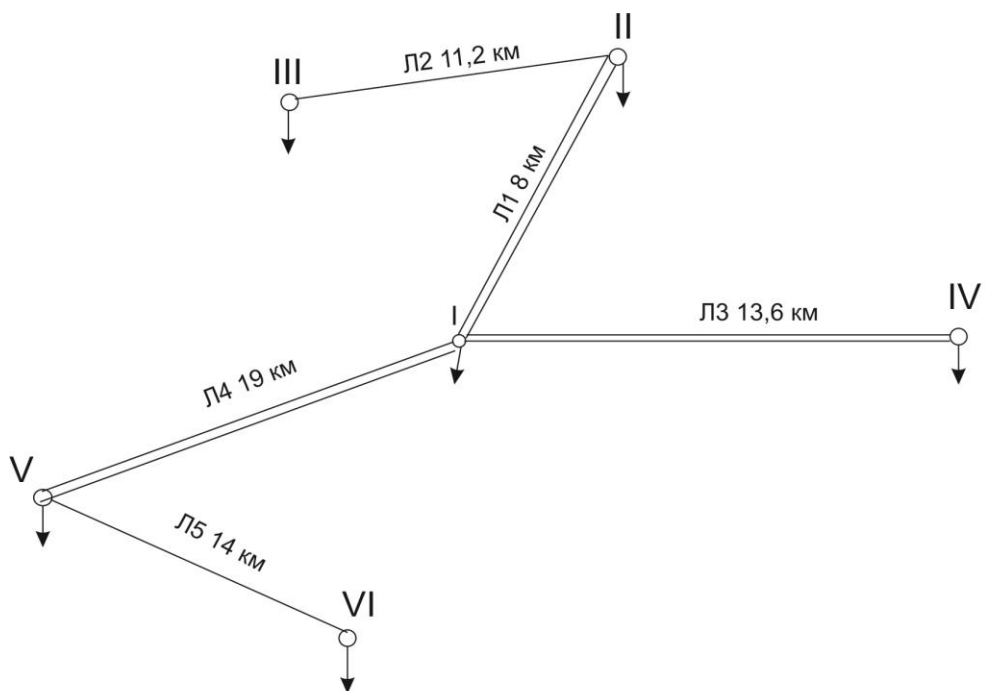


Рисунок 4.1 – Варіант радіальної схеми електропостачання

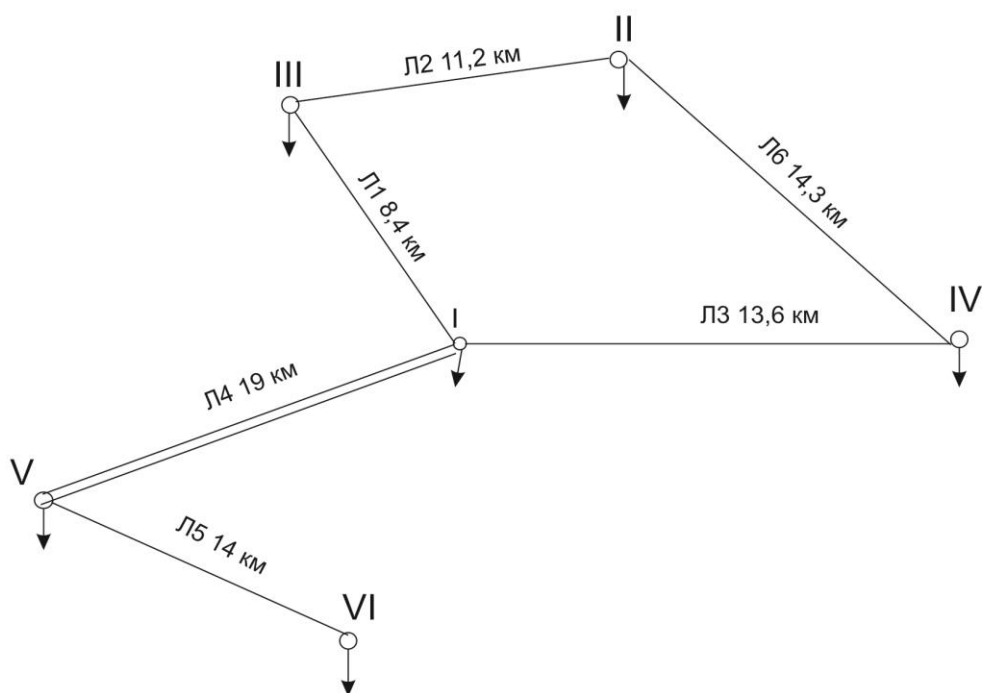


Рисунок 4.2 – Варіант замкнутої схеми електропостачання

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням геометричного розташування живлячої підстанції 150/35/10 кВ та підстанції 35/10 кВ в районі, що проектується, ми розглядаємо два основних варіанти електропостачання.

У першому варіанті ми маємо радіальну схему, де лінії Л1, Л3 та Л4 виконані у формі дволанцюгових, з підвіскою двох ланцюгів на одній опорі, а всі підстанції є двотрансформаторні. Лінії Л2 та Л5 є одноланцюговими, а підстанції - однострансформаторні.

Другий варіант - це замкнута схема електропостачання. У цьому варіанті лише лінія до підстанції V є дволанцюговою, тоді як інші лінії - одноланцюгові.

Обидва варіанти схем наведені на рисунках 4.1 та 4.2.

4.3 Споживання та забезпечення потреби в активній та реактивній потужностях в мережі

В мережі, яка проектується, баланс активної потужності аналізується для періоду найбільших навантажень. Споживання активної потужності складається з навантажень у визначених пунктах споживання електроенергії, а також з втрат потужності, що виникають у знижуючих трансформаторах та лініях мережі. Під час розрахунку одночасного споживання активної потужності враховується можливість неспівпадання максимальних навантажень деяких пунктів протягом доби. Це пояснюється різноманіттям технологій основних виробничих процесів, а також неспівпаданням місцевих погодних умов у різних районах мережі, що проектується. В рамках кваліфікаційної роботи вважається, що встановлена потужність генераторів системи живлення є достатньою для задоволення потреб у активній потужності розглянутого району.

У кваліфікаційній роботі припускається, що періоди споживання найбільших активних і реактивних навантажень підстанцій збігаються у часі. Максимальні реактивні навантаження на шинах районних підстанцій цього району визначаються за заданими значеннями найбільшого активного навантаження і коефіцієнта потужності. Сумарна реактивна потужність,

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідна для електропостачання району, складається з одночасно спожитого реактивного навантаження у визначених пунктах та втрат потужності в лініях та трансформаторах мережі.

В даному розділі кваліфікаційної роботи визначається приблизна потужність КП. Сумарна потужність на шинах 35 кВ п/ст II становить (без врахування втрат в трансформаторах 35/10 кВ та лініях 35 кВ):

$$S_{35}=2,58-j2,13+1,7-j1,42+2,75-j2,38+3,08-j2,57+2,38-j2,02=12,49-j10,52 \text{ МВА}$$

Потужність, яка поступає в мережу 35 кВ

$$Q_{35}=P_{35} \operatorname{tg} \varphi = 12,5 \cdot 0,32=4 \text{ Мвар}$$

$$Q_{\text{КУ}}=10,5-4=6,5 \text{ Мвар}$$

Розміщуємо батареї компенсуючих пристроїв на шинах 10 кВ підстанцій з 2 по 6. У таблиці Г3 Додатку Г наведені потужності навантаження на цих підстанціях з урахуванням компенсації реактивної потужності. Дані, представлені в таблиці Г4 Додатку Г, використовуються для вибору потрібних силових трансформаторів та визначення перерізу проводів повітряних ліній.

4.4 Вибір потужності трансформаторів на підстанціях

На підстанції I «Компаніївка» приймаємо триобмотковий трансформатор 150/35/10 кВ.

Потужність на стороні високої напруги (150 кВ) розраховується з урахуванням неспівпадання максимальних навантажень на шинах напруги 35 кВ і 10 кВ:

$$S_{150}=0,95 (S_{35}+S_{10})=0,95 \cdot (16,67-j \cdot 13,14)=21,2 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{рт}} \geq \frac{S_{150} K_{1,2}}{1,4} = \frac{21,2 \cdot 0,8}{1,4} = 12,1 \text{ МВА}$$

Обираємо два трансформатора ТДТН-16000/150/35/4.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виразуємо коефіцієнт завантаження, який дорівнює:

$$K_3 = \frac{21,22}{2 \cdot 16} = 0,65$$

Розрахунки по вибору трансформаторів 35/10 кВ зводимо в таблицю Г4 Додатку Г.

Технічні характеристики трансформаторів ТМН-1600/35 та ТМН-2500/35 представлені в таблиці Г5 Додатку Г.

Розраховуємо параметри трансформатора ТДТН 16000/150.

Активний опір дорівнює $R_1=R_2=R_3=R_{\text{общ}}/2$, де

$$R_{\text{общ}} = \frac{\Delta P_k U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{96 \cdot 158^2 \cdot 10^3}{16000^2} = 9,4 \text{ Ом}$$

$$R_1=R_2=R_3=R_{\text{общ}}/2=9,4/2=4,7 \text{ Ом}$$

Реактивний опір становить:

$$U_{K1}=0,5 (U_{K1-2} + U_{K1-3} - U_{K2-3}) = 0,5 (10,5 + 18 - 6) = 11,25\%$$

$$U_{K2}=0,5 (U_{K1-2} + U_{K2-3} - U_{K1-3}) = 0,5 (10,5 + 6 - 18) = 0$$

$$U_{K3}=0,5 (U_{K1-3} + U_{K2-3} - U_{K1-2}) = 0,5 (18 + 6 - 10,5) = 6,75\%$$

$$X_1 = \frac{U_{k1\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{11,25 \cdot 158^2 \cdot 10}{16000} = 176 \text{ Ом} \quad X_2=0$$

$$X_3 = \frac{U_{k3\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{6,75 \cdot 158^2 \cdot 10}{16000} = 105,3 \text{ Ом}$$

Розраховуємо електричні параметри двообмоткових трансформаторів ТМН 2500/35

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{26 \cdot 35^2 \cdot 10^3}{2500^2} = 4,6 \text{ Ом}$$

$$X_T = \frac{U_{k\%} U_{\text{ном}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{6,5 \cdot 35^2 \cdot 10}{2500} = 32 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{\text{СТ}} = \Delta P_{\text{СТ}} - j \Delta Q_{\text{СТ}} = 0,0051 - j 0,0275 \text{ МВА}$$

					Арк.
					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

В таблицю Г6 Додатку Г зводимо параметри для інших трансформаторів.

4.5 Вибір перерізів проводів повітряних ліній

Наводимо приклад вибору перерізу проводів для однієї лінії Л1 напругою 35 кВ.

Повна потужність $S_{\text{Л}} = 2,6 \text{ МВА}$

$$I_{\text{рл}} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}} = 1,05 \frac{2,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 35} = 22,6 \text{ А}$$

Із розрахункового струму приймаємо провід марки АС 70/11, $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$.

Проводимо на тривалий струм нагріву по умові $I_{\text{р.н}} < I_{\text{доп}}$.

$$I_{\text{р.н}} = 2 \cdot I_{\text{рл}} = 2 \cdot 22,6 = 45,1 \text{ А}$$

Переріз провoda відповідає вказаній умові, причому з урахуванням значення $F_{\text{розр}}$, яке перевищує мінімальне значення $F_{\text{мін}}$ для даного провoda в умовах коронного розряду. Аналогічно вибирається переріз проводів для інших ліній з напругою 35 кВ. Результати розрахунку зведені в таблицю Г7 Додатку Г, а в таблицях Г8 та Г9 наведені питомі параметри лінії - r_0 , x_0 , b_0 , а також параметри схеми заміщення радіальної мережі.

Розрахунки замкнутої мережі.

Розрахунок поточкорозподілу в замкнутих мережах є складнішим, ніж у радіальних мережах, оскільки вимагає використання спеціальних розрахункових формул. На рисунку 4.5 зображена розрахункова схема для визначення потужностей по лініям у замкнутих мережах.

Розрахунок потоків потужності виконаний за допомогою програми ZS4-CX.bas. Отримані результати розрахунку представлені в друкованому вигляді, де також розраховані струми форсованого режиму для перевірки нагріву проводів. Результати розрахунків замкнутої мережі наведені нижче

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	40

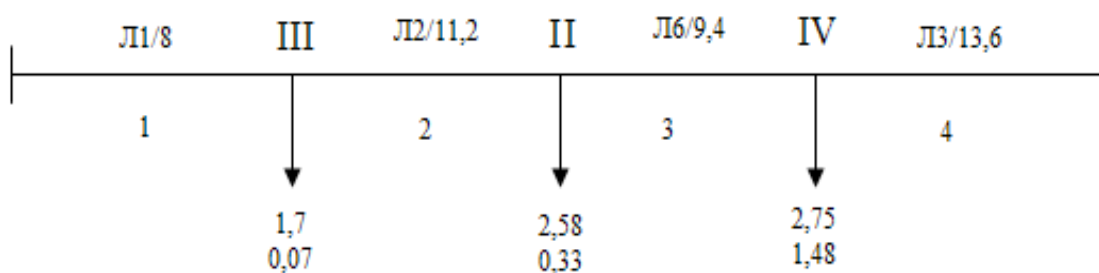


Рисунок 4.5 - Розрахункова схема

Розрахунок замкнутої мережі

По довжинам

$$\begin{aligned}
 P_{Л1} &= 6.57 \\
 Q_{Л1} &= 2.36 \\
 S_{Л1} &= 6.979 \\
 P_{Л2} &= 0.57 \\
 Q_{Л2} &= -0.398 \\
 S_{Л2} &= 0.697 \\
 P_{Л6} &= -1.132 \\
 Q_{Л6} &= -0.46 \\
 S_{Л6} &= 1.22 \\
 P_{Л3} &= -4.71 \\
 Q_{Л3} &= -0.79 \\
 S_{Л3} &= 4.79
 \end{aligned}$$

По перерізу

$$\begin{aligned}
 F(Л1) &= 104.8 \\
 F(Л2) &= 4.3 \\
 F(Л6) &= 18.3 \\
 F(Л3) &= 56.9
 \end{aligned}$$

ОБИРАЄМО ПЕРЕРІЗ ПРОВОДІВ:

Л1	АС 120/19	<u>Ідоп=390 А;</u>
Л2	АС 120/19	<u>Ідоп=390 А;</u>
Л6	АС 120/19	<u>Ідоп=390 А;</u>
Л3	АС 120/19	<u>Ідоп=390 А.</u>

4.6. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання

В даній роботі ймовірним джерелом електропостачання комбікормового заводу з навантаженням $S_p = 1377,7 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ – є підстанція енергосистеми з трансформаторами 35/10 кВ. Відстань до заводу $L \approx 1,1 \text{ км}$. Таким чином, для порівняння схем зовнішнього електропостачання обираємо два варіанти:

- 1) живлення наругою 35 кВ;
- 2) живлення напругою 10 кВ.

Беручи до уваги розташування заводу та живлячої підстанції, розглядаємо два можливих варіанти електропостачання.

Варіант 1. Електропостачання забезпечується дволанцюговою повітряною лінією 35 кВ. На території заводу планується будівництво підстанції 35/10 кВ. Відстань від системної підстанції до заводу становить 1,1 км.

Варіант 2. Електропостачання заводу здійснюється кабельними лініями 10 кВ, прокладеними в траншеї. На території підприємства будується ЦРП-10 кВ. Відстань від системної підстанції до заводу також становить 1,1 км.

На початковому етапі техніко-економічного порівняння варіантів виконуються технічні розрахунки для вибору схем можливих варіантів і основного електрообладнання.

Вибір потужності трансформаторів на підстанціях

Варіант №1. Електропостачання здійснюється дволанцюговою ПЛ 35кВ, на території заводу споруджується п/ст 35/10 кВ.

Вибір перерізу проводу.

Розрахунковий струм в лінії

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1377,7}{\sqrt{3} \cdot 35} = 22,8 \text{ А}$$

$$I_p = 1 \cdot 1,05 \cdot 22,8 = 22,81 \text{ А}$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо провід АС 70 (опори залізобетонні), з $I_{доп} = 265$ А. Провід на 35 кВ не потребує перерірки на корону.

Перевірка на нагрівання: $I_{ав} = 2 \cdot I_p = 2 \cdot 22,8 = 45,6$ А

$45,6$ А < 265 А, провід АС 70 відповідає умовам перевірки.

$$K_3 = 22,8 / (2 \cdot 265) = 0,043$$

Вибір трансформаторів на п/ст. Частка споживачів I та II категорії складає 80%, значить

$$S_{p,т} \geq \frac{1,377 \cdot 0,8}{1,4} = 0,787 \text{ МВА}$$

Встановлюємо два трансформатора ТМ 1000/35 :

$$K_3 = \frac{1,38}{2 \cdot 1} = 0,69$$

ВРП підстанції виконується по схемі моста, який має 3 вимикача. Вартість ВРП 35 кВ $K_{ВРП} = 650$ тис. грн.

Розрахуємо капітальні вкладення та експлуатаційні витрати по I варіанту.

$$K_I = K_L + K_{п/ст}$$

$$K_L = K_{лo} \cdot \ell = 170 \cdot 1,1 = 187 \text{ т. грн.}$$

$$K_{п/ст} = K_{тр} + K_{ВРП} + K_{пз}$$

$$K_{тр} = 423 \cdot 2 = 846 \text{ т.грн.}$$

$$K_{ВРП} = 650 \text{ т.грн.}$$

$$K_{пз} = 860 \text{ т.грн.}$$

$$K_{п/ст} = 846 + 650 + 860 = 2356 \text{ т.грн.}$$

$$K_I = 150 + 2356 = 2506 \text{ т.грн.}$$

Поточні витрати на експлуатацію:

$$C_a = C_L + C_{п/ст} = \frac{10}{100} 150 + \frac{20}{100} 2356 = 486,2 \text{ т.грн.}$$

Втрати електричної енергії в лініях і трансформаторах

$$\Delta W_{л} = 125 \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,042^2 \cdot 1361,56 = 299,5 \text{ кВт·год}$$

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta W_T = 2(2,75 \cdot 8760 + 10,6 \cdot 0,69^2 \cdot 1361,6) = 91465,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta W_T = 2(2,75 \cdot 8760 + 10,6 \cdot 0,69^2 \cdot 1361,6) = 91465,5 \text{ кВт} \cdot \text{г}$$

Сумарні втрати енергії

$$\Delta W_I = 299,5 + 91465,5 = 91765 \text{ кВт} \cdot \text{г}$$

Вартість втрат електроенергії

$$C = C_o \cdot \Delta W_I = 5,4 \cdot 91764,96 \cdot 10^{-3} = 495,5 \text{ т.грн.}$$

де $C_o = 5,4 \text{ грн/кВт} \cdot \text{г}$ для ПЛ 35 кВ.

Розрахункові витрати по I варіанту

$$Z_I = 486,2 + 495,5 + 0,12 \cdot 2506 = 1282,4 \text{ т.грн.}$$

Варіант №2. Живлення відбувається кабельними лініями 10 кВ. На комбікормовому заводі споруджується ЦРП 10 кВ. Розрахунок виконується по аналогічній методиці.

Результати техніко - економічних показників варіантів електропостачання комбікормового заводу зведені в таблицю Г10 Додатку Г.

Результати аналізу розрахунків показали, що оптимальним варіантом електропостачання заводу є використання кабельних ліній з напругою 10 кВ. Таблиця Г10 містить основні техніко-економічні показники порівнюваних варіантів.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ

5.1. Складання розрахункових схем заміщення

Метою розрахунку мережі є визначення розподілу активної та реактивної потужностей на різних ділянках мережі та визначення дійсних напруг на шинах низької напруги районних підстанцій. Цей розрахунок виконується для режиму максимальних і мінімальних навантажень, а також для визначення аварійного режиму мережі.

