

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого  
Кафедра Електропостачання і електроменеджменту**

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_ (підпис)  
Блаженко С.І.  
(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ (підпис)  
Балюта С.М.  
(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»  
на тему: «Розробка СЕП деревообробного цеху та методів використання  
споживачів-регуляторів»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-8ск

Боднар Вячеслав Васильович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Чорний Юрій Аркадійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ - 2021р.

## АНОТАЦІЯ

**Боднар В.В.** Розробка СЕП деревообробного цеху та методів використання споживачів-регуляторів.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ 2021

У дипломній роботі розглянуто розв'язані актуальні задачі в розробці системи електропостачання деревообробного цеху та методів використання споживачів-регуляторів.

Розкриті наступні теми: розрахунок електричних навантажень цехових електроспоживачів; вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання; побудова графіків електричних навантажень; розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах; вибір кількості та потужності трансформатора та місця розташування трансформаторних підстанцій; вибір схеми та розрахунок цехової мережі; розрахунок стумів короткого замикання; розрахунок релейного захисту та автоматики; облік та вимірювання режимних параметрів електропостачання; якість електричної енергії в системі електропостачання; організаційні та технічні заходи з охорони праці.

Окремим розділом проаналізовано методи використання споживачів-регуляторів, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи деревообробного цеху.

**Трансформатори ; струм; напруга ; електропостачання.**

## ANNOTATION

Bodnar. V.V. Development of EPS of woodworking shop and methods of using consumers-regulators.

141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics"

National University of Food Technology, Kyiv -2021

The thesis deals with the actual problems in the development of the power supply system of the woodworking shop and methods of using consumers-regulators.

The following topics are revealed: calculation of electric loads of shop electric consumers; selection of voltage and electrical circuits of external and internal power supply; construction of schedules of electric loadings; calculation of reactive power balance and selection of compensating devices in low-voltage networks; selection of the number and power of the transformer and location of transformer substations; selection of the scheme and calculation of the shop network; calculation of short-circuit stumps; calculation of relay protection and automation; accounting and measurement of power supply parameters; quality of electric energy in the power supply system; organizational and technical measures for labor protection.

A separate section analyzes the methods of using consumer regulators, the purpose of which is to select the most optimal version of the scheme, the parameters of the grid and its elements to ensure the necessary reliability of power supply and uninterrupted woodworking shop.

**TRANSFORMER; CURRENT; VOLTAGE ; ELECTRICITY.**

## АННОТАЦИЯ

Боднар В.В. Разработка СЭП деревообрабатывающего цеха и методов использования потребителей-регуляторов.

141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»

Национальный Университет Пищевых Технологий, 2021

В дипломной работе рассмотрены актуальные задачи по разработке системы электроснабжения деревообрабатывающего цеха и методов использования потребителей-регуляторов.

Раскрыты следующие темы: расчет электрических нагрузок цеховых электропотребителей; выбор напряжения и электрических схем внешнего и внутреннего электроснабжения; построение графиков электрических нагрузок; расчет баланса реактивной мощности и выбор компенсирующих устройств в низковольтных сетях; выбор количества и мощности трансформатора и местоположения трансформаторных подстанций; выбор схемы и расчет цеховой сети; расчет токов короткого замыкания; расчет релейной защиты и автоматики; учет и измерения режимных параметров электроснабжения; качество электрической энергии в системе электроснабжения; организационные и технические мероприятия по охране труда.

Отдельным разделом проанализированы методы использования потребителей-регуляторов, целью которого является выбор наиболее оптимального варианта схемы, параметров электросети и ее элементов, позволяющих обеспечить необходимую надежность электропитания и бесперебойной работы деревообрабатывающего цеха.

**Трансформаторы, ток, напряжение, электроснабжение**

Зміст	ст.
Вступ	5
1. Коротка характеристика виробництва та споживачів	8
2. Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів цеху	11
2.1. Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку	11
2.2. Вихідні данні для проведення розрахунку	11
2.3. Розрахунок електричних навантажень ЕП цеху	12
2.4. Розрахунок освітлюваного навантаження	15
3. Побудова графіків електричних навантажень насосної станції.	17
4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання насосної станції	19
5. Режими реактивної потужності системи електропостачання	24
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах	24
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв	25
5.3. Вибір закону регулювання і системи автоматичного керування компенсуючих пристроїв	27
5.4. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності	28
6. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування трансформаторних підстанцій (ТП)	30
6.1 Вибір потужності трансформаторів ТП	30
6.2 Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП	32
7. Розрахунок цехової мережі та освітлення	36
7.1. Розрахунок силової мережі цеху	37

ДП 2021 141

Змн.	ЛЗист	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Юоднар В.В.					3	2
Перевір.		Чорний Ю.А.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						



## Вступ

Електрична частина дипломного проекту присвячена проектуванню системи електропостачання деревообробного цеху. Системою електропостачання називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електроенергії. Системи електропостачання цеху створюються для забезпечення живлення електроенергією споживачів, розташованих на території підприємства.

Для сучасних СЕП характерна велика кількість різноманітних споживачів електроенергії, які висувають різні вимоги до надійності електропостачання та якості електроенергії. Забезпечити високу якість електропостачання всіх електроприймачів на підприємстві при оптимальних витратах матеріальних ресурсів та грошових коштів, ефективно керувати розвитком та функціонуванням складних систем електропостачання можливо лише на основі системного підходу з використанням сучасних технічних засобів, обчислювальної техніки.

Заходи щодо організації режимів електроспоживання різних груп електроприймачів підприємства, спрямовані на вирівнювання графіків навантаження й зниження максимуму потужності. Одним з можливих заходів вирівнювання графіків навантаження є використання споживачів-регуляторів.

ДП 2021 141

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Боднар В.В.			Вступ	Лім.	Лист	Листів
Перевір.		Чорний Ю.А.					7	1
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

## 1. Коротка характеристика виробництва та споживачів.

Електроприймачі деревообробного цеху пов'язані між собою технологічним процесом. До складу цеху входять вентилятори, компресор, установка забарвлення електростатична, зарядні агрегати, токарні верстати, ліфти вертикальні ДБ1, завантажувальні пристрої, торцювальні верстати ДС1, транспортери ДТ4 та ДТ6, багатопильні верстати, верстати для закладення сучків, фуговальні верстати, шипорезні верстати ДС35, верстати чотиристоронні ДС38, верстати для постановки напівпетель ДС39, перекладчики ДБ14, складальні напівавтомати ДА2, верстати для зняття провисів ДС40.

Розміри цеха  $A \times B \times H = 30 \times 48 \times 9$  м.

Перелік обладнання деревообробного цеху вказано в таблиці.

Номінальна потужність  $P_n$  вказана для одного електроприймача.

Розміщення основного обладнання вказано на плані рис. 1.1.

Перелік електричного обладнання деревообробного цеху (табл. 1.1).

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141			
Розроб.		Боднар В.В.			Розділ 1. Коротка характеристика виробництва та споживачів	Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Чорний Ю.А.					8	3
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						



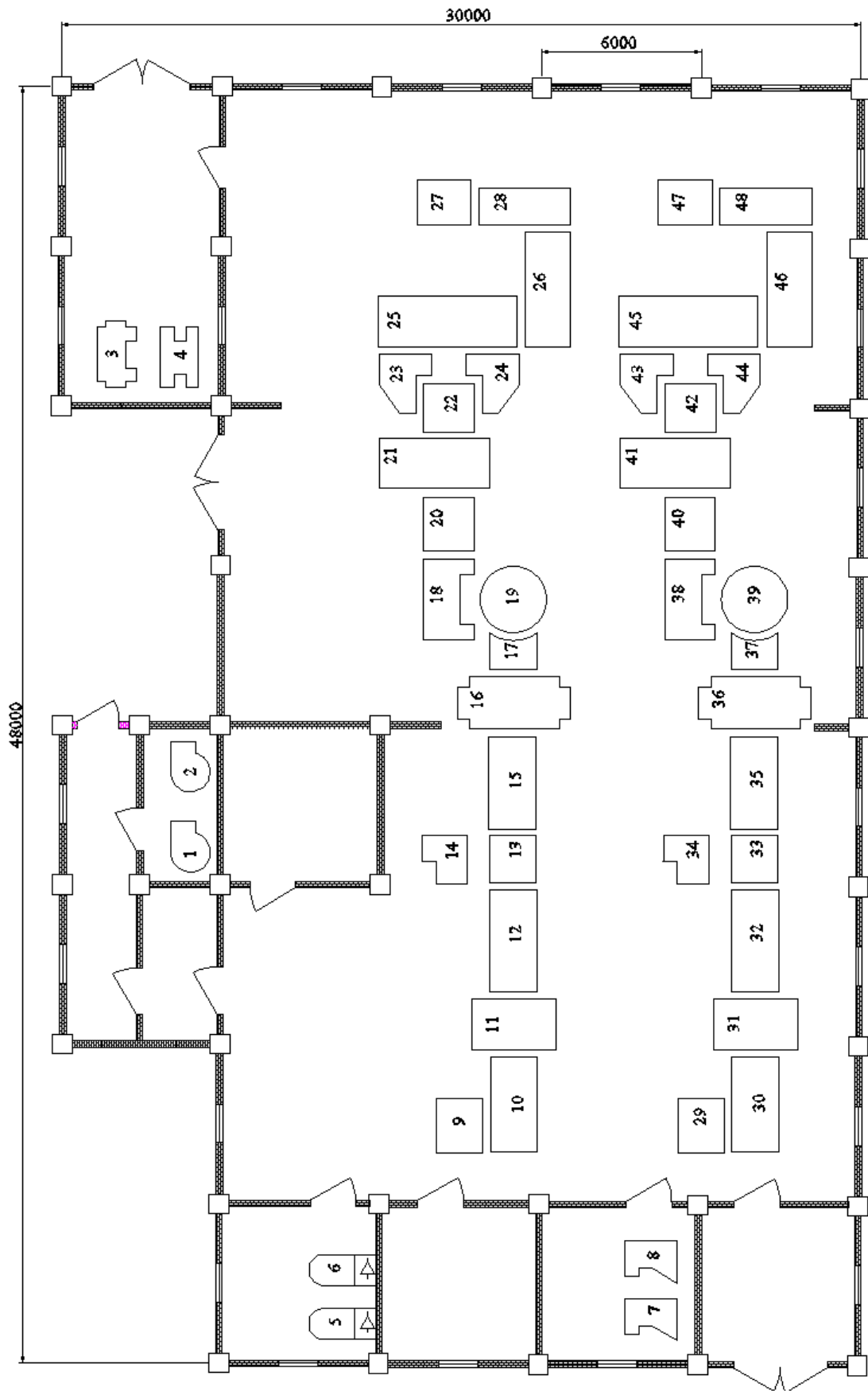


Рис. 1.1. Схема розміщення обладнання в цеху

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2021 141

Лист

10

## 2. Розрахунок електричних навантажень цеху

### 2.1. Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку

Для розрахунку освітлення в цеху використовуємо метод коефіцієнта використання. Вихідними даними для якого є розміри цеху та тип приміщення.

### 2.2 Вихідні данні для проведення розрахунку

Розміри цеху:

Ширина цеху - 30 м

Довжина цеху - 48 м

Висота - 9 м

Вихідні данні електроприймачів цеху наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

За специфікацією	Назва обладнання	Кількість, шт.	Ном. потужність Рном.од, кВт	Коеф. викор. Кв	cos(φ)
1	Вентилятор	2	5	0,65	0,8
2	Компресор	1	7,5	0,65	0,85
3	Установка забарвлення	1	4,5	0,45	0,6
4	Зарядний агрегат	2	4	0,25	0,7
5	Токарний верстат	2	2,2	0,3	0,7
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	0,25	0,6
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	0,3	0,7
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	0,3	0,7
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	0,25	0,7
10	Багатопильний верстат	2	6	0,3	0,7
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	0,3	0,7
12	Фуговальний верстат	2	4,5	0,3	0,7
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	0,25	0,7
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	0,3	0,7
15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	0,3	0,7
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	0,3	0,7

					<b>ДП 2021 141</b>		
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			<i>Розділ 2. Розрахунок електричних навантажень цеху</i>	Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Чорний Ю.А.					11	3
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М.						



$$m = \frac{P_{\text{ном і max}}}{P_{\text{ном і min}}} = \frac{7,5}{1,5} = 5 > 3,$$

де  $P_{\text{ном і max}}$  і  $P_{\text{ном і min}}$  – найбільша та найменша номінальна потужність окремого

ЕП у групі, кВт.

Якщо  $m > 3$  та  $K_B > 0,329$  величина ефективного числа ЕП розраховується за формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_{\text{ном і}}}{P_{\text{ном і max}}} = \frac{2 \cdot 146,8}{7,5} = 39,15 > 3$$

По таблиці 3.1., стор. 30[2] знаходимо коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1,34.$$

Розрахункова потужність групи ЕП, що працюють за змінним графіком навантаження:

Розрахункові активну і реактивну потужності силових ЕП, що підключені до вузла напругою до 1000 В, визначають за формулою:

$$P_{P.C.0,38} = K_M \cdot P_{\Sigma CM} = 1,34 \cdot 48,3 = 64,7 \text{ кВт}$$

Так як  $n_e < 10$ , то реактивна складова визначається як:

$$Q_{P.C.0,38} = 1,1 Q_{\Sigma CM} = 35,61 \text{ квар};$$

Повна потужність:

$$S_P = \sqrt{Q^2_{P.C.0,38} + P^2_{P.C.0,38}} = \sqrt{35,61^2 + 64,7^2} = 73,83 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм для всієї групи ЕП, що працюють зі змінним графіком навантаження:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = 73,83 = 112,2 \text{ А}.$$

Таблиця 2.2 - Електричні навантаження ЕП на напрузі 0,4 кВ

За спец-ю	Назва обладнання	Кількість, шт.	Р'ном, кВт	Рном, кВт	Кв	Cos (φ)	tg(φ)	Рсм, кВт	Qсм, квар
1	Вентилятор	2	5	10	0,65	0,8	0,45	6,5	2,93
2	Компресор	1	7,5	7,5	0,65	0,85	0,33	4,875	1,59
3	Установка забарвлення	1	4,5	4,5	0,45	0,6	1,07	2,025	2,16
4	Зарядний агрегат	2	4	8	0,25	0,7	0,73	2,00	1,46
5	Токарний верстат	2	2,2	4,4	0,3	0,7	0,73	1,32	0,96
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	6,4	0,25	0,6	1,07	1,6	1,71
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	11,2	0,3	0,7	0,73	3,36	2,45
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	6,4	0,3	0,7	0,73	1,92	1,40
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	14,4	0,25	0,7	0,73	3,60	2,62
10	Багатопильний верстат	2	6	12	0,3	0,7	0,73	3,6	2,62
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	4,4	0,3	0,7	0,73	1,32	0,96
12	Фуговальний верстат	2	4,5	9	0,3	0,7	0,73	2,7	1,97
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	15,2	0,25	0,7	0,73	3,8	2,77
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	11	0,3	0,7	0,73	3,3	2,40
15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	8	0,3	0,7	0,73	2,4	1,75
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	7,2	0,3	0,7	0,73	2,16	1,57
17	Перекладчик ДБ14	2	3,6	7,2	0,25	0,75	0,58	1,8	1,05
18	Складальний напівавтомат	2	2,5	5	0,25	0,75	0,58	1,25	0,73
	Разом	44	67,4	146,80				48,3	32,4

## Обчислення пікового струму та пікової потужності

Піковий струм групи споживачів завантаження визначається, виходячи з таких умов: всі двигуни крім найпотужнішого працюють в нормальному режимі, а найпотужніший запускається.

Піковий струм групи споживачів що працюють зі змінним графіком навантаження:

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}})$$

$i_{\text{пуск}}^{\text{max}}$  – пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{розр}}$  – розрахунковий струм всіх електросприймачів, що працюють зі змінним графіком навантаження;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання для цього двигуна;

$I_{\text{ном}}^{\text{max}}$  – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}$$

$K_{\text{пуск}}$  – кратність пускового струму.  $K_{\text{пуск}} = 5$

$$I_{\text{ном}}^{\text{max}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 126,3 \text{ A}$$

$P_{\text{ном}}^{\text{max}}$  – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}} = 5 \cdot 150,35 = 631,48 \text{ A}$$

Піковий струм електроприймачів:

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{розр}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}})$$

$$I_{\text{пik}} = 631,48 + (523,79 - 0,65 \cdot 126,3) = 1112,42 \text{ A}$$

Визначення пікової потужності:

$$S_{\text{пik}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пik}} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1112,42 = 770,71 \text{ кВА}$$

## 2.4. Розрахунок освітлюваного навантаження

Деревообробний цех складається з виробничої дільниці розмірами 42x24 м та площею 1008 м<sup>2</sup> та допоміжних приміщень. Вентиляційну розмірами 6x3 м площею 18 м<sup>2</sup>. Майстерню розмірами 12x6 площею 72

									Лист
									15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141



### 3. Побудова Графіки електричного навантаження цеху.

Коефіцієнт завантаження від максимального $m_i = S_i / S_{\Sigma \text{макс}}$	Години доби $\Delta t, \text{год}$	Навантаження обмоток ВН для споживачів II та III категорії надійності, кВА $S_i = m_i \cdot S_{\Sigma \text{макс}}$
0,3	0...5	20,96
0,4	5...6	27,95
0,6	6...8	41,92
1	8...10	69,87
0,75	10...12	52,4
0,6	12...13	41,92
0,85	13...16	59,39
0,65	16...20	45,41
0,55	20...22	38,43
0,3	22...24	20,96

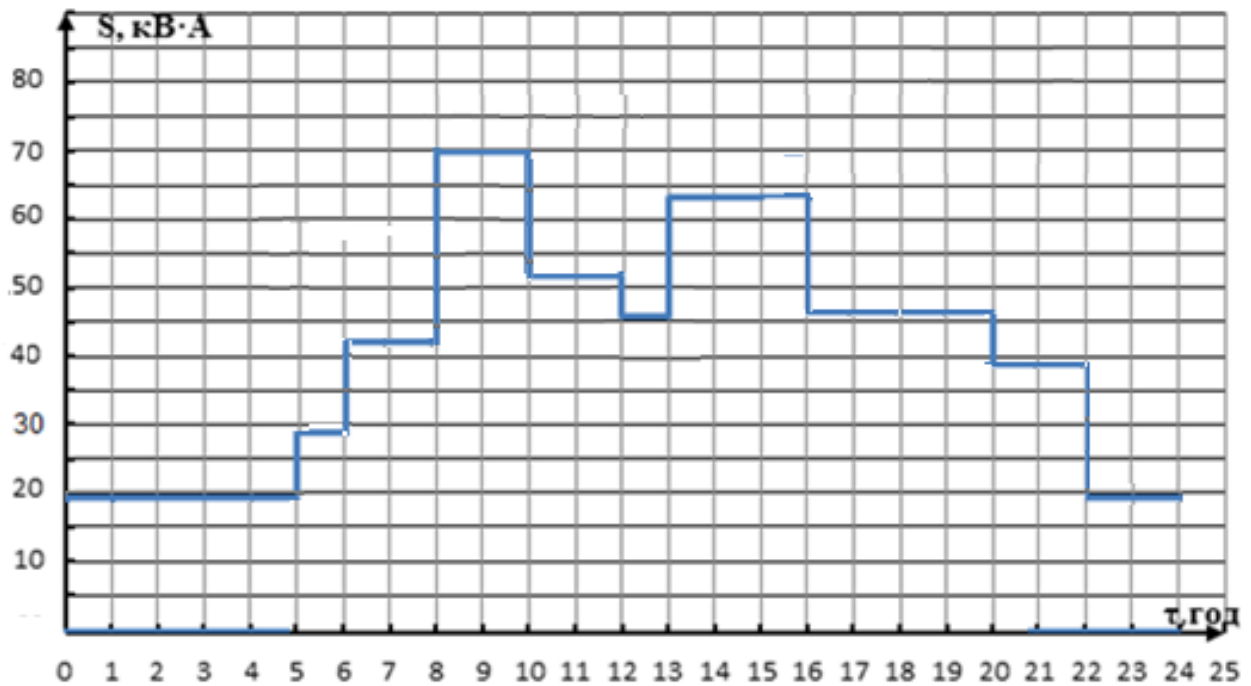


Рис. 3.1. Добовий графік навантаження

				<b>ДП 2021 141</b>		
		№ докум.	Підпис	Розділ 3. Графіки електричних навантажень цеху		
Розроб.	Боднар В.В.					
Перевір.	Чорний Ю.А.					
Реценз.						
Н. Контр.						
Затверд.	Балюта С.М.			Літ.	Лист	Листів
					16	3
				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		

Після проведених розрахунів згідно алгоритму отримання впорядкованих графіків навантаження [1] маємо графік навантаження деревообробного цеху рис. 3.3.