Лінії мережі моделюються за допомогою П-подібних схем заміщення, в яких не враховується активна провідність ($G_{\text{л}} = 0$). Двообмоткові трансформатори заміщуються Г-подібними схемами, де гілка провідності враховується у вигляді допоміжного навантаження:

$$\Delta \underline{S}_{\text{ст}} = \Delta P_{\text{ст}} - j\Delta Q_{\text{ст}},$$

де $\Delta P_{\text{ст}}$ – значення втрат активної потужності для сталі трансформатора;

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

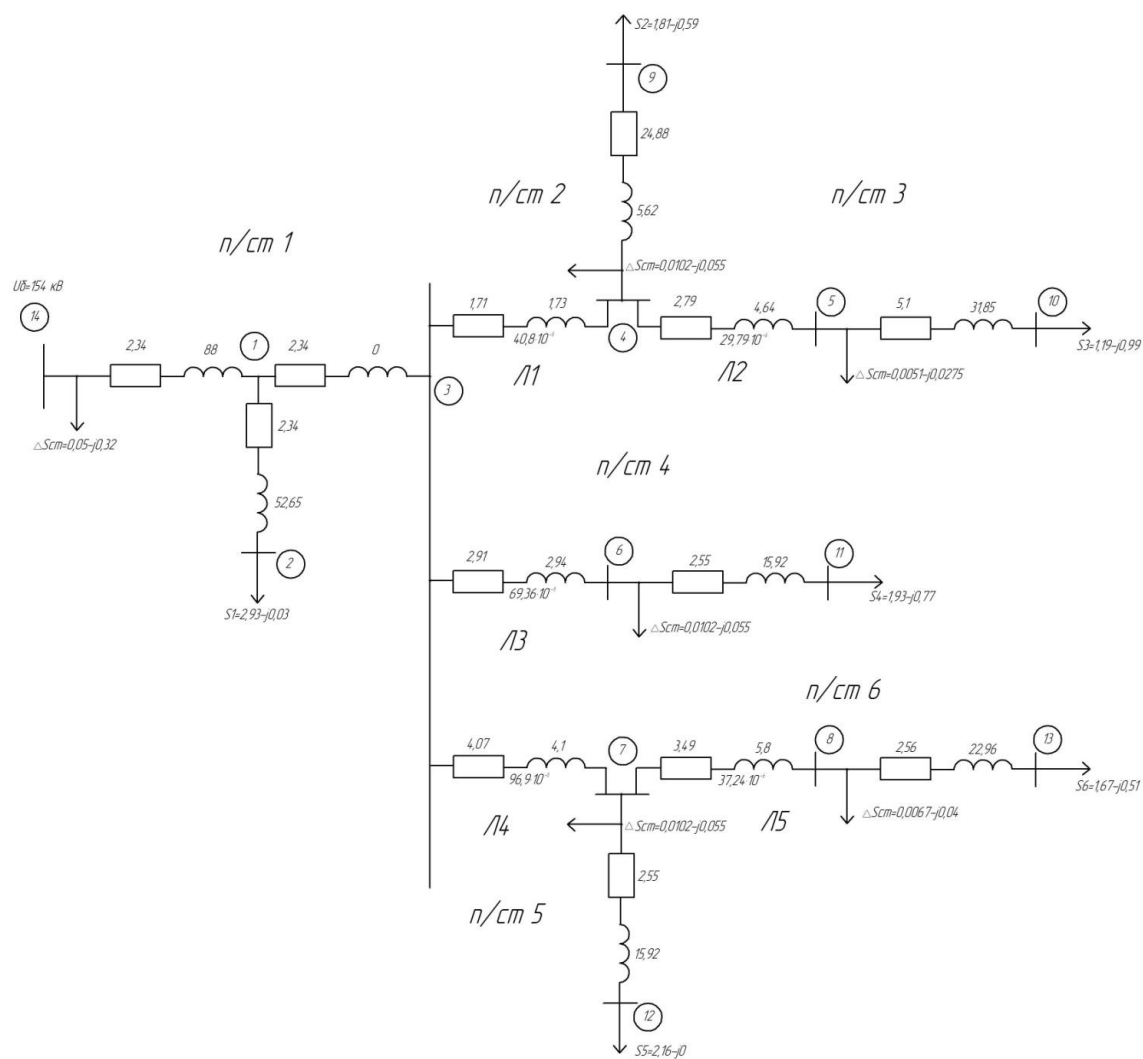


Рисунок 5.1 – Варіант схеми заміщення радіальної мережі

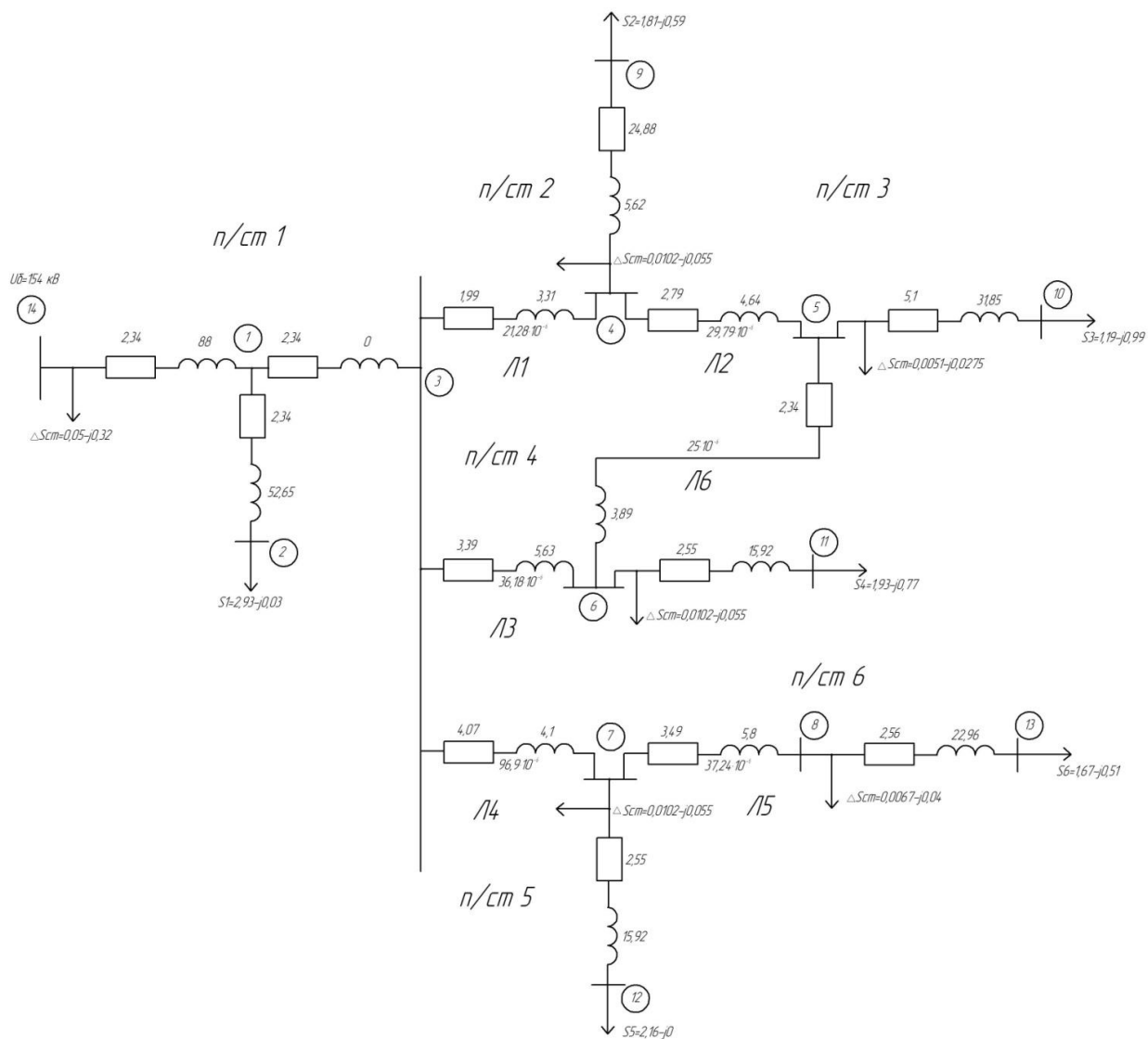


Рисунок 5.2 – Варіант схеми заміщення замкнутої мережі.

Триобмоткові трансформатори моделюються за допомогою 3-х променевої схеми заміщення. На рисунках 5.1 та 5.2 наведені розрахункові схеми заміщення для радіальної та замкнутої мереж Компаніївського району, що є об'єктом проектування. Кожна з цих схем заміщення складається з 14 вузлів.

5.2. Розрахунок режимів схем мережі та їх аналіз

Розрахунки мережі проводяться за допомогою програми для розрахунку режимів. Алгоритм цієї програми ґрунтується на методі вузлових напруг.

					Арк.
					47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Аналіз режимів схем мережі

Розрахунки режимів приведені Додатку Д.

У радіальній схемі, у максимальному режимі, загальні втрати активної потужності (ΔP) становлять 0,336 МВт. Напруга на шинах низької напруги (НН) підстанції становить 10,5 кВ.

$\operatorname{tg} \varphi_{\text{БП}} = \frac{8,34}{17,05} = 0,5$, заданий $\operatorname{tg} \varphi_{\Gamma} = 0,32$. Для забезпечення балансу РП потрібно підвищити встановлену потужність БК.

Визначимо потужності додаткових БК для виконання умови балансу:

$$\Delta Q_{\text{БК}}^{\text{доп}} = P_{\text{БП}} (\operatorname{tg} \varphi_{\text{БП.Р}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{БП}}) = 17,05(0,5 - 0,32) = 2,95 \text{ Мвар}$$

На підстанції 1 встановлюємо стандартні конденсаторні батареї (БК) на 10 кВ загальною потужністю 1,8 МВАр, а на підстанції 6 додатково одну БК на 900 кВАр. Після коригування потужності БК були розраховані режими обох схем електропостачання району.

Радіальна схема.

У режимі максимального навантаження втрати потужності становлять 314 кВт. Напруга у всіх точках навантаження підтримується на рівні 10,5 кВ шляхом вибору відповідних відпайок. Коефіцієнт реактивної потужності складає 0,32. У режимі мінімального навантаження також досягаються необхідні рівні напруги 10 кВ для цієї схеми.

Замкнута схема.

В режимі максимального навантаження втрати активної потужності дорівнюють $\Delta P_{\Sigma} = 312$ кВт. Напруга відповідає припустимим межам. При цьому коефіцієнт реактивної потужності балансуючого вузла становить:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{БП}} = \frac{5,54}{17,03} = 0,33$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	48

У мінімальному режимі втрати потужності становлять 176 кВт, при цьому частина БК на 10 кВ відключена. Таким чином, для обох схем електропостачання у всіх режимах підтримується необхідний рівень напруги. В аварійних режимах немає потреби відключати споживачів.

5.3. Компенсація реактивної потужності

Як показали розрахунки, попередньо вибрані БК на 10 кВ не забезпечують заданого $\text{tg}\phi$ для всіх розглянутих схем. Для радіальної та замкненої схем можливо збільшити потужність БК на 2,7 МВар. Таким чином, на підстанції I встановлюємо БК потужністю 1,8 МВар, а на підстанції VI додатково 0,9 МВар.

З урахуванням коригування потужності БК були виконані розрахунки режимів максимального навантаження для всіх схем. Результати цих розрахунків наведені в Додатку Г. Потужності встановлених БК зазначені в таблиці Г11 Додатку Г.

5.4. Техніко-економічні розрахунки варіантів електропостачання

Мета техніко-економічних розрахунків полягає у визначенні порівняльної економічної ефективності варіантів спроектованої мережі та її окремих елементів. У наш час основним економічним критерієм для визначення найвигіднішого варіанту є мінімум приведених витрат.

У таблицях Е1-Е8 наведені результати розрахунків техніко-економічного порівняння двох варіантів схем електропостачання споживачів Компаніївського району.

Розрахунок приведених витрат:

Радіальна схема.

Сумарні капітальні вкладення

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\Sigma} = 8460 + 12807 = 21267 \text{ т.грн.}$$

Сумарні витрати

$$I_{\Sigma} = 1234,7 + 3467,2 = 4701,9 \text{ т.грн.}$$

Розрахункові витрати

$$З_I = 4701,9 + 0,12 \cdot 21267 = 7253,9 \text{ т.грн.}$$

Розрахунок приведених витрат:

Замкнута схема.

Сумарні капітальні вкладення

$$K_{\Sigma} = 8326,9 + 12919 = 21245,9 \text{ т.грн.}$$

Сумарні витрати

$$I_{\Sigma} = 1225,3 + 3489,6 = 4714,9 \text{ т.грн.}$$

Розрахункові витрати

$$З_{II} = 4714,9 + 0,12 \cdot 21245,9 = 7264,3 \text{ т.грн.}$$

Радіальна схема електропостачання району має найменші розрахункові витрати, тому ми обираємо її для подальшого виконання. На слайдах презентації кваліфікаційної роботи наведені спрощені схеми комутації для радіальної та замкнутої схем електропостачання.

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ І ПІДСТАНЦІЇ РАЙОНУ

6.1. Вибір трансформаторів ГЗП

ГЗП, як правило, оснащуються двома трансформаторами. Це забезпечує надійне електропостачання всіх класів споживачів. Однотрансформаторні станції можуть застосовуватися лише у виняткових випадках, коли можна забезпечити живлення для навантажень першої категорії через вторинні лінії напруги та інші джерела живлення.

При визначенні потужності трансформаторів станцій потрібно керуватися стандартами технологічного проектування підстанцій напругою від 35 до 750 кВ. У разі виходу з ладу одного з трансформаторів, інший, який залишається в робочому стані, має забезпечити безперебійну роботу підприємства протягом часу заміни пошкодженого трансформатора з урахуванням можливого обмеження навантаження без втрат для основної діяльності підприємства та з використанням припустимого перевантаження трансформатора згідно з Державними енергетичними стандартами та технічними умовами.

Встановлення двох трансформаторів на ГЗП забезпечить надійне електропостачання і забезпечить резервування у разі виходу одного з трансформаторів із ладу:

$$S_{\text{ном.тр}} = K_{\text{І, II}} S_p / (2 \cdot 0,7) = 0,7 \cdot 1377,7 / 1,4 = 688,8 \text{ кВА}$$

Обираємо трансформатор типу ТМ – 1000/10.

Завантаження трансформаторів при нормальному режимі роботи:

$$K_3 = 1127,2 / (2 \cdot 1000) = 0,6 < 0,7 = K_{3, \text{норм}}$$

Завантаження трансформаторів при аварійному режимі:

$$K_3 = 1377,7 / 1000 = 1,4 = K_{3, \text{доп.}}$$

В аварійному режимі потрібно обмежити потужність заводу на 842 кВА, враховуючи допоміжних споживачів III категорії. Такий обмежений режим допоможе забезпечити безпеку та ефективну роботу системи електропостачання у випадку аварійних ситуацій.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В нормальних умовах роботи обрані трансформатори відповідають умовам перегрузки і забезпечують можливість збільшення навантаження на заводі в майбутньому. Це важливий аспект для забезпечення можливості росту виробництва та ефективного використання електропостачання на заводі без ризику перегрузки трансформаторів.

6.2. Вибір цехових трансформаторів

Розташування центральних розподільних пунктів (ЦРП), розподільних пунктів (РП) і трансформаторних підстанцій (цехових ТП) визначається рядом факторів. Перш за все, це величина і характер електричних навантажень на підприємстві, а також їх розташування на генеральному плані. Також враховуються архітектурно-будівельні та експлуатаційні вимоги, конфігурація виробничих приміщень, розташування технологічного обладнання, умови навколишнього середовища, необхідність охолодження, а також вимоги до пожежної та електричної безпеки. Врахування всіх цих аспектів дозволяє ефективно розподілити та забезпечити стабільне електропостачання всього підприємства, забезпечуючи оптимальну роботу системи.

Розташування цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) має передбачатися всередині цехів або прибудованими до них у випадках, коли це можливо з технічних, економічних та експлуатаційних міркувань. Однак, у випадках, коли розміщення трансформаторних підстанцій всередині цеху є недопустимим, наприклад, через обмежену площу або вимоги безпеки, застосування окремостоячих ЦТП може бути обгрунтоване. При цьому важливо враховувати всі аспекти, що впливають на ефективність та безпеку електропостачання цеху, забезпечуючи оптимальне розташування та функціонування трансформаторної підстанції.

Так, позиціонування центральних розподільних пунктів (ЦРП), розподільних пунктів (РП) та інших комутаційних вузлів на границі

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

учасків, що живляться від них, може бути ефективним рішенням для уникнення зворотних потоків енергії. Це допомагає забезпечити оптимальну роботу електричної мережі та уникнути втрат енергії чи перенапруг, що можуть виникнути у випадку зворотного потоку. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність та ефективність електропостачання усього мережевого обсягу.

Точно так, вибір кількості трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) ґрунтується на ряді важливих критеріїв. Перш за все, необхідно враховувати розрахункове навантаження, яке включає в себе суму електричних потреб споживачів у цеху. Крім того, важливо враховувати категорійність споживачів, оскільки вона визначається потребами у надійності електропостачання. Для забезпечення надійності може бути необхідно встановити більше одного трансформатора з резервуванням або використанням паралельних з'єднань. Крім того, враховуються умови компенсації реактивних навантажень для забезпечення ефективної роботи системи та зниження втрат енергії. Враховуючи ці фактори, можна здійснити оптимальний вибір кількості трансформаторів для цехової ТП.

Так, одинична потужність трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) часто визначається з урахуванням питомої щільності навантаження у цеху. Це означає, що потужність кожного трансформатора обчислюється на основі загального обсягу електричних потреб цеху та його площі. Наприклад, якщо цех має велику площу, але містить обмежену кількість споживачів, то одинична потужність трансформаторів може бути меншою. З іншого боку, якщо цех має велику кількість потужних споживачів на обмеженій площі, то одинична потужність трансформаторів може бути більшою. Враховуючи цю питому щільність навантаження, можна забезпечити ефективне та оптимальне розміщення трансформаторів для забезпечення потреб цеху в електроенергії.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Здійснено розрахунок потужності трансформаторів цехових ТП.

Для ТП №1 потужність силових трансформаторів:

$$S_{\text{тр.в}} = S_p / 1.4(n - 1) = 750,8 / 1,4 = 536,3 \text{ кВА} -$$

Обираємо до встановлення трансформатор з найближчою потужністю ТМ - 630/10, КТП 10/0,4 Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій.

Коефіцієнт завантаження при нормальному режимі:

$$K_z = S_p / (n \cdot S_{\text{тр}}) = 750,83 / (2 \cdot 630) = 0,6$$

Аналогічно проводимо розрахунки для інших ТП. Результати розрахунків зводимо в таблицю Е9 Додатку Е.

Якщо розподіл навантажень по території цеху є рівномірним, то оптимальним рішенням буде розміщення трансформаторних підстанцій (ТП) також рівномірно по цій території. Це допоможе забезпечити рівномірне живлення всіх споживачів у цеху та знизити втрати електроенергії через мінімізацію довжини електричних ліній. Такий підхід сприятиме оптимальному функціонуванню електромережі та забезпечить стабільність електропостачання у всьому цеху.

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

7.1. Розрахунок струмів КЗ

Розрахунок виконується за методикою, описаною в джерелі [3]. Складається розрахункова схема (рис. 7.1), на якій позначаються точки, де потрібно розрахувати ці струми. Потім створюється схема заміщення, де всі елементи виражені у вигляді опорів (рис. 7.2).

Для проведення розрахунків струмів короткого замикання в проекті використовується пакет програм MS Excel. Результати цих розрахунків представлені у табл. Ж1 Додатку Ж.

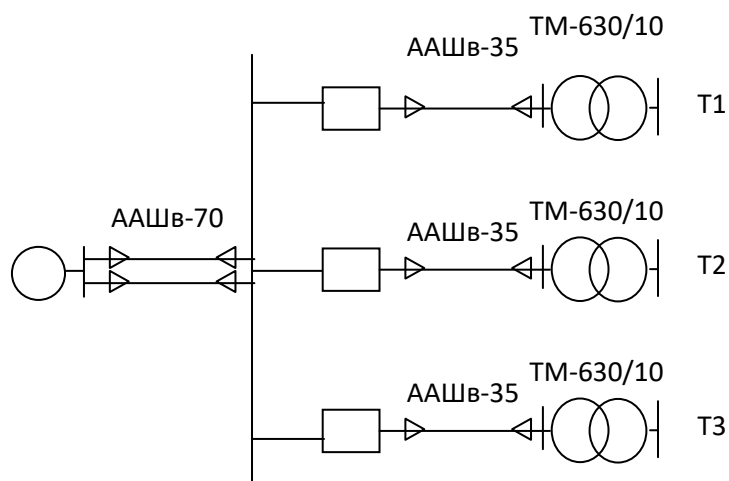


Рисунок 7.1 - Розрахункова схема СЕПП

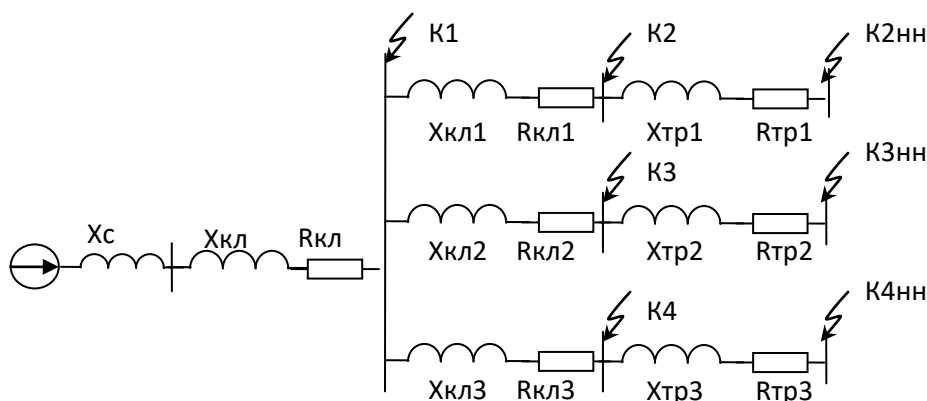


Рисунок 7.2 - Схема заміщення

Здійснено розрахунки струмів КЗ для ТП1, для інших ТП розрахункові дані інших точок схеми при ведені в таблиці Ж1 Додатку Ж.

$U_H = 10$ кВ. Лінія виконана кабелем ААШв довжиною $L_1 = 1,1$ км та з перерізом $F = 70$ мм²

Лінія від РП до цехової ТП:

$U_H = 10$ кВ. Лінія виконана кабелем АШв $F_{ст} = 35$ мм², довжиною $L_{кл} = 0,032$ км. Номінальна потужність трансформатора ТП складає $S_{тр} = 630$ кВА. На ТП встановлюється трансформатор ТМ- 630/10.

Приймаємо за базисну потужність $S_6 = 100$ МВА, базисна напруга в точці К1 становить $U_{61} = 10,5$ кВ; в точці К2 становить $U_{62} = 10,5$; кВ в точці К3 становить $U_{63} = 0,4$ кВ.

Визначаємо відносні опори елементів схеми КЗ:

Реактивний опір системи дорівнює:

$$X_c = S_6 / S_{кз} = 100 / 76 = 1,3 \text{ Ом}$$

Реактивний опір лінії від 10 кВ до ЦРП становить:

$$X_{л1} = X_o \cdot L \cdot S_6 / U_{61}^2 = 0,45 \cdot 1,1 \cdot 100 / 11^2 = 0,44 \text{ Ом}$$

Активний опір лінії напругою 10 кВ до ЦРП становить:

$$R_{л1} = R_o \cdot L \cdot S_6 / U_{61}^2 = 0,06 \cdot 1,1 \cdot 100 / 11^2 = 0,05 \text{ Ом}$$

Реактивний опір лінії 10 кВ від РП до ТП становить:

$$X_{л2} = X_o \cdot L \cdot S_6 / U_{62}^2 = 0,95 \cdot 0,032 \cdot 100 / 11^2 = 0,25 \text{ Ом}$$

Активний опір лінії 10 кВ від РП до ТП становить:

$$R_{л2} = R_o \cdot L \cdot S_6 / U_{62}^2 = 0,06 \cdot 0,032 \cdot 100 / 11^2 = 0,02 \text{ Ом}$$

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір трансформатора 10/0,4 кВ становить:

$$R_{\text{тп}} = \Delta P_{\text{м}} \cdot S_{\text{б}} / S_{\text{н.тп}}^2 = 10 \cdot 100000 / 630^2 = 2,5 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{тп}} = \sqrt{(U_{\text{к}}/100)^2 - (\Delta P_{\text{м}}/S_{\text{н.тп}})^2} \cdot S_{\text{б}} / S_{\text{н.тп}} = \\ = \sqrt{(5,56 / 100)^2 - (10 / 630)^2} \cdot 100000 / 630 = 8,5 \text{ Ом}$$

Результуючий еквівалентний опір до точки КЗ. Спростуємо схему заміщення за наступною послідовністю:

1) результуючий опір до точки К1 становить:

$$R_{\text{к1}} = R_{\text{л1}} = 0,05$$

$$X_{\text{к1}} = X_{\text{с}} + X_{\text{л1}} = 1,3 + 0,44 = 1,74$$

$$Z_{\text{к1}} = \sqrt{R_{\text{л1}}^2 + X_{\text{к1}}^2} = \sqrt{0,05^2 + 1,74^2} = 1,74$$

2) результуючий опір до точки К2 становить:

$$R_{\text{к2}} = R_{\text{л1}} + R_{\text{к1}} = 0,02 + 0,05 = 0,07$$

$$X_{\text{к2}} = X_{\text{л1}} + X_{\text{к1}} = 0,25 + 1,74 = 2,0$$

$$Z_{\text{к2}} = \sqrt{R_{\text{к2}}^2 + X_{\text{к2}}^2} = \sqrt{0,07^2 + 1,99^2} = 2,0 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{к3}} = R_{\text{тп}} + R_{\text{к2}} = 2,52 + 0,07 = 2,6$$

$$X_{\text{к3}} = X_{\text{тп}} + X_{\text{к2}} = 8,52 + 1,99 = 10,5$$

$$Z_{\text{к3}} = \sqrt{R_{\text{к3}}^2 + X_{\text{к3}}^2} = \sqrt{2,6^2 + 10,5^2} = 10,82$$

Обчислюємо базисні струми в даних точках КЗ:

В точці К1

$$I_{\text{б1}} = S_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{б1}} = 100 / (1,7 \cdot 10,5) = 5,5 \text{ кА}$$

В точці К2

$$I_{\text{б2}} = S_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{б2}} = 100 / (1,7 \cdot 10,5) = 5,5 \text{ кА}$$

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В точці К2_{нн}

$$I_{\delta 3} = S_{\delta} / \sqrt{3} \cdot U_{\delta 3} = 100 / (1,7 \cdot 0,4) = 144,5 \text{ кА}$$

$$I_{K1} = I_{\delta 1} / Z_{K1} = 5,5 / 1,74 = 3,16 \text{ кА}$$

$$I_{\infty 1} = I_{K1} = 3,16 \text{ кА}$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{K1} = 1,4 \cdot 1 \cdot 3,16 = 4,4 \text{ кА}$$

$$I_{K1}^2 = 0,87 \cdot I_{K1} = 0,87 \cdot 3,16 = 2,75 \text{ кА}$$

Розрахунок для інших точок розглядаємих схем зводимо до таблиці Ж1 Додатку Ж.

Вибір кабелів

Обираємо кабельний провід для лінії (КЛ-1) від ГЗП до ТП №1.

Площа перерізу :

$$F_e = I_p / (n J_{ек}) = 21,7 / (1 \cdot 1,4) = 15,5 \text{ мм}^2$$

$$\text{Де } I_p = \frac{S_p}{N \sqrt{3} U_n} = 750,8 / (2 \cdot 1,7 \cdot 10) = 21,7 \text{ А}$$

При $T_{\max} = 3771,6$ год $J_{ек} = 1,4$ вибираємо за таблицею [9].

Підходить кабель ААШв - $3 \times 35 \text{ мм}^2$ з припустимим струмом $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$.

Превіряємо на умову допустимого струмового навантаження:

$$I_p = K_n I_{\text{доп}} = 21,7 \leq 115$$

На умову роботи в аварійному режимі

$$I_{ав} = K_n K_{ав} I_{\text{доп}} = 1 \cdot 1,15 \cdot 115 = 132,2 \text{ А} > 43,4$$

					Арк.
					58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Попереднє навантаження

$$K_3 = I_p / (K_n \cdot I_{don}) = 21,7 / (1 \cdot 115) = 0,2$$

Мінімальний переріз кабеля відповідно умові термічної стійкості:

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{11,03} = 35,3 \text{ мм}^2$$

тепловий імпульс:

$$B_k = I^2 (t_{отк} + T_a) = 3,16^2 \cdot (1 + 0,05) = 11,03 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Прийнятий кабель з перетином 35 мм² не відповідає умові термічної стійкості, тоді беремо до прокладання провід перетином 95 мм².

Інші кабелі системи електропостачання обираються аналогічно, розрахунки представлені в таблиці Ж2 Додатку Ж.

7.2. Вибір високовольтного обладнання

7.2.1. Вибір вимикачів

Конкретні умови експлуатації тих чи інших типів вимикачів визначають їх область застосування.

Умови вибору ввідних вимикачів та вимикачів на відходящих лініях 10 кВ представлені в табл Ж3 та Ж4 Додатку Ж

Вибір ввідних вимикачів по шинах 10 кВ:

$$I_{роб\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1203,6}{\sqrt{3} \cdot 10} = 69,6 \text{ А}$$

$$B_k = I^2 (t_{отк} + T_a) = 3,16^2 \cdot (1 + 0,0038) = 100,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$\text{де } t_{отк} = t_{pz} + t_b = 0,5 + 0,025 + 0,4 = 0,925 \text{ с}$$

Вибір вимикачів відходящих лініях 10 кВ:

$$I_{роб\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1121,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 64,84 \text{ А}$$

$$B_k = I^2 (t_{отк} + T_a) = 3,16^2 (0,5 + 0,0037) = 5,03 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$\text{де } t_{отк} = t_{pz} + t_b = 0,1 + 0,025 + 0,4 = 0,525 \text{ с}$$

Приймаємо вимикач ВР1-20/630.

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2.2. Вибір розрядників

Захист обладнання підстанцій від атмосферних і внутрішніх перенапруг здійснюється шляхом встановлення вентиляних розрядників. Застосування розрядників потрібне на вводах трансформаторів, які підключені до повітряних ЛЕП.

На боці 10 кВ (ЦРП) приймаємо розрядник типу РВО-10У1.

7.2.4. Вибір потужності трансформаторів власних потреб (ТВП)

Власні потреби підстанції є однією з найбільш важливих, оскільки їх ефективність визначає правильну роботу усього обладнання підстанції та, в кінцевому підсумку, надійність електропостачання споживачів.

Системи внутрішнього живлення підстанції охоплюють: електродвигуни для приводів вентиляції силових трансформаторів та компресорів, оперативні кола живлення, обладнання для підігріву вимикачів, вимикаючих пристроїв, короткозамикачів і шаф КРПЗ з електричними апаратами та приладами, а також освітлення і опалення робочого та аварійного режимів.

Найбільш важливими споживачами ВП підстанції є кола оперативного струму, системи релейного захисту та автоматики, комплекси охолодження трансформаторів, обладнання пожежної безпеки, електроспоживачі компресорної. Живлення оперативних кіл підстанції здійснюється на змінному та постійному струмі.

Споживачі навантаження власних потреб представлені у таблиці Ж5 Додатку Ж.

Обчислимо потужність споживачів власних потреб:

$$S_{\text{розр}} = K_c \cdot \sqrt{(P_{\text{вст}} + Q_{\text{вст}})} = 0,8 \sqrt{(16^2 + 0^2)} = 12,8 \text{ кВА}$$

Обираємо 2 трансформатори ТМ – 25/10.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЙ

8.1. Високовольтні вимикачі

Вимикачі високої напруги є основними пристроями для увімкнення та вимикання короткозамкнених струмів, що можуть досягати значних значень, а також для відключення навантаження без створення надмірного напруження для невеликих індуктивних та ємнісних струмів. Щоб забезпечити стабільну роботу електричної системи у будь-яких умовах, вимикач повинен працювати дуже швидко - за декілька десятих долей секунди при відключенні короткозамкненого струму. Конструкція вимикача має бути простою, а його експлуатація - зручною; вимикач повинен бути легко відновлюваним, мати високу готовність до роботи: при рідкому використанні він повинен завжди бути готовий до роботи. Крім того, вимикач повинен надійно вмикати та вимикати номінальні струми тисячі разів і безперервно переносити навантаження та напругу, а також витримувати короточасні термічні та динамічні навантаження від короткого замикання.

Вимикання ланцюга струму за допомогою високовольтного вимикача та гасіння дуги складаються з трьох послідовних, дуже швидких (без пауз) фаз:

1. Розмикання контактів та утворення дуги.
2. Гасіння дуги.
3. Відновлення електричної міцності дугового проміжку, що запобігає повторному займанню дуги.

У високовольтних вимикачах відбувається процес горіння та гасіння дуги. Під час відключення струмового ланцюга високовольтним вимикачем, його контакти розходяться, але це не призводить до розриву ланцюга, оскільки між контактами утворюється електрична дуга, у вигляді сильного іонізованого стовпа газу, який стає провідним за високої температури. При невеликій відключаючій потужності між контактами вимикача з'являється не

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дуга, але лише невелика іскра, яка майже не залишає слідів, і після розходження контактів ланцюг розмикається. У випадку великої відключаючої потужності контакти обгорають під впливом утвореної дуги, що потребує застосування спеціальних пристроїв для гасіння дуги та розмикання ланцюга.

У вимикачах змінного струму гасіння дуги стає простішим завдяки переходу струму через нуль. Практично дуга у цих вимикачах виступає як природний вимикаючий елемент, який точно визначає момент відключення та негайно його здійснює. Для виконання відключення потрібно лише швидко відновити електричну міцність дугового проміжку шляхом деіонізації та видалення заряджених частинок.

Гасіння дуги у високовольтних вимикачах зазвичай здійснюється різними методами, зокрема:

- Використання масла для гасіння дуги. Під час розмикання контактів вимикача їх розміщують у маслі. Електрична дуга, яка утворюється, розкладає масло, що в результаті призводить до гасіння дуги в газовому міхурі. Цей міхур містить пари масла та газу, зокрема водень і різні вуглеводні. Швидке розкладання масла підвищує тиск у міхурі, що сприяє кращому охолодженню дуги та її деіонізації. Водень, який володіє високими властивостями гасіння дуги, також сприяє цьому процесу. Рух газу та парів масла всередині міхура підсилює дію на гасіння дуги.

Таким чином, під час горіння дуги відбуваються два протилежні процеси: іонізація і деіонізація. Ефективність відключення струму короткого замикання та гасіння дуги у вимикачі залежить від швидкості протікання двох процесів: відновлення електричної міцності дугового проміжку та відновлення напруги на контактах вимикача. Щоб уникнути повторного пробиття дугового проміжку напругою, що відновлюється, необхідно провести ці процеси якнайшвидше.

- Газоповітряне дуття впливає на поліпшення охолодження електричної дуги, забезпечуючи рух газів вздовж або поперек дуги. Це

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сприяє проникненню газових частинок у стовбур дуги, що викликає інтенсивну дифузію і охолодження дуги. Ефективнішим є дуття холодним неіонізованим повітрям, що надходить зі спеціальних балонів із стислим повітрям (повітряні вимикачі).

- Багаторазовий розрив ланцюга струму використовується у високовольтних вимикачах для відключення великих струмів при високих напругах, оскільки одноразовий розрив дуги важко здійснити. Для цього використовуються декілька дугогасячих пристроїв, розрахованих на частину номінальної напруги, для розриву дуги в кожній фазі. Для забезпечення рівномірного розподілу напруги між розривами використовують ємності або активні опори, які паралельно підключають до головних контактів вимикача. Значення цих елементів підбирають так, щоб напруга на розривах рівномірно розподілялася.

- Гасіння тиску ($10^{-6} \dots 10^{-8}$ Н/см²). Ця властивість знаходить широке застосування у високовольтних вимикачах: при розмиканні контактів у вакуумі, після першого проходження струму, міцність проміжку відновлюється дуги у вакуумі є ефективним способом, оскільки високорозріджений газ володіє значно вищою електричною міцністю, ніж газ при атмосферному миттєво під час проходження струму через нуль, і дуга не знову спалахує.

- Гасіння дуги у газах високого тиску дозволяє створювати компактні комутаційні пристрої для гасіння дуги в атмосфері стислого повітря, оскільки повітря при тиску понад 2 МПа має високу електричну міцність. Застосування високоміцних газів, таких як шестифториста сірка SF₆ (елегаз), є ще ефективнішим. SF₆ володіє значно більшою електричною міцністю, ніж повітря або водень, і кращими властивостями гасіння дуги навіть при атмосферному тиску. Тому елегаз широко використовується в сучасних високовольтних елегазових вимикачах 6... 10 кВ в КРП.

- Магнітне дуття застосовується для гасіння дуги у електромагнітних вимикачах. У цих вимикачах дуга, що горить в повітрі, подовжується швидко

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за рахунок магнітного дуття до величини, коли напруга на дузі перевищує напругу мережі, і дуга гасне. Для створення магнітного дуття зазвичай використовується електромагніт, котушка якого з'єднана послідовно з контуром дуги. Основним конструктивним елементом таких вимикачів є щілинна дугогасяча камера, виготовлена з жароміцної кераміки, яка сприяє розтягуванню та охолодженню дуги.

Сучасні вимикачі напругою 6-10 кВ для КРП повинні відповідати наступним вимогам:

- Надійність в роботі та забезпечення безпеки для обслуговуючого персоналу;
- Мінімальний час відключення;
- Компактні розміри і маса;
- Простота монтажу;
- Безшумна робота;
- Порівняно невисока вартість;
- Мінімальні витрати на обслуговування і експлуатацію;
- Можливість ремонту та технічної підтримки.

Надійність цих вимикачів є ключовою вимогою, оскільки від неї залежить ефективність комутаційних процесів у різних режимах, особливо в аварійних ситуаціях. Вона безпосередньо впливає на стабільність електроживлення, неперервність електропостачання для споживачів та збереження робочого стану всього електрообладнання, яке використовується у КРП.

8.1.1. Використання вакуумних вимикачів 6 -10 кВ серії ВР

Протягом останніх років вакуумні і елегазові вимикачі стали переважними, тоді як маломасляні і електромагнітні з щілинними камерами майже припинили виробництво, хоча їх все ще можна зустріти в експлуатації. За даними експертів з 1999 року, у Європі і США понад 70% випущених комутаційних апаратів напругою 6–15 кВ становлять вакуумні

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимикачі, а в Японії — навіть 100%. Загалом, вакуум став основним середовищем для гасіння дуги на напрузі 6–10 кВ і значно випередив елегаз у комутаційних апаратах на напрузі 27,5–35 кВ. Тому застарілі типи комутаційних апаратів, такі як масляні і електромагнітні, поступово замінюються на вакуумні комутаційні апарати на підстанціях напругою 10 кВ.

Вакуумні вимикачі напругою 10 кВ в даний час випускаються в Україні двома підприємствами: ВАТ "РЗВА" (серія ВР) і підприємство «Тавріда Електрик Україна» (серія ВВ/TEL). Ці вимикачі відрізняються високим механічним і комутаційним ресурсом. Термін їх експлуатації до списання складає 25 років, при цьому вакуумні камери не потребують обслуговування протягом усього цього часу. У таблиці 8.1 наведена порівняльна якісна оцінка основних переваг і недоліків високовольтних вимикачів для КРП [10].

Вакуумні комутаційні апарати є передовою технологією в апаратобудуванні. Однією з особливостей вакуумних вимикачів є їхні прості торцеві контакти, що відрізняє їх від інших способів дугогасіння, що вимагають складних ковзаючих або інших контактів з контактними пружинами. Ці останні можуть бути менш надійними та піддаються небажаному високотемпературному відпалюванню під час комутацій. У вакуумних вимикачах відсутнє окислення та забруднення контактів, а їх мінімальне вигорання гарантує довговічність та високу стійкість до зношування при комутаціях. Ці умови забезпечують експлуатацію комутаційних апаратів без необхідності догляду за вакуумними камерами.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 - Порівняльна якісні характеристики основних переваг і недоліків високовольтних вимикачів для КРП

Вакуумні вимикачі 6...10 кВ	Переваги	Недоліки
	1. Повна вибухо- і пожежонебезпечність, можливість роботи в агресивних середовищах і при значних змінах температури навколишнього середовища. 2. Висока стійкість до зношування при комутації номінальних та відключаючих струмів. 3. Можливість швидкого реагування і використання у будь-яких режимах автоматичного вимикання і включення. 4. Надійне відключення ємнісних струмів в "холостих" лініях. 5. Висока стійкість до ударних та вібраційних навантажень завдяки компактній конструкції і невеликій масі вимикача. 6. Можливість встановлення в різних положеннях і компактні габарити, що дозволяють різні компонування розподільних пристроїв. 7. Низька потужність приводу. 8. Проста заміна дугогасника. 9. Відсутність забруднення навколишнього середовища.	1. Ризик виникнення комутаційного перенапруження при відключенні малих індуктивних струмів. 2. Потреба в постійному контролі правильності відключення всіх трьох фаз вакуумного вимикача з індикацією, що вимагає після виконання операції перевірки наявності напруги на лініях. Це виникає через те, що оперативний контроль наявності вакууму у вакуумних камерах перед відключенням неможливий. Це оскільки, при розгерметизації однієї з вакуумних камер у процесі відключення, може відбутися приварювання контактів та, внаслідок цього, обрив ізолюючої тяги.

Вакуумні вимикачі серії ВР є новим поколінням комутаційних апаратів, спеціально розроблених для вирішення завдань комутації та захисту в мережах середньої напруги. Ці вимикачі (Рис.8.1) оптимально підходять для комутації різних видів навантажень і можуть ефективно працювати при номінальних струмах до 3150 А, струмах відключення до 40 кА та струмі електродинамічної стійкості до 128 кА.

Вакуумні вимикачі серії ВР призначені для безпечної комутації електричних ланцюгів змінного струму напругою 6-10 кВ та частотою 50-60 Гц у нормальних і аварійних умовах в системах з ізолюваною або частково заземленою нейтраллю. Ці вимикачі, виробляються ВАТ "РЗВА", придатні для встановлення в комплектних розподільних пристроях (КРП) внутрішньої та зовнішньої установки. Вони також можуть використовуватися для

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модернізації старих КРП виробництва інших виробників за програмою Ретрофіт.

Для заміни застарілих вимикачів на Компаніївській підстанції рекомендується використовувати вимикачі серії ВР1-10-20\630 У2.

Всі вимикачі серії ВР мають спільні конструктивні принципи (Рис.8.1). Вони виготовляються з литих полюсів з епоксидного компаунда. Усі вимикачі використовують універсальний електромагнітний привід, який працює за принципом "магнітної клямки". Керування таким приводом здійснюється електронним блоком управління, що розташований в корпусі вимикача.

Використання вакуумних камер вимикачів ВР відповідає сучасним технологічним стандартам. Вакуумні камери виготовлені відомими виробниками, такими як ABB Calor Emag і Siemens, що гарантує їх якість і надійність. Кожна камера має один нерухомий і один рухомий контакт, виготовлені зі спеціальних легованих сплавів. При відключенні навантаження між цими контактами утворюється електрична дуга, яка гаситься за рахунок випаровування електродного матеріалу контактів. Ефективне гасіння дуги підтримується природним переходом струму через нуль.

Застосування спеціального епоксидного компаунда у вимикачах ВР забезпечує полюсам високу міцність і довговічність, як механічну, так і ізоляційну. Крім того, гладка поверхня полюсів і їх оптимальна геометрія перешкоджають накопиченню пилу, що підвищує надійність роботи вимикача.

У вимикачах ВР використовується універсальний електромагнітний привід, який має дві незалежно керовані котушки для включення і відключення. Для фіксації вимикача у включеному або відключеному положенні використовується енергія могутніх постійних магнітів. Фіксація здійснюється за рахунок принципу "магнітної клямки", що полягає в замиканні магнітного ланцюга включення або відключення за допомогою

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагніту, який механічно пов'язаний з рухомими контактами вакуумних камер.

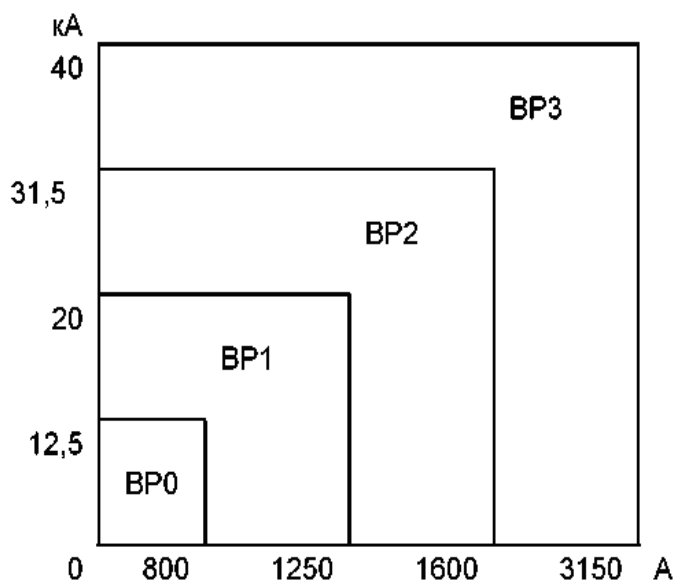


Рисунок 8.1 - Діаграма типовиконання вимикачів на номінальну напругу 10 кВ
Рисунок 8.2 - Вакуумний вимикач серії BP P3BA

Конструкція приводу вимикачів BP розроблена так, що магнітне поле котушок включення і відключення завжди орієнтоване узгоджено з магнітним полем постійних магнітів. Це запобігає їх розмагнічуванню, що підвищує надійність і термін служби приводу, забезпечуючи стабільну роботу вимикача.

Управління приводом здійснюється за допомогою універсального електронного блоку управління, який розташований в корпусі вимикача і побудований з використанням сучасної елементної бази. Цей блок управління забезпечує точне та ефективне керування приводом, що сприяє стабільній та надійній роботі вимикача в різних умовах експлуатації.

Використання заздалегідь заряджених конденсаторів для відключення вимикачів дозволяє досягти хороших тимчасових характеристик приводу. Ця система також забезпечує можливість відключення вимикача в разі

відсутності напруги в ланцюгах оперативного управління, що підвищує безпеку та надійність роботи вимикача.

Універсальний привід вимикачів ВР забезпечує надійне і стабільне включення і відключення з нормованими параметрами. Крім того, він має можливість ручного оперативного відключення за допомогою рукоятки ручного відключення. Цей привід має відносно невеликі габарити і масу, що сприяє зручності установки та монтажу. Важливо також відзначити, що цей привід не вимагає обслуговування і регулювань протягом всього терміну служби, що спрощує його експлуатацію.

Вакуумні вимикачі номінальною напругою 6-10 кВ ряду серії ВР зарекомендували себе з позитивної сторони щодо надійності і відсутності пошкоджень від комутаційних перенапружень, це є переконливим свідченням їх високої якості та ефективності. З урахуванням успішної експлуатації на енергетичних об'єктах у багатьох країнах світу, вакуумні вимикачі ВР стали справжньою основою для забезпечення безперебійного електропостачання та оптимізації роботи електричних систем.