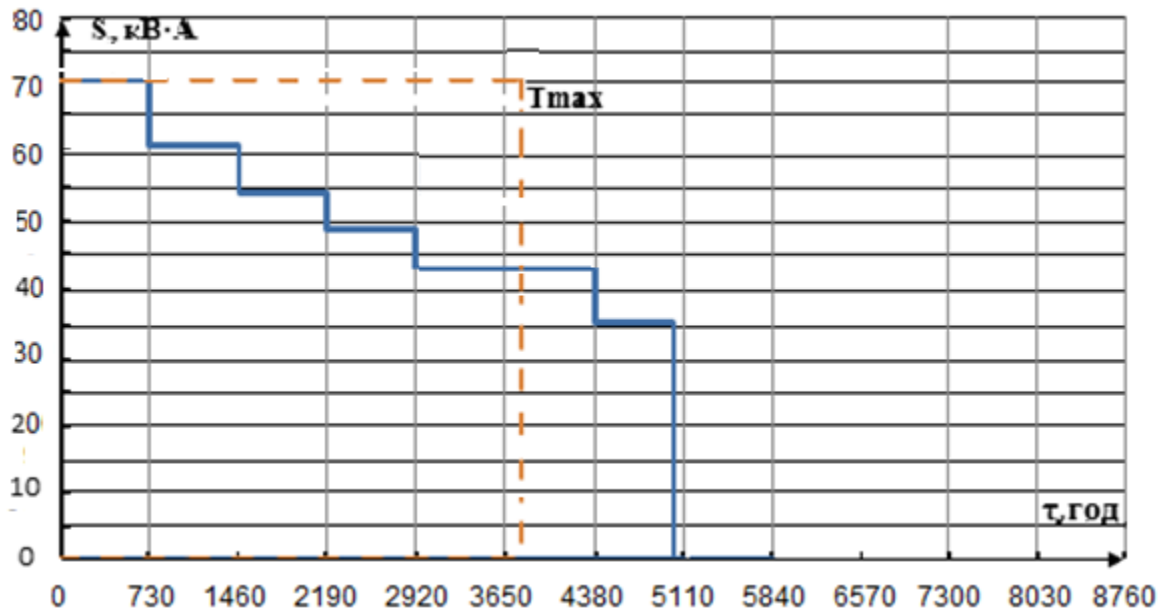


Рис. 3.3. Впорядкований графік навантаження

#### 4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху.

Схеми розподілу електроенергії на рівнях зовнішнього і внутрішнього електропостачання на сучасних підприємствах реалізують східчастий принцип побудови з однократною, двох- трьох- і більш кратною трансформацією напруги.

Електроустановку, через яку електроенергія надходить у ланку схеми з даною робочою напругою, будемо називати джерелом живлення (ДЖ), а електроустановку, що одержує електроенергію від цієї ланки,— приймачем (П). Джерелами живлення для першої ланки схеми електропостачання є приймальні пункти, на які електроенергія надходить від енергосистеми, а приймачами — споживачі електроенергії (знижувальні підстанції, двигуни, які працюють на напрузі, що підводиться від енергосистеми). Для другої ланки джерелами живлення є знижувальні підстанції, через які електроенергія надходить з першої в другу ланку, а приймачами — знижувальні підстанції, на яких виробляється подальше зниження напруги для подачі електроенергії в третю ланку, і двигуни, які працюють при напрузі другої ланки.

Схеми в окремих ланках системи електропостачання можуть бути радіальними, магістральними (з однобічним живленням, із двостороннім живленням і кільцевими) і змішаними.

Радіальними називають схеми, у яких відсутні відгалуження за довжиною живильної лінії (рис. 1.1). Радіальна система доцільна головним чином там, де маються великі зосереджені навантаження, розташовані в різних напрямках від джерела живлення. При різкозмінних навантаженнях, що викликають значні коливання напруги, застосування радіального живлення дозволяє зменшити їхній вплив на роботу інших електроприймачів. Радіальна система живлення

					<b>ДП 2021 141</b>		
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Чорний Ю.А.					19	5
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М						

має велику гнучкість і зручності в експлуатації, тому що ушкодження чи ремонт однієї лінії відбивається на роботі тільки одного споживача.

Магістральними називають схеми, у яких від однієї лінії живляться кілька споживачів, розташованих уздовж її протягу (рис. 1.2).

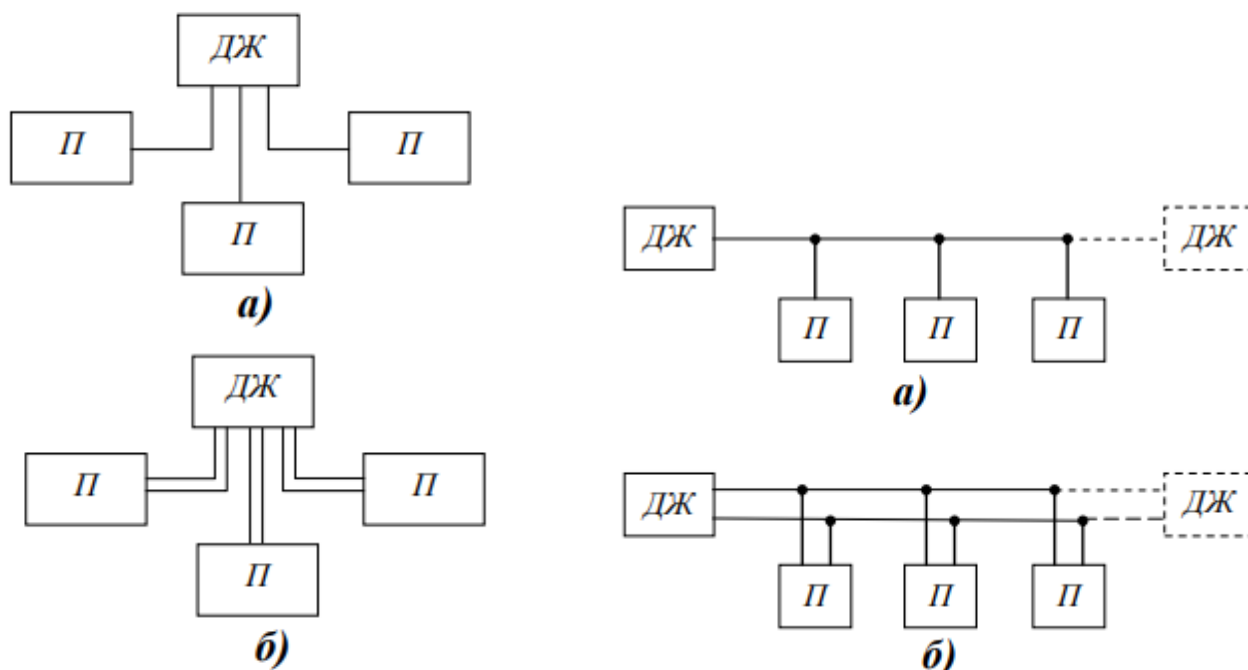


Рис. 1.1. Радіальні схеми розподілу електроенергії: а – електроенергії з глухими відпайками: а – одиночна; б – подвійна  
 Рис. 1.2. Магістральні схеми розподілу електроенергії: а – електроенергії з глухими відпайками: а – одиночна; б – подвійна

Вибір тієї чи іншої схеми визначається територіальним розміщенням навантажень, їхніми величинами, необхідним ступенем надійності живлення та інших характерних рис підприємства.

У залежності від необхідного ступеня надійності електропостачання споживачів схеми виконують одиночними (див. рис. 1.1, а і 1.2,а) чи подвійними (див. рис. 1.1, б і 1.2, б). Одиночні схеми застосовують для живлення споживачів 3-ї категорії, а також споживачів 2-ї категорії, якщо припинення роботи останніх не зв'язано з порушенням нормального функціонування виробництва і не спричиняє значного економічного збитку. Для живлення споживачів 1-ї категорії, а також споживачів 2-ї категорії,

припинення роботи яких зв'язано з порушенням нормального функціонування чи виробництва спричиняє значний економічний збиток, застосовують подвійні схеми. Радіальні схеми (див. рис. 1.1) застосовують для подачі електроенергії до відособлених споживачів чи групи споживачів, розміщених осторонь від інших споживачів.

Магістральні схеми з однобічним живленням широко застосовують при розташуванні споживачів уздовж одного напрямку, для групи технологічно зв'язаних споживачів, а також у всіх випадках, коли вони мають техніко-економічні переваги в порівнянні з іншими схемами. При повітряних лініях застосовують в основному магістральні схеми з глухими відпайками (див. рис. 1.2). При кабельних лініях застосовують в основному ланцюжкові схеми з заводом магістральної лінії на розподільний пункт або до споживача (рис. 1.3).

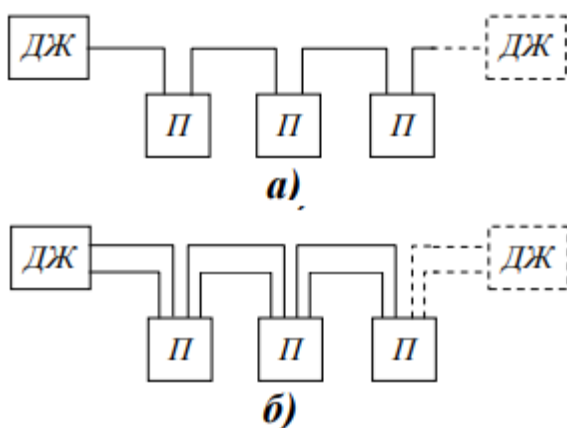


Рис. 1.3. Ланцюжкові магістральні схеми розподілу електроенергії:  
а – одиночна; б – подвійна

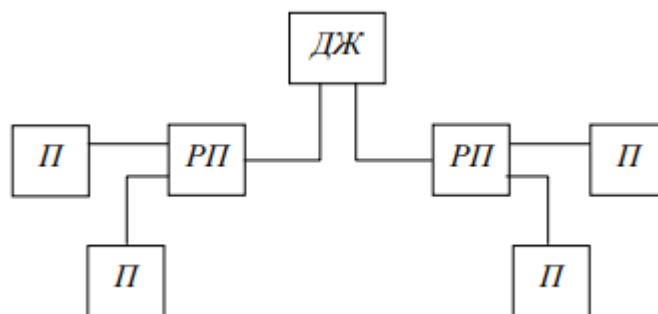


Рис. 1.4. Радіальна двоступенева схема розподілу електроенергії

Радіальні і магістральні схеми з однобічним живленням можуть виконуватися одноступеневими та двоступеневими (рис. 1.4). В останньому випадку на першій ступені електроенергія підводиться від джерела живлення до розподільних пунктів, а на другій - від розподільних пунктів безпосередньо до споживачів. При цьому в ряді випадків може виявитися доцільним сполучення радіальної схеми на першій ступені з магістральною на другій ступені (рис. 1.5) чи навпаки (рис. 1.6). На будь-якій ступені можливо також

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

живлення однієї частини споживачів за радіальною схемою, а іншої — за магістральною. Одноступеневі схеми застосовують, як правило, на малих підприємствах, а також для живлення великих зосереджених навантажень на середніх і великих підприємствах. Двоступеневі схеми застосовують для живлення через РП вилучених відособлених груп споживачів. Схеми з числом ступіней більш двох допускаються при розвитку підприємства у випадку їхньої техніко-економічної доцільності. Одиночні та подвійні магістралі з двостороннім живленням застосовують при необхідності живлення від двох незалежних джерел за умовами надійності електропостачання, а також у випадках, коли розташування групи споживачів між двома джерелами живлення створює економічні переваги незалежно від необхідної надійності живлення. На рис. 1.2 і 1.3 друге джерело живлення показане пунктиром.

Через складність виконання захисту магістральних ліній із двостороннім живленням і кільцевими лініями напругою до 10 кВ ці лінії в нормальному режимі працюють розімкнутими, тобто як магістральні лінії з одnobічним живленням. Можливість двостороннього від'єднання будь-якої ділянки лінії при його ушкодженні та подачі електроенергії до всіх споживачів, які приєднані до неушкоджених ділянок, забезпечує підвищену надійність електропостачання. У режимі двостороннього живлення магістральні лінії працюють тільки при напругах від 20 кВ і вище. Звичайний розподіл електроенергії на промисловому підприємстві здійснюється не за тою чи іншою схемою в її чистому вигляді, а за змішаною схемою, складеною з окремих основних схем. Змішані схеми живлення, що сполучають принципи радіальних і магістральних систем розподілу енергії, знаходять найбільше застосування на великих підприємствах, що мають різні групи як за потужностями та характером графіка навантаження, так і за вимогами до надійності електропостачання. Усі три види схем мають багато різновидів і модифікацій по ступеню надійності живлення, і при правильному їхньому виборі кожна з них може бути застосована для живлення електроприймачів будь-якої категорії.

						<i>ДП 2021 141</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			22

Остаточний вибір типу схеми здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів.

Змішані схеми. Ці схеми включають в себе елементи радіальних і магістральних схем.

Для проектування системи електропостачання деревообробного цеху доцільно використати змішану схему, так як її доцільно використовувати для споживачів з просторовим розподілом в приміщенні, що пов'язано з особливостями технологічного процесу виробництва.

Згідно завдання напруга 10/0,4 кВ.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 5. Режими реактивної потужності системи електропостачання.

### 5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.

Так, як споживачі відносяться до II та III категорії надійності встановлюємо в цеху двотрансформаторну підстанцію. З урахуванням наявності централізованого резерву трансформаторів приймаємо коефіцієнт завантаження трансформаторів  $K_3 = 0,95$ .

1. Визначаємо потужність трансформатора підстанції:

$$S_{н.т.} = \frac{S_p}{N \cdot K_3} = \frac{69,87}{2 \cdot 0,95} = 36,77 \text{ кВА}$$

Враховуючи режим перенавантаження трансформатора при аварійному перенавантаженні в 1.4 рази приймаємо потужність трансформатора <https://chebelektra.com/transformator/tm63> :

$$S_{н.т.} = 2 \times 63 \text{ кВА}$$

2. Згідно чинних нормативних документів по оплаті за реактивну енергію приймаємо КУ потужністю, рівною реактивного навантаження цеху:

$$Q_{нк} = Q_p = 34,84 \text{ квар}$$

### 5.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^e \cdot \beta)^2 - (P_p)^2};$$

$$Q_T = \sqrt{(63 \cdot 2 \cdot 0,75)^2 - 60,57^2} = 72,54 \text{ квар},$$

де  $S_T = 63 \text{ кВА}$  – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

					<b>ДП 2021 141</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Боднар В.В.</i>			<b>5. Режими реактивної потужності системи електропостачання</b>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Чорний Ю.А.</i>					<b>24</b>	<b>6</b>
<i>Реценз.</i>						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

$\Delta N_T = 2$  шт – кількість трансформаторів на ТП;

$\beta = 0,75$  – коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів;

$P_p = 60,57$  кВт – розрахункова потужність електроприймачів.

Потужність КУ, що визначається пропускнуою здатністю трансформаторів ТП

$$Q_{HK1} = Q_p - Q_T ;$$

$$Q_{HK1} = 31,7 - 72,54 = -40,83 \text{ квар.}$$

Потужність КУ, які забезпечують оптимальну величину втрат електричної енергії в електромережах ;

$$Q_{HK2} = Q_p - Q_{HK1} - \lambda \cdot S_T \cdot N_T = 31,7 - (-40,83) - 0,32 \cdot 63 \cdot 2 = 32,21 \text{ квар,}$$

де  $\gamma = f(k_1; k_2)$ ,  $k_1$  – залежить від кількості змін і для підприємства яке працює в три зміни  $k_1 = 12$ ;  $k_2$  – залежить від характеристики електричної мережі

$$k_2 = \frac{l_{\text{каб}} \cdot S_T}{F_{\text{каб}}}$$

$$k_2 = \frac{0,5 \cdot 63}{5} = 6$$

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних КУ

Оскільки  $Q_{HK1}$  від'ємне

$$Q_{HK} = 0 + Q_{HK2} ;$$

$$Q_{HK} = 0 + 32,21 = 32,21 \text{ квар.}$$

$$Q_{HK} = \frac{Q_{HK}}{N_T} = \frac{32,21}{2} = 16,1 \text{ квар.}$$

З розрахунків видно, що на стороні НН трансформаторної підстанції необхідно ставити КУ потужністю  $Q_{HK} = 16,1$ квар.

Виходячи з результатів розрахунків обираємо конденсаторну установку типу УКМ58-0,4-20-5 У3 згідно сайту <http://kvar.su/katalog/kondensatornye-ustanovki/kondensatornye-ustanovki-nizkogo-na-3/> .

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Параметри наведемо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Тип	Кількість та потужність ступенів,	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, м	Маса, кг	Тип Конденсатора	ГОСТ, ТУ
УКМ58-0,4-20-5 УЗ	4×5	650	220	800	50	КРМ-0,4-5-ЗУЗ	ТУ 647 РК-00213457. 013-00

Враховуючи те, що трансформаторна підстанція розташована в прибудові цеху, немає можливості оптимально і економічно вигідно розташувати компенсуючі пристрої. Отже, розміщуємо компенсуючі пристрої в приміщенні трансформаторної підстанції.

Фактична потужність низьковольтних КУ

$$Q_{\text{НКФ}} = 2 \cdot 20 = 40 \text{ квар.}$$

Конденсаторна установка підключена через автоматичний вимикач.

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,86 \text{ А}$$

Вибираємо вимикач типу ВА88-32 [https://www.avtomats.com.ua/1750-va\\_88.html](https://www.avtomats.com.ua/1750-va_88.html) :

Таблиця 5.2

Дані АВ	Умова вибору	Розрахункові дані
$U_{\text{НОМ}} = 0,38 \text{ кВ}$	=	$U_{\text{НОМ}}^{\text{МЕР}} = 0,38 \text{ кВ}$
$I_{\text{НОМ}}^{\text{РОЗЧ}} = 40 \text{ А}$	>	$I_p = 30,86 \text{ А}$
$I_{\text{НОМ}}^{\text{АВ}} = 40 \text{ А}$	>	$I_{\text{НОМ}}^{\text{РОЗ}} = 125 \text{ А}$
ВА88-32		

Втрати реактивної потужності в трансформаторах ТП

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta Q_{\text{ТП}} &= n \cdot [\Delta Q_x + (\beta_T)^2 \cdot \Delta Q_x] = 2 \cdot \left[ \frac{63 \cdot 0,9}{100} + 0,48^2 \frac{63 \cdot 4,5}{100} \right] \\ &= 2,44, \text{ квар,} \end{aligned}$$

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

де  $n = 4$  – кількість трансформаторів на ТП;

$\Delta Q_x$  та  $\Delta Q_k$  – втрати реактивної потужності в ТР при холостому ході та короткому замиканні;

$$\Delta Q_x = \frac{S_{\text{тр.ном}} \cdot i_x}{100}, \quad \Delta Q_k = \frac{S_{\text{тр.ном}} \cdot U_k}{100}.$$

$$\beta_T = \frac{P_p}{n \cdot S_{\text{ном}}}, \quad \beta_T = \frac{60,57}{2 \cdot 63} = 0,48 \text{ – коефіцієнт завантаження ТР.}$$

### 5.3. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.

Визначаємо  $\text{tg} \varphi$  до компенсації:

$$\text{tg} \varphi = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{34,84}{60,57} = 0,58$$

Знаходимо  $\cos \varphi$  :

$$\cos \varphi = \cos(\text{arctg}(0,58)) = 0,87$$

Визначаємо  $\text{tg} \varphi$  після компенсації реактивної потужності:

$$\text{tg} \varphi = \frac{Q_{\text{нк}}}{P_p} = \frac{34,84 - 40}{60,57} = -0,085$$

Знаходимо  $\cos \varphi$  :

$$\cos \varphi = \cos(\text{arctg}(0,085)) = 0,996$$

З результатів розрахунків видно, що в результаті компенсації реактивної потужності фактичний коефіцієнт потужності зріс з  $\cos \varphi = 0,87$  до  $\cos \varphi = 0,996$ .

## 6. Вибір кількості та потужності трансформаторів на ТП

### 6.1 Вибір потужності трансформаторів ТП

$P_p = 67,7$  кВт розрахункова активна потужність цеху;

$P_{осв} = 19,17$  кВт розрахункова активна потужність освітлення цеху;

$Q_p = 35,91$  квар розрахункова реактивна потужність цеху;

$Q_{осв} = 6,33$  квар розрахункова реактивна потужність освітлення цеху.

Сумарна активна і реактивна потужність навантаження на шинах низької напруги:

$$\sum P_{нн} = P_p + P_{осв} = 64,7 + 19,17 = 83,87 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{нн} = Q_p + Q_{осв} = 35,61 + 6,33 = 41,94 \text{ кВт}$$

$$S_{нн} = \sqrt{\sum P_{нн}^2 + (\sum Q_{нн}^2 - Q_{кп})^2} = \sqrt{83,87^2 + (41,94 - 50)^2} = 84,64 \text{ кВт}$$

Виходячи із забезпеченості надійності живлення, обираємо два трансформатори. Згідно з ПУЕ коефіцієнт аварійного перевантаження може бути прийнятий рівним 1,4 (з урахуванням сезонних графіків).

$$S_p = \frac{S_{нн}}{1,4} = \frac{84,64}{1,4} = 60,46 \text{ кВА}$$

Відокремимо два варіанти трансформаторів:

перший – два трансформатори потужністю 63 кВА;

другий – два трансформатор потужністю 100 кВА.

					<b>ДП 2021 141</b>			
Змн.	ЛЗОИст	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Боднар В.В.			<i>6.Вибір кількості та потужності трансформаторів на ТП</i>	Лім.	Лист	Листів
Перевір.		Чорний Ю.А.					30	6
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

У нормальному режимі роботи обидва варіанти прийнятні.

### Аварійні режими

Перший варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 63 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1,4S_{\text{НОМ}}=1,4 \cdot 63=88,2 \text{ кВА},$$

Другий варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 100 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1,4S_{\text{НОМ}}=1,4 \cdot 100=140 \text{ кВА},$$

У обох випадках, у разі вимкнення одного з трансформаторів, другий зможе забезпечувати необхідну потужність для роботи цеху. Тобто робота підприємства не порушиться.