Вакуумні вимикачі серії ВР відповідають високим стандартам експлуатації завдяки їх надійності, безпеці, універсальності та економічності.

Надійність цих вимикачів підтверджується вражаючими показниками:

- механічний ресурс до 100 000 циклів;
- комутаційний ресурс при номінальних струмах до 50 000 циклів;
- комутаційний ресурс по відключенню струмів короткого замикання до 100 відключень;
- термін експлуатації до списання - принаймні 25 років;
- продовжений гарантійний період експлуатації.

Безпека:

- Запобігання повторному включенню (якщо команда на включення залишається активною після автоматичного відключення вимикача).

- Блокування переміщення усередині КРУ з робочого положення в контрольне і назад при увімкненому вимикачі.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Запобігання включенню вимикача між робочим і контрольним положеннями.

- Аварійне відключення вимикачів у випадку відсутності напруги в ланцюгах оперативного струму.

Універсальність:

- Можливість керування вимикачами за допомогою ланцюгів оперативного змінного або постійного струму.

- Здатність працювати в комплектних розподільних пристроях будь-яких типів.

- Реалізація різноманітних схемних рішень за допомогою універсального електронного блоку управління.

- Можливість обладнання резервним блоком для дистанційного неоперативного включення в разі відсутності оперативної напруги.

- Робоче положення вимикачів у просторі не обмежується регламентацією.

Економічність:

- Вакуумні камери вимикачів не потребують обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

- Привід вимикачів не вимагає обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

- Мале енергоспоживання по ланцюгах управління сприяє економічності у використанні електроенергії.

Приклад позначення вимикача серії ВР1 для напруги 10 кВ, з номінальним струмом відключення 20 кА, номінальним струмом 630 А, кліматичним виконанням і категорією розміщення У2[9]:

ВР1-10-20/630 У2 ТУ У 22588376.008-98

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1.2. Елегазові вимикачі 110-750 кВ

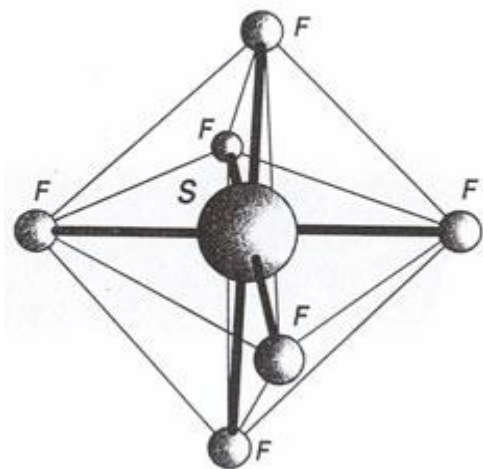


Рисунок 8.3 - Структурна формула елегазу (SF₆)

Експлуатація повітряних і масляних вимикачів супроводжується значними витратами, пов'язаними з підтриманням їхньої роботоздатності. Необхідно забезпечувати функціонування компресорного господарства для повітроподачі, використання маслогосподарства, утримання повітропроводів та постачання запасних частин.

Оскільки багато моделей вимикачів були вилучені з виробництва, а виробництво запасних частин припинено, капітальні та поточні ремонти стають ускладненими. Це призводить до збільшення витрат і затримок у відновлювальних роботах, що може вплинути на надійність і безпеку електромережі.

Останнім часом в Україні зростає зацікавленість у впровадженні елегазових вимикачів для мереж напругою 6-10-110-750 кВ. Незважаючи на цільовість цього напрямку, вітчизняна промисловість поки що не здатна самостійно виробляти такі вимикачі, і ймовірно, це не станеться в найближчому майбутньому.

У зв'язку з цим, в Україну імпортуються елегазові вимикачі від провідних закордонних виробників, таких як ABB, Siemens, Vatech, Alstom. Ці компанії мають багаторічний досвід у розробці, випробуванні та виробництві високовольтних вимикачів. Фірма ABB, зокрема, має більше ніж віковий досвід у цій сфері, що підтверджує її компетентність та надійність виробленої продукції.

Елегазові вимикачі виділяються високою надійністю, довговічністю, простотою конструкції та установки, а також високим рівнем безпеки. Однією з особливостей елегазових вимикачів є використання елегазу (електротехнічного газу) як середовища для гасіння дуги, тепловідведення та ізоляції. SF₆ є інертним газом, щільність якого перевищує щільність повітря у 5 разів, а електрична міцність SF₆ в 2-3 рази вища, ніж міцність повітря.

У вимикачах використовуються прості конструкції дугогасячих пристроїв, які характеризуються невеликою кількістю розривів і коротким часом горіння дуги. Завдяки вищій щільності елегазу його теплопровідна здатність значно перевершує аналогічні характеристики повітря. Ці унікальні властивості елегазу стимулювали ряд провідних зарубіжних фірм до розробки різноманітних елегазових апаратів і елементів, включаючи вимикачі, роз'єднувачі, заземлювачі, трансформатори струму й напруги, шинопроводи, високовольні вводи та інші.

В Україні все більше уваги приділяється використанню елегазових вимикачів напругою 110-750 кВ, і на цьому ринку особливе місце займає шведська компанія АВВ, яка відома у всьому світі. Протягом останніх років ці вимикачі здобули репутацію надійного та довговічного устаткування, придатного для роботи в будь-яких кліматичних умовах. На сьогодні АВВ випускає два типи вимикачів: серії LTB з автокомпресійною (Auto-Puffen™) дугогасячою камерою і серії HPL з компресійною (Puffen) дугогасячою камерою, обидва оснащені механізмом управління з моторно-пружинним приводом. Технічні характеристики двох типів вимикачів відповідають вимогам міжнародних стандартів (МЕК) і ДЕСТ 687-87.

Під час відключення великих струмів, таких як номінальний струм КЗ, дугогасячі пристрої автокомпресійного типу (Auto-Puffen™) продемонструють свої розрахункові переваги, що ґрунтуються на специфічних властивостях дії. (Рис.8.4). Початок процесу відключення подібний до компресійних пристроїв. Однак різниця у принципі їхньої роботи виявляється після утворення дуги.

						Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час розриву контактів у дугогасячому пристрої виникає дуга між рухомим і нерухомим контактами. Під час її горіння вона видає значну кількість тепла і світла, що призводить до нагрівання елегазу навколо дуги. Це спричиняє підвищення тиску всередині пристрою, яке виникає як внаслідок підвищення температури від дуги, так і внаслідок стиснення газу між компресійним циліндром і нерухомим поршнем.

Розділення

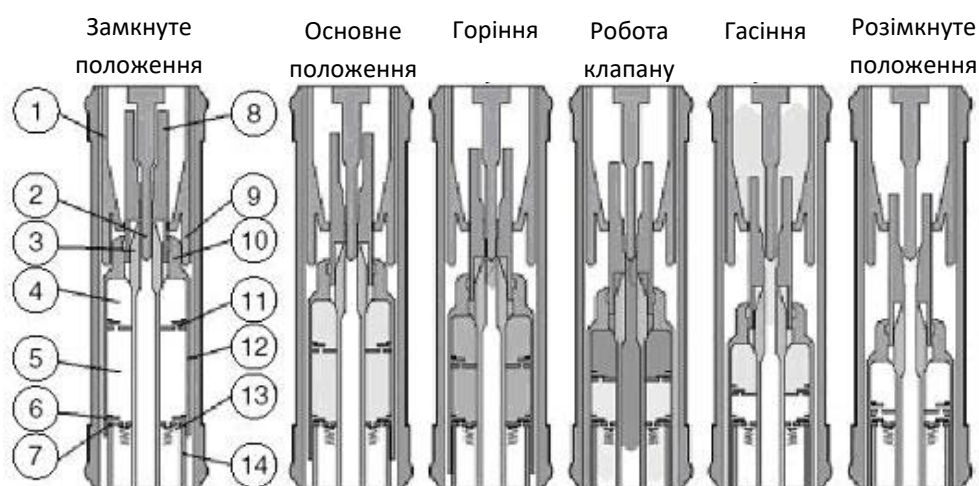


Рисунок 8.4 - Конструктивні особливості автокомпресійного (Auto-Puffen™) дугогасячого пристрою: 1. Верхній струмопровід; 2. Нерухомий дугогасячий електроконтакт; 3. Рухомий дугогасячий електроконтакт; 4. Автокомпресійний об'єм; 5. Компресійний об'єм; 6. Клапан наповнювача; 7. Нерухомий поршень; 8. Сопло; 9. Головний нерухомий електроконтакт; 10. Головний рухомий електроконтакт; 11. Клапан автокомпресії; 12. Компресійний циліндр; 13. Клапан скиду надмірного тиску; 14. Нижній струмопровід.

Під час роз'єднання контактів у вимикачі, дуга запалюється між рухомим і нерухомим дугогасячими контактами. Під час горіння дуги, тиск газу в автокомпресійному об'ємі поступово зростає до того рівня, коли спеціальний автокомпресійний клапан автоматично закривається. Це створює умови для збереження елегазу в замкнутому об'ємі, необхідного для гасіння дуги. Паралельно з цим, тиск газу в нижньому компресійному об'ємі досягає

рівня, необхідного для відкриття клапана скидання надмірного тиску. Під час відведення елегазу через цей клапан, робоча енергія приводу, потрібна для подолання стиснення газу, значно зменшується. Це дозволяє підтримувати швидкість роз'єднання контактів і забезпечити безперебійне відновлення напруги на контактах.

Коли струм проходить через нульове значення, дуга стає слабкішою, і в цей момент стиснутий елегаз різко вибухає з автокомпресійного об'єму через сопло, що призводить до загашення (здування) дуги.

При відключенні слабких струмів, автокомпресійні дугогасячі пристрої фактично працюють так само, як і компресійні, оскільки створений тиск елегазу недостатній для закриття спеціального автокомпресійного клапана. В цьому випадку верхній фіксований автокомпресійний об'єм і нижній автокомпресійний об'єм об'єднуються в один загальний об'єм стиснення. Однак, для переривання дуги, тиск елегазу досягається за допомогою механічного створення тиску елегазу від енергії приводу, а не шляхом автокомпресії, як у випадку з компресійним пристроєм. Таким чином, автокомпресійний пристрій потребує менше енергії для механічного створення тиску елегазу при відключенні (порядку 20-30%).

Між нерухомим і рухомим контактом, коли вони роз'єднані, є достатній проміжок для ізоляції, що гарантує високу діелектричну міцність. При включенні відкривається клапан наповнення, і елегаз поступає як у нижній, так і у верхній об'єми пристрою для загашення дуги. Оскільки для відключення слабких струмів потрібен лише середній рівень тиску елегазу, що формується механічно, а для переривання сильних струмів використовується теплова енергія дуги, що створює додатковий тиск елегазу в обмеженому об'ємі, автокомпресійний пристрій для загашення дуги потребує меншої робочої енергії на близько 50%, ніж компресійний пристрій.

Вимикачі серій LTV і HPL можуть працювати в режимі управління одного або трьох полюсів, з приводами на відповідну кількість полюсів. Вимикачі з однокамерним дугогасячим пристроєм (до 220 кВ включно)

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть працювати в обох режимах управління. Вимикачі з двокамерним дугогасячим пристроєм (330 кВ і вище) допускають лише трьохполюсний режим управління. При трьохполюсному режимі управління полюси вимикача та один привід механічно з'єднуються за допомогою тяги. На кожному полюсі є окрема відключаюча пружина, яка пов'язана з ізоляційною тягою та рухомими контактами дугогасячого пристрою. У трьохполюсному режимі управління на вимикачі LTB D застосовується лише одна відключаюча пружина для відключення всіх трьох полюсів, причому ця пружина розташована на полюсі, що найбільш віддалений від приводу в механізмі управління. (рис. 8.5).

Кожен полюс вимикача складається з герметично заповненої елегазом колонки, обладнаної дугогасячим пристроєм у ізоляторі, порожнього опорного ізолятора і корпусу з механізмом для підключення керуючих тяг. Полюси можуть бути розміщені на окремих опорних стійках або на загальній опорній рамі, як у випадку з вимикачем LTB D.

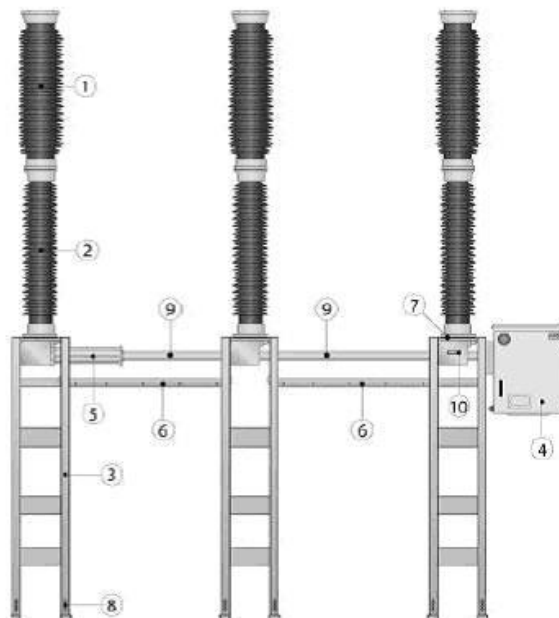


Рисунок 8.5 - Вимикач типу LTB D:

1. Дугогасяча камера; 2. Ізолятор опорний; 3. Стійка опорна; 4. Шафа керування з приводом BLK; 5. Вимикаюча пружина; 6. Газові трубки захисного коробу; 7. Монітор щільності газу (з протилежного боку); 8. Отвори для з'єднання заземлення; 9. З'єднувальна тяга захисної труби; 10. Показчик положення вимикача.

					Арк.
					75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Вимикачі виступають останньою ланкою у системі енергозбереження як захисне устаткування. Привід повинен забезпечити необхідну енергію за кілька мілісекунд, щоб перетворити вимикач з ідеального провідника на ідеальний ізолятор. Відмова приводу часто призводить до невиконання операції відключення взагалі. Таким чином, приводи вимикачів є ключовими елементами, які забезпечують їх надійність і, отже, надійність всієї системи енергопостачання.

Дослідження, проведені на міжнародному рівні, виявили, що 80% випадків відмов високовольтних вимикачів припадають на приводи. Для забезпечення максимальної експлуатаційної надійності необхідно встановлювати вимикачі з високонадійними приводами. Наприклад, вимикачі LTB 72,5-170 кВ (див. рис. 8.6) з однополюсним управлінням відомі своїми пружинними приводами типу BLK (рис.8.7).

Компанія розробила і впровадила у виробництво систему з серводвигунами цифрового управління, яка здатна безпосередньо, з високою точністю і надійністю, керувати приводом контактів вимикача. Ця система зменшила кількість рухомих деталей в електроприводі до однієї - ротора електродвигуна. Впровадження електроприводу Motor Drive стало справжнім переворотом в технології високовольтних вимикачів. На сьогоднішній день цей електропривід використовується виключно компанією ABB у вимикачах LTB D 72,5-170 кВ.

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 8.6 -
Загальний вигляд ого
вимикача

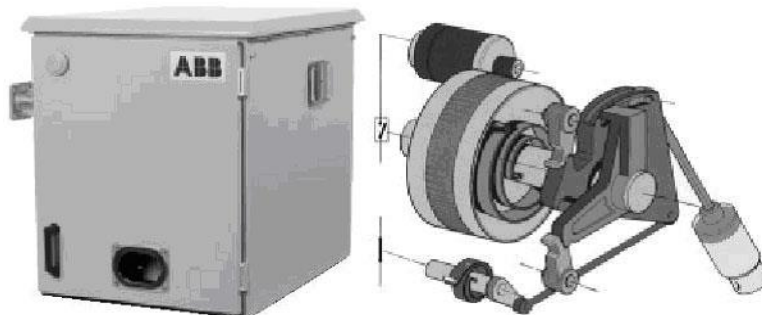


Рисунок 8.7 – Вигляд пружинного приводу
типу BLK

Простота механічної частини електроприводу Motor Drive визначає його основні переваги:

- Відсутність деталей, що піддаються зносу;
- Менші робочі зусилля;
- Значне зниження рівня шуму під час операції;
- Значне підвищення надійності завдяки виключенню численних механічних деталей, які взаємодіють між собою.

8.2. Впровадження комплектних розподільчих пристроїв в напругою 6 – 35 кВ

Комплектні розподільчі пристрої (КРП) призначені для використання в розподільчих мережах трифазного змінного струму, де може бути ізольована або заземлена нейтраль через дугогасячий реактор. КРП складаються з окремих камер, що містять електротехнічне обладнання, пристрої релейного захисту та автоматики, вимірювальні прилади тощо. Незалежно від схеми електричних з'єднань, камери певної серії мають однакову конструкцію основних вузлів і зазвичай однакові розміри. Залежно від конструкції, КРП поділяються на наступні групи:

- Стационарного типу;

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Викатного типу;
- Моноблоки, що заповнені елегазом.

У КРП стаціонарного виконання, комутаційні апарати, трансформатори напруги та трансформатори власних потреб малої потужності розміщуються в нерухомих камерах.

У КРП викатного виконання це ж устаткування встановлюється на викатних візках.

Моноблоки - це компактні розподільчі пристрої для 3-5 приєднань, що заповнені елегазом (доступні варіанти з розширенням), і призначені для невеликих розподільчих пунктів і РПВН трансформаторних підстанцій 6-10 кВ.

Комплектні розподільчі пристрої доступні для внутрішньої (в межах будівлі, включаючи модульні) та зовнішньої установки. Останнім часом спостерігається значний прогрес у розробці і виробництві нових типів КРП середньої напруги. Епоха вакуумних вимикачів суттєво позначилася на конструкції КРП, зменшивши їх розміри. У деяких малогабаритних КРП ширина стала меншою, досягаючи 350...500 мм, і стандартним вважається діапазон від 750 до 1000 мм. Висота сучасних КРП зазвичай коливається від 2000 до 2300 мм, що дозволяє персоналу обслуговувати їх без потреби у спеціальних драбинках або підставках. Цифрові системи управління і захисту почали замінювати масивні аналогові системи, засновані на механічних реле, що сприяло подальшому зменшенню розмірів КРП.

Застосування мікропроцесорних контролерів забезпечує необхідний рівень захисту і дає можливість інтегрувати окремі блоки в SCADA системи для автоматизації управління всім РП з віддаленого диспетчерського терміналу. У сучасних комірках реалізовано додаткові захисні функції, такі як блокування відкривання дверей шафи до повного переміщення вимикача з робочого в контрольне положення, автоматизація переміщення вимикача на візку за допомогою додаткових серводвигунів, використання інфрачервоного порту для отримання показників вбудованих систем діагностики вимикача за

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закритих дверях тощо. Особлива увага приділяється локалізації можливих аварійних ситуацій у відсіку силового вимикача та захисту персоналу.

Також важлива якість захисного покриття матеріалу КРП. Зазвичай провідні виробники використовують високоякісний порошковий полімер, який наносять на заздалегідь підготовлені поверхні. Останнім часом широко застосовується листовий метал з алюцинковим покриттям. Алюміній у складі покриття (55%) створює ефективний бар'єрний захист, цинк (43,5%) - катодний захист зрізу та в місцях подряпин, а кремній (1,5%) - адгезію сплаву в захисну поверхню металу та формувальні властивості. Новий матеріал подовжує термін служби металу в 2-3 рази, а в умовах КРП на промислових підприємствах - в 5-6 разів.

Нове покриття має властивості відбивати тепло, має невелику вагу (80% об'єму складає алюміній) і добре приймає фарбу. Сучасне обладнання для обробки металу у виробництві КРП дозволяє зменшити кількість зварювальних з'єднань шляхом точної підгонки деталей і використання різьбових та заклепкових з'єднань.



Рисунок 8.8 - Шафа КРП

Сьогодні найпоширеніші два типи архітектури КРП 6-10 кВ. Перший тип, що еволюціонує від КРП з маломасляними вимикачами, характеризується розташуванням викатного елемента з вимикачем в нижній

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частині КРП, з фронтального боку. Кабелі, трансформатори струму і напруги, а також обмежувачі перенапружень розташовуються в кабельному відсіку ззаду вимикача. Верхню частину комірки займає релейна шафа або релейний відсік.

Альтернативний підхід - розташування вимикача в середній частині шафи КРП. Шафа при цьому розділяється на три яруси: у нижній частині розташовуються кабелі і трансформатори нульової послідовності («бублики»), в середній - вимикач в так званому «касетному» виконанні. Верхню частину традиційно займає релейний відсік.

Поява нової компоновки викликана тим, що при всіх перевагах традиційної компоновки з елементом викочування в нижній частині шафи КРП має ряд істотних недоліків. Це, насамперед, складність доступу до кабелів і трансформаторів струму (у деяких комірках для цього потрібен доступ з задньої частини шафи, що суперечить принципу одностороннього обслуговування і вимагає додаткових коридорів обслуговування), а також деяка незручність роботи з низько розташованим вимикачем.

У комірках нового покоління вимикач вбудований на великому візку, який висувається в середній відсік шафи КРП. Фактично, термін "викатний елемент" в таких КРП втрачає свою актуальність, і більш відповідною назвою стає "висувний елемент". Термін "вимикач касетного типу" стає все більш поширеним. Завдяки невеликим розмірам такі вимикачі легко вписуються у відсік в середній частині шафи, що змінює архітектуру шафи корінним чином. Однією з переваг нового КРП є зручність обслуговування кабельних розділень і трансформаторів напруги в нижній частині шафи. Нова компоновка дозволяє розмістити кабельні розділення і трансформатори нульової послідовності практично на лицьовій площині КРП. Вивільнена площа цоколя дозволяє встановити до 12 пар кабелів. Підняття вимикача над рівнем підлоги суттєво полегшує обслуговування комірок і РП в цілому, сприяє спрощенню кінематичної схеми, зменшує габарити і масу, підвищує надійність роботи комірки. Відмова від громіздкого візка викатного елемента

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і використання системи знімних перегородок відкриває перед конструкторами простір для нових рішень, іноді дуже оригінальних.

Переміщення вимикача в ремонтне положення виконується за допомогою спеціального інвентарного візка, що входить до складу комплекту запасних частин і пристосований для використання в декількох комірках. Це дозволяє вивести з експлуатації один вимикач та замінити його на інший всього за лічені хвилини.

Обидві архітектурні компоновки мають свої переваги та недоліки, і вибір між ними залежить від конкретних умов і потреб. Традиційна компоновка з елементом викочування в нижній частині шафи залишається популярною через свою компактність і, як наслідок, зниження вартості. Однак нова компоновка, яка дозволяє підняти вимикач над рівнем підлоги, має переваги в зручності обслуговування та можливості застосування нових технологій. Ці дві архітектурні концепції можуть співіснувати, адаптується та модернізується відповідно до потреб користувачів.

Так, зважаючи на різноманітність потреб та можливостей, встановлення комірок нового покоління на Компаніївській підстанції може бути доречним кроком. Застосування модульних конструкцій дозволяє більш гнучко вибирати конфігурації та забезпечує простоту у використанні. Такі підходи сприяють оптимізації та підвищенню ефективності роботи електромережі.

Розподільчі пристрої мають різні схеми первинних з'єднань в залежності від їх призначення та функціональних вимог. Ось кілька основних типів схем:

1. З високовольтним вимикачем. Використовується для керування вводами, лініями та секціонуванням на рівні високовольтних комірок.

2. З вимикачем навантаження або вимикачем навантаження та запобіжником. Ця схема використовується для керування навантаженням на вводах, лініях та секціях, а також для захисту від перевантажень за допомогою запобіжників.

						Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. З роз'єднувачами. Використовується для секціонування та відокремлення частин електричної мережі для обслуговування та ремонту.

4. З вимірювальним трансформатором напруги. Ця схема включає трансформатори напруги для вимірювання параметрів електричної мережі.

Ці типи схем можуть комбінуватися та адаптуватися залежно від конкретних потреб та умов експлуатації.

Схема первинних з'єднань камер дозволяє відобразити всі основні елементи електротехнічного устаткування встановленого в розподільчих пристроях. У випадку камер, розташованих серед збірних шин у розподільчому пристрої, схема показує прокладення збірних шин у обидва боки, що відображається лінією, що перетинає схему. Коли камера знаходиться в крайньому положенні, де збірні шини закінчуються, це позначається вертикальною лінією. У випадку камер викатного виконання або з наявністю секціонування, відсік збірних шин в цьому місці може бути закритий металевою заглушкою або перегородкою. Це допомагає зрозуміти структуру розподільчого пристрою та його з'єднання з іншими елементами електричної мережі.

8.2.1. Впровадження комплектних розподільчих пристроїв серії КУ – 10Ц

Серія комплектних розподільчих пристроїв (КРП) внутрішньої установки КУ-10Ц є одними з найбільш розвинених і універсальних на ринку. Вони використовуються для прийому та розподілу електроенергії трифазного змінного струму з номінальною напругою 6-10 кВ в системах з ізолюваною або частково заземленою нейтраллю. Головною особливістю цих пристроїв є використання вакуумних вимикачів, що робить їх надійними та дозволяє забезпечити ефективне та безперебійне функціонування.

Ці КРП (Рис.8.9) призначені для роботи у системах з частотою 50 або 60 Гц, що робить їх універсальними та пристосованими до різних електромереж. Вони забезпечують необхідний рівень безпеки та

						Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективності в умовах різних електричних мереж та відповідають вимогам сучасних стандартів і нормативів щодо якості та надійності електропостачання.



Рисунок 8.9 - Шафа КРП серії КУ-10Ц

Комплектні розподільчі пристрої (КРП) серій КУ-10Ц широко використовуються в різних галузях промисловості та на електричних підстанціях. Вони знаходять своє застосування в розподільчих пристроях власних потреб електростанцій, на підприємствах різних галузей промисловості, а також у залізницях і метрополітенах.

КРП серій КУ-10Ц можуть працювати як у помірних, так і в тропічних умовах клімату, що робить їх універсальними та досить адаптованими до різних кліматичних зон.

Особливістю цих КРП є комплектація вакуумними вимикачами ВР1 і ВР2, які забезпечують надійну та безпечну роботу пристрою. Вакуумні вимикачі відрізняються високою ефективністю та довговічністю, що робить їх популярними у сучасних електричних установках.

						Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надійність шаф за механічним і комутаційним ресурсом визначається параметрами вимикачів, які в них встановлені. Для осередків з вимикачами серій ВР такі параметри складаються наступним чином:

- Механічний ресурс: до 100 000 циклів. Це означає, що вимикач може виконати до 100 000 циклів включення та відключення без відмови або вироблення дефектів.

- Комутаційний ресурс при номінальному струмі: до 50 000 циклів. Це вказує на кількість циклів комутації при номінальному струмі, яку може здійснити вимикач без втрати якості роботи.

- Комутаційний ресурс при номінальному струмі відключення: до 100 відключень. Цей параметр вказує на кількість циклів вимикання при номінальному струмі, при якій вимикач може безпечно функціонувати і забезпечувати необхідний захист системи.

Ці параметри визначаються виробником на основі внутрішніх тестів і досліджень, і вони служать орієнтиром для користувачів щодо очікуваної тривалості та надійності роботи вимикачів в шафі.

Це різноманітні типи шаф, які використовуються для різних цілей у складі комплектних розподільчих пристроїв (КРП). Ось короткий опис кожного з них:

1. ШВП - шафа з вимикачем, привід якого аналогічний пружинному. Цей тип шафи має вимикач, управління яким здійснюється за допомогою механізму, подібного до пружинного механізму.

2. ШВЕ - шафа з вимикачем, привід якого аналогічний електромагнітному. В цьому випадку шафа має вимикач, що керується електромагнітом.

3. ШШР - шафа зі штепсельним роз'єднувачем. Це шафа, в якій використовується штепсельний роз'єднувач для відключення або з'єднання електричних ланцюгів.

4. ШТН - шафа з трансформаторами напруги. У цій шафі встановлені трансформатори напруги для зміни рівня напруги.

						Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ШКА - шафа з комбінованою апаратурою. Це шафа, в якій комбінуються різні типи апаратури для виконання різноманітних функцій.
6. ШПС - шафа із запобіжниками силовими. У цій шафі встановлені силові запобіжники для захисту від перевантажень.
7. ШКС - шафа кабельних складок. Це шафа, в якій розміщуються кабельні з'єднання або розгалужувачі.
8. ШГВ - шафа глухих вводів. Ця шафа призначена для з'єднання кабелів у глухих виходах або вводах.
9. ШНВА - шафа з апаратурою низької напруги. Ця шафа призначена для розміщення апаратури, яка працює на низькій напрузі.
10. ШСТ - шафа з силовим трансформатором. У цій шафі встановлений силовий трансформатор для зміни рівня напруги або стабілізації електромережі.
11. ШШП - шафа шинної перемички між секціями. Ця шафа використовується для з'єднання шин між різними секціями або компонентами системи.
12. ШШВ - шафа шинного вводу від стіни. У цій шафі розміщені шини для підключення електричних ланцюгів від стіни.
13. ШП - шафа перехідної до КРП серій КЕ-10 і КМ-1 та ін. Ця шафа призначена для підключення до комплектних розподільчих пристроїв різних серій, наприклад, серій КЕ-10 і КМ-1.
8. ШВ - шинна вставка після збірних шин (обхід колони). У цій шафі реалізовано можливість обходу шин після збірних шин або колони.
15. ОРШ - окреmostояча релейна шафа. Ця шафа призначена для розміщення релейної апаратури та забезпечення її захисту та доступу.
16. ШРК - шафа з РС-ланцюгом. У цій шафі встановлено РС-ланцюг для певних захисних або регулюючих функцій.

Шафи серій КУ-10Ц розроблені для спільного використання і мають однакові встановлені і приєднувальні розміри. Це спрощує процес збірки, ремонту та обслуговування КРП, а також полегшує процес монтажу на

						Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підстанціях. Наявність однакових розмірів також дозволяє легко замінювати або додавати компоненти без необхідності внесення значних змін у структуру системи.

Також важливою особливістю є можливість встановлення шаф як з викатним елементом, так і без нього, що робить ці розподільчі пристрої більш універсальними і пристосованими до різних умов монтажу та експлуатації.

Цікаві деталі про розвиток серії КУ-10 до КУ-10Ц. Впровадження нових вакуумних вимикачів ВР1 і ВР2 виявилось важливим кроком у покращенні функціональності та ефективності КРП. Зменшення габаритів викатного елемента і перехід до фасадних дверей дозволили покращити доступність та обслуговування шаф. А нові механізми управління роблять експлуатацію ще більш зручною та надійною. Такі інновації часто стають важливими факторами у покращенні якості та продуктивності електротехнічного устаткування.

Логічним кроком у покращенні конструкції, особливо враховуючи нові можливості, які вводяться з впровадженням вакуумних вимикачів ВР1 і ВР2 є одностороннє обслуговування, яке забезпечує зручний доступ для обслуговування та ремонту, що може виявитися важливим у випадках несподіваних ситуацій або планового технічного обслуговування. Ілюстрації конструкції шаф на рисунках 8.10 і 8.11 допомагають зрозуміти їх будову та функціональні можливості.

Це важливий крок у розвитку конструкції, який дозволяє оптимізувати використання простору і матеріалів, що за своїм обсягом можуть бути дорогими або важкодоступними. Використання фарфорових ізоляторів 6, встановлювані на металевій опорі 7, для відпаювань збірних шин є дієвим рішенням, яке дозволяє знизити витрати і забезпечити надійну ізоляцію, що може бути особливо важливим для підвищення безпеки і забезпечення довговічності обладнання.

						Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижні контакти вимикача з'єднуються з лінійними шинами Б через отвір, створений верхньою і нижньою ізоляційними перегородками. Верхня перегородка має прозорі вікна для спостереження за кабельними обробками, заземленням та станом трансформатора струму. Металева перегородка відокремлює відсіки збірних шин В від лінійних шин Б. Ізоляційні шторки захищають контакти, які можуть бути під напругою в ремонтному положенні висувного елемента. Положення висувного елемента зображено на рисунку 8.10.

Металева перегородка 5 повністю розділяє відсік збірних шин В від відсіку Б. Внаслідок цього, відсік збірних шин В знаходиться в ізоляції від відсіків А і Б у випадку виникнення відкритої дуги короткого замикання. Відсіки А і Б функціонують як один відсік з вихлопним каналом Д. Над відсіками В і Д розташовані клапани з датчиками, що включаються при досягненні кінцевого положення. Фасадні двері шафи мають унікальну конструкцію з підвищеною міцністю, оснащені вікном для візуального контролю стану вимикача і блинкером для сигналізації про розташування важливого елемента (робочого або контрольного).

На рисунку 8.11 зображена конструкція висувного елемента, складена з рухомої (1) і нерухомої (2) частин. Представлений викатний елемент з вакуумним вимикачем ВР1 призначений для встановлення на підстанції. Рухома частина (1) переміщується між робочим і контрольним положеннями за допомогою гвинта приводного механізму. Конструкція передбачає переміщення рухомої частини при закритих дверях. У шафі передбачені всі необхідні за стандартом ДЕСТ 14693 засоби блокування.

Шафи типу ШШР, ШТН, ШПС і ШКА також мають аналогічну конструкцію висувного елемента, який складається з рухомої та нерухомої частин. Цей елемент призначений для встановлення на підстанціях. Рухома частина переміщується між робочим і контрольним положеннями за допомогою приводного механізму, і ця конструкція передбачає переміщення

						Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рухомої частини при закритих дверях. Також у цих шафах передбачені всі необхідні засоби блокування відповідно до стандарту ДЕСТ 14693.

В шафах застосовуються наступні основні комплектуючі апаратури:

- Трансформатори струму ТЛК-10, ТВЛ;
- Трансформатори напруги ЗНОЛ-06, НОЛ-08, НАМИТ;
- Розрядники РВО;
- Обмежувачі перенапруження ОПНС;
- Трансформатори струму нульового захисту ТЗЛМ;
- Силові запобіжники ПКНТ;
- Запобіжники трансформаторів напруги ПКН.

Ці комплектуючі використовуються для забезпечення безперебійної та безпечної роботи електрообладнання на підстанціях.

Шафи КРП КУ-10Ц мають встановлені, приєднувальні розміри, з'єднуються в РП по збірних і лінійних шинах без перехідних шаф.

Конструкція шаф КРП забезпечує надійне функціонування всіх елементів, пристроїв і апаратів навіть при вібраціях, викликаних зовнішніми механічними чинниками, такими як операції включення та відключення вимикача, а також при переміщеннях викатних елементів в межах шафи КРП.

Висока безпека комірок КУ-10Ц забезпечується використанням У комірках цих серій були впроваджені наступні оригінальні розробки:

- Петлі з оригінальною конструкцією, які дозволяють переміщувати двері відсіку викатного елемента у вертикальній площині одночасно з обертанням. Замикаючий пристрій фіксує їх надійно по всьому периметру.
- Механізм роздільного переміщення викатного елемента, який дозволяє переміщувати вимикач з робочого положення в контрольне і назад, при цьому двері відсіку викатного елемента залишаються закритими.
- Візуальний контроль положення вимикача у відсіку викатного елемента виконується через спеціальне оглядове вікно в дверях шафи.
- Заземлювач нової конструкції, що дозволяє користуватися ним навіть при закритих дверях відсіку викатного елемента за допомогою ніжок.

						Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розвинена система блокувань, що реалізована в комірках обох серій, має на меті уникнення помилок обслуговуючого персоналу шляхом:

- Заборони переміщення включеного вимикача з робочого положення в контрольне і назад.
- Блокування можливості включення вимикача в положенні проміжному між контрольним і робочим.
- Недопущення переміщення вимикача з контрольного положення в робоче при активованих ножах заземлювача.
- Блокування можливості включення заземлювача при робочому положенні вимикача.
- Надання оперативних електричних блокувань, передбачених схемами допоміжних електричних з'єднань.

Ця система сприяє забезпеченню безпеки та правильної експлуатації обладнання, мінімізуючи можливі помилки обслуговуючого персоналу.

Шафи КРП серій КУ-10Ц відрізняються великою кількістю типових виконань і високою універсальністю, що дозволяє успішно використовувати їх як при будівництві нових, так і при реконструкції або розширенні потужностей існуючих розподільних пристроїв 6-10 кВ будь-якої складності.

Основні переваги цих шаф:

- Одностороннє обслуговування і компактні габарити комірок дозволяють розмістити розподільний пристрій на мінімальній площі будівництва.
- За схемним рішенням шафи КУ-10Ц можуть замінити КРП більшості серій, які випускалися раніше або виробляються в даний час.
- Шафи КУ-10Ц можуть бути з'єднані по збірних шинах з комірками інших серій від різних виробників за допомогою перехідних шаф.
- Широкий вибір схем допоміжних з'єднань, як для змінного, так і для постійного оперативного струму.
- Схеми допоміжних з'єднань виконуються як на традиційних реле, так і з використанням сучасних мікропроцесорних пристроїв.

						Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Можливість використання як звичайних, так і багатотарифних програмованих лічильників для обліку активної та реактивної енергії.

- Інтеграція в інформаційно-комп'ютерні системи контролю і управління завдяки мікропроцесорним реле захисту.

Шафи КРП комплектуються сучасними мікропроцесорними пристроями релейного захисту, автоматики і управління таких виробників як:

- МРЗС-05 від ВО "Київприлад";
- Sepam від Schneider Electric;
- Micom від Alstom;
- REF-542 від ABB.

Ці пристрої забезпечують надійний захист і керування електрообладнанням в шафах КРП, дозволяючи забезпечити безпеку та ефективну роботу електромережі.

Для втілення загальних функцій захисту, контролю, автоматики і управління в розподільчому пристрої в цілому, у складі серій передбачена релейна шафа, яка окремо стоїть (навісна). Ця релейна шафа відповідає за координацію роботи мікропроцесорних пристроїв захисту, автоматики та управління, забезпечуючи надійний та ефективний контроль електричної мережі.

Основні параметри КРП серій КУ-10Ц:

- Номінальна напруга: 6 кВ та 10 кВ.
- Найбільша робоча напруга: 7,2 кВ та 12 кВ.
- Номінальний струм головних ланцюгів: 630 А, 1000 А, 1600 А.
- Номінальний струм збірних шин: 1000 А, 1600 А, 2000 А, 3150 А.
- Номінальний струм відключення вимикачів: 20 кА, 31,5 кА.
- Струм термічної стійкості (протягом 3 с): 20 кА, 31,5 кА.
- Струм електродинамічної стійкості: 51 кА, 81 кА.
- Ступінь захисту за ДЕСТ 14254: IP20.

Габаритні розміри шаф КРП:

- Ширина: 750 мм (для КУ-10 - 750 мм, 900 мм).

						Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Глибина: 1000 мм, 1200 мм, 1300 мм.

- Висота: 2000 мм.

Вимикач в контрольному положенні

Вимикач в робочому положенні

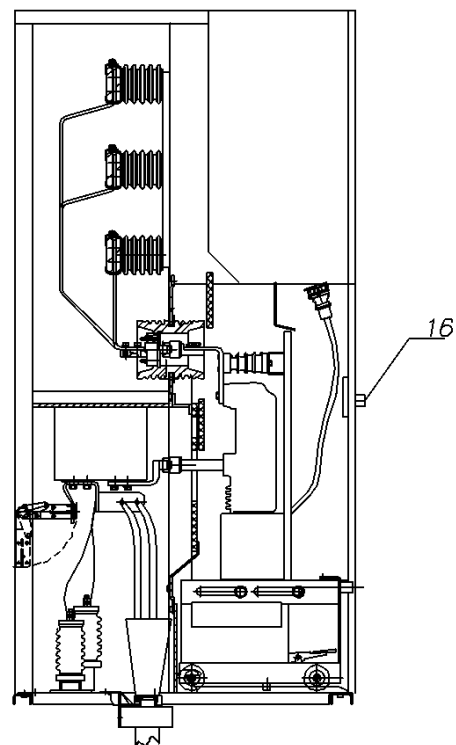
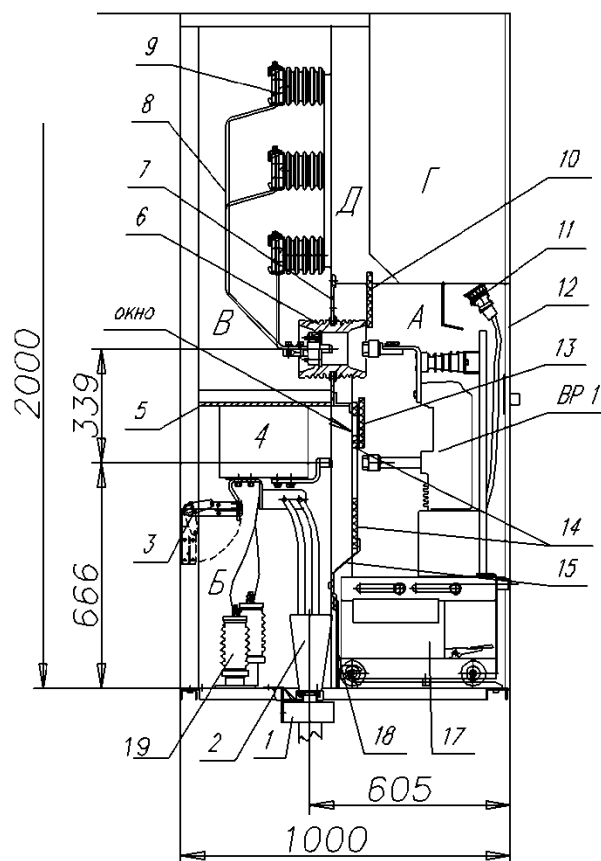


Рисунок 8.10 - Шафа КРП серії КУ-10Ц на $I_{\text{ном}} 630; 1000 \text{ A}$ $I_{\text{відкл.}} 20 \text{ кА}$ (без лінійних шин):

А-відсік вкатного елементу; Б-відсік лінійних шин; В-відсік збірних шин; Г-релейний відсік.

1-ТЗЛМ; 2-кабельне розділення; 3-заземлювач; 4-трансформатор струму; 5-перегородка; 6-ізолятор; 7-опора; 8-відпайки збірних шин; 9-збірні шини; 10- верхня шторка; 11-штепсельний роз'єм; 12- двері; 13-нижня шторка; 14-ізоляційні перегородки; 15; 18-перегородки; 16-замок; 17-вкатний елемент; 19-блок ОПНСів

					Арк.
					91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

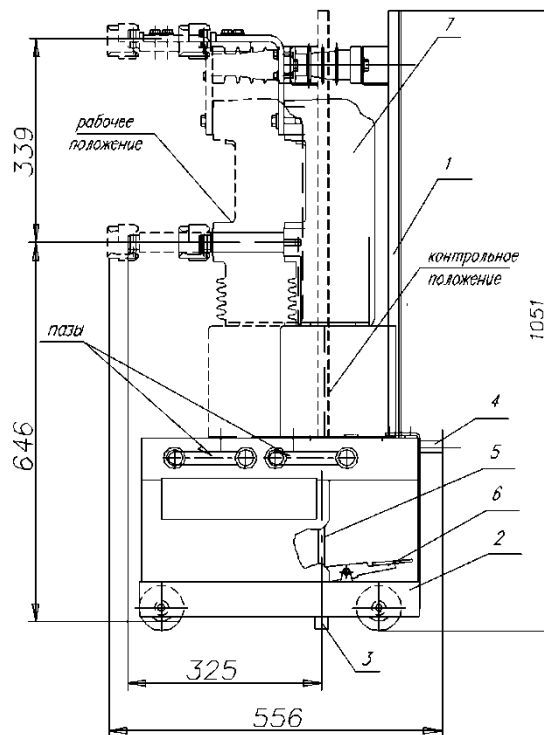


Рисунок 8.11 - Викатний елемент з вакуумним вимикачем ВР1 з механізмом окремого переміщення: 1 - рама: рухома частина викатного елемента; 2 - основа: умовно нерухома частина викатного елемента; 3 – фіксуючий шток; 4 - гвинт; 5 – шток; 6 - педаль; 7 - вимикач VM1S чи BP2

					Арк.
					92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі було виконано розробку системи електропостачання агропромислових споживачів п/ст «Компаніївка» 150/35/10 кВ з розробкою модернізації устаткування підстанції.

Розробка системи електропостачання здійснювалась відповідно до вимог надійності, економічності та безпечності експлуатації підстанції.

В роботі були розраховані електричні навантаження агропромислових споживачів, проведено вибір оптимальної схеми електропостачання району, вибір рівня номінальної напруги мережі, вибір схеми з'єднань ліній електричної мережі та варіантів електропостачання. Також обрано потужності трансформаторів на підстанціях.

Розрахунок режимів схем електропостачання району дав можливість визначення розподілу активної та реактивної потужностей на різних ділянках мережі та визначення дійсних напруг на шинах низької напруги районних підстанцій. Цей розрахунок виконувався для режиму максимальних і мінімальних навантажень, а також для визначення аварійного режиму мережі.