## 6.2. Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП.

Порівняльну характеристику вибору трансформаторів виконаємо зіставленням приведених затрат (З), вибираючи варіант з найменшими зведеними затратами. Якщо вважати, що ТП за термін до одного року, а щорічні витрати будуть постійні, то сумарні зведені затрати, грн/рік

$$З = E_n K + C + Y,$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,  $E_n = 0,10$ ;  $K$  – одноразові капітальні вкладення за варіантом, що розглядається, грн;  $C$  – щорічні поточні витрати виробництва при нормальній роботі ТП за даним варіантом, грн/рік;  $Y$  – збитки від недовипуску електроенергії споживачам, грн/рік (не враховуємо).

Щорічні поточні витрати:

$$C = E_{\text{пр}} K + E_a K + B_e,$$

									Лист
									31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

де  $E_{\text{пр}}$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування. Для установок напругою до 90 кВ включно  $E_{\text{пр}} = 0,03$ ;  $E_a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063;  $V_e$  – вартість втрат електроенергії в трансформаторах, грн/рік

$$V_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2},$$

де  $C_e$  – середня собівартість 1 кВт · год. електроенергії в електричній системі, коп. Для розрахунків беремо  $C_e = 229,29$  коп/кВт · год.:  $\Delta W$  – втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік, кВт · год.

Втрати електроенергії за рік за паралельної роботи  $n$  трансформаторів:

$$\Delta W = n \left[ P_{\text{xx}} T_0 + \frac{P_k 365}{(n S_{\text{ном.тр}})^2} \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right],$$

де  $P_x$ ,  $P_k$  – потужність втрат електроенергії в трансформаторі відповідно в режимі холостого ходу та короткого замикання, кВт;  $T$  – кількість годин приєднання трансформатора до живильної мережі за рік, год.,  $T = 8760$  год.;  $m$ ,  $k$ ,  $f$  – кількість ступенів добового графіка навантаження підстанції відповідно на вищій, середній та низькій напругах.;  $S_{i \text{ вн}}$ ,  $S_{i \text{ нн1}}$ ,  $S_{i \text{ нн2}}$  – поточне навантаження  $i$ -го ступеня добового графіка відповідно на вищій та нижчій напругах, МВ·А;  $\Delta \tau_i$  – тривалість  $i$ -го ступеня добового навантаження, год;  $S_{\text{ном}}$  – номінальна потужність трансформатора, МВ·А.

Розрахунок ведемо у табличній формі окремо для кожного варіанта (табл. 6.3).

### ВАРІАНТ 1

На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМ-63 (сайт <https://prom.ua/Transformer-tm-630.html> ).

Технічні дані трансформатора наведені в таблиці 6.1.:

Таблиця 6.1.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

Тип	Напруга	Потужність т-ра, кВА	Втрати, кВт		Напруга к.з. %	Вартість тис. грн.
			х.х.	к.з.		
			ТМ	10/0,4	2х63	0,24

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i = 58,85^2 \cdot 3 + 78,56^2 \cdot 4 + 47,9^2 \cdot 1 + 64,09^2 \cdot 2 + 68,32^2 \cdot 3 + 85,8^2 \cdot 1 + 93,53^2 \cdot 2 = 84432,3$$

$$\Delta W = n \left[ P_{xx} T_0 + \frac{P_k \cdot 365}{(n S_{\text{ном.тр.}})^2} \cdot \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right]$$

$$= 2 \cdot \left( 240 \cdot 8760 + \frac{1280 \cdot 365}{(2 \cdot 63)^2} 84432,3 \right) = 4204,8 \text{ кВт/год}$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$V_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 229,29 \cdot 4204,8 \cdot 10^{-2} = 9628,99 \text{ грн/рік,}$$

де  $C_e$  – середня собівартість 1кВт · год електроенергії в електросистемі, коп./кВт.

$$C_e = 229,29 \text{ коп/кВт · год.}$$

Сумарні зведені витрати:

$$Z = E_n K + E_{\text{пр}} K + E_a K + V_e =$$

$$= 0,1 \cdot 40000 + 0,03 \cdot 40000 + 0,063 \cdot 40000 + 9628,99 = 17348,99 \text{ грн/рік}$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ( $E_n = 0,1$ ).

## ВАРІАНТ 2

На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМ-4000 (сайт <https://prom.ua/Transformatory-tm-1000.html>).

Технічні дані трансформатора наведені в таблиці 6.2.:

Таблиця 6.2.

Тип	Напруга	Потужність т-ра,	Втрати, кВт	Напруга	Вартість
-----	---------	------------------	-------------	---------	----------

		кВА			к.з. %	тис. грн.
			х.х.	к.з.		
ТМ	10/0,4	2x100	0,33	1,97	4,5	48

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\Delta W = n \left[ P_{xx} T_0 + \frac{P_k \cdot 365}{(n S_{\text{ном.тр.}})^2} \cdot \sum_{i=1}^m S_i^2 \Delta \tau_i \right]$$

$$= 2 \cdot \left( 330 \cdot 8760 + \frac{1970 \cdot 365}{(2 \cdot 100)^2} 84432,3 \right) = 4408,58 \text{ кВт/год}$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$V_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 229,29 \cdot 4408,58 \cdot 10^{-2} = 10095,64 \text{ грн/рік,}$$

де  $C_e$  – середня собівартість 1кВт · год електроенергії в електричній системі, коп./кВт.

$$C_e = 229,29 \text{ коп/кВт · год.}$$

Сумарні зведені витрати:

$$Z = E_n K + E_{\text{пр}} K + E_a K + V_e =$$

$$= 0,1 \cdot 48000 + 0,03 \cdot 48000 + 0,063 \cdot 48000 + 10095,64 = 19359,64 \text{ грн/рік}$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ( $E_n = 0,1$ ).

Дані двох варіантів розрахунку заносимо до таблиці 6.3:

Таблиця 6.3

№ по р	Тип трансформаторів на ГПП і їх кількість	2×ТМ-63	2×ТМ- 100
	Складові річних витрат		Сума по варіантах, грн
1	Втрати електроенергії $\Delta W$ , кВт · год	4204,8	4408,58
2	Вартість втрат електроенергії $V_e$	9628,99	10095,64
3	Приведені затрати $Z$	17348,99	19359,64

**Висновок:** Використовуємо два трансформатора ТМ - 63, так як це економічно доцільно.

## 7. Розрахунок цехової мережі та освітлення

### 7.1. Розрахунок силової мережі цеху

Цехову електричну мережу виконуємо з використанням Силових пунктів, що з'єднується кабелями з шинами трансформаторної підстанції.

#### Розрахунок силових пунктів

Кількість та потужність приєднаних до силових пунктів електроприймачів представлено на плані розміщення електрообладнання та розводки електричної мережі (лист робочого креслення №2).

Вибір силових пунктів представлений в таблиці 6.2 .

Таблиця 7.1 – Вибір силових пунктів

Номер шафи	Номер Устаткування	п, шт	$P_{н.од.}$ , кВт	$P_{н.}$ , кВт	$P_{см.}$ , кВт	$Q_{см.}$ , квар	$K_B$	$n_{\epsilon}$	$K_M$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВт	$I_p$ , А	Тип шафи $I_{доп}$
1	3	1	7,5	7,5	4,88	1,59	0,43	7,12	1,58	18,10	7,61	19,63	29,83	СПМ 75 – 4 $I_{доп}=400A$
	4	1	4,5	4,5	2,03	2,16								
	21	1	5	5	1,20	0,87								
	22	1	3,6	3,6	0,90	0,66								
	23,24	2	1,8	3,6	1,08	0,79								
	26	1	2,5	2,5	0,625	0,36								
	28	1	1,5	1,5	0,45	0,26								
	Всього	8	26,4	26,7	11,46	6,91								
2	1,2	2	5	28,2	6,5	2,93	0,41	13,00	1,84	24,288	8,44	25,71	39,07	СПМ 75 – 5 $I_{доп}=400A$
	15	1	2,8	2,8	1,35	0,98								
	17,20	2	3,8	7,6	1,9	1,38								
	18	1	4	4	1,2	0,87								
	19	1	3,6	3,6	0,9	0,53								
	16	1	4,5	4,5	1,35	0,98								
	Всього	8	23,7	32,5	13,2	7,68								
3	5,6	2	4	8	2,00	1,46	0	9	1	7	1	6	2	4

				<b>ДП 2021 141</b>			
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			7. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі			
Перевір.	Чорний Ю.А.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М.						
				Лім.	Лист	Листів	
					36	26	
				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого			

	9	1	3,2	3,2	0,8	0,85													
	10	1	2,8	2,8	1,35	0,98													
	11	1	3,2	3,2	1,92	1,40													
	12	1	3,6	3,6	0,9	0,66													
	13	1	6	6	1,8	1,31													
	14	1	2,2	2,2	0,66	0,48													
	Всього	8	25	29	9,43	7,14													
4	7,8	2	2,2	4,4	1,32	0,96	0,37	3,49	1,87	11,76	5,34	12,92	9,6	3	СІПМ 75 – 4 I <sub>доп</sub> =400А				
	29	1	3,2	3,2	0,80	0,85													
	30	1	2,8	2,8	1,35	0,98													
	31	1	3,2	3,2	1,92	1,40													
	32	1	3,6	3,6	0,9	0,66													
	Всього	6	15	17,2	6,29	4,85													
5	33	1	6,0	6,0	1,80	1,31	0,35	8,97	1,56	14,508	6,92	16,07	4,4	2	СІПМ 75 – 4 I <sub>доп</sub> =400А				
	34	1	2,2	2,2	0,80	0,85													
	35	1	2,8	2,8	1,35	0,98													
	36	1	4,5	4,5	1,35	0,98													
	37	1	3,8	3,8	1,90	1,38													
	38	1	4,0	4,0	1,20	0,87													
	39	1	3,6	3,6	0,90	0,53													
	Всього	7	146,5	219,5	96,63	52,86													
6	40	1	3,8	3,8	1,9	1,38	0,32	8,00	1,52	9,81	5,00	11,01	6,7	3	СІПМ 75 – 4 I <sub>доп</sub> =400А				
	41	1	5	5	1,50	1,09													
	42	1	3,6	3,6	0,9	0,66													
	43,44	2	1,8	3,6	1,08	0,79													
	46	1	2,5	2,5	0,63	0,36													
	48	1	1,5	1,5	0,45	0,26													
	Всього	7	18,2	20	6,46	4,55													
ШО	О с в								19,17	6,33	20,18	29,13							

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2021 141

Лист

37

Вибір силових пунктів здійснюється за таблицею 3.10 [10] або на сайті <http://lekkont.com.ua/teh-spm> . Результати вибору зведені в таблицю 7.2

Таблиця 7.2

№	Тип СП	Кількість Приєднань	$I_{сп}^P$ , А	Номер споживачів	$I_{сп}^\Sigma$ , А
1	СПМ 75-4	8	400	3, 4, 21, 22, 23, 24, 26, 28	$1 \times 11,4 + 1 \times 6,8 + 1 \times 7,6 + 1 \times 5,5 + 2 \times 2,7 + 1 \times 3,8 + 1 \times 2,3 = 42,8$ А
2	СПМ 75-4	8	400	1, 2, 15 -20	$2 \times 7,6 + 1 \times 4,3 + 2 \times 5,8 + 1 \times 6,1 + 1 \times 5,5 + 1 \times 6,8 = 49,4$ А
3	СПМ 75-4	8	400	5, 6, 9-14	$2 \times 6,1 + 1 \times 4,9 + 1 \times 4,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 5,5 + 1 \times 9,1 + 1 \times 3,3 = 44,1$ А
4	СПМ 75-4	8	400	7, 8, 29-32	$2 \times 3,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 4,3 + 1 \times 4,9 + 1 \times 5,5 = 26,1$ А
5	СПМ 75-4	8	400	33-39	$1 \times 9,1 + 1 \times 3,3 + 1 \times 4,3 + 1 \times 6,8 + 1 \times 5,8 + 1 \times 6,1 + 1 \times 5,5 = 40,9$ А
5	СПМ 75-4	8	400	40-44, 46, 48	$1 \times 5,8 + 1 \times 7,6 + 1 \times 5,5 + 1 \times 2,7 + 1 \times 3,8 + 1 \times 2,3 = 30,4$ А

Розрахунок розподільчого щитка для освітлювальних установок оберем з сайту <http://www.electrocomp.ru/electro/page.aspx?page=61>, обираю щиток типу ЩО 3 - 220 - 40 - 12 - 5 для живлення освітлювальних установок.

З сайту <http://www.yamkel.com/121.html>, приймаємо 4-х жильний кабель напругою до 1кВ.

Вибір кабелю проводимо за розрахунковим струмом на лінії 0,4 кВ.

					<i>ДП 2021 141</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		
						38

**КЛ від КТП до 1 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 26,83 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 4 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 29 \text{ A}$

$$I_{доп} = 29 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 26,83 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4

**КЛ від КТП до 2 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 39,07 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 10 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 50 \text{ A}$

$$I_{доп} = 50 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 39,07 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×10

**КЛ від КТП до 3 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 25,1 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 4 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 29 \text{ A}$

$$I_{доп} = 29 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 25,1 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

**КЛ від КТП до 4 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 19,63 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 4 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 29 \text{ A}$

$$I_{доп} = 29 \text{ A} \geq I_{\Sigma P} = 19,63 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

**КЛ від КТП до 5 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 24,42 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 4 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 29 \text{ A}$

$$I_{доп} = 29 \geq I_{\Sigma P} = 24,42 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

**КЛ від КТП до 6 СПМ – 75 - 4:**

$$I_{\Sigma P} = 16,73 \text{ A.}$$

приймаємо кабель з  $F_{НОМ} = 4 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 29 \text{ A}$

$$I_{доп} = 29 \geq I_{\Sigma P} = 16,73 \text{ A}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×4.

### **Вибір схеми розподільчої мережі**

Розподільчу мережу обрано радіального типу з використанням силових пунктів.

### **Освітлення**

Для живлення світильників загального освітлення застосовується електричні мережі змінного струму, напругою при заземленій нейтралі не вище 380/220 В.

**Розрахунок перерізу струмоведучих мереж 0,4 кВ, у тому числі і для освітлювальних установок.**

Умова вибору перерізу кабелю:

$$\frac{I_{ном}^{РОЗЩ} \cdot K_3}{K_n} \leq I_{доп}$$

									Лист
									40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141

де  $K_n$  - коефіцієнт прокладки,  $K_n = 1$

$K_3$ - кратність струму захисту провідника відносно апарату захисту. Вибирається з таблиці 14.1, стор.315[1].  $K_3=1$

$I_{доп}$ - допустимий тривалий струм для кабелей с алюмінієвими жилами в полівінілхлоридній ізоляції марки АВВГ, при прокладці в землі кабеля, вибирається з сайту <http://www.yamkel.com/121.html> , там же обирається і допустимий переріз жили.

З сайту [http://www.elektrokabel.com.ua/p\\_cab\\_sil\\_avvg.htm](http://www.elektrokabel.com.ua/p_cab_sil_avvg.htm) визначаємо діаметр кабелю.

Результати вибору перерізу кабелів наведено в таблиці 7.3

Таблиця 7.3

Електроспоживач					Кабель АВВГ		
№ п/п	Назва обладнання	п, шт.	Рном.од, кВт	Іном.	Ідоп, А	жила	
						Сст, мм <sup>2</sup>	дкаб, мм
1	Вентилятор	2	5	7,6	19	2,5	11,2
2	Компресор	1	7,5	11	19	2,5	11,2
3	Установка забарвлення	1	4,5	6,8	19	2,5	11,2
4	Зарядний агрегат	2	4	6,1	19	2,5	11,2
5	Токарний верстат	2	2,2	3,3	19	2,5	11,2
6	Ліфт вертикальний ДБ1	2	3,2	4,9	19	2,5	11,2
7	Завантажувальний пристрій	4	2,8	4,3	19	2,5	11,2
8	Торцювальний верстат ДС1	2	3,2	4,9	19	2,5	11,2
9	Транспортер ДТ4	4	3,6	5,5	19	2,5	11,2
10	Багатоопильний верстат	2	6	9,1	19	2,5	11,2
11	Верстат для закладення сучків	2	2,2	3,3	19	2,5	11,2
12	Фуговальний верстат	2	4,5	6,8	19	2,5	11,2
13	Транспортер ДТ6	4	3,8	5,8	19	2,5	11,2
14	Шипорезний верстат ДС35	2	5,5	6,1	19	2,5	11,2

15	Верстат чотиристоронній ДС38	2	4	7,6	19	2,5	11,2
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	4	1,8	2,7	19	2,5	11,2
17	Перекладчик ДБ14	2	3,6	5,5	19	2,5	11,2
18	Складальний напівавтомат	2	2,5	3,8	19	2,5	11,2

Для прокладки використаємо звичайні сталеві водогазопровідні труби так як вони можуть бути застосовані в будь-яких приміщеннях.

За монографією [1, ст.345], вибравши шкалу В,обираємо внутрішній діаметр труби, а потім з табл.. 14.29 [1, ст 344] і з сайту <https://vseprotruby.ru/vodoprovodnye/tablica-diametrov-trub.html>

Результати вибору труб наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4

Електроприймач		АВВГ	Кількість проводів	Труба	
№ п/п	Назва обл	дкаб, мм	п, шт	Дн, мм	dy, мм
1	Вентилятор	11,2	4	16	16
2	Компресор	11,2	4	16	16
3	Установка забарвлення	11,2	4	16	16
4	Зарядний агрегат	11,2	4	16	16
5	Токарний верстат	11,2	4	16	16
6	Ліфт вертикальний ДБ1	11,2	4	16	16
7	Завантажувальний пристрій	11,2	4	16	16
8	Торцювальний верстат ДС1	11,2	4	16	16
9	Транспортер ДТ4	11,2	4	16	16
10	Багатопильний	11,2	4	16	16

	верстат				
11	Верстат для закладення сучків	11,2	4	16	16
12	Фуговальний верстат	11,2	4	16	16
13	Транспортер ДТ6	11,2	4	16	16
14	Шипорезний верстат ДС35	11,2	4	16	16
15	Верстат чотиристоронній ДС38	11,2	4	16	16
16	Верстат для постановки напівпетель ДС39	11,2	4	16	16
17	Перекладчик ДБ14	11,2	4	16	16
18	Складальний напівавтомат	11,2	4	16	16
1	Вентилятор	11,2	4	16	16
2	Компресор	11,2	4	16	16

Переріз проводів та кабелів вибирають, виходячи з механічної навантаження на них, нагрівання і втрати напруги.

## 7.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Спроекуємо електричне освітлення насдеревобробного цеху. Цех має виробничу ділянку розмірами 24x42 м площею 1008 м<sup>2</sup> та допоміжні приміщення загальною площею 324 м<sup>2</sup>. Висота стін 9 м.

Для освітлення машинної зали плануємо використати світильники типу ГСП-04В-250-762 виробництва ТОВ «Корпорація Ватра» з метало галогенними лампами типу ДРІ.

Спроекуємо електричне освітлення виробничої ділянки. Площа 1008 м<sup>2</sup>.

Відстань від стелі приймаємо 0,5м. Висота підвісу світильника над робочою поверхнею ( $h_p = 0.8$  м):

$$h = H - h_p - h_c = 9 - 0,8 - 0,2 = 8 \text{ м}$$

Світильник ГСП-04В-250 має криву світлорозподілу типу Г, тому для нього можна прийняти  $L/h = 0,8$  м тоді:

$$L = h \cdot 0,8 = 6,4 \text{ м}$$

Приймаємо відстань між рядами світильників 7 м. Відстань від крайнього світильника до стіни приймаємо  $0,5 \cdot L$ , тобто  $l = 3,5$  м.

Кількість рядів:

$$N_p = \frac{42 - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{42 - 2 \cdot 3,5}{6,4} + 1 = 6,47$$

Приймаємо число рядів 7.

Визначаємо індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{42 \cdot 24}{6,4 \cdot (42 + 24)} = 1,91$$

Коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$  визначається за довідковими таблицями [4] в залежності від типу прийнятого світильника, коефіцієнтів відбиття від поверхонь приміщення і від індексу приміщення „і”.

З табл. даних коефіцієнт використання  $\eta_s = 0,85$ .

Визначаємо потрібний світловий потік одного ряду:

$$\Phi_{\text{ряд}} = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot z}{N_p \cdot \eta_s} = \frac{150 \cdot 1,5 \cdot 1008 \cdot 1,1}{7 \cdot 0,55} = 41929,41 \text{ лм}$$

де  $k_z$  – коефіцієнт запасу; визначається за довідником [3];

$$k_z = 1,5$$

$E_{\min}$  – мінімальна освітленість, лк; за табл.10.2 [4]

Освітлення нормується на висоті  $h=0,8$  м і  $E_{\min}=250$  лк

$S$  – площа освітлювального приміщення, м<sup>2</sup>;

$$S = 1008 \text{ м}^2$$

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;  $z=1,1 \dots 1,15$ ;

$$z = 1,13$$

$N$  – прийнята кількість рядів світильників, шт.;

									Лист
									44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141				

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Використовуємо лампи ДРЛ 150 Вт з розрахунковим потоком лампи  $\Phi_{л} = 10500$  лм. Визначаємо потрібне число світильників в одному ряду

$$N = \frac{41929,41}{10500} = 3,99$$

Приймаємо 4 світильника в одному ряду.

Загальна кількість світильників в машинному залі буде становити 28.

Аналогічно розраховуємо освітлення в інших приміщеннях загальною площею площею 324 м<sup>2</sup>. В цих приміщеннях використаємо світильники НСП03  $\frac{2 \times 60}{2,5}$ . Загальна кількість світильників 34 штуки

Схема освітлення цеху наведена на аркуші графічної частини.