Вирішені питання компенсації реактивної потужності та виконано розрахунок струмів КЗ. На базі цього вибрано високовольтне обладнання, кабельні лінії до цехових ТП.

У спеціальному розділі розглянуто питання модернізації електрообладнання підстанції. Зазначено, що забезпечення стабільної роботи електричної системи у будь-яких умовах, досягається впровадженням сучасного обладнання.

В роботі розглянуто різні типи вимкачів, а також комплектних розподільчих пристроїв. Визначено, що надійність високовольтний вимикачів є ключовою вимогою, оскільки від неї залежить ефективність комутаційних процесів у різних режимах, особливо в аварійних ситуаціях.

						Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вакуумні вимикачі номінальною напругою 6-10 кВ ряду серії ВР зарекомендували себе з позитивної сторони щодо надійності і відсутності пошкоджень від комутаційних перенапружень, це є переконливим свідченням їх високої якості та ефективності. Вакуумні вимикачі відрізняються також високою довговічністю, що робить їх популярними у сучасних електричних установках.

Сьогодні найпоширеніші два типи архітектури КРП 6-10 кВ. Розроблено і впроваджено у виробництво сучасні комплектні установки систему з системами цифрового управління, яка здатна безпосередньо, з високою точністю і надійністю, керувати приводом контактів вимикача. Цифрові системи управління і захисту почали замінювати масивні аналогові системи, засновані на механічних реле.

Робота виконана відповідно інженерним та техніко-економічним вимогам.

						Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота бакалавра : метод. рекомендації до структури та оформлення випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. : П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, А. І. Котиш, О. І. Сіріков, О. А. Козловський] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 80 с.

2. Шкрабець, Ф. П. Основи електропостачання : навч. посіб. / Ф. П. Шкрабець, П. Г. Плешков. - Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2010. - 408 с.

3. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.

4. Збірник завдань та методичні вказівки до курсового проектування по курсу “Електротехнічні комплекси та системи електроспоживання” : для здобувачів освіти II рівня спец. 141 “Електротехнічні системи електроспоживання” / [уклад.: П. Г. Плешков, І. В. Савеленко, А. І. Котиш, Н. Ю. Гарасьова] ; М-во освіти і науки України ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. електротехн. систем та енергетичного менеджменту. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 135 с.

5. Електрична частина станцій та підстанцій: метод. Рекомендації до виконання курс. Проекту з навч. Дисц. «Електрична частина станцій та підстанцій» для студ. Ден. Та заочн. Форм навч. Спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад.: А. Ю. Орлович, О. В. Співак]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. Нац. Техн. Ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 49 с.

6. А.Ю.Орлович, П.Г.Плешков, Т.В.Величко Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання. Навчальний посібник для напрямку підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології». – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2009.

						Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту „Електропостачання промислових підприємств (Електропостачання заводу). П.Г. Плешков, А.І. Котиш, А.Ю. Орлович. Кіровоград: КНТУ, 2004 р.

8. Електричні системи та мережі: метод. вказ. до виконан. курс. проектування районної електричної мережі для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / [Уклад. А. П. Свірідов, Т. В. Величко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 80 с.

9. Електричне обладнання станцій та підстанцій : навчальний посібник / Лесько В. О., Нетребський В. В., Малогулко Ю. В. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 121 с.

10. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / [Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В.]; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.

11. Основи електропостачання : метод. вказ. до лаб. робіт для студ. спец. 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / [уклад. : А. І. Котиш, О. І. Сіріков] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2018. - 51 с.

12. Електропостачання промислових підприємств: метод. вказ. до лаб. робіт для студ. спец. 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / [уклад. А. І. Котиш, О. І. Сіріков] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т . - Кропивницький : ЦНТУ, 2018 - 51 с.

13. https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/avtomatichni_vimikachi/

14. Електрообладнання розподільних установок. Оливні вимикачі: навчальний посібник/ П.Д.Лежнюк, В.Ц.Зелінський. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 86 с.

						Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

						Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А1 - Розрахунок електричних навантажень в мережі 0,4 кВ

№	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів	Кіл	Встановлена потужність, кВт		m	Кв	cos	tg	Середнє навантаження за зміну, кВт		pe	Км	Розрахункова потужність, кВт		
			Одного	Сум					Рср	Qср			Рр	Qр	Sp
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Комбикормовий завод														
	<i>Адмінбудівля</i>	25	1 - 5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13	10	1,20	11,95	14,29	18,63
	<i>Грануляторний цех</i>														
	Гранулятори	10	10 - 25	184	3	0,8	0,8	0,75	147,2	110,4					
	Лінія первинної обробки	4	1 - 20	40	20	0,65	0,75	0,882	26	22,93					
	Лінія автоматичного сортування	2	1 - 30	50	30	0,5	0,7	1,02	25	25,51					
	Лінія вторинної обробки	6	5 - 30	150	6	0,7	0,8	0,75	105	78,75					
	Цех дріжджування	2	1 - 50	73	50	0,65	0,8	0,75	47,45	35,59					
	Теплопункт	2	1 - 14	44	14	0,7	0,85	0,62	30,8	19,09					
	Лінія завантаження	2	1 - 5	10	5	0,6	0,8	0,75	6	4,5					
	Лінія розвантаження готової продукції	2	1 - 10	20	10	0,6	0,8	0,75	12	9					
	Насоси	5	10 - 25	100	3	0,7	0,8	0,75	70	52,5					
	Вентилятори сировинні	8	5 - 30	150	6	0,65	0,8	0,75	97,5	73,13					
	вентилятори	10	1 - 5	50	5	0,65	0,8	0,75	32,5	24,38					
	Разом	56	1 - 50	876	50	0,7	0,79	0,766	609,45	466,77	35	1,09	666,80	466,77	815,8
	<i>Механічний цех</i>														
	Вентилятори	5	1 - 5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13					
	Компресори	3	10 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26	19,5					
	Зварювальна ділянка	4	1 - 15	50	15	0,3	0,35	2,676	15	40,15					
	Токарні станки	3	10 - 14	34	1	0,25	0,65	1,169	8,5	9,94					
	Свердлувальні станки	2	1 - 5	10	5	0,25	0,65	1,169	2,5	2,92					
	Разом	17	1 - 15	159	15	0,43	0,321	1,232	69,5	85,63	17	1,32	91,87	85,63	124,6
	<i>Складське приміщення</i>														
	Транспортери	2	1 - 4	8	4	0,6	0,8	0,75	4,8	3,6					

продовження таблиці А1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Вентилятори	5	1 - 3	15	3	0,65	0,8	0,75	9,75	7,31					
	Машини мікроклімату	2	1 - 3	6	3	0,5	0,75	0,882	3	2,65					
	Разом	9	1 - 4	29	4	0,66	0,81	0,724	17,55	13,56	9	1,25	21,87	14,91	27,5
	Котельня														
	Водяні насоси	6	30 - 80	180	3	0,7	0,8	0,75	126	94,5					
	Дренажні насоси	2	1 - 50	25	50	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13					
	Компесори	4	5 - 150	40	30	0,65	0,8	0,75	26	19,5					
	Вентилятори	4	3 - 5	16	2	0,65	0,8	0,75	10,4	7,8					
	Разом	16	1 - 150	261	150	0,68	0,8	0,75	179,9	134,93	3	1,49	267,72	148,42	306,3
	Склад сировини														
	Конвейер	2	1 - 4	8	4	0,6	0,79	0,776	4,8	3,73					
	Ветиллятори	6	3 - 5	22	2	0,65	0,8	0,75	14,3	10,73					
	Разом	8	1 - 5	30	5	0,64	0,8	0,75	19,1	14,45	8	1,29	24,54	15,9	29,24
	Разом по заводу	131	1 - 150	1380	150	0,68	0,79	0,776	913	728,47	14	1,17	1068,2	728,47	1292,96
	Гідрокомпресорна станція														
	Основний корпус														
	Дренажні насоси	4	1 - 5	25	5	0,7	0,8	0,75	17,5	13,13					
	Компресори	6	10 - 15	40	2	0,65	0,8	0,75	26	19,5					
	Насоси основного контуру	4	20 - 20	60	1	0,3	0,35	2,676	18	48,18					
	Насоси підкачки	4	20 - 20	34	1	0,25	0,65	1,169	8,5	9,94					
	Вентилятори	6	10 - 30	50	3	0,6	0,75	0,882	30	26,46					
	Разом	24	1 - 30	209	30	0,43	0,61	1,299	100	129,9	14	1,36	136,08	129,9	188,12
	Ремонтний цех														
	Металообробні станки	6	5 - 40	160	8	0,6	0,8	0,75	96	72					
	Вентилятори	6	1 - 3	18	3	0,7	0,8	0,75	12,6	9,45					
	Зварювальні трансформатори	3	3 - 10	18	3	0,55	0,7	1,02	9,9	10,1					
	Термопласт	2	5 - 5	10	1	0,6	0,75	0,882	6	5,29					
	Разом	17	1 - 40	206	40	0,696	0,619	0,778	124,5	96,84	10	1,2	149,29	106,53	183,4
	Всього по ГКС	41	1 - 40	415	40	0,696	0,489	1,01	224,5	226,74	21	1,13	253,31	226,74	339,97
	Племінне господарство														
	Адміністрація	7	1 - 10	40	10	0,8	0,9	0,484	32	15,5	7	1,1	35,34	17,05	39,24

продовження таблиці А1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Котельня														
	Водяні насоси	3	50 - 80	210	2	0,7	0,8	0,75	147	110,25					
	Дренажні насоси	2	20 - 20	40	1	0,7	0,8	0,75	28	21					
	Компресори	2	15 - 100	115	7	0,65	0,8	0,75	74,75	56,06					
	Вентилятори	4	5 - 5	20	1	0,65	0,8	0,75	13	9,75					
	Разом	11	5 - 100	385	20	0,68	0,8	0,75	262,75	197,06	8	1,25	327,14	216,77	392,44
	Пташник №1														
	Насоси	3	50 - 100	200	2	0,7	0,8	0,75	140	105					
	Лінія подачі кормів	2	40 - 40	80	1	0,5	0,75	0,882	40	35,28					
	Вентилятори	8	3 - 5	32	2	0,65	0,8	0,75	20,8	15,6					
	Разом	13	3 - 100	312	33	0,64	0,79	0,776	199,68	154,97	6	1,34	268,17	170,47	317,76
	Пташник №2														
	Насоси	3	50 - 100	200	2	0,7	0,8	0,75	140	105					
	Лінія подачі кормів	2	40 - 40	80	1	0,5	0,75	0,882	40	35,28					
	Вентилятори	8	3 - 5	32	2	0,65	0,8	0,75	20,8	15,6					
	Разом	13	3 - 100	312	33	0,64	0,79	0,776	199,68	154,97	6	1,34	268,17	170,47	317,76
	Допоміжний цех														
	Транспортери	2	3 - 3	6	1	0,6	0,8	0,75	3,6	2,7					
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85					
	Устаткування мікроклімату	2	3 - 3	6	1	0,5	0,75	0,882	3	2,65					
	Разом	8	3 - 3	24	1	0,6	0,79	0,776	14,4	11,18	8	1,32	19,07	12,29	22,69
	Автогараж														
	Вентилятори	5	1 - 5	16	5	0,7	0,8	0,75	11,2	8,4					
	Компресори	2	15 - 15	30	1	0,65	0,8	0,75	19,5	14,63					
	Зварювальна ділянка	2	15 - 15	30	1	0,3	0,35	2,676	9	24,09					
	Разом	9	1 - 15	76	15	0,52	0,64	1,201	39,52	47,45					
	Разом по КПП	61	1 - 100	1149	100	0,65	0,785	0,789	746,85	589,39	23	1,15	856,31	589,39	1039,54
	Агрофірма "Лісова"														
	Основна площа														
	Лінія завантаження	2	40 - 40	80	1	0,6	0,8	0,75	48	36					
	Компресори	4	15 - 40	90	3	0,65	0,75	0,882	58,5	51,59					
	Електричні мішалки	2	50 - 50	100	1	0,5	0,7	1,02	50	51,01					
	Преси	6	25 - 25	150	1	0,5	0,7	1,02	75	76,52					

продовження таблиці А1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Конвейерна лінія	2	20 - 20	40	1	0,5	0,65	1,169	20	23,38					
	Лінія обжигу	3	20 - 200	320	10	0,75	0,75	0,882	240	211,66					
	Насоси технічної води	2	20 - 20	40	1	0,7	0,8	0,75	28	21					
	Транспортери	1	20 - 20	20	1	0,6	0,8	0,75	12	9					
	Вентилятори	8	5 - 80	290	16	0,65	0,8	0,75	188,5	141,38					
	Всього по цеху	30	5 - 200	1130	40	0,64	0,76	0,855	723,2	618,45	11	1,23	892,62	618,45	1085,94
	Склад														
	Транспортери	2	3 - 3	6	1	0,6	0,79	0,776	3,6	2,79					
	кран ПВ=25%	3	0,2 - 7		35										
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,8	0,75	7,8	5,85					
	Разом	9	0,2 - 7	18	35	0,63	0,8	0,75	11,34	8,51	5	1,4	15,89	9,36	18,44
	Насосна														
	Водяні насоси	4	5 - 80	170	16	0,7	0,8	0,75	119	89,25					
	Компресори	3	15 - 100	130	7	0,65	0,8	0,75	84,5	63,38					
	Вентилятори	3	3 - 3	9	1	0,65	0,8	0,75	5,85	4,39					
	Разом	10	3 - 100	309	33	0,68	0,8	0,75	209,35	157,01	6	1,29	271,09	172,71	321,43
	Всього по агрофімі	49	0,2 - 200	1457	35	0,65	0,593	0,831	943,89	784	15	1,19	1122,66	783,97	1369,3
	Хлібзавод														
	Основний корпус														
	Решета	1	1,1 - 1,1	1,1	1	0,3	0,6	1,333	0,33	0,44					
	Крупорушка	2	10 - 10	20	1	0,4	0,6	1,333	8	10,67					
	Вентилятори	6	5,5 - 6	33	1	0,65	0,75	0,882	21,45	18,92					
	Округлювачі	10	0,3 - 10	40	31	0,45	0,65	1,169	18	21,04					
	Вентилятори обдуву	3	3 - 9	18	3	0,6	0,75	0,882	10,8	9,52					
	Змішувачі	3	3 - 4	11	1	0,4	0,65	1,169	4,2	4,91					
	Машина для виготовл. печення	6	3,1 - 5	24	2	0,3	0,9	0,484	7,29	3,53					
	Рециркуляційні вентилятори	4	5,5 - 7,5	26	1	0,7	0,8	0,75	19,24	14,43					
	Робочі столи	6	1,7 - 1,7	10	1	0,5	0,5	1,732	5,1	8,83					
	Рогалична машина	4	2 - 4	12	2	0,5	0,89	0,512	6	3,07					
	Росточні шафи	4	1,7 - 4	11	2	0,2	0,5	1,732	2,28	3,95					
	Тістовідокремлювач RM-100	4	3 - 3	12	1	0,3	0,5	1,732	3,6	6,24					
	Тісторозкаточні для булок	3	1,7 - 3	7	2	0,3	0,8	0,75	2,12	1,59					
	Склад	3	0,5 - 2	4	3	0,3	0,5	1,732	1,2	2,08					

продовження таблиці А1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Разом	59	0,3 - 10	229,55	31	0,477	0,498	0,996	109,605	109,22	46	1,16	127,39	109,22	167,8
	Кондиторський цех														
	Кремозмішувачі	3	3 - 3	9,0	1	0,54	0,8	0,75	4,86	3,65					
	Електропечі	4	8 - 40	96	5	0,7	0,9	0,484	67,2	32,55					
	Котел варочний	2	11 11	22	1	0,5	0,7	1,02	11	11,2					
	Машина тістозмішувальна	3	17,6 - 17,6	52,8	1	0,7	0,75	0,88	36,96	32,596					
	Машина розкатки тіста	5	3 - 3	15	1	0,6	0,75	0,88	9	7,937					
	Машина збивальна	3	3,5 - 5	15	1	0,6	0,7	1,02	9	9,182					
	електродуховки	3	1,8 12	21	7	0,55	0,9	0,484	11,39	5,51					
	вентилятори	3	2 - 7	14	4	0,64	0,8	0,75	8,64	6,48					
	Разом	26	1,8 - 40	244	22	0,648	0,657	0,69	158,045	109,12	12	1,22	192,24	109,12	221,05
	БХМ														
	Аераційна установка	6	9 - 9	54	1	0,45	0,6	1,333	24,3	32,4					
	Ваги ДМ-100	4	1,2 - 2	5	1	0,6	0,8	0,75	3,24	2,43					
	Живителі муки	6	1,1 - 4	15	4	0,2	0,45	1,985	3,06	6,07					
	Просіювачі	4	3 - 3	12	1	0,6	0,7	1,02	7,2	7,35					
	Силос мучний	10	3 - 11	70	4	0,15	0,5	1,732	10,5	18,19					
	Шлюзові затвори	4	3 - 3	12	1	0,3	0,7	1,02	3,6	3,67					
	Вентилятори	4	3 - 3	12	1	0,65	0,79	0,8	7,8	6,24					
	Разом	38	1,1 - 11	180,7	10	0,63	0,8	0,75	113,84	85,38	33	1,13	128,39	85,38	154,19
	Допоміжне відділення														
	Живителі заварочних машин	5	1 - 3	10	3	0,3	0,45	1,985	3	5,95					
	Заварочні машини	5	6 - 6	30	1	0,55	0,65	1,169	16,5	19,29					
	Технологічні насоси	12	3 - 7	60	2	0,7	0,8	0,646	42	27,13					
	Сантехнічна вентиляція	6	3,5 - 6	27	2	0,8	0,7	0,909	21,6	19,63					
	Дріжджезмішувачі	5	2 - 4	15	2	0,45	0,8	0,75	6,75	5,06					
	Насоси перекачки дріжджей	4	3 - 5	16	2	0,64	0,75	0,882	10,24	9,03					
	Разом	37	1 - 7	158	7	0,633	0,578	0,86	100,09	86,1	37	1,12	111,94	86,1	141,22
	Гараж														
	Вентилятори	5	1 - 5	16	5	0,7	0,8	0,75	11,2	8,4					
	Металорізальні верстати	4	3 - 15	30	5	0,12	0,4	2,291	3,6	8,25					

Продовження таблиці А2

3	Пташник №1	1500	10	15	1,12	0,85	0,48	14,28	5,55	15,32
4	Пташник №2	1500	10	15	1,12	0,85	0,48	14,28	5,55	15,32
5	Допоміжний цех	780	12	9,36	1,12	0,8	1,73	8,39	5,55	10,06
6	Автогараж	600	10	6	1,12	0,8	1,73	5,38	5,55	7,73
7	Територія підприємства	9500	0,2	1,9	1,12	0,6	0,48	1,28	5,55	5,69
	Всього ПГ							55	38,85	67,34
	Агрофірма "Лісова"									
1	Основна площадка	3200	12	37,76	1,12	0,85	0,48	35,95	5,55	36,37
2	Склад	400	12	4,72	1,12	0,85	0,48	4,49	5,55	7,14
3	Насосна	1000	12	11,8	1,12	0,85	0,48	11,23	5,55	12,53
4	Територія підприємства	6600	0,2	1,32	1,12	0,6	0,48	0,89	5,55	5,62
	Всього по агрофімі							52,56	22,2	57,06
	Хлібзавод									
1	Основний корпус	400	14	5,6	1,12	0,95	1,73	5,96	10,31	11,91
2	Кондиторський цех	2140	12	26,54	1,12	0,95	0,48	28,23	13,55	31,32
3	БХМ	1600	8	12,8	1,12	0,85	0,48	12,19	5,85	13,52
4	Допоміжне відділення	400	10	4	1,12	0,8	1,73	3,58	6,2	7,16
5	Гараж	600	8	4,8	1,12	0,6	1,73	3,23	5,58	6,45
6	Територія заводу	8400	0,2	16,8	1,12	0,6	1,73	11,29	19,53	22,56
	Всього по Хлібзаводу							64,48	61,02	88,77
	Всього							231,98	161,46	282,64

№ докум.

Таблиця АЗ - Розрахунок електричних навантажень в мережі вище 1000 В

	Назва вузлів навантаження та груп електроприймачів		Кільк. елек. спож.	Встанов. потужність, кВт			m	Кв	cos	tg	Серед. навант. за зміну, кВт		ne	Km	Розрахункова потужність, кВт			
№				Одного	Сум.						Pcp	Qcp			Pp	Qp	Sp	
	2		3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	<u>ПС Компаніївська - 10 кВ</u>																	
	<i>Комбікормивий завод</i>																	
1	ТП№1																	
	Адмінбудівля																	

№ док.м.

продовження таблиці А3.

	освітлювальна														3,02	1,45	3,35
	Всього														94,89	87,08	128,79
	Складське приміщення																
	силова	9	1	-	4	29	4	0,7	0,8	0,72	17,55	13,56	9	1,25	21,87	14,91	26,469
	освітлювальна														2,31	3,99	4,61
	Всього														24,18	18,90	31,08
	Котельня																
	силова	16	1	-	150	261	150	0,7	0,8	0,75	179,9	134,93	3	1,49	267,72	148,42	306,11
	освітлювальна														2,72	4,71	5,44
	Всього														270,44	153,13	311,55
	Склад сировини																
	силова	8	1	-	5	30	5	0,6	0,8	0,75	19,1	14,45	8	1,29	24,54	15,9	29,241
	освітлювальна														2,65	1,27	2,94
	Всього														27,19	17,17	32,18
	Територія заводу																
	силова																
	освітлювальна														0,2	0,35	0,4
	Всього														0,2	0,35	0,4
	Всього по ТП №2																
	силова	50	1	-	150	479	150	0,6	0,75	0,87	286,05	248,57	6	1,04	297,49	273,43	404,06
	освітлювальна														10,9	11,77	16,74
	Всього по ТП2 на стороні 0,4 кВ														308,39	285,2	420,8
	Втрати в трансформаторі (1*630)														2,45	37,787	
	Кількість трансформаторів:	1															
	Номінальна потужність, кВА:	630															
	Коефіцієнт завантаження K _з =	0,67															
	Всього на шинах ТП №2														310,84	322,98	448,27
	Всього по заводу																
	силова	131	1	-	150	1380	150	0,7	0,8	0,78	913	728,47	14	1,17	1068,2	728,47	1293

продовження таблиці А3.

	освітлювальна														33,73	22,73	40,67
	Всього														1101,94	751,2	1333,63
	Втрати в трансформаторах														7,35	65,787	66,2
	Всього на шинах 10 кВ заводу											tgφ =	0,7		1109,29	816,99	1377,68
3	Гідрокомпресорна станція																
	силова	41	1	-	40	415	40	0,7	0,5	1,01	224,5	226,74	21	1,13	253,31	226,74	339,97
	освітлювальна														26,2	16,65	31,04
	Всього														279,51	243,39	370,63
	Втрати в трансформаторі (1*400)														4,66	21	21,51
	Всього на шинах 10 кВ заводу														284,17	264,39	388,14
4	Племінне господарство																
	силова	61	1	-	100	1149	100	0,7	0,8	0,79	746,9	589,39	23	1,15	856,31	589,39	1039,54
	освітлювальна														55	38,85	67,34
	Всього														911,31	628,24	1106,87
	Втрати в трансформаторах (2*630)														10,57	75,3	76,04
	Всього на шинах 10 кВ заводу														921,88	703,54	1159,67
5	Агрофірма Лісова																
	силова	49	1	-	200	1457	35	0,7	0,6	0,83	943,9	784	15	1,19	1122,7	783,97	1369,3
	освітлювальна														52,56	22,2	57,06
	Всього														1175,22	806,17	1425,15
	Втрати в трансформаторах (3*630)														12,75	102,4	103,19
	Всього на шинах 10 кВ заводу														1187,97	908,57	1495,58
6	Хлібзавод																
	силова	177	1	-	40	951	40	0,6	0,6	0,86	537,6	462,65	48	1,13	605,3	462,6	761,83
	освітлювальна														64,48	61,02	88,78
	Всього														669,78	523,62	850,17
	Втрати в трансформаторі (1*1000)														5,86	50,8	51,14
	Всього на шинах 10 кВ заводу														675,64	574,42	886,82

продовження таблиці А3.

	Всього на шинах 10 кВ ПС Компаніївка														4179	3268	5305
7	<u>ПС "1" 35/10 кВ</u>																
	Л-1														681,21	610,9	915,01
	Л-2														641,75	481,3	802,18
	Л-3														568,15	453,3	726,83
	Л-4														690,28	582	902,89
	Всього на шинах 35 кВ ПС														2581,4	2127,5	3345,1
8	<u>ПС "2" 35/10 кВ</u>																
	Л-1														581,6	461,2	602
	Л-2														581,2	524,3	782,74
	Л-3														541,6	431,2	552
	Всього на шинах 35 кВ ПС														1704,4	1416,7	2216,3
9	<u>ПС "3" 35/10 кВ</u>																
	Л-1														711,8	633,8	953,08
	Л-2														850,7	693,8	1097,7
	Л-3														562,7	487	744,18
	Л-4														624,6	568,1	844,31
	Всього на шинах 35 кВ ПС														2749,8	2382,7	3638,5
10	<u>ПС "4" 35/10 кВ</u>																
	Л-1														635,7	590,8	867,85
	Л-2														893,4	730	1153,7
	Л-3														631,2	552,3	838,72
	Л-4														919,6	694,7	1152,5
	Всього на шинах 35 кВ ПС														3079,9	2567,8	4009,9
11	<u>ПС "5" 35/10 кВ</u>																
	Л-1														685	573	893,06
	Л-2														488,4	426,5	648,41
	Л-3														543,6	482,7	726,98
	Л-4														662,9	542,4	856,52

продовження таблиці А3.

	Всього на шинах 35 кВ ПС														2379,9	2024,6	3124,6
	Всього на стороні 35 кВ ПС "Компаніївська"														12495	10519	16343
	Висковольтне навантаження 150 кВ																
	Навантаження на стороні 10 кВ														4179	3268	5305
	Навантаження на стороні 35 кВ														12495	10519	16334
	Всього на стороні 150 кВ												Код=0,95		15841	13098	20563

Таблиця А4 - Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень

Найменування	Рр сил, кВт	Рр осв, кВт	Рр, кВт	m	R, мм	a	x, м	y, м	Р*х, кВт м	Р*у, кВт м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Адмінбудівля	11,95	3,19	15,14	0,2	4,9088	75,85	65	67	984,1	1014,38
Грануляторний цех	666,8	19,6	686,4	0,2	33,051	10,3	65	78	44618,6	53542,3
Механічний цех	91,87	3,02	94,89	0,2	12,289	11,46	65	55	6167,85	5218,95
Складське приміщення	21,87	2,31	24,18	0,2	6,2035	34,39	65	30	1571,7	725,4
Котельня	267,7	2,72	270,4	0,2	20,747	3,621	65	21	17578,6	5679,24
Склад сировини	24,54	2,65	27,19	0,2	6,5783	35,09	24	25	652,56	679,75

ДОДАТОК Б

						Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б1 - Добовий графік навантаження

№	Робочі дні		Вихідні дні	
	P, %	Q, %	P, %	Q, %
1	40	15	34	13
2	41	15	35	13
3	40	15	34	13
4	39	13	33	11
5	40	14	34	12
6	41	15	35	13
7	39	13	33	11
8	48	21	41	18
9	56	26	48	22
10	59	28	50	24
11	58	27	49	23
12	57	24	48	20
13	56	26	48	22
14	57	27	48	23
15	55	25	47	21
16	52	20	44	17
17	53	24	45	20
18	54	23	46	20
19	52	22	44	19
20	51	21	43	18
21	51	22	43	19
22	49	21	42	18
23	42	16	36	14
24	40	14	34	12

Таблиця Б2 - Реактивне навантаження без врах. КП

Години	Зима		Літо	
	Роб.	Вих.	Роб.	Вих.
1	126	109	107	93
2	126	109	107	93
3	126	109	107	93
4	109	93	93	79
5	118	101	100	86
6	126	109	107	93
7	109	93	93	79
8	177	152	150	129
9	219	185	186	157
10	236	202	200	172
11	227	194	193	165
12	202	168	172	143
13	219	185	186	157
14	227	194	193	165
15	210	177	179	150
16	168	143	143	122
19	202	168	172	143
18	194	168	165	143
19	185	160	157	136
20	177	152	150	129
21	185	160	157	136
22	177	152	150	129
23	135	118	114	100
24	118	101	100	86
<i>Wген</i>	4098	3502	3481	2978

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	112

Таблиця БЗ - Активне навантаження

Години	Робочий період		Вихідний період	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	396	337	337	286
2	406	347	345	295
3	396	337	337	286
4	386	327	328	278
5	396	337	337	286
6	406	347	345	295
7	386	327	328	278
8	475	406	404	345
9	555	475	472	404
10	584	495	497	421
11	575	485	488	413
12	565	475	480	404
13	555	475	472	404
14	565	475	480	404
15	545	466	463	396
16	515	436	438	370
19	525	446	446	379
18	535	456	455	387
19	515	436	438	370
20	505	426	429	362
21	505	426	429	362
22	485	416	413	354
23	416	357	354	303
24	396	337	337	286
Wi	11588	9847	9852	8368

						Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК В

						Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В1 – Приведені затрати варіантів компенсації

№	$Q_{кн},$ кВА р	$\Delta P_{кн},$ кВт	$Q_{кв},$ кВА р	$\Delta P_{кв},$ кВт	$N_{т},$ шт. т.	$R_{екв},$ Ом	$S_{пр},$ кВА	$\Delta P_{тп},$ кВт	$K_{кн},$ тис. грн.	$K_{кв},$ тис. грн.	$K_{кпп},$ тис. грн.	З, тис. грн.
1	300	1,35	300	0,9	3	0,55	1127,6	6,7	71,2	66	975,5	72505
2	200	0,9	450	1,35	4	0,41	1507,2	9,31	82,8	69	1276	73458
3	0	0	600	1,8	5	0,33	1886,2	11,74	0	65,96	1614	88965

Таблиця В2 - Вибір типу та потужності БК при кількості тр-рів N=3

№ КТ П	К- сть т- рів	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$Q_{np},$ кВАр	$Q_{кп},$ кВАр	К-сть і н-сть БК, шт. · кВ Ар	Сума $Q_{БК},$ кВАр	$Q_{кп}-$ $Q_{бк},$ кВАр	K_3	$S_p,$ кВА
1	2	679,76	518,86	330,85	188,01	2·100	200	-12	0,7	750,83
2	1	310,84	322,98	215,09	107,89	1·100;	100	7,89	0,61	382,546

							Арк.
							115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ДОДАТОК Г

						Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Г1 - Потужності навантаження на підстанціях (шини 10кВ)

Підстанція	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	4,19	2,6	4,931
2	2,59	2,1	3,351
3	1,701	1,4	2,227
4	2,752	2,4	3,645
5	3,084	2,6	4,021
6	2,382	2,1	3,125
Всього на шинах 10 кВ і 35 кВ п/ст. I	16,671	13,16	21,231

Таблиця Г2 - Вибір номінальної напруги

Лінія	Активна потужність на один ланцюг, МВт	Довжина лінії, км	Напруга, кВ
Л1	2,45	8,0	35
Л2	1,65	11,20	35
Л3	1,11	13,60	35
Л4	3,8	19,0	35
Л5	2,4	14,0	35

Таблиця Г3 - Потужності на п/ст з урахуванням КУ.

п/ст	P, МВт	Q, Мвар	Q _{КУ} , Мвар	Q- Q _{КУ} , Мвар	S, МВА
1	4,18	2,62	0	2,62	4,93
2	2,58	2,13	1,8	0,33	2,60
3	1,7	1,42	1,35	0,07	1,70
4	2,75	2,38	0,9	1,48	3,12
5	3,08	2,57	1,8	0,77	3,17
6	2,38	2,02	0,9	1,12	2,63
Всього	16,67	13,14	6,75	6,39	17,85

Таблиця 4.4 - Вибір трансформаторів на п/ст 35/10 кВ

П/ст	S _{мах} , МВА	N	K _{1,2}	S _р , МВА	S _н , МВА	K _{зав}
2	2,60	2	0,8	1,49	ТМН 1,6	0,81
3	1,70	1	-	1,70	ТМН 2,5	0,68
4	3,12	2	0,76	1,70	ТМН 2,5	0,62
5	3,17	2	0,8	1,81	ТМН 2,5	0,63
6	2,63	1	-	2,63	ТМН 4	0,66

Таблиця Г5 - Технічні дані трансформаторів 35/10 кВ

П/ст	Тип	ΔP_K , кВт	U_K , %	ΔP_X , кВт	I_X , %
2	ТМН 1,6	23,5	6,5	5,1	1,1
3, 4, 5	ТМН 2,5	26	6,5	5,1	1,1
6	ТМН 4	33,5	7,5	6,7	1

Таблиця Г6 - Еквівалентні параметри двообмоткових трансформаторів

Тип	N	R_T , Ом	X_T , Ом	$\Delta P_{ст}$, МВт	$\Delta Q_{ст}$, Мвар
ТМН 1600/35	2	5,62	24,88	0,0102	0,055
ТМН 2500/35	1	5,1	31,85	0,0051	0,0275
ТМН 2500/35	2	2,55	15,92	0,0102	0,055
ТМН 2500/35	2	2,55	15,92	0,0102	0,055
ТМН 4000/35	1	2,56	22,96	0,0067	0,04

Таблиця Г7 - Радіальна схема мережі

Лінія	U_n , кВ	N	S_m , МВА	I_p , А	Провод	$I_{доп}$, А	$I_{ф.р.}$, А
Л1	35	2	2,60	22,55	АС70/11	265	45,10
Л2	35	1	4,30	74,61	АС120/19	390	149,22
Л3	35	2	3,12	27,08	АС70/11	265	54,16
Л4	35	2	5,81	50,33	АС70/11	265	100,67
Л5	35	1	2,63	45,61	АС120/19	390	91,23

Таблиця Г8 - Параметри лінії

Лінія	U_n , кВ	Провод	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км
Л1	35	АС70/11	0,428	0,432	2,55
Л2	35	АС120/19	0,249	0,414	2,66
Л3	35	АС70/11	0,428	0,432	2,55
Л4	35	АС70/11	0,428	0,432	2,55
Л5	35	АС120/19	0,249	0,414	2,66

Таблиця Г9 - Параметри схеми заміщення ліній

Лінія	Провод	L, км	N	$R'_{л}$, Ом	$X'_{л}$, Ом	$B'_{л} \cdot 10^{-6}$, См
Л1	АС70/11	8	2	1,71	1,73	40,80
Л2	АС120/19	11,2	1	2,79	4,64	29,79
Л3	АС70/11	13,6	2	2,91	2,94	69,36
Л4	АС70/11	19	2	4,07	4,10	96,90
Л5	АС120/19	14	1	3,49	5,80	37,24

Таблиця Г10. – Техніко - економічні показники варіантів електропостачання комбикормового заводу.

№ пп	Назва	Одиниця виміру	Варіанти	
			I (35кВ)	II (10 кВ)
1	Капітальні вкладення	т. грн.	2506	2114,2
2	Амортизаційні відрахування	т. грн.	486,2	312,5
3	Вартість втрат електроенергії	т. грн.	495,5	342,1
4	Збиток	т. грн.	0,455	0,166
5	Приведенні витрати	т. грн.	1282,4	1056,8

Таблиця Г11 - Потужності на п/ст з урахуванням КУ

п/ст	P, МВт	Q, МВар	tg φ	Q _{КУ} , МВар	Q- Q _{КУ} , МВар	S, МВА
1	4,18	2,62	0,43	1,8	0,82	4,26
2	2,58	2,13	0,43	1,8	0,33	2,6
3	1,70	1,42	0,43	1,35	0,07	1,7
4	2,75	2,38	0,4	0,9	1,48	3,12
5	3,08	2,57	0,4	1,8	0,77	3,17
6	2,38	2,02	0,5	1,8	0,22	2,39
Всього	16,67	13,14		9,45	3,69	17,07

ДОДАТОК Д

						Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок режимів

Максимальний режим радіальної мережі

S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	14	3	158	0	0	0	0

N - Вузли

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	154	0	0	0	0
N	2	1	10	4.18	2.62	0	0
N	3	1	35	0	0	0	0
N	4	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	5	1	35	0.0051	0.027	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0067	0.04	0	0
N	9	1	10	2.58	0.33	0	0
N	10	1	10	1.7	0.07	0	0
N	11	1	10	2.75	1.48	0	0
N	12	1	10	3.08	0.77	0	0
N	13	1	10	2.38	1.12	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	14	1	2.34	88	0
L	3	4	1.71	1.73	40.8
L	4	5	2.79	4.64	29.79
L	3	6	2.91	2.94	69.36
L	3	7	4.07	4.1	96.9
L	7	8	3.49	5.8	37.24

T - Трансформатори

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _H [кВ]	U _B [кВ]
T	2	1	2.34	52.65	5.00	160.37
T	3	1	2.34	0	38.5	160.37
T	9	4	5.62	24.88	5.00	37.62
T	10	5	5.1	31.85	5.00	37.62
T	11	6	2.55	15.92	5.00	37.1
T	12	7	2.55	15.92	5.00	37.1
T	13	8	2.56	22.96	5.00	36.05

						Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

И н ф о р м а ц і я п о в у з л а м

N	V	dV	P	Q	Pg
Qb					
14	158.00	0.0	-17.049	-8.387	0.000
0.000					
1	153.36	-3.5	0.000	-0.000	0.000
0.000					
2	10.45	-4.0	4.180	2.620	0.000
0.000					
3	36.76	-3.5	-0.000	0.000	0.000
0.000					
4	36.53	-3.8	0.010	0.055	0.000
0.000					
5	36.38	-4.1	0.005	0.027	0.000
0.000					
6	36.41	-3.7	0.010	0.055	0.000
0.000					
7	35.89	-4.1	0.010	0.055	0.000
0.000					
8	35.44	-4.5	0.007	0.040	0.000
0.000					
9	10.48	-6.5	2.580	0.330	0.000
0.000					
10	10.54	-6.5	1.700	0.070	0.000
0.000					
11	10.54	-5.4	2.750	1.480	0.000
0.000					
12	10.46	-6.2	3.080	0.770	0.000
0.000					
13	10.52	-7.0	2.380	1.120	0.000
0.000					

Баланс по пасивн. елем-м 0.336556 1.765305 0.000

"+" споживання, "-" генерація

И н ф о р м а ц і я п о г і л к а м

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
14	1	-17.049	-8.387	17.015	7.115	0.033840
3	4	-4.367	-0.625	4.342	0.655	0.024668
4	5	-1.723	-0.139	1.716	0.168	0.006257
3	6	-2.803	-1.588	2.780	1.658	0.022666
3	7	-5.645	-2.219	5.533	2.234	0.111656
7	8	-2.422	-1.280	2.402	1.294	0.020509
2	1	4.180	2.620	-4.182	-2.675	0.002452
3	1	12.814	4.432	-12.833	-4.440	0.018345
9	4	2.580	0.330	-2.610	-0.461	0.029574
10	5	1.700	0.070	-1.711	-0.141	0.011363
11	6	2.750	1.480	-2.770	-1.603	0.019697
12	7	3.080	0.770	-3.101	-0.899	0.020636
13	8	2.380	1.120	-2.395	-1.254	0.014893

Сумарні втрати активної потужності: 0.336556

						Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний режим радіальної мережі. $Q_{\Sigma}=9,45$ Мвар

S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	14	3	158	0	0	0	0

N - В у з л и

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	154	0	0	0	0
N	2	1	10	4.18	0.82	0	0
N	3	1	35	0	0	0	0
N	4	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	5	1	35	0.0051	0.027	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0067	0.04	0	0
N	9	1	10	2.58	0.33	0	0
N	10	1	10	1.7	0.07	0	0
N	11	1	10	2.75	1.48	0	0
N	12	1	10	3.08	0.77	0	0
N	13	1	10	2.38	0.22	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	14	1	2.34	88	0
L	3	4	1.71	1.73	40.8
L	4	5	2.79	4.64	29.79
L	3	6	2.91	2.94	69.36
L	3	7	4.07	4.1	96.9
L	7	8	3.49	5.8	37.24

T - Трансформатори

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _н [кВ]	U _в [кВ]
T	2	1	2.34	52.65	5.00	162.74
T	3	1	2.34	0	38.5	162.74
T	9	4	5.62	24.88	5.00	37.62
T	10	5	5.1	31.85	5.00	37.62
T	11	6	2.55	15.92	5.00	37.1
T	12	7	2.55	15.92	5.00	37.1
T	13	8	2.56	22.96	5.00	36.57

І н ф о р м а ц і я п о в у з л а м

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
14	158.00	0.0	-17.027	-5.488	0.000	
0.000						
1	154.98	-3.5	0.000	-0.000	0.000	
0.000						
2	10.45	-4.0	4.180	0.820	0.000	
0.000						
3	36.61	-3.5	-0.000	0.000	0.000	
0.000						
4	36.38	-3.8	0.010	0.055	0.000	
0.000						
5	36.23	-4.1	0.005	0.027	0.000	
0.000						
6	36.26	-3.6	0.010	0.055	0.000	
0.000						
7	35.84	-4.3	0.010	0.055	0.000	
0.000						
8	35.55	-4.8	0.007	0.040	0.000	
0.000						
9	10.44	-6.5	2.580	0.330	0.000	
0.000						
10	10.49	-6.5	1.700	0.070	0.000	
0.000						
11	10.49	-5.4	2.750	1.480	0.000	
0.000						
12	10.45	-6.4	3.080	0.770	0.000	
0.000						
13	10.59	-7.3	2.380	0.220	0.000	
0.000						

Баланс по пасивн. елем-м 0.314505 1.566059 0.000
0.000

"+" споживання, "-" генерація

І н ф о р м а ц і я п о г і л к а м

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
14	1	-17.027	-5.488	16.997	4.360	0.029998
3	4	-4.368	-0.628	4.343	0.657	0.024884
4	5	-1.723	-0.140	1.717	0.169	0.006312
3	6	-2.803	-1.590	2.780	1.659	0.022870
3	7	-5.627	-1.275	5.526	1.300	0.101594
7	8	-2.415	-0.345	2.399	0.366	0.016213
2	1	4.180	0.820	-4.182	-0.860	0.001776
3	1	12.798	3.493	-12.815	-3.500	0.017194
9	4	2.580	0.330	-2.610	-0.462	0.029833
10	5	1.700	0.070	-1.711	-0.142	0.011461
11	6	2.750	1.480	-2.770	-1.604	0.019872
12	7	3.080	0.770	-3.101	-0.899	0.020691
13	8	2.380	0.220	-2.392	-0.326	0.011805

Сумарні втрати активної потужності: 0.314505

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	124

Максимальний режим замкнутої мережі. $Q_{\text{ку}}=9,45$ Мвар

S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	14	3	158	0	0	0	0

N - В у з л и

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	154	0	0	0	0
N	2	1	10	4.18	0.82	0	0
N	3	1	35	0	0	0	0
N	4	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	5	1	35	0.0051	0.027	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0067	0.04	0	0
N	9	1	10	2.58	0.33	0	0
N	10	1	10	1.7	0.07	0	0
N	11	1	10	2.75	1.48	0	0
N	12	1	10	3.08	0.77	0	0
N	13	1	10	2.38	0.22	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	14	1	2.34	88	0
L	3	4	1.99	3.31	21.28
L	4	5	2.79	4.64	29.79
L	3	6	3.39	5.63	36.18
L	3	7	4.07	4.1	96.9
L	7	8	3.49	5.8	37.24
L	5	6	2.34	3.89	25.0

T - Трансформатори

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _н [кВ]	U _в [кВ]
T	2	1	2.34	52.65	5.00	160.37
T	3	1	2.34	0	38.5	160.37
T	9	4	5.62	24.88	5.00	37.62
T	10	5	5.1	31.85	5.00	38.15
T	11	6	2.55	15.92	5.00	37.62
T	12	7	2.55	15.92	5.00	37.62
T	13	8	2.56	22.96	5.00	37.62

І н ф о р м а ц і я п о в у з л а м

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
14	158.00	0.0	-17.025	-5.536	0.000	
0.000						
1	154.95	-3.5	0.000	0.000	0.000	
0.000						
2	10.60	-4.0	4.180	0.820	0.000	
0.000						
3	37.15	-3.5	0.000	-0.000	0.000	
0.000						
4	36.84	-4.0	0.010	0.055	0.000	
0.000						
5	36.68	-4.2	0.005	0.027	0.000	
0.000						
6	36.66	-4.1	0.010	0.055	0.000	
0.000						
7	36.39	-4.2	0.010	0.055	0.000	
0.000						
8	36.10	-4.8	0.007	0.040	0.000	
0.000						
9	10.58	-6.6	2.580	0.330	0.000	
0.000						
10	10.48	-6.5	1.700	0.070	0.000	
0.000						
11	10.47	-5.8	2.750	1.480	0.000	
0.000						
12	10.47	-6.3	3.080	0.770	0.000	
0.000						
13	10.46	-7.2	2.380	0.220	0.000	
0.000						