Щити аварійного освітлення живяться від щита АВР

Визначаємо активну потужність освітлювальних приладів при коефіцієнті попиту  $K_{п} = 0,9$ :

$$P_{осв} = n P_{л} K_{п}$$

Розрахуємо активну потужність освітлення виробничої ділянки

$$P_{осв.м} = 28 \cdot 0,25 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ кВт}$$

Розрахуємо активну потужність освітлення в інших приміщеннях

$$P_{осв.і} = 34 \cdot 0,12 \cdot 0,9 = 3,67 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність освітлення буде

$$P_{осв} = P_{осв.м} + P_{осв.і} = 6,3 + 3,67 = 9,97 \text{ кВт}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{осв} = P_{осв} \cdot \text{tg}\varphi$$

$$Q_{осв} = 9,97 \cdot 0,62 = 6,18 \text{ квар}$$

$$S_{осв} = \sqrt{P_{осв.\Sigma}^2 + Q_{осв}^2};$$

									Лист
									45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{9,97^2 + 6,18^2} = 11,73 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм для всієї групи освітлювальних приладів:

$$I_P = \frac{S_{\text{осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{11,73}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 17,82 \text{ А.}$$

Розрахунок аварійного освітлення:

Аварійне освітлення для цеху рекомендується брати 5 % від норми активної потужності освітлювальних приладів робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо лампи ДРЛ-100(б)-3., що живляться від окремого щитка .

$$P_{\text{ав}} = 0,05 P_{\text{осв}} .$$

$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 9,97 = 0,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ав}} = 0,5 \cdot 0,62 = 0,31 \text{ квар}$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$S_{\text{осв}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2} ;$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}} .$$

$$Q_{\text{осв}\Sigma} = Q_{\text{осв}} + Q_{\text{ав}}$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = 9,97 + 0,5 = 10,47 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{осв}\Sigma} = 6,18 + 0,31 = 6,49 \text{ квар}$$

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{10,47^2 + 6,49^2} = 12,32 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм для всієї групи освітлювальних приладів:

$$I_P = \frac{S_{\text{осв}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{12,32}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 18,71 \text{ А.}$$

**Вибираємо ввідний автомат:**

Вибір струмів апаратів захисту з урахуванням пускових струмів джерел світла: співвідношення ніж тривалодопустимими струмовими навантаженнями

									Лист
									46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141

провідників і струмами захисних апаратів в силових і освітлювальних мережах повинні бути не менше зазначених у главі.

При захисті автоматами, які мають тепловий та комбінований розчіплювач струм КЗ повинен бути не менше струму уставки помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматів до 100 А і на 1,25 для інших автоматів.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4I_{\Sigma\text{св.}}$$

$$100 \text{ A} > 1,4 \cdot 18,71 = 26,21 \text{ A}$$

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач А3100 (табл..3.5[1]) та <http://elektroservice.com.ua/images/pdf/a31xx.pdf>

Вибір автоматичного вимикача для ділянок проводимо згідно вищесказаного заносимо до таблицю 7.5.

Таблиця 7.5

№ щитка	Найменування приміщення	$1,4I_{\Sigma\text{св.}}$	Тип автоматичного вимикача	Номінальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номінальний струм розчеплювача
				Напруга, В	Струм, А			
21	Цех	26,78	А3100	380	100	3	комбінований	30

#### Вибираємо щиток освітлення:

Вибираємо щиток освітлення згідно сайту [http://www.ra-nn.ru/catalognku/?prod\\_id=24001](http://www.ra-nn.ru/catalognku/?prod_id=24001) для усіх приміщень, дані щитка наведені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих	Розміри ОЩ		
				довжина	ширина	висота

			лініях			
ОЩ-6УХЛ4	6	АЕ2056-10	А3100Б	400	154	516

### Вибираємо кабель від КТП до ЩО:

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГ (табл.. 3.21[1]) та [https://odeskabel.com/images/pdf/dop\\_C.pdf](https://odeskabel.com/images/pdf/dop_C.pdf)

### КЛ від ТП до ЩО:

$$I_{\sum P} = 29,13 \text{ А.}$$

приймаємо кабель з  $F_{ном} = 6 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 37 \text{ А}$

$$I_{доп} = 37 \text{ А} \geq I_{\sum P} = 29,13 \text{ А}$$

Отже приймаємо кабель АВВГ 4×6.

Отже, приймаємо кабель АВВГ 2×2,5мм<sup>2</sup> з  $I_{доп.}=33\text{А}$ .

### Вибираємо кабель від ЩО до світильників:

Переріз двох жильних кабедів вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1 [https://odeskabel.com/images/pdf/dop\\_C.pdf](https://odeskabel.com/images/pdf/dop_C.pdf)

$$I_{пров.} \geq 1,1 \cdot I_{св.1}$$

$$34 \text{ А} > 1,1 \cdot 18,71 = 20,58 \text{ А}$$

Отже приймаємо двох жильний кабель АВВГ 2×4 мм<sup>2</sup> з  $I_{доп.}=34 \text{ А}$ .

Кабелі прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 2 м.

### Аварійне освітлення.

										Лист
										48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2021 141

Визначаємо розрахунковий струм одного світильника:

На прикладі КТП знаходимо сумарний розрахунковий струм:

$$I_{CB1} = \frac{P_{CB}}{U_{Л} \cdot \cos \varphi} = \frac{120}{220 \cdot 0,91} = 0,599 \text{ А}$$

$$I_{\Sigma CB.} = \frac{n \cdot P_{CB.}}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}} = \frac{1 \cdot 120}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,182 \text{ А}$$

**Вибираємо ввідний автомат:**

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$$

$$3 \text{ А} > 1,4 \cdot 0,182 = 0,255 \text{ А}$$

Вибір автоматичного вимикача для інших приміщень проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 7.7.

Таблиця 7.7

№	Найменування приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Коефіцієнт запасу	Кількість рядів	Тип світильника	Загальна кількість світильників	Коефіцієнт використання, %	Загальна довжина ряду
1	Цех	20	49	8	1,8	2	НСП03 $\frac{2,5}{2 \times 60}$	6	48	92,7
2	ТП	8	9	8	1,8	1	НСП03 $\frac{2,5}{2 \times 60}$	2	48	46,5825

Отже, приймаємо до встановлення автоматичний вимикач АЕ1000 і заносимо до табл. 7.8.

Таблиця 7.8

№ щитка	Найменування	$1,4 I_{\Sigma \text{св.}}$	автоматичного вимикача	Номинальне значення	Розчеплювач	струм

	приміщення			Напруга, В	Струм, А			
ЩАО	Цех	1,53	АЕ2030	380	50	1	комбінований	1,6
ЩАО	ТП	0,182	АЕ1000	380	50	1	комбінований	0,3

**Вибираємо 1 щиток аварійного освітлення:**

Таблиця 7.9

Тип щитка	Число однофазних груп	Апарат на вході	Апарат на відходящих лініях	Розміри ОЩ		
				довжина	ширина	висота
ОП-ЗУХЛ4	4	А3710Б	АЕ1000	374	140	252

**Вибираємо кабель від ТП до ЩАО:**

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель типу АВВГ:

Умови вибору кабеля:

на відповідність допустимому струму:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{розч.}}$$

$$17A > 1,6 A$$

на відповідність апарату захисту:

$$I_{\text{доп.}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{розч.}}$$

$$16A > 0,22 \cdot 1,6A = 0,35 A$$

Отже, приймаємо кабель АВВГ 4×1,5 мм<sup>2</sup> з I<sub>доп.</sub>=16А.

**Вибираємо провідник від ЩАО до світильників:**

									Лист
									50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2021 141

Переріз двох жильних провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{\text{пров.}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{св.1}}$$

$$19 \text{ A} > 1,1 \cdot 0,182 \text{ A} = 0,2 \text{ A}$$

Отже приймаємо двох жильний кабель АВВГ  $2 \times 1,5 \text{ мм}^2$  з  $I_{\text{доп.}} = 19 \text{ A}$ .

Провідники прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 1,5 м.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

## 8. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Аналіз режимів коротких замикань – це одне з найбільш поширених завдань при дослідженні і проектуванні електроенергетичних систем. Трифазне коротке замикання (ТФКЗ) в нерозгалуженому колі є базовим для вибору комутаційної і захисної апаратури, а також для оцінки параметрів інших видів коротких замикань. При розрахунках

ТФКЗ зазвичай розглядають симетричну систему з індуктивноактивним навантаженням і активно-індуктивному характері опору лінії передачі [2]. Такі допущення дозволяють розглядати ТФКЗ на прикладі однофазної еквівалентної схеми. Навіть при таких допущеннях аналітичне рішення приводить до досить громіздких виразів, які доводиться табулювати за допомогою комп'ютера. В решті решт, для оцінки ударного струму пропонуються наближені математичні вирази, що передбачають знаходження максимального значення ударного струму для найбільш важкого режиму ТФКЗ.

Деревообробний цех, що проектується, отримує електроенергію від системи. За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_6 = 69,87 \text{ кВА.}$$

Базові напруги:

$$U_{61} = 10,5 \text{ кВ ;}$$

$$U_{62} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Базові струми :

$$I_{61} = S_6 / (U_6 \cdot \sqrt{3});$$

$$I_{61} = 69,87 / (10,5 \cdot \sqrt{3}) = 3,8 \text{ А ;}$$

$$I_{62} = 69,87 / (0,4 \cdot \sqrt{3}) = 0,101 \text{ кА.}$$

					<i>ДП 2021 141</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Боднар В.В.</i>				<i>8. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Чорний Ю.А.</i>						55	6
<i>Реценз.</i>						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Балюта С.М.</i>							

Для розрахунку струмів короткого замикання зобразимо розрахункову схему електропостачання підприємства (рис. 8.1) і схему заміщення.

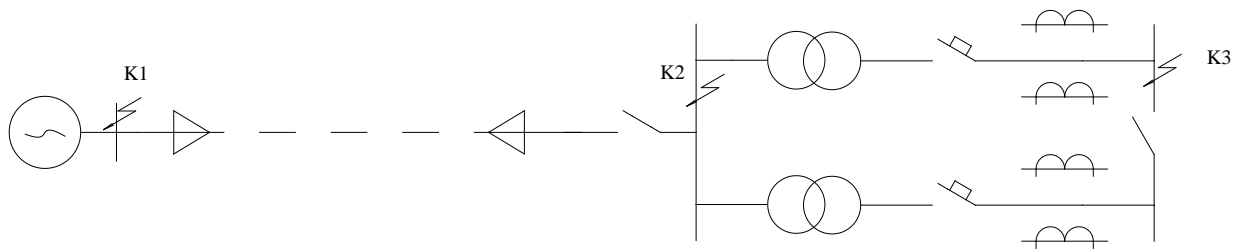


Рис. 8.1. Розрахункова схема електропостачання

В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорам, приведеними до базових умов. Схема заміщення приведена на рис.8.2.

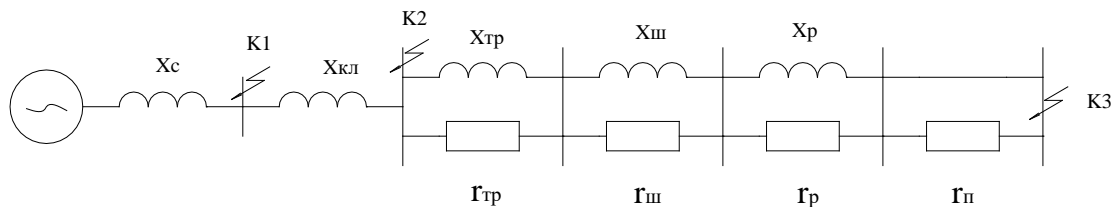


Рис. 8.2. Схема заміщення

Розраховуєм струм КЗ в точці К1.

Опір елементів.

1. Опір системи:

$$X^*_c = 0,4 \text{ в.о.}$$

2. Опір кабельної лінії:

$$X^*_{кл} = X_0 \cdot l (S_6 / U^2_{62}) ,$$

де  $X_0$  – погоний опір кабельної лінії,  $X_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$  ;

l – довжина лінії 1,5 км.

$$X_{кл}^* = 0,08 \cdot 1,2 \cdot (69,87 / 10,5^2) = 0,076 \text{ в.о.}$$

При знаходженні струмів короткого замикання необхідно розрахувати їх у відносних одиницях.

Струм короткого замикання приймаємо незмінним, так як система має набагато більшу потужність, ніж потужність заводу.

$$I_{\infty}^* = I_r^* = I_{00}^* = 1,05 / X_p,$$

де  $X_p$  – результуючий опір до точки короткого замикання.

$$I_1^* = 1,05 / X_c^* = 1,05 / 0,4 = 2,625 \text{ в.о.}$$

Струм короткого замикання в точці К1:

$$I_{кз1} = I_1^* \cdot I_6 = 2,625 \cdot 3,8 = 0,0101 \text{ кА.}$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = K_u \cdot \sqrt{3} \cdot I_{00}, \text{ кА.}$$

В точці К1 ударний струм рівний:

$$i_{уд1} = K_u \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз1} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,0101 = 0,033 \text{ кА,}$$

де  $K_u = 1,9$  (для мереж напругою 10 кВ).

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$W = I_{\infty}^{*2} t,$$

де  $t$  – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 10 кВ:

$$t = 0,05 + 0,3 = 0,35 \text{ с.}$$

Тепловий імпульс :

$$W_1 = I_{00}^{*2} t = 0,033^2 \cdot 0,35 = 0,000036 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розраховуємо струм КЗ в точці К2.

Струм короткого замикання:

$$I_{00}^* = 1,05 / X_p,$$

де  $X_p^* = X_c^* + X_{кл}^* = 0,4 + 0,076 = 0,476 \text{ в.о.}$

					<i>ДП 2021 141</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$I_2^* = 1,05 / X_p^* = 1,05 / 0,476 = 2,21 \text{ в.о.}$$

Струм короткого замикання:

$$I_{кз2} = I_2^* \cdot I_6 = 2,21 \cdot 3,8 = 0,008 \text{ кА.}$$

В точці К2 ударний струм рівний:

$$i_{уд2} = K_y \cdot \sqrt{3} \cdot I_{кз2} = 1,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,008 = 0,028 \text{ кА.}$$

В точці К2 тепловий імпульс рівний:

$$W_2 = I_{00}^2 t = 0,028^2 \cdot 0,35 = 0,000025 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розраховуємо струм КЗ в точці КЗ.

Опір елементів.

1. Опір системи. Для точок КЗ опором системи на вторинній стороні трансформаторів до 63 кВА – можна знехтувати, так як його значення дуже маленьке і не відіграє суттєвої ролі.
2. Опір трансформатора:

$$X_{тр} = \sqrt{z_{тр}^2 - r_{тр}^2} = \sqrt{114,29^2 - 51,6^2} = 101,97 \text{ мОм,}$$

$$\text{де } z_{тр} = \frac{U_k \cdot U_{ном}^2 \cdot 10^4}{S_{тр}} = \frac{4,5 \cdot 0,4^2 \cdot 10^4}{63} = 114,29 \text{ мОм;}$$

$$r_{тр} = \frac{P_{кз} \cdot U_{ном}^2 \cdot 10^6}{S_{тр}^2} = \frac{1,28 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{63^2} = 51,6 \text{ мОм.}$$

3. Опори шин:

$$X_{ш} = X_0 \cdot l_{ш} = 0,145 \cdot 10 = 1,45 \text{ мОм;}$$

$$r_{ш} = r_0 \cdot l_{ш} = 0,044 \cdot 10 = 0,44 \text{ мОм,}$$

де  $X_0, r_0$  – погонні опори (з довідника);

$l_{ш}$  – довжина шини, м.

4. Опір розчеплювача для автоматичного вимикача на струм 630 А:

$$X_p = 0,06 \text{ мОм.}$$

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

5. Сумарний опір перехідних контактів трансформатора струму дуги в місці КЗ для трансформатора потужністю 63 кВА:

$$r_{\Pi} = 6,41 \text{ мОм.}$$

Отже, знаходимо сумарні опори для точки КЗ:

$$r_{\Sigma} = 51,6 + 0,44 + 6,41 = 58,45 \text{ мОм;}$$

$$x_{\Sigma} = 101,97 + 1,45 + 0,06 = 103,48 \text{ мОм.}$$

Знаходимо струм КЗ в точці КЗ:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{58,45^2 + 103,48^2}} = 1,94 \text{ кА.}$$

В точці КЗ ударний струм рівний:

$$i_{\text{удз}} = K_{\text{у}} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{кз}} = 1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 1,94 = 3,7 \text{ кА,}$$

де  $K_{\text{у}} = 1,1$  (для мереж напругою 0.4 кВ).

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні:

$$W = I_{\infty}^2 t,$$

де  $t$  – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача.

Для сторони – 0,4 кВ:

$$t = 0,07 + 0,6 = 0,67 \text{ с.}$$

В точці КЗ тепловий імпульс рівний:

$$W_3 = I_{\infty}^2 t = 1,94^2 \cdot 0,67 = 2,53 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розрахунок проводимо в табличній формі. Результати розрахунків зводимо в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1

№ точки к.з.	$X_p$	$I_{\text{кз}}$	$i_{\text{уд}}$	$W$
	в.о.	кА	кА	кА <sup>2</sup> с
1	0,4	0,01	0,033	0,0052

2	0,476	0,008	0,028	0,0006
3		1,94	3,7	2,53

## 9. Релейний захист та автоматика(РЗА)

Робота електрообладнання ґрунтується на злагодженому взаємодії безлічі пристроїв, кожне з яких виконує свої певні завдання. Обов'язковою умовою забезпечення працездатності електротехнічної апаратури є і постачання струмом з оптимальними параметрами. Найменше порушення в ланцюгах і окремих компонентах системи тягне ризики аварій та пошкодження обладнання. Для запобігання таких явищ використовується релейний захист - це засіб виявлення, реєстрації та сигналізації про можливі відхилення від нормативних експлуатаційних параметрів обслуговується системи.

Основною метою застосування систем РЗА є забезпечення стабільності роботи енергетичного обладнання. Комплекс релейних пристроїв в постійному режимі відслідковує експлуатаційні параметри системи, виявляючи і відокремлюючи пошкоджені компоненти. Так працює найпростіша РЗ, однак існують і більш складні пристрої, що функціонують в різних режимах в залежності від поточного стану апаратури. Багатофункціональні засоби релейного захисту та автоматики виконують також сигнальні функції, на основі яких приймаються команди про зміну параметрів енергопостачання або корекції налаштувань обладнання. Так, якщо в мережі живлення цільового пристрою виявляються великі перепади напруги, система автоматично може перевести апаратуру на резервне енергопостачання завдяки вбудованому контролеру

Для виконання основних і допоміжних завдань релейна система повинна відповідати певним вимогам. У їх числі відзначаються такі:

- Селективність. Дана властивість визначає здатність РЗ вибірково підходити до моніторингу окремих ділянок і елементів системи. Відсів

					<i>ДП 2021 141</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Боднар В.В.</i>			<i>9. Релейний захист та автоматика(РЗА)</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Чорний Ю.А.</i>					<b>60</b>	<b>6</b>
<i>Реценз.</i>					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Балюта С.М.</i>						

реалізується за характером пошкодження, схильності і поточному функціональному стану об'єкта електроенергетичної системи.

- Чутливість. Обслуговується система може працювати в різних умовах зовнішнього впливу. До стороннім факторів негативного впливу відносять ненормативні електротехнічні властивості джерела струму, а також температурні, вологості і фізичні навантаження. Чутливість релейного захисту - це здатність виявляти пошкоджені елементи системи, а також відхилення в її робочих параметрах незалежно від зовнішнього впливу. Стабільність передачі сигналу повинна зберігатися в встановлених умовах роботи.
- Швидкодію. Чи означає певну швидкість, при якій РЗ буде виконувати свої завдання. Можна визначити швидкодію через часовий показник у вигляді інтервалу від моменту умовної аварії до відділення пошкодженої ділянки або компонента від загальної системи.
- Надійність. Характеризує здатність захисту продовжувати працездатність в нештатних умовах. Наприклад, при використанні резервних джерел енергопостачання, підключенні пікових навантажень і особливих режимів роботи устаткування, яке обслуговує.

### Максимальний струмовий захист

Максимальний струмовий захист (МСЗ)- Найпростіший і надійний захист, що широко застосовується для захисту трансформаторів.

Визначаємо номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{ном} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 3,64 \text{ А.}$$

Трансформатори струму відсутні.

Струм спрацювання захисту:

$$I_{сз} = \frac{K_n \cdot (I_{ном} \cdot K_{сп} + I_{ном})}{K_{п}} = \frac{1,2 \cdot (3,64 \cdot 1,5 + 3,64)}{0,85} = 12,84 \text{ А,}$$

де  $K_n=1,2$  - коефіцієнт надійності;  $K_{сп}=1,5$  - коефіцієнт само запуску;  $K_{п}=0,85$ - коефіцієнт повернення реле.

									Лист
									61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141				

Чутливість захисту при короткому замиканні на своїй ділянці:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k \min}}{I_{\text{сз}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,64}{12,84} = 0,25 < 2,$$

де  $I_{k \min}$  - мінімально ймовірне значення струму при короткому замиканні на стороні вищої напруги трансформатора.

Уставка реле струму:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{сз}} \cdot K_{\text{сх}}}{K_{\text{т,тс}}} = \frac{12,84 \cdot 1}{1} = 12,84 \text{ А.}$$

Обираємо реле типу РТ-40/20 з паралельним з'єднанням котушок.

Установка часу захисту (реле):

$$t_{\text{сз1}} = t_{\text{макс}} + \Delta t.$$

Обираємо реле часу типу ЕВ-122 з напругою 110 В постійного струму.

$$\Delta t = 0,12 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,42 \approx 0,4 \text{ с,}$$

де 0,12 - похибка двох реле ЕВ-122; 0,08 - час до згасання дуги на контактах вимикача; 0,1 - запас часу.

Тоді

$$t_{\text{сз1}} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с;}$$

$$t_{\text{сз2}} = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ с.}$$

### **Розрахунок миттєвого діючого струмового захисту (відсічки)**

Максимальний номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{\text{MAX}} = \frac{1,4 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,4 \cdot 63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,09 \text{ А.}$$

Відсічка – найбільш простий з диференційних захистів трансформаторів. Вона виконується за допомогою максимальних реле струму типу РТМ або РТ-40. При цьому відстройка захисту від піку струму намагнічування здійснюється за допомогою невеликої витримки. Справа в тому, що пік миттєвого значення струму намагнічення швидко знижується від початкового рівня  $(6 \dots 8)I_{\text{НОМ}}$  до

(2...3)  $I_{\text{ном}}$  усього за 0,04...0,06 с. Приблизно такий самий час потрібен для спрацювання реле прямої дії типу РТМ. Реле побічної дії типу РТ-40 спрацьовує швидше, і щоб затягнути час спрацювання його доповнюють проміжним реле. В результаті приблизно з запасом 1,5 разів приймається

$$I_{C3} = 4,5 \cdot I_{\text{MAX}} = 4,5 \cdot 5,09 = 22,91 \text{ A.}$$

Вибір такого великого струму  $I_{C3}$ , як завжди, забезпечує також відстройку й від режиму зовнішнього короткого замикання.

Перевіримо коефіцієнт чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k \text{ min}}}{I_{C3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3,64}{22,91} = 0,1375 < 2.$$

Знаходимо вторинний струм:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{22,91 \cdot 1}{1} = 22,91 \text{ A.}$$

### Захист від перевантажень

Струм спрацювання сигналізації:

$$I_{CC} = \frac{K_{\text{вд}} \cdot K_{CX}}{K_{\text{п}}} \cdot I_{\text{MAX}} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{0,85} \cdot 5,09 = 13,5 \text{ A.}$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{CP} = \frac{I_{CC} \cdot K_{CX}}{K_{T,TC}} = \frac{13,5 \cdot 1}{1} = 13,5 \text{ A.}$$

Час спрацювання сигналізації:

$$t_{cc} = t_{c3}^{\text{MC3}} + \Delta t = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ с,}$$

де  $\Delta t = 0,4$  с- ступінь селективності.

Таблиця 9.1

Струм спрацювання		Коефіцієнт снт	Час спрацюва ння захисту
захисту	реле		
$I_{C3}$	$I_{CP}$	$K_{\text{ч}}$	$t_{c3}$
A	A	-	с

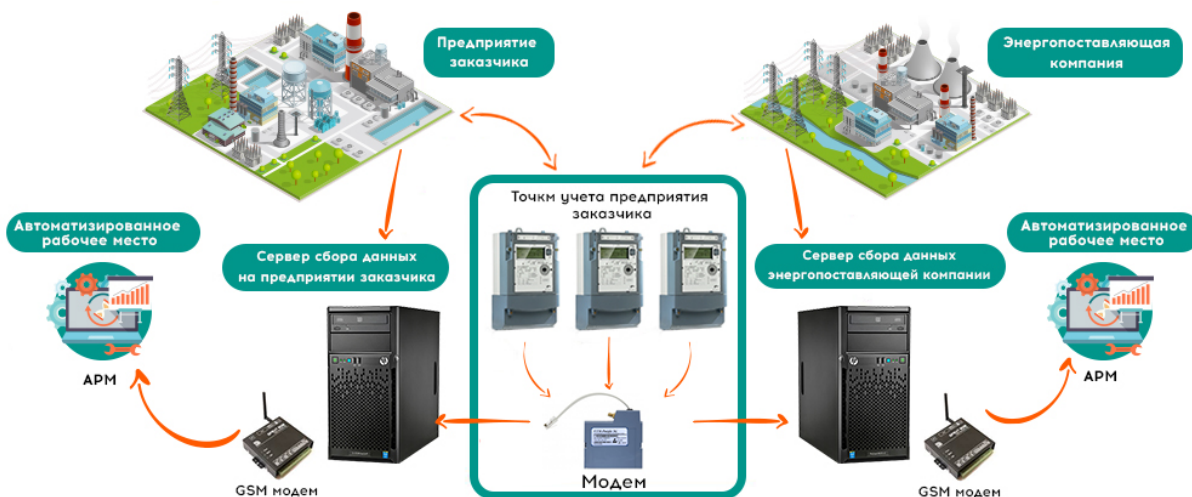
Відсічка			
22,91	22,91	13,75	-
Максимальний струмовий захист ( МСЗ )			
128,38	12,84	24,54	2
Захист від перевантажень ( з дією на сигнал )			
134,79	13,48	-	2,4

## 10. Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання

### 10.1. Комерційний облік електроенергії

Сучасні автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку електроенергії створюються для комерційного обліку споживаної електричної енергії або електричної енергії, що відпускається. Головним завданням при побудові подібних систем є робота на оптовому ринку електроенергії (ОРЕ), при цьому необхідно забезпечити передачу інформації суміжним суб'єктам (мережевим компаніям, енергопостачальним організаціям або генеруючим компаніям).

Метою створення і функціонування АСКОЕ є вимірювання кількості електричної енергії, що дозволяє визначити величини облікових показників, використовуваних у фінансових розрахунках, тому установка АСКОЕ є обов'язковою вимогою відповідно до Закону України "Про ринок електричної енергії" та затверджена Кодексом комерційного обліку електричної енергії в постанові НКРЕКУ від 14 березня 2018 року № 311., який накладає серйозні вимоги в частині метрологічного забезпечення.



				<b>ДП 2021 141</b>			
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			10. Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання	Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Чорний Ю.А.					66	10
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.	Балота С.М.						

## 10.2. Технічний облік електроенергії

Автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи технічного обліку електроенергії призначені для організації обліку електроенергії усередині виробничого підприємства. Основними завданнями є:

- облік електроенергії, споживаної на різні потреби (споживання по окремих виробництвах, цехах, дільницях);
- планування споживання електроенергії;
- резервування даних комерційного обліку електроенергії (заміщення даних комерційної системи обліку);
- виявлення нераціонального використання електричної енергії;
- зниження втрат електроенергії на основі аналізу облікових даних;
- можливість використання даних споживання електроенергії для аналізу фінансово-економічної діяльності підприємства.

Системи технічного обліку електроенергії не підлягають державному метрологічному нагляду. Незважаючи на це, ТОВ «Смарт Грід Україна» будує системи технічного обліку на основі сертифікованих засобів вимірювальної техніки, що дозволяє отримати точні дані по споживанню електроенергії та в майбутньому стежити за станом обладнання. Автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи технічного обліку електроенергії будуються на основі технічного завдання замовника. Такі системи, як правило, включають в себе велику кількість точок обліку і часто характеризуються великою територіальною віддаленістю місць установки лічильників. При реалізації подібних проектів додаткову увагу приділяється прокладці кабельних трас (ліній зв'язку) між окремими виробничими приміщеннями (об'єктами) в умовах проведення робіт на об'єктах діючого виробництва. У деяких випадках це призводить до необхідності модернізації існуючих кабельних ліній і кабельних споруд (естакад, лотків, кабельних каналів).

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

### **10.3. Комплексне впровадження комерційного і технічного обліку**

Забезпечує такі функції:

- зонний облік споживання електроенергії;
- управління споживанням електроенергії в різні часові інтервали, реалізуючи найбільш швидкий спосіб зниження витрат на електроенергію перекладом підприємства на диференційовану по зонах доби оплату за електроенергію
  - в режимі реального часу контроль енергетичного балансу підприємства;
  - шляхом створення експертної системи на базі ретроспективного аналізу планувати споживання електроенергії;
  - нормування і контроль енерговитрат підприємства диференційовано за видами виробництв або технологічних переділів;  
формувати звітні документи, включаючи:
    - цінні профілі навантажень;
    - програми навантажень;
    - звіти (добові, тижневі, місячні, річні);
    - свідчення максимальної точності;
    - вклади в споживану потужність різних споживачів;
    - платіжні дані;
    - контроль режимних обмежень.

### **10.4. Використання АСКОЕ для підвищення ефективності енерговикористання на промислових підприємствах**

В усіх розвинених країнах збір і обробка інформації про споживання електроенергії являє собою цілу індустрію із залученням новітніх технологій. У нашій країні також почав зростати інтерес до розробки та впровадження подібних систем. Для отримання економічних результатів встановленням одних лічильників не обійтись. Для цього потрібна автоматизація збору та обробки

даних. Сам по собі облік енергоресурсів не знижує їх споживання, але створення АСКОЕ є важливим кроком у ланцюжку заходів щодо підвищення ефективності енерговикористання на промислових підприємствах.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії — це комплекс технічних, математичних, алгоритмічних і програмних методів та засобів, що призначені для комерційного обліку електричної енергії. Основне призначення АСКОЕ на промисловому підприємстві полягає в точному обліку та оперативному контролі спожитої електроенергії, забезпеченні можливості зберігання отриманих даних, протягом певного часу і доступу до них для проведення розрахунків. Важливою складовою АСКОЕ є можливість обробки даних, їх аналіз та прогноз (коротко-, середньо- і довгостроковий).

Сучасна АСКОЕ передбачає застосування багатофункціональних електронних лічильників електроенергії, які мають перевагу перед іншими типами лічильників в частині надання споживачу повних та достовірних даних [1-3].

Мета створення та експлуатації АСКОЕ полягає в постійній економії енергоресурсів і фінансів підприємства при мінімальних грошових витратах. Економічний ефект досягається за рахунок багатьох факторів:

- економічно правильного замовлення лімітів потужності виходячи з аналізу кількості спожитої електроенергії в години пік;
- визначення точок несанкціонованого доступу до джерел енергії;
- відпрацювання оптимального, економічно вигідного режиму включення-виключення енергоспоживачів;
- забезпечення оперативного контролю та управління споживанням енергоносіїв протягом доби;
- посилення дисципліни використання енергоносіїв споживачами;
- раціонального планування часу роботи цехів і підрозділів протягом доби;
- скорочення кількості контролерів-обхідників;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2021 141

Лист

69

- своєчасне виявлення розкрадань електроенергії;
- відсутність спотворень при знятті показів електролічильників за рахунок виключення людського фактору.

Для підвищення ефективності обліку та контролю АСКОЕ окрім лічильників комерційного обліку повинна також включати лічильники технічного обліку електроенергії. Два види обліку, комерційний і технічний, мають свою специфіку. Комерційним називають облік споживання енергії підприємством для грошового розрахунку за неї. Технічний облік для контролю процесу споживання електроенергії в середині підприємства по його підрозділах, об'єктах, електроприймачах. Комерційний облік консервативний, має усталену схему енергопостачання. Для нього характерна наявність невеликої кількості точок обліку, для яких потрібне встановлення приладів підвищеної точності. Окрім того, системи комерційного обліку пломбуються, що обмежує можливості внесення до них будь-яких оперативних змін з боку персоналу підприємства. Технічний облік, навпаки, динамічний і постійно розвивається, відображаючи мінливі вимоги виробництва. Для нього характерна велика кількість точок обліку з різними завданнями контролю енергоресурсів, за якими можна встановлювати в цілях економії коштів прилади зниженою точності. Відсутність пломбування приладів дозволяє службі головного енергетика підприємства оперативно вносити зміни в схему технічного контролю енергоресурсів, в уставки первинних вимірювальних приладів у відповідності з поточними змінами в схемі енергопостачання підприємства і специфікою розв'язуваних виробничих завдань [1-3].

Об'єднання лічильників комерційного і технічного обліку в єдину систему дозволяє формувати поточний баланс електроспоживання підприємства, котрий є основною базою для вдосконалення нормування енергоспоживання, оперативно виявляти і ліквідувати втрати і неефективні затрати електричної енергії всередині підприємства, визначати фактичну потужність, що використовується підприємством, в тому числі максимальну

					ДП 2021 141	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		





відповідно до реальних обсягів їх споживання та мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси, зокрема, за рахунок використання більш точних вимірювальних приладів або підвищення синхронності збору первинних даних;

- здійснювати комплексний автоматизований комерційний і технічний облік енергоресурсів і контроль їх параметрів по підприємству, його цехах, підрозділах з метою мінімізації виробничих і невиробничих витрат на енергоресурси;

- створювати точний електробаланс підприємства, аналіз якого допомагає визначати основні напрями економії і раціонального використання електроенергії, вибирати оптимальну стратегію планування і управління електроспоживанням підприємства;

- контролювати в реальному часі характеристики режимів електропостачання підприємства, а саме, за необхідністю оператор АСКОЕ може в інтерактивному режимі запросити актуальні дані на будь-який момент часу або здійснювати безперервний контроль поточних параметрів режимів електроспоживання підприємства, в тому числі в періоди максимальних навантажень енергосистеми;

- фіксувати відхилення контрольованих параметрів енергоресурсів, їх оцінка в абсолютних і відносних одиницях для аналізу як енергоспоживання, так і виробничих процесів з метою мінімізації витрат на енергоресурси і відновлення виробничих процесів після їх порушення через вихід контрольованих параметрів енергоресурсів за допустимі межі;

- прогнозувати енергоспоживання з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок планування енергоспоживання;

- автоматично керувати енергоспоживанням на основі заданих критеріїв і пріоритетних схем включення/відключення споживачів-регуляторів з метою мінімізації виробничих витрат на енергоресурси за рахунок економії ручної праці і забезпечення якості управління;

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

- підтримувати єдиний системний час з метою мінімізації невиробничих витрат на енергоресурси за рахунок забезпечення синхронних вимірювань;
- зменшити витрати підприємства на електроенергетичні ресурси без зниження рівня електроспоживання за рахунок вибору оптимальних тарифів під час розрахунків за електричну енергію;
- забезпечити необхідну точність й достовірність обліку електроенергії, що в свою чергу дозволить суттєво знизити вірогідність порушення договірних умов електропостачання, в тому числі перевищення потужності, заявленої підприємством в години максимальних навантажень енергосистеми, а відтак й знизити ризик нарахування штрафів;
- керувати режимами електроспоживання з метою оптимізації витрат на електричну енергію за рахунок використання електроенергії в години доби, яким відповідають найнижчі тарифні коефіцієнти, ще більше заощаджуючи під час оплати спожитої електроенергії.

Вибір трансформаторів струму.

В приєднанні НН

Вибираємо трансформатор струму типу ТШ-0,66 згідно сайту <http://www.megommetr.com> :

$$I_{НОМ} = 400 \text{ А} > I_{МАХ} = 366 \text{ А};$$

$$U_M = 0,66 \text{ кВ} > U_H = 0,4 \text{ кВ};$$

$$K_T = 0,5; Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом}; I_2 = 5 \text{ А}.$$

Дані приладів зводимо у табл.. 10.1.

Таблиця 10.1.

Прилад	Тип приладу	А, В·А	В, В·А	С, В·А
А	Э351	0,5	-	-
Wh	НІК 2303	1,0	-	1,0
Varh	АРП1	2,0	-	2,0

М	Разо		3,5	-	3
---	------	--	-----	---	---

Вибираємо трансформатор струму на ТП типу ТШ- 0,66 згідно сайту <http://www.megommetr.com>:

$$I_{НОМ} = 400 \text{ А} > I_{МАХ} = 655,32 \text{ А};$$

$$U_{М} = 0,66 \text{ кВ} > U_{Н} = 0,4 \text{ кВ};$$

$$K_{Т} = 0,5; Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом}; I_2 = 5 \text{ А}..$$

## 11. Якість електричної енергії в системі електропостачання

### 11.1. Основні показники якості електроенергії (ПЯЕ)

Стандартом встановлюються наступні показники якості електроенергії (ПКЕ):

- усталене відхилення напруги;
- розмах зміни напруження;
- доза флікера;
- коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю;
- відхилення частоти;
- тривалість провалу напруги;
- імпульсна напруга;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги.

Кількісна характеристика якості електроенергії виражається відхиленнями напруги і частоти, розмахом коливань напруги і частоти, коефіцієнтом несинусоїдальності форми кривої напруги, коефіцієнтом несиметрії напруги основної частоти.

Відхилення частоти - різниця, усереднена за 10 хвилин між фактичним значенням основної частоти і номінальним її значенням. Відхилення частоти від номінального значення в нормальному режимі роботи допускається в межах  $\pm 0,1$  Гц. Короткочасні відхилення можуть досягати  $\pm 0,2$  Гц.

Коливання частоти - різниця між найбільшим і найменшим значеннями основної частоти в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли

					<b>ДП 2021 141</b>		
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			<i>11. Якість електричної енергії в системі електропостачання</i>	Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Чорний Ю.А.					76	6
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М						

швидкість зміни частоти не менше 0,2 Гц в секунду. Коливання частоти не повинні перевищувати 0,2 Гц понад допустимі відхилення 0,1 Гц:

Коливання напруги оцінюється наступними показниками:

1) Розмахом зміни напруги  $dU$  (див. Рисунок 1.1), тобто різницею між найбільшим і найменшим діючими значеннями напруги в процесі досить швидкої зміни параметрів режиму, коли швидкість зміни напруги не менше 1% в секунду.

2) Частотою змін напруги.

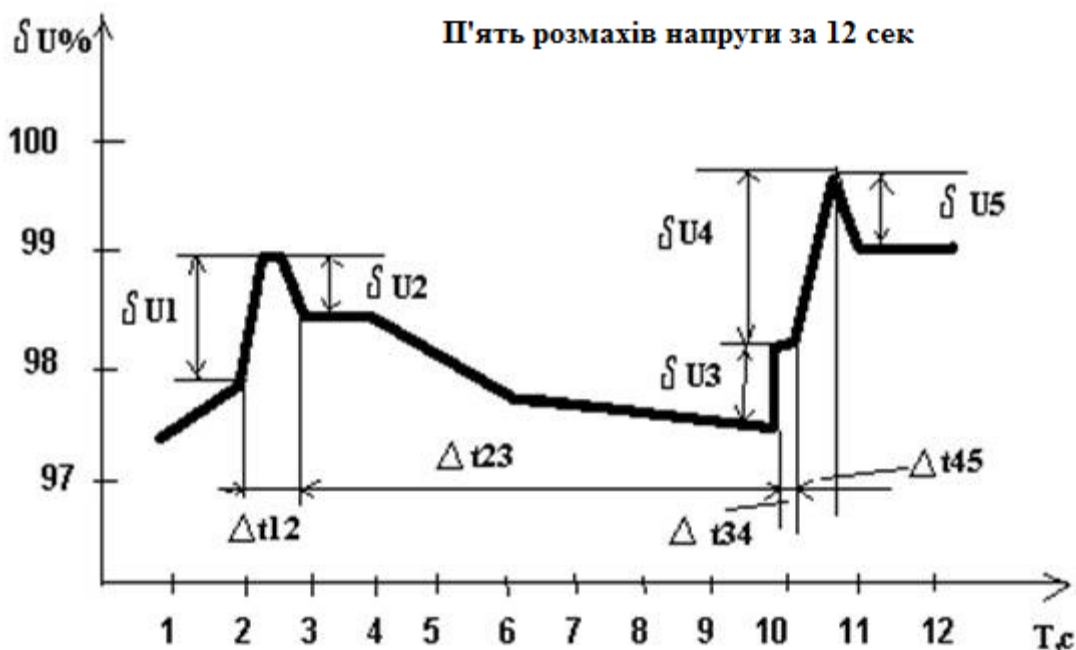


Рис. 1.1 - Розмах зміни напруги

3) Інтервал між наступними один за одним змін напруги.

Несинусоїдальність напруги мережі характеризується коефіцієнтом несинусоїдальності (спотворення) кривої напруги.

Під несиметрією напруг розуміють нерівність фазних або лінійних напруг за амплітудою і кутах зсуву між ними.

Фізичний сенс і нормування значення показників якості електроенергії, згідно з ГОСТ 13 109-97.

Нормування значень показників якості електроенергії відноситься до числа головних питань проблеми якості електроенергії. Систему показників

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

якості електроенергії утворюють кількісні характеристики повільних (відхилення) і швидких (коливання) вимірювань діючого значення напруги, його форми і симетрії в трифазній системі, а також змін частоти. Принципи нормування показників якості електроенергії по нарузі ґрунтуються на техніко-економічні передумови та полягають у наступному:

а) показників якості електроенергії по нарузі мають енергетичний сенс, тобто характеризують потужність (енергію) спотворення кривої напруги, ступінь негативного впливу енергії спотворення на електрообладнання і технологічні процеси порівнюються із значенням показників якості електроенергії;

б) гранично допустимі значення показників якості електроенергії вибираються з техніко-економічних міркувань;

в) показники якості електроенергії нормуються протягом певного інтервалу часу із заданою ймовірністю для отримання достовірних і порівнянних значень;

г) допустимі значення показників якості електроенергії вказуються на затискачах ЕП в вузлах електромереж.

У більшості країн СНД прийнятий стандарт ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення», в якому в якості допустимих значень показників якості електроенергії прийняті, в основному, рівні електромагнітної сумісності в СЕС, наведені в публікаціях МЕК в якості рекомендацій для складання національних стандартів.