Баланс по пасивн. елем-м			0.312535	1.614424	0.000	
0.000						

"+" споживання, "-" генерація

І н ф о р м а ц і я п о г і л к а м

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
14	1	-17.025	-5.536	16.995	4.407	0.030042
3	4	-3.986	-1.014	3.962	1.003	0.024441
4	5	-1.342	-0.489	1.338	0.522	0.004237
3	6	-3.187	-1.267	3.158	1.268	0.029058
3	7	-5.623	-1.258	5.524	1.290	0.098421
7	8	-2.414	-0.340	2.398	0.363	0.015708
5	6	0.378	-0.355	-0.379	0.388	0.000490
2	1	4.180	0.820	-4.182	-0.860	0.001776
3	1	12.796	3.539	-12.813	-3.547	0.017227
9	4	2.580	0.330	-2.609	-0.459	0.029055
10	5	1.700	0.070	-1.711	-0.140	0.011175
11	6	2.750	1.480	-2.769	-1.601	0.019415
12	7	3.080	0.770	-3.100	-0.895	0.020052
13	8	2.380	0.220	-2.391	-0.323	0.011439

Сумарні втрати активної потужност: 0.312535

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	126

Минимальний режим радіальної мережі. $Q_{ку}=6,3$ Мвар

S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	14	3	158	0	0	0	0

N - В у з л и

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	154	0	0	0	0
N	2	1	10	2.93	0.03	0	0
N	3	1	35	0	0	0	0
N	4	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	5	1	35	0.0051	0.027	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0067	0.04	0	0
N	9	1	10	1.81	0.59	0	0
N	10	1	10	1.19	0.99	0	0
N	11	1	10	1.93	0.77	0	0
N	12	1	10	2.16	0	0	0
N	13	1	10	1.67	0.51	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	14	1	2.34	88	0
L	3	4	1.71	1.73	40.8
L	4	5	2.79	4.64	29.79
L	3	6	2.91	2.94	69.36
L	3	7	4.07	4.1	96.9
L	7	8	3.49	5.8	37.24

T - Трансформатори

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _н [кВ]	U _в [кВ]
T	2	1	2.34	52.65	5.00	169.85
T	3	1	2.34	0	38.5	169.85
T	9	4	5.62	24.88	5.00	37.62
T	10	5	5.1	31.85	5.00	36.57
T	11	6	2.55	15.92	5.00	37.62
T	12	7	2.55	15.92	5.00	37.62
T	13	8	2.56	22.96	5.00	37.10

І н ф о р м а ц і я п о г і л к а м

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
14	1	-5.906	-3.788	5.891	3.238	0.014632
3	4	-3.067	-1.746	3.049	1.779	0.017220
4	5	-1.212	-1.058	1.206	1.084	0.005963
3	6	-1.960	-0.808	1.949	0.883	0.010667
3	7	-3.925	-0.632	3.873	0.698	0.051902
7	8	-1.693	-0.581	1.683	0.611	0.009330
2	1	2.930	0.030	-2.931	-0.049	0.000828
3	1	8.951	3.186	-8.960	-3.190	0.008714
9	4	1.810	0.590	-1.827	-0.667	0.017301
10	5	1.190	0.990	-1.201	-1.057	0.010768
11	6	1.930	0.770	-1.939	-0.828	0.009222
12	7	2.160	-0.000	-2.170	-0.062	0.009945
13	8	1.670	0.510	-1.677	-0.571	0.006751

Сумарні втрати активної потужност: 0.173244

І н ф о р м а ц і я п о в у з л а м

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
14	158.00	0.0	-5.906	-3.788	0.000	
0.000						
1	155.85	-2.4	-0.000	-0.000	0.000	
0.000						
2	10.09	-2.8	2.930	0.030	0.000	
0.000						
3	35.29	-2.4	-0.000	-0.000	0.000	
0.000						
4	35.06	-2.5	0.010	0.055	0.000	
0.000						
5	34.82	-2.7	0.005	0.027	0.000	
0.000						
6	35.06	-2.6	0.010	0.055	0.000	
0.000						
7	34.76	-3.0	0.010	0.055	0.000	
0.000						
8	34.49	-3.4	0.007	0.040	0.000	
0.000						
9	10.03	-4.5	1.810	0.590	0.000	
0.000						
10	10.13	-4.3	1.190	0.990	0.000	
0.000						
11	10.10	-3.9	1.930	0.770	0.000	
0.000						
12	10.11	-4.7	2.160	-0.000	0.000	
0.000						
13	10.08	-5.2	1.670	0.510	0.000	
0.000						

Баланс по пасивн. елем-м 0.173244 0.666390 0.000

"+" споживання, "-" генерація

						Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Минимальний режим замкнутої мережі. Q_{ку}=6,3 Мвар

S - Пункт живлення (балансуючий базисний вузол)

	N	pr	Us	Ps	Qs	Gs	Bs
S	14	3	158	0	0	0	0

N - В у з л и

	N	pr	V	P	Q	G	B
N	1	1	154	0	0	0	0
N	2	1	10	2.93	0.03	0	0
N	3	1	35	0	0	0	0
N	4	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	5	1	35	0.0051	0.027	0	0
N	6	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	7	1	35	0.0102	0.055	0	0
N	8	1	35	0.0067	0.04	0	0
N	9	1	10	1.81	0.59	0	0
N	10	1	10	1.19	0.99	0	0
N	11	1	10	1.93	0.77	0	0
N	12	1	10	2.16	0	0	0
N	13	1	10	1.67	0.51	0	0

L - Гілки, лінії

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	B [мкСм]
L	14	1	2.34	88	0
L	3	4	1.99	3.31	21.28
L	4	5	2.79	4.64	29.79
L	3	6	3.39	5.63	36.18
L	3	7	4.07	4.1	96.9
L	7	8	3.49	5.8	37.24
L	5	6	2.34	3.89	25.0

T - Трансформатори

	N1	N2	R [Ом]	X [Ом]	U _н [кВ]	U _в [кВ]
T	2	1	2.34	52.65	5.00	169.85
T	3	1	2.34	0	38.5	169.85
T	9	4	5.62	24.88	5.00	37.62
T	10	5	5.1	31.85	5.00	36.57
T	11	6	2.55	15.92	5.00	37.62
T	12	7	2.55	15.92	5.00	37.62
T	13	8	2.56	22.96	5.00	37.10

І н ф о р м а ц і я п о в у з л а м

N	V	dV	P	Q	Pg	Qb
14	158.00	0.0	-5.909	-3.850	0.000	
0.000						
1	155.82	-2.4	-0.000	-0.000	0.000	
0.000						
2	10.09	-2.8	2.930	0.030	0.000	
0.000						
3	35.28	-2.4	-0.000	0.000	0.000	
0.000						
4	34.99	-2.7	0.010	0.055	0.000	
0.000						
5	34.82	-2.8	0.005	0.027	0.000	
0.000						
6	34.88	-2.8	0.010	0.055	0.000	
0.000						
7	34.75	-3.0	0.010	0.055	0.000	
0.000						
8	34.48	-3.4	0.007	0.040	0.000	
0.000						
9	10.01	-4.7	1.810	0.590	0.000	
0.000						
10	10.13	-4.4	1.190	0.990	0.000	
0.000						
11	10.05	-4.2	1.930	0.770	0.000	
0.000						
12	10.11	-4.7	2.160	-0.000	0.000	
0.000						
13	10.08	-5.2	1.670	0.510	0.000	
0.000						
Баланс по пасивн. елем-м			0.176640	0.727925	0.000	
0.000						

 "+" споживання, "-" генерація

І н ф о р м а ц і я п о г і л к а м

N1	N2	P12	Q12	P21	Q21	
14	1	-5.909	-3.850	5.894	3.298	0.014683
3	4	-2.794	-1.425	2.779	1.425	0.015787
4	5	-0.941	-0.703	0.938	0.734	0.003203
3	6	-2.236	-1.188	2.218	1.204	0.017602
3	7	-3.925	-0.632	3.873	0.699	0.051927
7	8	-1.693	-0.581	1.683	0.611	0.009334
5	6	0.268	0.350	-0.268	-0.321	0.000355
2	1	2.930	0.030	-2.931	-0.049	0.000828
3	1	8.955	3.245	-8.964	-3.249	0.008761
9	4	1.810	0.590	-1.827	-0.667	0.017368
10	5	1.190	0.990	-1.201	-1.057	0.010766
11	6	1.930	0.770	-1.939	-0.828	0.009322
12	7	2.160	-0.000	-2.170	-0.062	0.009950
13	8	1.670	0.510	-1.677	-0.571	0.006754

Сумарні втрати активної потужност: 0.176640

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	130

ДОДАТОК Е

						Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Е1- Розрахунок капітальних вкладень та витрат на амортизацію в лініях радіальної схеми

Лінія	Марка проводу	U _{ном} кВ	L, км	N, шт.	Тип опори	K _{л.уд.} , тис. грн.	K _{л.} , тис. грн.	ал+рл+ол, %	I _{а.} , тис. грн.
Л1	АС70/11	35	8	2	ж/б	147,2	1177,6	10	117,76
Л2	АС120/19	35	11,2	1	ж/б	98,4	1102,08	10	110,21
Л3	АС70/11	35	13,6	2	ж/б	147,2	2001,92	10	200,19
Л4	АС70/11	35	19	2	ж/б	147,2	2796,8	10	279,68
Л5	АС120/19	35	14	1	ж/б	98,4	1377,6	10	137,76
	Разом						8456		845,60

Таблиця Е2 - Розрахунок капіталовкладень та витрат на амортизацію підстанції

радіальної схеми

п/с т	Тип транс-тора	N	K _т , тис. грн.	K _т , тис. грн.	N _в 150 кВ	N _в 35 кВ	K _в , тис. грн.	Q _{ку} МВ Ар	K _{ку} , тис. грн.	KПЗ, тис. грн.	Kп/с, тис. грн.	I _а п/с тис. грн.
1	ТДТН16000/150/35/10	2	635	1270	3	9	2688	1,8	115,2	2160	6233,2	1246,6 ₄
2	ТМН-1600/35	2	163,2	326,4	-	6	672	1,8	115,2	560	1673,6	334,72
3	ТМН-2500/35	1	169,6	169,6	-	1	112	1,35	86,4	560	928	185,6
4	ТМН-2500/35	2	169,6	339,2	-	3	336	0,9	57,6	560	1292,8	258,56
5	ТМН-2500/35	2	169,6	339,2	-	6	672	1,8	115,2	560	1686,4	337,28
6	ТМН-4000/35	1	205,6	205,6	-	1	112	1,8	115,2	560	992,8	198,56
	Разом			2650			4592	9,45	604,8	4960	12806,8	2561,3 ₆

Таблиця Е3 - Вартість втрат електроенергії в лінії радіальної мережі

Лінія	Провід	ΔP, МВт	τ _{нб} , год.	ΔW _л · 10 ⁶ кВт · год.	I' _{эл.} , тис. грн.	I _{а.л.} , тис. грн.	I _{эл.} + I _{а.} , тис. грн.
Л1	АС70/11	0,024	3161,6	0,076	54,935	117,76	172,695
Л2	АС120/19	0,006	3161,6	0,019	13,734	110,21	123,942
Л3	АС70/11	0,023	3161,6	0,073	52,646	200,19	252,838
Л4	АС70/11	0,101	3161,6	0,319	231,18 ₆	279,68	510,866
Л5	АС120/19	0,016	3161,6	0,051	36,624	137,76	174,384
	Разом	0,17		0,537	389,12 ₅	845,60	1234,725

									Арк.
									132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця Е4 - Вартість втрат електроенергії в трансформаторах радіальної схеми електропостачання

п/ст	Тип тран-ра	N	$\Delta P_{\text{т}}$, МВт	$\tau_{\text{нб}}$, год.	$\Delta W_{\text{т}} \cdot 10^6$, кВт·год.	$I \Delta W_{\text{т}}$, тис. грн.	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$\Delta W_{\text{т}}'$, кВт·год.	$I \Delta W_{\text{т}}'$, тис. грн.	$\Delta W_{\text{т}}' + I \Delta W_{\text{т}}'$, тис. грн.	$I_{\text{а}}$, п/ст тис. грн.	$I_{\text{сум}}$, п/ст тис. грн.
1	ТДТН16000/150/35/10	2	0,05	3161,6	0,154	111,5	25	438000	317	428,6	1246,6	1675,2
2	ТМН-1600/35	2	0,03	3161,6	0,095	68,7	5,1	89352	64,7	133,4	334,7	468,1
3	ТМН-2500/35	1	0,01	3161,6	0,035	25,2	5,1	44676	32,3	57,5	185,6	243,1
4	ТМН-2500/35	2	0,02	3161,6	0,063	45,8	5,1	89352	64,7	110,5	258,6	369
5	ТМН-2500/35	2	0,02	3161,6	0,063	45,8	5,1	89352	64,7	110,5	337,3	447,7
6	ТМН-4000/35	1	0,01	3161,6	0,032	22,9	6,7	58692	42,5	65,4	198,6	263,9
	Разом		0,14		0,442	319,8		809424		905,8	2561,4	3467,2

Таблиця Е5 - Розрахунок капітальних вкладень та витрат на амортизацію в лініях замкнутої схеми

Лінія	Марка проводу	$U_{\text{ном}}$, кВ	L, км	N, шт.	Тип опори	$K_{\text{л.уд.}}$, тис. грн.	$K_{\text{л.}}$, тис. грн.	ал+рл + ол, %	$I_{\text{а.}}$, тис. грн.
Л1	АС120/19	35	8	1	ж/б	98,4	787,2	10	78,72
Л2	АС120/19	35	11,2	1	ж/б	98,4	1102,08	10	110,21
Л3	АС120/19	35	13,6	1	ж/б	98,4	1338,24	10	133,82
Л4	АС70/11	35	19	2	ж/б	147,2	2796,8	10	279,68
Л5	АС120/19	35	14	1	ж/б	98,4	1377,6	10	137,76
Л6	АС120/19	35	9,4	1	ж/б	98,4	924,96	10	92,5
	Разом						8326,88		832,69

							Арк.
							133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця Е6 - Розрахунок капіт вкладень та витрат на амортизацію підстанції замкнутої схеми

п/ст	Тип транс-ра	N	К'т, тис. грн.	Кт, тис. грн.	N _в 150 кВ	N _в 35 кВ	К _в , тис. грн.	Q _{ку} , МВА·р	К _{ку} , тис. грн.	КПЗ, тис. грн.	Кп/ст, тис. грн.	И _а п/ст, тис. грн.
1	ТДТН-16000/150/35/10	2	635	1270	3	7	2464	1,8	115,2	2160	6009,2	1201,8
2	ТМН-1600/35	2	163,2	326,4	-	5	560	1,8	115,2	560	1561,6	312,32
3	ТМН-2500/35	1	169,6	169,6	-	3	336	1,35	86,4	560	1152	230,4
4	ТМН-2500/35	2	169,6	339,2	-	5	560	0,9	57,6	560	1516,8	303,36
5	ТМН-2500/35	2	169,6	339,2	-	6	672	1,8	115,2	560	1686,4	337,28
6	ТМН-4000/35	1	205,6	205,6	-	1	112	1,8	115,2	560	992,8	198,56
	Разом			2650			4704	9,45	604,8	4960	12918,8	2583,7

Таблиця Е7 - Вартість втрат електроенергії в лінії замкнутої мережі

Лінія	Провід	ΔP , МВт	$\tau_{нб}$, год.	$\Delta W_{л} \cdot 10^6$ кВт·год.	$I'_{эл.}$, тис. грн.	$I_{ал.}$, тис. грн.	$I_{эл.} + I_{ал.}$, тис. грн.
Л1	АС120/19	0,024	3161,6	0,076	540,935	787,2	1336,55
Л2	АС120/19	0,004	3161,6	0,013	90,156	1102,1	1193,64
Л3	АС120/19	0,03	3161,6	0,095	680,669	1338,2	2024,93
Л4	АС70/11	0,098	3161,6	0,31	2240,319	2796,8	5039,99
Л5	АС120/19	0,015	3161,6	0,047	3403,35	1377,6	1720,95
Л6	АС120/19	0,001	3161,6	0,002	101,44	925,0	936,4
	Разом	0,172		0,542	3920,558	832,69	12252,5

						Арк.
						134
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Е8 - Вартість втрат електроенергії в трансформаторах замкнутої схеми електропостачання

п/ст	Тип транс-тора	N	$\Delta P_{\text{т}}$, МВт	$\tau_{\text{нб}}$, год.	$\Delta W_{\text{т}} \cdot 10^6$ кВт·год	И $\Delta W_{\text{т}}$ тис. грн.	$\Delta P_{\text{х}}$ кВт	$\Delta W_{\text{т}}'$, кВт·год	И $\Delta W_{\text{т}}''$ тис. грн.	$\Delta W_{\text{т}}' + \text{И}\Delta W_{\text{т}}'$ тис. грн.	И _а п/ст., тис. грн.	И _{сум} п/ст., тис. грн.
1	ТДТН-16000/150	2	0,05	3161,6	0,154	111,47	25	438000	317,1	428,6	1201,8	1630,4
2	ТМН-1600/35	2	0,03	3161,6	0,095	68,67	5,1	89352	64,7	133,4	312,3	445,7
3	ТМН-2500/35	1	0,01	3161,6	0,035	25,18	5,1	44676	32,3	57,5	230,4	287,9
4	ТМН-2500/35	2	0,02	3161,6	0,063	45,78	5,1	89352	64,7	110,5	303,4	413,8
5	ТМН-2500/35	2	0,02	3161,6	0,063	45,78	5,1	89352	64,7	110,5	337,3	447,7
6	ТМН-4000/35	1	0,01	3161,6	0,032	22,89	6,7	58692	42,5	65,4	198,6	263,9
	Разом		0,14		0,442	319,77		809424		905,8	2583,8	3489,6

Таблиця Е9 - Вибір потужності та місця розташування цехових ТП

№ ТП	Рр, кВт	Qp, кВар		Sp, кВА		N х Стр, кВА	Кз	Вид ТП	Місце розташування ТП
		без КП	з КП	без КП	з КП				
ТП-1	679,76	518,86	318,86	855,15	750,83	2х630	0,6	Вбудов.	Адміністрація
ТП-2	310,84	322,98	255,99	448,27	402,68	1х630	0,6	Вбудов.	Склад

									Арк.
									135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДОДАТОК Ж

						Арк.
						136
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Ж1 - Розрахункові струми КЗ

Точка схеми	$R_{\text{кп}}$	$X_{\text{кп}}$	$Z_{\text{кп}}$	$I_{\text{кп}}=I_{\text{бп}}/Z_{\text{кп}}$	$i_{\text{yn}}=\sqrt{2}\cdot k_y\cdot I_{\text{кп}}$	$I_{\text{кп}}^2=0,87\cdot I_{\text{кп}}$
К2	0,07	1,99	1,99	2,76	3,86	2,4
К2нн	2,6	10,5	10,82	13,35	18,7	11,6
К3	0,07	1,99	1,99	2,76	3,86	2,4
К3нн	2,6	10,5	10,82	13,35	18,7	11,6
К4	0,06	1,95	1,95	2,82	3,95	2,45
К4нн	2,58	10,47	10,78	13,4	18,76	11,66

Таблиця Ж2 - Вибір високовольтних кабелів 10 кВ

№КЛ	Sp, кВА	n	Ip	Ip.ав	Fек, мм	Марка кабеля	Idоп,А	Кп	Iав	Вк	Fmin	I'', кА
ЦРП-ТП1	750,8	2	21,7	43,4	15,5	ААШВ(3×35)	115	1	132,3	11,03	35,3	3,16
ЦРП-ТП2	382,5	1	22,1	44,2	15,8	ААШВ(3×35)	115	1	132,3	11,03	35,3	3,16
До ЦРП	1203,6	2	34,8	69,6	69,6	ААШВ(3×70)	165	1	132,3	11,03	35,3	3,16

Таблиця Ж3 - Вибір ввідних вимикачів по шинах 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ВР1-20/630 [7]
1. $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{\text{робmax}} \leq I_{\text{ном}}$	$I_{\text{робmax}} = 69,6$	$I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$
3. $I_{\text{нт}} \leq I_{\text{отк.ном}}$	$I_{\text{нт}} = I'' = 3,16 \text{ кА}$	$I_{\text{отк.ном}} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2} I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} \leq \sqrt{2} I_{\text{отк.ном}} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} I_{\text{нт}} + i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot 3,16 + 0 = 5,47 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{\text{отк.ном}} (1 + \beta_n) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
5. $I'' \leq I_{\text{дип}}$	$I'' = 3,16 \text{ кА}$	$I_{\text{дип}} = 20 \text{ кА}$
6. $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дип}}$	$i_{\text{уд}} = 4,42 \text{ кА}$	$i_{\text{дип}} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_t^2 \cdot t_T$	$B_k = 100,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_T = 20^3 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		137

Таблиця Ж4 - Вибір вимикачів на відходящих лініях 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані ВР1-20/630 [7]
1. $U_{уст} \leq U_{ном}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
2. $I_{роб\max} \leq I_{ном}$	$I_{роб\max} = 64,8$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
3. $I_{пт} \leq I_{отк.ном}$	$I_{пт} = I'' = 3,16 \text{ кА}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА}$
4. $\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} \leq \sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n)$	$\sqrt{2} I_{пт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 3,16 + 0 = 5,47 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{отк.ном} (1 + \beta_n) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 40/100) = 39,48 \text{ кА}$
5. $I'' \leq I_{дип}$	$I'' = 3,16 \text{ кА}$	$I_{дип} = 20 \text{ кА}$
6. $i_{уд} \leq i_{дип}$	$i_{уд} = 6,4 \text{ кА}$	$i_{дип} = 52 \text{ кА}$
7. $B_k \leq I_t^2 \cdot t_T$	$B_k = 5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_t^2 \cdot t_T = 20^3 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблиця Ж5 - Навантаження власних потреб.

Вид споживача	Встановлена потужність		cos φ	tg φ	Навантаження	
	кВт х кількість	Всього, кВт			P _{вст} , кВт	Q _{вст} , кВт
Підігрів комірок РП-10кВ	1x11	11	0,85	0,6	11	-
Освітлення, вентиляція приміщення РП	3	3	1	0	3	-
Навантаження, що споживають опер. ланцюги	2	2	1	0	2	-
Всього:					16	0