Відповідно до стандарту ГОСТ 13109-97, систему ПКЕ при живленні від електромереж трифазного струму утворюють відхилення напруги, розмах змін напруги (амплітуда КН), інтенсивність (доза) флікера, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої лінійної (фазної) напруги, коефіцієнт n-ої ВГ, коефіцієнт зворотної та нульової послідовності напруги, імпульс напруги, коефіцієнт тимчасової перенапруги, відхилення частоти.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

Стандартом ГОСТ встановлено 2 види норм на якості електроенергії - нормативно допустимі і гранично допустимі величини. Оцінка відповідності показникам якості електроенергії вимогам стандарту проводиться протягом розрахункового часу, рівного 24 ч.

### **11.2. Вимоги до якості електроенергії**

Відповідно до стандарту протягом не менше 95% часу кожної доби фазна напруга має перебувати в діапазоні 209-231 В (відхилення 5%), частота в межах 49.8-50.2 Гц, а коефіцієнт несинусоїдальності не повинен перевищувати 5%.

Решта 5 або менше відсотків часу кожної доби напруга може змінюватися від 198 до 242 В (відхилення 10%), частота від 49,6 до 50,4 Гц, а коефіцієнт несинусоїдальності повинен бути не більше 10%. Допускаються також більш серйозних змін частоти: від 49,5 Гц до 51 Гц, але загальна тривалість таких змін не повинна перевищувати 90 годин за рік.

Аваріями електропостачання називаються ситуації, коли показники якості електроенергії короткочасно виходять за встановлені межі. Частота може відхилятися на 5 Гц від номінального значення. Напруга може знижуватися до нуля. Надалі показники якості повинні відновлюватися.

### **11.2. Методи та засоби підвищення якості електроенергії**

На сьогоднішній день суттєвою проблемою енергетики в Україні являється якість електроенергії в розподільних електромережах 10 кВ, вимоги до якої визначені в [1]. Низька якість електроенергії призводить [2] до великих економічних проблем, обумовлених втратами електроенергії, зносу обладнання, в тому числі трансформаторів, ліній електропередач, виходу з ладу обладнання, яке чутливе до перепадів напруги, особливо обладнання, що містить мікропроцесорні блоки. В Україні на 2008 рік було виявлено по даним Інституту електродинаміки НАН України зниження якості електроенергії збільшує її витрати на 10-12% [3]. Тобто ціна на електроенергію буде тільки

					<b>ДП 2021 141</b>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

збільшуватися. Збитки від провалів і раптового підвищення напруги, від імпульсів напруги і гармонік складають [4] в Канаді 1,2 млрд. доларів щорічно, а у колишньому СРСР – близько 10 млрд. доларів.

Істотні відхилення показників якості електроенергії від нормативних значень виникають у зв'язку зі змінами структури споживання електроенергії, масового впровадження засобів регулювання навантаження і електрообладнання з різкозмінним, несиметричним і нелінійним навантаженням [5]. Це в свою чергу може призводити до зміни режимів роботи електричних мереж, підвищених втрат електроенергії, зростання числавідмов електротехнічного обладнання, порушення технологічних процесів споживачів електроенергії і виникнення взаємних претензій електропостачальних організацій і споживачів електроенергії.

Для вирішення проблеми моніторингу і керування якістю електроенергії наразі існує ряд систем і пристроїв.

1. Система моніторингу і управління якістю електроенергії (СМіУКЕ) “Гармоника” призначена [3]:

- для контролю показників якості електроенергії (ПКЕ) по класу «А» вимірювань ГОСТ 30804.4.30;
- для реєстрації рівня порушень показників якості в окремих вузлах мереж електропостачання шляхом моніторингу ПКЕ;
- для аналізу впливу якості електроенергії на роботу магістральних та розподільчих мереж, мереж промислових підприємств і енергоустановок споживачів;
- для забезпечення підтримки вибору методів підвищення та управління якістю електроенергії, розрахунку параметрів технічних засобів, що реалізують ці методи.

Можливості системи дозволяють виявити причини відхилення якості електроенергії від норми, оцінити надійність системи електропостачання і

роботи технологічного обладнання споживачів, а також вибрати ефективні засоби для підвищення якості електроенергії.

Система моніторингу і управління якістю електроенергії (СМіУКЕ) “Гармоника»” здійснює такі базові функції:

- безперервні вимірювання різноманітних параметрів електроенергії (включаючи ПКЕ) в електричних мережах 0,4-1150 кВ за допомогою синхронізованих по GPS / ГЛОНАСС стаціонарних і / або мобільних засобів вимірювань;
- збір, зберігання і передачу з рівня енергооб'єктів на рівень диспетчерських центрів (центрів управління) результатів вимірювань;
- визначення статистичних характеристик показників якості електроенергії і автоматизоване формування стандартизованих звітів про якість електроенергії;
- автоматизований аналіз даних з метою визначення можливих причин зниження якості електроенергії в електричних мережах;
- моделювання та аналіз режимів роботи електричних мереж з урахуванням результатів вимірювань щодо порушень якості електроенергії для комплексної оцінки впливу якості електроенергії на ефективність передачі і використання електроенергії і для розробки заходів по підтримці якості електроенергії в необхідних межах.

2. Для контролю показників якості в режимі реального часу служить автоматизована система контролю якості електроенергії (АСКЯЕ) [6].

Основні функції АСКЯЕ:

- контроль показників якості електроенергії в режимі реального часу (показники виводяться на екран диспетчера) дозволяє проводити експрес аналіз стану електромережі та попереджати можливі аварії;
- формування звітів по якості електроенергії (відповідно до ГОСТ 13109-97) для підготовки документів і ведення претензійної роботи з постачальниками електроенергії;

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

- формування бази даних для аналізу стану енергосистеми і розробки заходів щодо забезпечення нормального функціонування устаткування.

АСКЯЕ створена на основі програмного комплексу RedPine - нового покоління, яка забезпечує збір, аналіз і відображення інформації про відхилення показників якості електроенергії від значень, визначених чинним ГОСТ. Комплекс RedPine встановлений на багатьох об'єктах промисловості і в сфері ЖКГ як база для систем обліку, контролю і диспетчеризації інженерних мереж.

### 3. Прилад контролю якості електроенергії:

Виробник SATEC LTD.

Прилад вимірює, обчислює і реєструє всі показники якості електричної енергії визначені в ГОСТ13109-97 [6]:

- стале відхилення напруги в режимах найбільшою, найменшою і добового навантаження;
- спотворення синусоїди напруги;
- коефіцієнт n-ой гармонійної складової напруги;
- несиметрія напруг по зворотної та нульової послідовності;
- відхилення частоти;
- розмах зміни напруги і доза флікера; □ провали напруги;
- імпульсна напруга і тимчасові перенапруги;
- видача звітів згідно РД 153-34.0-15.501-00. Також існують методи регулювання напруги величезних мережах за допомогою трансформаторів з перемиканням регульованих відгалужень без збудження (ПБЗ) та з перемиканням регульованих відгалужень під навантаженням (РНП) [7]. В теперішній час трансформатори з ПБЗ виготовляють з основним і чотирма додатковими відгалуженнями. Трансформатори з регулюванням напруги під навантаженням [8], тобто з вбудованим пристроєм РНП [9] відрізняються від трансформаторів з ПБЗ наявністю спеціального перемикаючого пристрою, а також збільшеною кількістю ступенів регульованих відгалужень і діапазоном

регулювання. Пристрій РПН є елементом з обмеженим ресурсом перемикавання. До того ж час перемикавання відпайки 5 с [10]. Цих недоліків не мають безконтактні пристрої РПН, в яких застосовуються напівпровідникові силові ключі. Трансформатори, обладнані такими пристроями мають час перемикавання відпайки 10 мс, а саме перемикавання не супроводжується появою вищих гармонік, відповідно покращується динамічна стійкість системи регулювання напруги.

Існують також більш складні системи керування якістю електроенергії з можливістю активного втручання в оперативному режимі.

					<i>ДП 2021 141</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>83</b>

## 12. Охорона праці

### 12.1. Рішення, що до розміщення електротехнічного обладнання

Трансформатори струму є невід'ємною частиною кожної електроенергетичної системи. На напругах до 0,4 кВ маємо використовувати тільки трансформатори струму, оскільки вимірювальна напруга береться безпосередньо з мережі ( 220 чи 380 В ).

Призначення трансформаторів струму – забезпечити певну нормовану величину струму, що подається на вимірювальні прилади, лічильники, системи релейного захисту. Встановлюються трансформатори струму біля джерела живлення (силові трансформатори на ТП), чи біля споживачів цеху – верстати, вентилятори, електричні печі і т. ін. Місце встановлення – закриті силові чи розподільчі шафи.

Для забезпечення безпечної, безаварійної та високопродуктивної роботи електроустановок необхідно разом з досконалим виконанням та оснащенням їх засобами захисту, організувати таку експлуатацію, яка б виключала вірогідність помилок з боку обслуговуючого персоналу.

Тому структура такої експлуатації викладена у вигляді “Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок” (ПТБ) та “Правила технічної експлуатації електричних станцій та мереж ” (ПТЕ).

Необережне поводження з електричною частиною верстатів може привести до травмування людини, яка обслуговує електричне обладнання. Тяжкість ураження електричним струмом може бути з летальним наслідком. Тому людина, яка обслуговує електричне обладнання повинна мати спеціальну групу допуску:

					<b>ДП 2021 141</b>		
		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Боднар В.В.			<i>11. Охорона праці</i>	Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Чорний Ю.А.					76	6
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.	Балюта С.М						

1-а група з електробезпеки присвоюється особам, які не обслуговують електроустановки (неелектротехнічний персонал), а також не працюють на діючих електроустановках (неелектротехнологічний персонал). Тобто, це люди, які не мають до електрики ніякого відношення. Першу групу обов'язково присвоюють і особам з числа електротехнічного та електротехнологічного персоналу при відсутності у них навіть мінімального стажу роботи в електроустановках і спеціальної освіти.

2-я група з електробезпеки присвоюється електротехнологічному і решті неелектротехнічного персоналу вже за результатами атестації в комісії підприємства або відділення Укртехнагляду. Формально для того, щоб атестуватися на другу групу, фахівець повинен мати досвід роботи в електроустановках 1-2 місяці в залежності від наявної у нього освіти. Якщо атестація на другу групу первинна, а персонал, що атестується, не має електротехнічної освіти, то перед атестацією він повинен пройти теоретичне навчання в обсязі не менше 72 годин.

3-тя група допуску з електробезпеки присвоюється за результатами атестації в комісії підприємства або відділення Укртехнагляду. Третя група може бути тільки у електротехнічного персоналу, оскільки передбачається, що фахівець з цією групою може самостійно оглядати і підключати електроустановки до 1000 вольт, а також входити до складу бригади, яка обслуговує електроустановки понад 1000 вольт при наявності в посвідченні позначки «до і понад 1000 вольт».

4-я група з електробезпеки теж присвоюється за результатами атестації в комісії підприємства Укртехнагляду. Фахівці з четвертою групою допуску можуть виконувати широкий спектр обов'язків: можуть видавати наряд на виконання робіт в електроустановках до 1000 вольт і видавати розпорядження на виконання робіт в установках понад 1000 вольт з переліку, затвердженого відповідальним за електрогосподарство. При наявності в посвідченні позначки

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		77

«до і понад 1000 вольт» фахівець з четвертою групою може бути виконавцем робіт і допускається до установок понад 1000 вольт.

5-я група допуску з електробезпеки передбачає максимальну відповідальність фахівця і його здатність виконувати будь-яку роботу в електроустановках, а також здійснювати керівництво такими роботами аж до виконання обов'язків відповідального за електрогосподарство. Присвоюється п'ята група тільки за підсумками атестації в комісії підприємства Укртехнагляду. При наявності в посвідченні позначки «до і понад 1000 вольт» особа з п'ятої групою може видавати наряд / розпорядження, що допускає до роботи на електроустановках, відповідальним керівником і виконавцем робіт в будь-яких електроустановках.

При огляді електричного обладнання обов'язково потрібно звернути увагу на наявність і справність захисного заземлення чи занулення корпусів, каркасів не змінюючи кожухів і огорожень з діючого обладнання роботи.

Тяжкість ураження організму електричним струмом залежить від цілого ряду фізіологічних та фізичних чинників і умов середовища. Сюди відноситься: опір тіла людини, сила струму та тривалість його дії, шлях протікання через тіло людини; вид і частота електричного струму, індивідуальні особливості організму людини, стан її здоров'я і нервової системи, середовище, яке оточує людину при ураженні її електричним струмом.

Тому для роботи в цеху допускаються працівники, що мають певний виробничий розряд, а також пройшли інструктажі з техніки безпеки по роботі з електротехнічним обладнанням. Ці інструктажі регламентовані такими підзаконними документами, як ПУЕ – правила улаштування електроустановок, ПТЕЕС – правила технічної експлуатації електроустановок споживачів,

ППБ – правила пожежної безпеки на виробництві.

Основні положення цих правил та вимог наступні.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, узгодженого з Держпраці, а також до вимог електротехнічної обслуги, які містяться в ПТЕ.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці Правила відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з такими вимогами:

1) для одержання групи I, незалежно від посади і фаху, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має провадити особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за її письмовим розпорядженням, – особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

2) особам молодшим за 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II;

3) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою;

4) для одержання груп II–III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і уміти застосувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову і улаштування електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

5) для одержання груп IV–V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечно проведення робіт, уміти навчити працівників інших груп Правилам безпеки і наданню першої допомоги потерпілим від електричного струму;

б) для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів Правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил, видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом. Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом. Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання. Забороняється виконання розпоряджень та завдань, що суперечать вимогам правил безпечної експлуатації електроустановок.

Згідно правил безпеки на підприємстві дотримані нормативні проходи між машинами. Усі рухомі частини машин, майданчики для обслуговування мають мати огороження.

Металеві частини машин та опорних конструкцій заземлені. Є загальний

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		80

контур заземлення, металеві частини труб під і над патрубками з'єднані прокладками для зняття статичної електрики.

Приводи та рухомі частини обладнання необхідно огородити, залишивши проміжок між огорожею та рухомими частинами і пасами не менше ніж 150 мм (застереження статичної електрики).

Відомості про зміни в схемах повинні доводитися до всіх робітників ( із записом в оперативному журналі ), для яких обов'язкове знання цих схем.

На всіх робочих місцях повинні бути необхідні експлуатаційні інструкції, складені у відповідності з вимогами ПТЕ та ПТБ.

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів:

Здійснити необхідні вимкнення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;

Вивісити заборонні плакати на приводах ручної і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;

Перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;

Встановити заземлення (встановити переносні заземлення, ввімкнути заземлюючі ножі).

Обгородити, за необхідністю, робочі місця або струмові дні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини обгородити до чи після заземлення.

Для захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції повинен бути застосований один з наступних захисних заходів: заземлення занулення, захисне вимкнення, розподільчий трансформатор, мала напруга, подвійна ізоляція, вирівнювання потенціалів.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

До частин, що підлягають зануленню або заземленню відносяться:

Корпуси електричних машин, апаратів, трансформаторів, світильників тощо;

Приводи електричних апаратів;

Вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів;

Каркаси розподільних щитків, щитків керування, щитків і шаф, а також частини, які знімаються або відчиняються, якщо на останніх встановлено електрообладнання напругою вище 42 В змінного струму або більше 110В постійного струму;

Металеві конструкції розподільних пристроїв, металеві кабельні конструкції, металеві кабельні з'єднувальні муфти, металеві оболонки і броня контрольних і силових кабелів та інші металеві конструкції, на яких встановлюється електрообладнання;

Металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів;

Електрообладнання, що встановлене на рухомих частинах верстаків, машин і механізмів.

## **12.2. Послідовність звільнення та надання допомоги потерпілому, що знаходиться під дією електричного струму при напрузі понад 1000 В**

Випадкових впливів напруг на людину спостерігається багато, однак лише незначна кількість їх супроводжується протіканням великих струмів, що викликають електричні травми, а ще рідше - летальний результат. Статистика відзначає, що один летальний результат доводиться на 140 - 150 тис. випадків проходження електричного кола через тіло людини.

Численними дослідженнями і практикою встановлено, що стан людини, що потрапила під напругу і не подає зовнішніх ознак життя, слід розглядати тільки як уявну смерть, викликану тимчасовим функціональним розладом організму.

					<b>ДП 2021 141</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<b>82</b>

Тому при ураженні людини електричним струмом необхідно взяти заходів до звільнення потерпілого від струму і негайно приступити до надання йому першої допомоги.

Звільняти людину від дії струму необхідно якомога швидше, але при цьому треба дотримуватися запобіжних заходів. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, повинні вживатися заходи щодо попередження його падіння.

Дотик до людини, що знаходиться під напругою, небезпечний, і при веденні рятувальних робіт необхідно суворо дотримуватися певних заходів від можливого ураження струмом осіб, які проводять ці роботи.

Найбільш простим способом звільнення потерпілого від струму є відключення електроустановки або тієї її частини, якої касається людина. При відключенні установки може згаснути електричне світло, тому при відсутності денного світла необхідно мати наготові інше джерело світла - ліхтар, свічку і таке інше.

Якщо швидко відключити установку не можна, необхідно взяти відповідних заходів обережності, щоб самому не опинитися в контакті з струмоведучою частиною або тілом потерпілого, а також під напругою кроку.

В установках напругою до 400 В потерпілого можна відтягнути за сухий одяг. При цьому не можна торкатися незахищених ділянок тіла потерпілого, сирого одягу, взуття і таке інше.

При наявності електрозахисних засобів - діелектричних рукавичок, калош, килимків, підставок - слід їх використовувати при звільненні потерпілого від струму.

У випадках, коли руки потерпілого охоплюють провідник, слід перерубати провідник сокирою або іншим гострим предметом з ізолюваними ручками (сухе дерево, пластмаса).

В установках напругою вище 1000 В для звільнення потерпілого необхідно користуватися ізолюючою штангою або ізолюючими кліщами, дотримуючись усіх правил користування цими захисними засобами.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

Якщо потерпілий в результаті впливу напруги кроку впав, його необхідно ізолювати від землі, підсунувши під нього суху дерев'яну дошку або фанеру.

**Після звільнення потерпілого від струму** необхідно встановити ступінь ураження і відповідно до стану потерпілого надати йому медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, необхідно забезпечити йому відпочинок, а при наявності травм або пошкоджень (удари, переломи, вивихи, опіки і таке інше) Необхідно надати йому першу допомогу до прибуття лікаря або доставити до найближчої лікувальної установи.

Якщо потерпілий втратив свідомість, але дихання збереглося, необхідно рівно і зручно укласти його на м'яку підстилку - ковдру, одяг і таке інше. Розстебнути комір, пояс, зняти одяг, що стискає, очистити порожнину рота від крові, слизу, забезпечити приплив свіжого повітря, дати понюхати нашатирний спирт, окропити водою, розтерти і зігріти тіло.

При відсутності ознак життя (при клінічній смерті відсутнє дихання і пульс, зіниці очей розширені через кисневе голодування кори головного мозку) або при переривчастому подиху слід швидко звільнити потерпілого від одягу, що стискає подих, очистити рот і робити штучне дихання і масаж серця.

### **Штучне дихання**

Існуючі способи штучного дихання діляться на апаратні і ручні.

Найбільш простим апаратом штучного дихання є ручний портативний апарат РПА-1. Вдування і видалення повітря з легенів потерпілого апаратом проводиться через гумову трубку або щільно надіту маску. РПА-1 зручний в застосуванні, дозволяє вдувати в легені до 1 л повітря за один цикл.

Для проведення штучного дихання за допомогою РПА-1 постраждалого необхідно укласти на спину, відкрити і прочистити рот, вставити в рот повітропровід (щоб не западав язик) і надіти відповідну за розміром маску. За допомогою ременів встановити ступінь розтягування хутра, що визначає кількість повітря, що подається. При розтягуванні хутра повітря з атмосфери засмоктується в хутро. При стисненні хутра це повітря подається в легені

потерпілого. Під час наступного розтягування хутра відбувається пасивний видих через дихальний клапан, що перешкоджає підвищенню тиску в легенях потерпілого вище норми.

Крім цього способу в даний час широко застосовують способи штучного дихання «з рота в рот» і «з рота в ніс», що є найбільш ефективними.

Перш ніж почати штучне дихання, потрібно переконатися в прохідності дихальних шляхів потерпілого. Якщо щелепи його стиснуті, їх розтискають якимось плоским предметом. Порожнина рота звільняють від слизу. Потім потерпілого кладуть на спину і розстібають одяг, що стискає дихання і кровообіг. Голова його при цьому повинна бути різко закинута назад так, щоб підборіддя знаходився на одній лінії з шиєю. У цьому положенні корінь язика відходить від входу в гортань, завдяки чому забезпечується повна прохідність верхніх дихальних шляхів. Щоб уникнути западання язика необхідно одночасно висунути вперед нижню щелепу і утримувати її в цьому положенні. Потім людина, що надає допомогу, робить глибокий вдих і, приклавши свій рот до рота потерпілого, вдувають в його легені повітря (метод «з рота в рот»). Після того як грудна клітка потерпілого досить розшириться, вдування повітря припиняють. У постраждалого при цьому відбувається пасивний видих. Тим часом людина, що надає допомогу, робить знову глибокий вдих і повторює вдування. Частота таких вдування для дорослих повинна досягати 12-16, для дітей - 18-20 разів на хвилину. На час вдування повітря ніздрі потерпілого затискають пальцями, а після припинення вдування їх відкривають для полегшення пасивного видиху.

При методі «з рота в ніс» повітря вдувають через носові входи, підтримуючи підборіддя і губи потерпілого так, щоб повітря не йшло через ротовий отвір. У дітей штучне дихання можна проводити «з рота в рот і ніс».

### **Масаж серця**

Для відновлення серцевої діяльності застосовують непрямий, або закритий, масаж серця. Постраждалого укладають на спину. Людина, що надає

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

допомогу, стає збоку або в голові потерпілого і кладе йому долоню своєї руки на нижню третину грудини посередині (предсердечна область). Інша рука накладається на тильну поверхню першої руки для посилення тиску, і людина, що надає допомогу, енергійним поштовхом обох рук зміщує передню частину грудної клітки потерпілого на 4 - 5 см в сторону хребта. Після натискання слід швидко забрати руки. Закритий масаж серця слід проводити в ритмі нормальної роботи серця, тобто 60 - 70 натискань в хвилину.

За допомогою закритого масажу не вдається вивести серце зі стану фібриляції. Для усунення фібриляції служать спеціальні апарати - дефібрилятори. Основним елементом дефібрилятора є конденсатор, який заряджається від мережі, а потім розряджається через грудну клітку потерпілого. Розряд відбувається в формі одиночного імпульсу струму тривалістю 10 мкс і амплітудою 15 - 20 А при напрузі до 6 кВ. Імпульс струму виводить серце зі стану фібриляції і викликає синхронізацію функції всіх м'язових волокон серця.

Заходи щодо поживлення, що включають одночасне проведення закритого масажу серця і штучного дихання, виконують, коли потерпілий знаходиться в стані клінічної смерті. Закритий масаж серця і штучне дихання проводять так само, як описано вище. Якщо надають допомогу дві людини, то один з них робить закритий масаж серця, а інший - штучне дихання. При цьому на кожне вдуття повітря проводиться 4 - 5 натискань на грудну клітку. Під час вдуття повітря натискати на грудну клітку не можна, а якщо на постраждалому надіто термобілизна, то натиснення може бути просто небезпечно.

Якщо допомогу надає одна людина, то йому самому доводиться робити і закритий масаж серця, і штучне дихання. Черговість операцій при цьому наступна: проводиться 2 - 3 вдуття повітря, а потім 15 поштовхів в область серця.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

Заходи щодо поживлення необхідно проводити до відновлення нормальної роботи серця і органів дихання, про що свідчать порозовеніє шкіри, звуження зіниць і відновлення реакції на світло, поява пульсу на сонній артерії, відновлення дихання. Якщо оживити потерпілого не вдається, то ці заходи необхідно продовжити до прибуття медичного персоналу або появи явних ознак незворотної (біологічної) смерті: зниження температури тіла до температури навколишнього середовища, задубіння, трупних плям.

### 12.3 Практичне завдання

Людина доторкнулась до фазного проводу чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю ( 380/220 В, 50 Гц ). Накреслити схему і визначити напругу дотику (  $U_{\text{дот}}$  ) та силу струму, що проходить через людину (  $I_{\text{л}}$  ) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному і аварійному.

1. В нормальному режимі для двох випадків :

1.1. при  $C_A = C_B = C_C = 0$  і  $R_A = R_B = R_C = R$ , кОм; опір  $R$  має значення, наведені у таблиці.

1.2.  $C_A = C_B = C_C = C$  мкФ , і  $R_A = R_B = R_C = \infty$ ; ємність  $C$  має значення, наведені в таблиці.

2. В аварійному ( людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю  $R_{\text{зам}}$ , Ом ).

Варіант	$R_{\text{л}}$ , Ом	$R_0$ , Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
			1 випадок : $C_A = C_B = C_C = 0$ $R_A = R_B = R_C = R$	2 випадок : $R_A = R_B = R_C = \infty$ ; $C_A = C_B = C_C = C$	$R$ , кОм	$C$ , мкФ	$R_{\text{зам}}$ , Ом
21	1100	3,7			55	0,11	180; 60; 4; 0,5 .



$$U_{\text{дот}} = 220 \cdot 1100 \cdot \frac{180 + 3,7 \cdot \sqrt{3}}{180 \cdot 3,7 + 1100(180 + 3,7)} = 222,51 \text{ В.}$$

За тими же вхідними даними розраховуємо струм через людину :

$$I_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} \cdot R_0 + R_{\text{л}}(R_{\text{зам}} + R_0)} ;$$

$$I_{\text{дот}} = 220 \cdot \frac{180 + 3,7 \cdot \sqrt{3}}{180 \cdot 3,7 + 1100(180 + 3,7)} = 0,19 \text{ А.}$$

Знаходимо інші значення  $U_{\text{дот}}$  та  $I_{\text{дот}}$  підставляючи відповідні параметри  $R_{\text{зам}}$ . Отримані значення заносимо до таблиці 12.2.

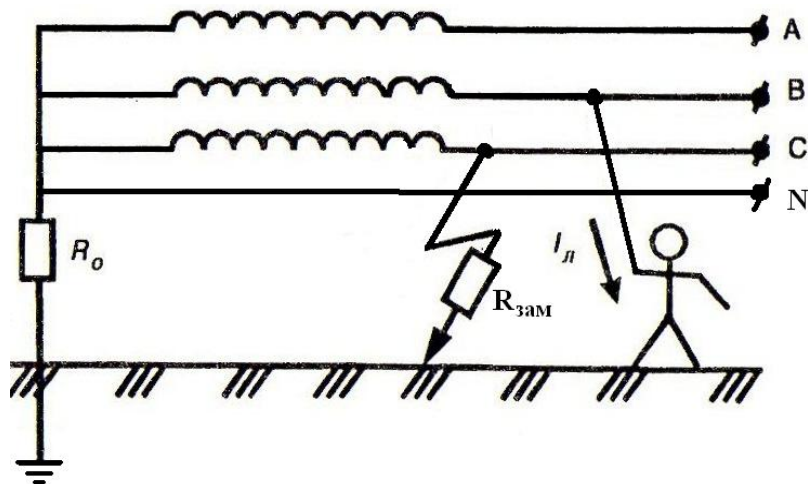


Рис. 12.2. Однофазний дотик до фази 4-провідної лінії (аварійний режим)

Таблиця 12.2

$U_{\phi}$	220, В			
$R_{\text{л}}$	1100, Ом			
$R_0$	3,7 Ом			
$R_{\text{зам}}$	180	60	4	0,5

$U_{\text{дог}}$	222,51	228,6	296,87	361,73
$I_{\text{дог}}$	0,19	0,20	0,27	0,33

### 13. Використання споживачів-регуляторів

#### 13.1. Графіки навантажень споживачів електроенергії

Графіки навантаження споживачів електроенергії. Змінюється в часі навантаження може наочно представлятися графіками навантаження (рис.2.1). За охоплених періоду часу розрізняють змінні, добові, річні та інші графіки навантаження, а по розглянутій величиною - графіки активної, реактивної і повної потужності, графіки струму. За кількістю електроспоживачів розрізняють графіки навантаження:

- індивідуальні - графіки електричних приймачів;
- групові - складові з індивідуальних графіків з урахуванням взаємозалежності навантажень за умовами технології;
- споживачів в цілому, для яких облік усього різноманіття індивідуальних графіків практично рахунково] безлічі електроприймачів унеможлиблює застосування прямих методів розрахунку (навіть при наявності всіх графіків до моменту прийняття рішення).

Через відносно повільний нагрів провідників, що застосовуються в системах електропостачання промислових установок, всі вимірювані величини представляються на графіках усередненими за проміжки часу в 15-60 хв і визначаються за допомогою лічильників активної та реактивної електроенергії. Причому дуже важливо для конкретної електроустановки вибрати найбільш оптимальні інтервали осереднення  $\Delta t$ , сума яких визначає 30-хвилинний інтервал, який приймається за розрахунковий час. Для індивідуальних графіків  $\Delta t$  має відповідати фізиці досліджуваного процесу. На добовому графіку виділяють ранковий  $P_{\max.u}$  і вечірній  $P_{\max.v}$  максимуми і нічний провал, коли навантаження опускається до мінімуму  $P_{\min}$ . Години проходження ранкового і вечірнього максимумів задаються енергосистемою. Найбільший з них

					<b>ДП 2021 141</b>		
Змн.	л100и	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Боднар В.В.			Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Чорний Ю.А.				100	3
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М					

приймається за добовий максимум і наноситься на річний або місячний графік. За цими даними стає можливим дізнатися час споживання певної потужності. Таким чином, крім хронологічного графіка, представленого на рис.2.1, для полегшення математичного аналізу застосовують впорядковані графіки, або графіки тривалості навантажень (рис.2.2).

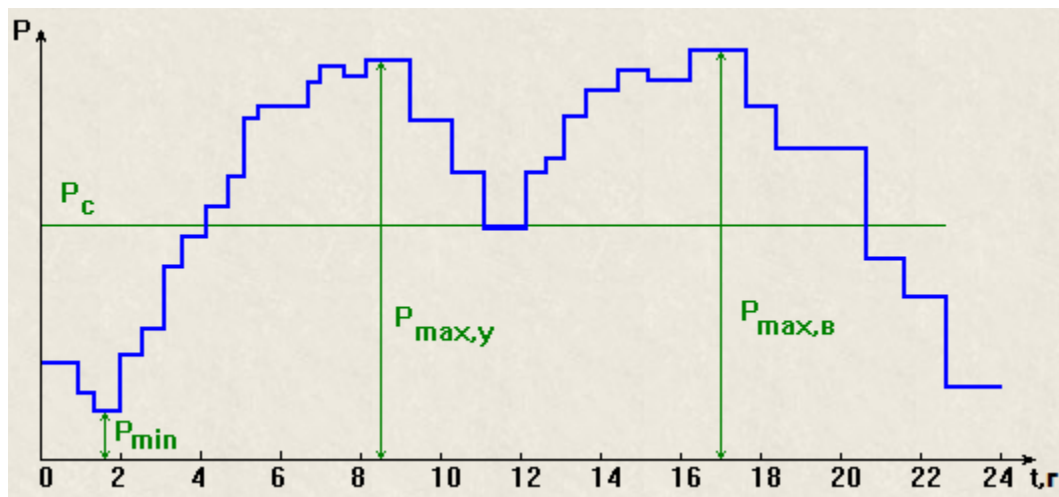


Рис. 13.1. Добові графіки  $P(t)$  електричних навантажень

$P_c$  - середньодобове навантаження;

$P_{\min}$  – мінімальне навантаження;

$P_{\max, \text{р}}$  – максимальне навантаження в ранкові години;

$P_{\max, \text{в}}$  - максимальне навантаження в вечірні години.

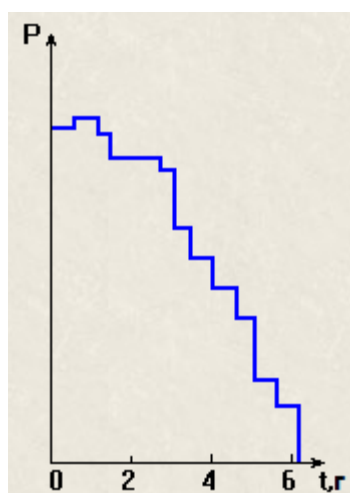
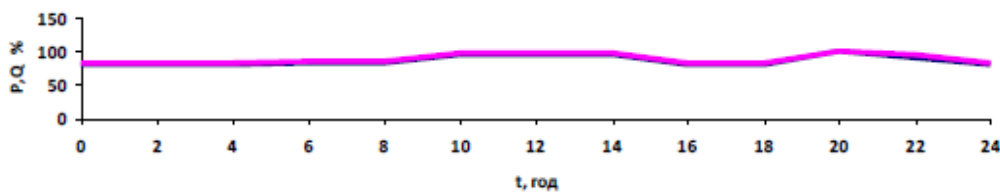
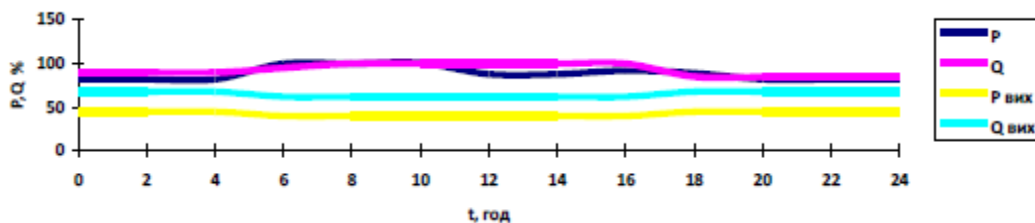


Рис. 13.2. Графік тривалості активних навантажень

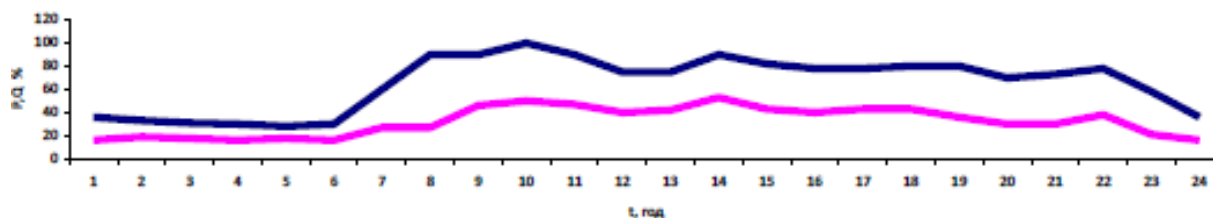
При вирішенні питань розвитку розподільчих мереж, потрібні данні щодо графіків електричних навантажень підприємств різних галузей промисловості. Нижче приведені добові графіки споживання електричної енергії для підприємств різних галузей.



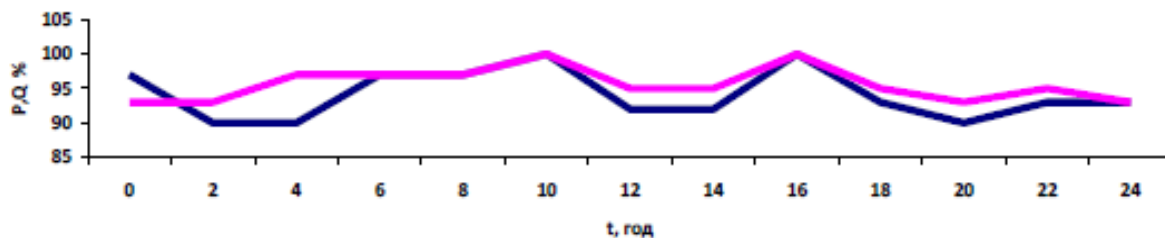
а) Вуглевидобувна промисловість



б) Чорна металургія



в) Деревообробна промисловість



г) Хімічна промисловість

Рис.13. 3. Добові графіки навантажень для різних галузей промисловості

На [рис.13.3] показано добові графіки навантажень для чотирьох різних галузей промисловості, тут P,Q – активне і реактивне навантаження робочого дня; Pвих,Qвих – активне і реактивне навантаження вихідного дня. З графіків

зрозуміло, що кожна галузь, залежно від особливостей виробництва, типів обладнання, ступеня неперервності виробництва, має свій власний графік споживання електричної енергії.

Графіки навантажень споживачів є надзвичайно важливим джерелом інформації для фахівців електроенергетичної галузі. Побудова графіків електричних навантажень необхідна для розв'язку задач пов'язаних з експлуатацією, проектуванням та розвитком енергосистем. На основі таких графіків складають баланси потужності та визначають необхідну потужність джерел електричної енергії, розраховують оптимальні режими роботи електричних станцій, розробляють рекомендації по регулюванню, визначають умови роботи електричних мереж та міжсистемних зв'язків.

### **13.2. Оцінка графіків навантаження виробничих систем**

Добовий графік електричного навантаження (ГЕН) України має наступний вигляд (рис.13.2 1) з поділом на три частини: зони піку, напівпіку та провалу [14].

Наведена нерівномірність ГЕН енергосистеми ускладнює забезпечення використання електроенергії у вузлах її споживання та впливає на частоту мережі змінного струму і розрахункового рівня напруги (тоб то недопущення переходу енергосистеми до аварійного стану). Крім того, через технологічні вимоги енергосистеми відсутня можливість забезпечення не можливо покриття ГЕН енергосистеми на протязі доби. Виникають значні втрати природних ресурсів при виробленні електричної енергії.



Рис. 13.4. Типовий добовий графік навантаження енергосистеми України

Виникає питання оптимального керування ГЕН енергосистеми для забезпечення його вирівнювання за добу.

Графік навантаження енергосистеми формується з використанням навантаження споживачів. Таким чином його вирівнюванн можливе тільки за допомогою споживачів-регуляторів. Електричне навантаження цих споживачів може бути обмежене або перенесене з одного часу до іншого на протязі доби [15].

Найчастіше зміна режиму роботи споживачів електроенергії використовується у промисловість [16]. При цьому досягається максимальний ефект з мінімальними затратами.

В теперішні час вирівнвирівнювання ГЕН промислових підприємств впроваджується з використанням тарифів на електроенергію, що диференційовані в часі.

Період часу	Нічний	Денний	Напівпіковий	Піковий
Двотарифні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,4	1,5		

Тривалість періоду	23-00 до 7-00 8 го д		7-00 до 23-00 16 го д	
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35		1,02	1,68
Тривалість періоду	24-00 до 7-00 7 го д		7-00 до 8-00 11-00 до 20-00 23-00 до 24-00 11 го д	8-00 до 11-00 20-00 до 23-00 6 го д

Таким чином зараз використовуються два види тарифів, що диференціюються за періодами часу, це двозонні та тризонні тарифи.

Тобто основним завданням регулювання ГЕН підприємства з боку енергосистеми є економічне стимулювання підприємства до використання споживачів-регуляторів.

### 13.3. Виявлення споживачів-регуляторів

Заходи щодо організації режимів електроспоживання різних груп електроприймачів підприємства, спрямовані на вирівнювання графіків навантаження й зниження максимуму потужності, можуть дати розрахований ефект, якщо збігаються реальні технологічні процеси із запланованими [17].

При неминучих відхиленнях ходу технологічного процесу від запланованого, перебоях у роботі основного й допоміжного устаткування виникають режими, що призводять до зростання нерівномірності навантаження й збільшення ймовірності перевищення ліміту півгодинної потужності. У таких випадках з'являється необхідність регулювання електроспоживання в години максимуму навантажень енергосистеми зміною режиму роботи (відключення або зниження потужності) споживачів-регуляторів з метою зменшення максимуму півгодинної потужності підприємства. При цьому необхідно, по

можливості, використовувати регулювальні заходи для відновлення запланованого режиму спільної роботи електроприймачів.

Для виявлення споживачів-регуляторів на кожному підприємстві необхідно проводити контрольне обстеження всіх найбільш енергоємних установок основних технологічних процесів. Контрольне обстеження проводиться підготовленою комісією досвідчених фахівців із числа посадових осіб, відповідальних за експлуатацію технологічного й енергетичного устаткування (відділ головного енергетика, відділ головного технолога, керівники цехів і ділянок) із залученням (за узгодженням) інспектора Енергонагляду.

У ході обстеження вивчаються окремі виробничі процеси, режими роботи підприємства, окремих установок, ділянок і цехів склад електроприймачів як підприємства в цілому, так і кожної підстанції. Збираються й аналізуються дані про потужність і споживання електроенергії в години максимуму й мінімуму енергосистеми. Вивчаються характеристики основних технологічних об'єктів підприємства й окремих, найбільш енергоємних електроприймачів.

Інформація про електроспоживання, яка необхідна для регулювальних заходів і виявлення споживачів-регуляторів, має містити такі дані:

- режим роботи підприємства;
- існуюча система обліку й контролю електроспоживання;
- заявлені й фактичні значення півгодинних максимальних потужностей у години максимуму навантаження енергосистеми;
- характерні добові графіки електричних навантажень за осінньо-зимовий і весняно-літній періоди;
- графіки активного навантаження, зняті в години максимуму навантаження енергосистеми в режимні дні через 10 хв.

У ході обстеження виявляють електроприймачі, що формують максимуми в графіку зміни потужності підприємства, і вивчають можливість організації

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

режиму їхньої спільної роботи, що виключає збіг у часі максимумів електроспоживання кількох електроприймачів у такий час.

На основі проведеного обстеження остаточно визначають електроприймачі й технологічні процеси, що допускають перерви в роботі в години максимуму навантажень енергосистеми. Вони можуть використовуватися без шкоди або з мінімумом збитку для виробництва, а також з урахуванням вимог ПТБ і ПТЕ як споживачі-регулятори.

#### **13.4. Децентралізована система електронагріву з акумуляцією тепла**

Слід зауважити, що віднедавна в Україні передбачені цікаві умови для домашніх СЕС і ВЕС щодо вигідного продажу виробленої ними електрики без необхідності отримання техумов на приєднання до мережі та будь-яких зобов'язань [18]. Враховуючи "моду" на такі хоча і малопотужні станції, їх обсяги генеруючих потужностей важко передбачити.

Використання систем з акумуляцією тепла є актуальним напрямом регулювання навантаження електричних систем і є позитивним напрямом «зеленої» генерації потужності.

Впровадження систем з акумулюванням тепла в якості споживачів-регуляторів в автоматичному режимі дозволяє коригувати електричний графік навантаження енергосистеми України з регулюванням частоти та потужності. При цьому використовується мала ступінь дискретизації споживачів-регуляторів (рис. .

З метою ущільнення графіку електричних навантажень в ОЕС України, збільшення можливості автоматичного регулювання частоти і потужності, вирішення проблем теплопостачання пропонується поетапно впроваджувати автоматично-регульовані системи електронагріву з акумуляцією тепла (надалі – Системи) в якості споживача-регулятора з малим ступенем дискретизації (рис. 2) [19].

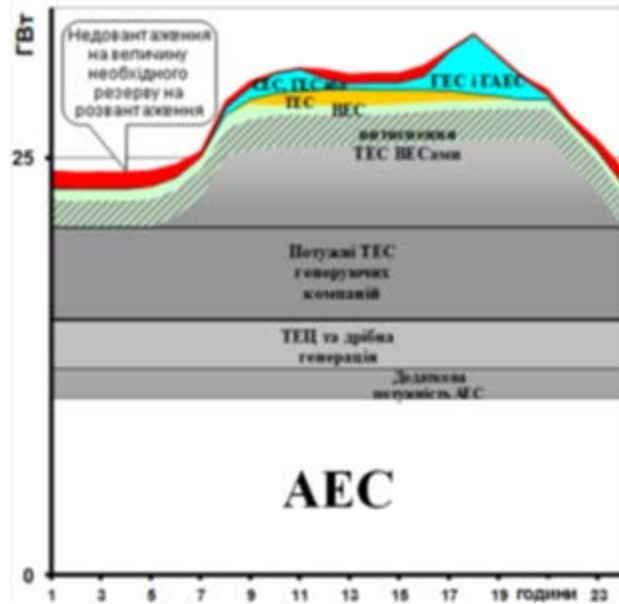


Рис.13.5. Коригування добового графік енергосистеми України з використанням теплоакumuлюючих систем

Децентралізована автоматична теплоакumuлююча системи з використанням споживачів-регуляторів представлена на рис. 13. 6.

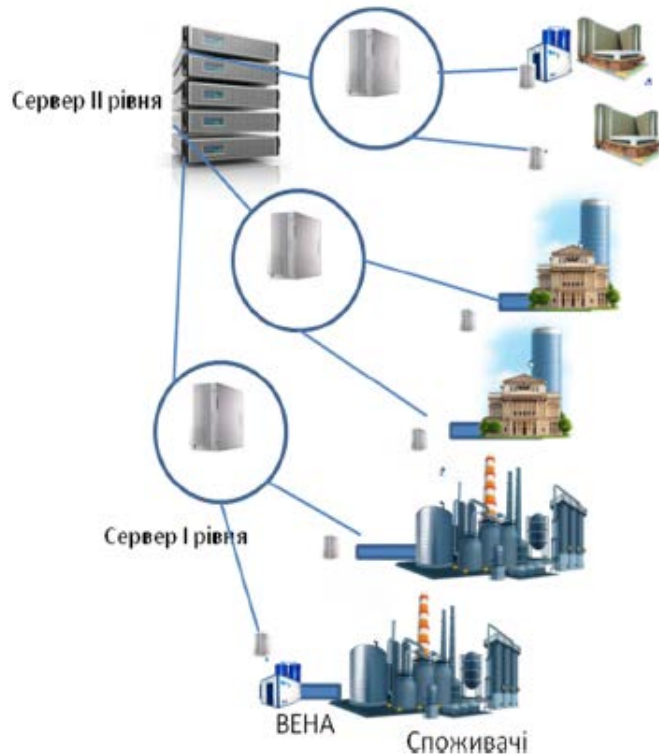


Рис. 13.6. Децентралізована теплоакumuлююча система

Головним елементом теплоакumuлюючої системи є електричний пристрій нагріву (ВЕНА), в якому перетворюється електрична енергія в теплову. Блоки ВЕНА розташовуються в місцях теплоспоживання. При цьому, в першу чергу, використовується електрична потужність в нічний час.

До складу системи входить:

Основні складові децентралізованої Системи:

- генератор теплової енергії;
- акумулятор теплової енергії;
- система електропостачання та автоматики;
- монтажне обладнання;
- пульт керування.

Генератор теплової енергії (рис. 5) призначений для перетворення електричної енергії в теплову.

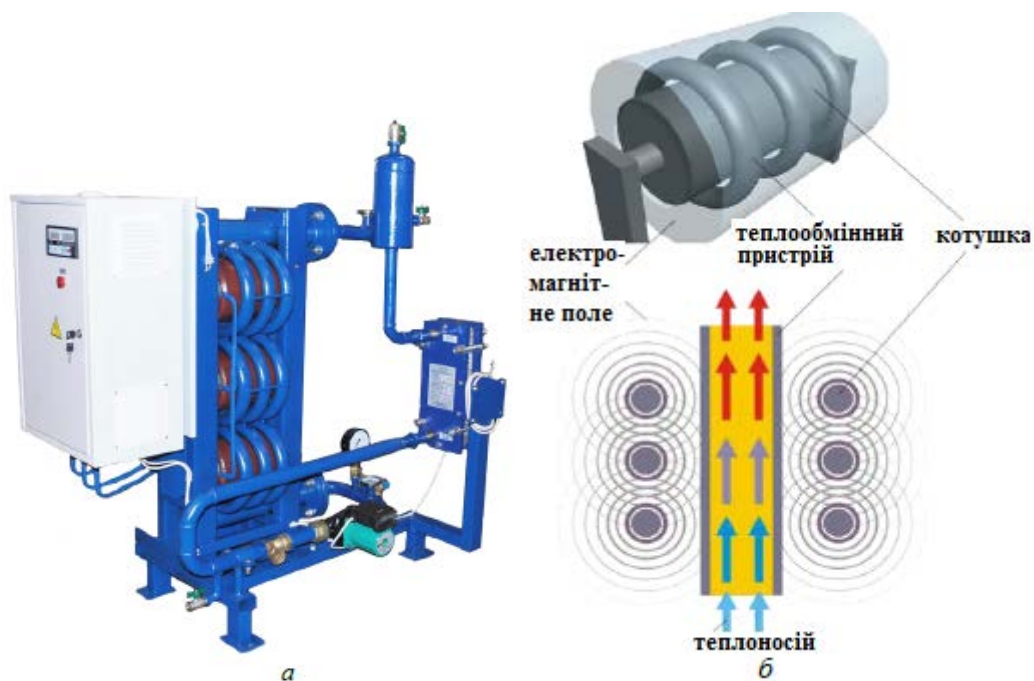


Рис. 13.7. Генератор теплової енергії: *а* – вигляд генератора; *б* – схема використання генератора

Зайве тепло зберігається в акумуляторах теплової енергії. Збереження теплової енергії в акумуляторах передбачається з використанням періодів доби

коли передбачені низькі ціни на електроенергію. Також визначається період використання акумуляторів для регулювання частоти і потужності.

Сподівані результати від застосування теплоакumuлюючих систем з використанням споживачів-регуляторів :

1. Розв'язання проблем зменшення затрат на забезпечення тепловою енергією і постачання гарячої води.
2. Автоматизоване керування навантаженням з малою ступінню дискретизації.
3. Згладження добового графіку споживання енергосистеми.

### **13.5. Дослідження можливостей керування споживачами-регуляторами в залежності від навантажувальної здатності трансформаторів**

Проблема нерівномірного графік електричного навантаження (ГЕН) виникла ще на початку становлення електроенергетичних систем [20]. З 1930 року для зменшення піку ГЕН почали переводити стрілку годинника на годину вперед. Вирівнювання ГЕН на промислових підприємствах (ПП) розглянуто у багатьох роботах [21]. В роботі [22] присвячена увага виявленню резервів технологічних процесів на ПП з метою регулювання ГЕН. У роботі [23] розглядається метод регулювання ГЕН у побутовому секторі Аналіз літератури показав, що основна увага приділяється вирівнювання ГЕН ПП.

ГЕН ОЕС складається з безлічі ГЕН різних споживачів електроенергії і на його формування технічно складно вплинути. Враховуючи принцип суперпозиції можна стверджувати, що формування рівномірного режиму електроспоживання споживачів на нижчих рівнях ієрархії електроенергетичної системи призведе до вирівнювання ГЕН ОЕС в цілому. На рис. 1 представлені стимули та технічні засоби регулювання навантаження на ієрархічних рівнях електроенергетичної системи.

Перший рівень – це централізоване регулювання ГЕН. Здійснюється введенням в роботу ГЕС, ГАЕС та розвантаженням ТЕС на відповідну величину резервної потужності або їх зупинкою в години проходження мінімуму енергосистеми.

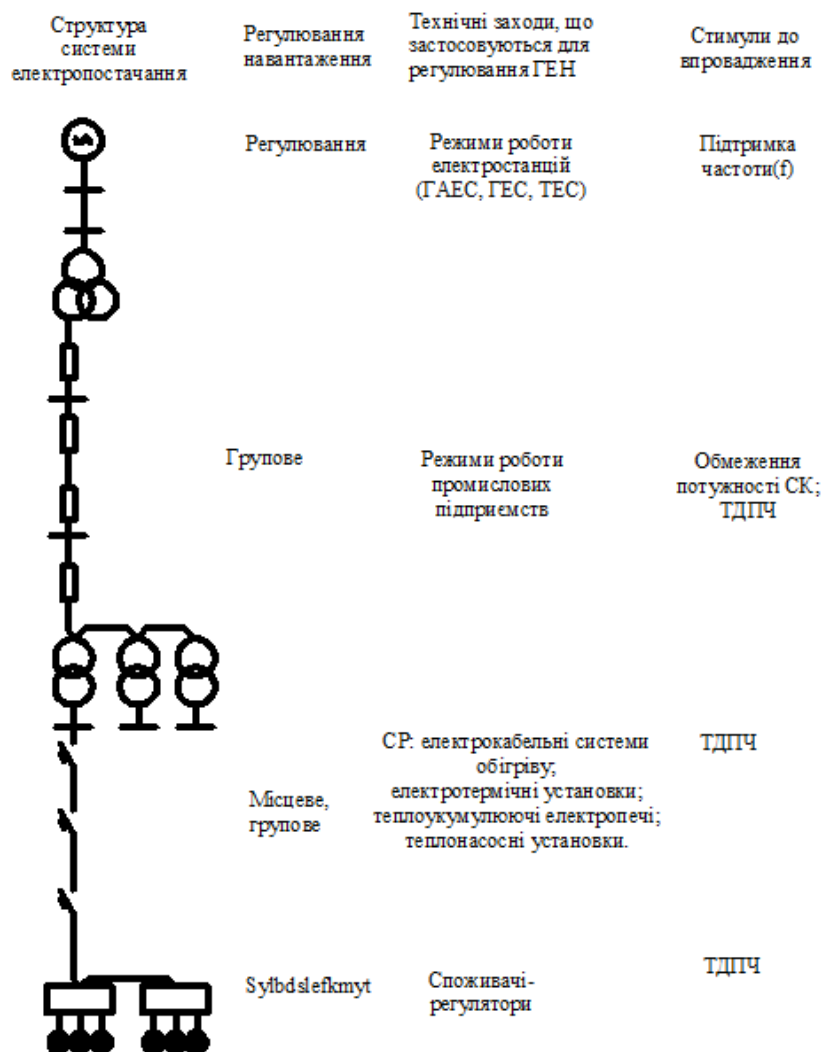


Рис. 13.8. Методи, технічні засоби та стимули регулювання ГЕН на рівнях ієрархічної структури електроенергетичної системи

Проблема дефіциту маневрених потужностей вирішується також регуляторним механізмом через вимушене лімітування енергопостачання,

адміністративне втручання в управління грошовими потоками на оптовому ринку електроенергії.

Для регулювання споживання електричної потужності енергопостачальні організації на підставі договірних величин споживання ЕЕ визначають граничні величини споживання електричної потужності, що встановлюється споживачам на період контролю в години ранкового та вечірнього максимуму навантаження енергосистеми.

За відсутності резерву генеруючих потужностей енергопостачальна організація може виконувати часткове відключення споживачів від мережі живлення.

До того ж енергопостачальні організації економічно зацікавлюють споживачів до зміни свого режиму електроспоживання шляхом введення тарифів диференційованих за періодами часу (ТДПЧ).

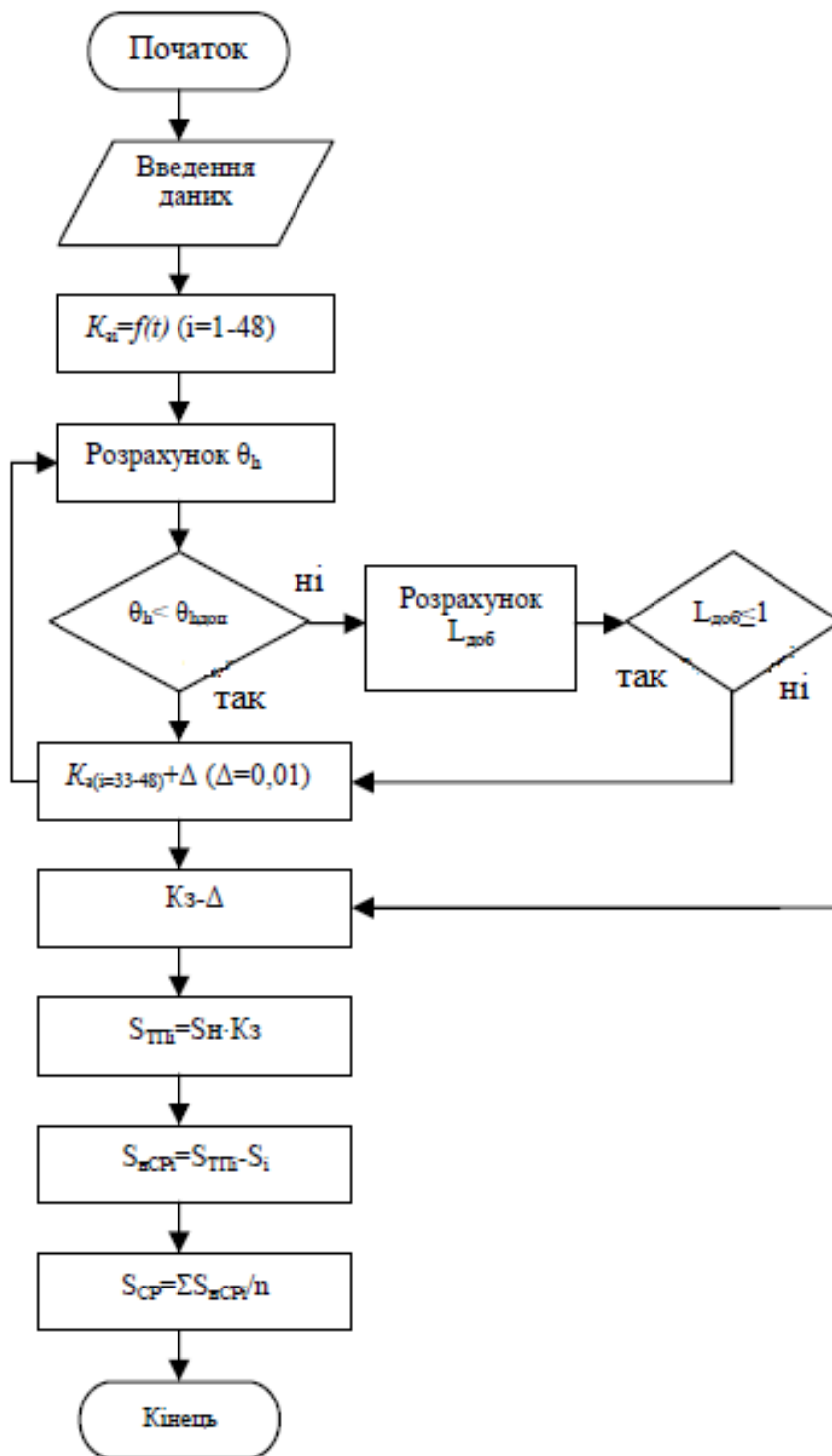
На другий рівень виділенні методи та засоби вирівнювання ГЕН, що застосовуються на ПП. За 20 років існування ТДПЧ потенціал їх упровадження в промисловій групі практично вичерпано. До того ж в зв'язку з економічною кризою, спостерігався суттєвий спад споживання ЕЕ промисловістю. Відповідно можливості регулювання ГЕН, які в основному покладалося на цю сферу зменшилися. В цілому впровадження СР, що є активними елементами електричної мережі, відповідає концепції Smart Grid та спрямоване на регулювання навантаження у режимі реального часу надалі повинно набувати широкого поширення.

Розглянемо засади проектування систем електропостачання підприємств. Для вибору устаткування підстанцій, перетину та матеріалу провідників, конфігурації мережі важливим є визначення розрахункових електричних навантажень споживачів. При додаванні навантажень різних груп споживачів треба враховувати коефіцієнти сумісності. Відповідно розрахункове навантаження підприємств при змішаному живленні від ТП споживачів електроенергії визначається за формулою

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		112



використанням ймовірнісної вихідної інформації [24]. Вибирати потужність СР необхідно враховуючи навантажувальну здатність трансформаторів за критерієм термічного зносу ізоляції.



1. Ввести початкові дані для розрахунку.

Вхідними даними для моделювання є:



### 13.6. Моделювання режимів роботи споживачів-регуляторів

Питання вирівнювання ГЕН не нове, його рішення при-діляли увагу багато вчених [25, 26]. Основним методом наразі є централізоване регулювання навантаження, що здійснюють введенням в роботу ГЕС, ГАЕС та розвантаження блоків ТЕС. Проте застосування ГЕС та ТЕС не впливає на режими електроспоживання, а лише покриває піки та провали, що виникають. Отже, найбільш ефективно впливати саме на процес елект-роспоживання. Для цього енергопостачальні організації шляхом введення тарифів диференційованих за періодами часу, економічно стимулюють споживачів до зменшення електроспоживання в години максимуму та до збільшення в години мінімального електроспоживання.

Таким чином здійснюється вплив на режими електроспоживання шляхом введення в роботу споживачів-регуляторів (СР) – електроприймачі, що здатні до перенесення часу своєї роботи з одних зон на інші без шкоди технологічному процесу. Слід зауважити, що за роки існування ТДПЧ потенціал введення СР на промислових підприємствах практично вичерпано. Тому особливу увагу слід приділити населенню як значному споживачу електроенергії та сектору, де досі не набули широкого впровадження заходи щодо регулювання ГЕН через низку причин, серед яких значна вартість зонних електролічильників, незручності, що виникають через додержання вимог, щодо споживання ЕЕ, тощо.

Графік навантаження  $p(t)$  електричної мережі залежить від складу споживачів та режиму їх роботи. Його формування відбувається під дією цілого ряду факторів як періодичного, так і випадкового характеру. На протязі року спостерігається регулярне зниження навантаження в літні місяці та його збільшення в зимові. Також має місце коливання навантаження у вихідні та святкові дні. На протязі доби спостерігається зниження навантаження в нічні години та підвищення у ранкові та вечірні години.

					ДП 2021 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		116

Як правило, добова циклічність режимів роботи, що обумовлює зміну навантаження електричної мережі по добовому циклу, зумовлена природними циклами, технологічними особливостями та режимом праці і відпочинку. Випадкові коливання навантаження пов'язані з різночасністю включення і відключення споживачів. Істотний вплив здійснює зміна метеорологічних умов. Тому слід зауважити, що застосування у якості СР будь-якого виду електроопалення призведе до збільшення випадкового характеру зміни навантаження. Застосування в якості СР автоматизованих систем нагріву води електроенергією, для забезпечення гарячого водопостачання, яке відносно рівномірне на протязі року є найбільш прийнятним та можливим.

В цілому сумарний ГЕН ТП, що формується, в основному, з періодичних ГЕН житлових будинків, а ті в свою чергу з ГЕН квартир, має стохастичний характер. Взаємозв'язок між його ординатами в різні моменти часу  $t_1$ ,  $t_2 = t_1 + \tau$  є ймовірнісним [27, 28]. Стохастичність ГЕН ТП викликається відсутністю детермінованих зв'язків між ГЕН приєднаних об'єктів. Тому цілком природно, що для вивчення та прогнозування характеристик ГЕН ТП слід використовувати математичний апарат теорії випадкових процесів, що відображає природу зміни навантажень.

Шляхом обробки багаторічних статистичних даних були визначені та побудовані типові ГЕН. Використовуючи типові ГЕН можна визначити максимальну потужність СР та кількість електроенергії в нічні години на потреби СР. Таким чином, визначити чи достатньо цієї електроенергії для нагріву необхідного об'єму гарячої води для забезпечення потреб споживачів.

Слід зауважити, що при використанні типових ГЕН необхідно враховувати зміну годин піку ГЕН залежно від освітленості на протязі року, що носить циклічний характер.

Більш суттєва проблема зміна характеру температури навколишнього середовища у зимовий період та в весняно-осінній неопалювальний період. В цих умовах для обігріву застосовуються різноманітні побутові

електрообігрівачі, які в останні роки набули широкого поширення, і пов'язана з цим суттєва зміна колювання навантаження.

З метою точності розрахунків номінальної потужності СР та для здійснення якісного моделювання їх режимів роботи важливо здійснювати вимірювання ГЕН безпосередньо на даній ТП.

Для проведення експериментальних досліджень необхідно виділити об'єкт дослідження, обрати ТП, від якої отримує живлення певна кількість житлових будинків, вибрати температуру води, до якої необхідно нагріти відповідний об'єм води, визначити умови проведення вимірювань, їх тривалість, та необхідні технічні засоби вимірювання.

Для системного дослідження режиму навантаження ТП використовуємо графік навантаження цеху. З урахуванням навантажувальної здатності трансформаторів слід обирати номінальну потужність СР та режим їх роботи залежно від завантаження ТП в даний момент часу.

При ймовірно-статистичному моделюванні реальний процес зміни електричного навантаження розглядають як нестационарний випадковий процес, який в певні періоди, наприклад, години максимальних та мінімальних навантажень добового ГЕН, можна представити як стаціонарний. Тоді необхідно зробити виміри навантажень в нічні (мінімальні) години декількох днів в один і той же сезон та представити результати вимірювань у вигляді ряду послідовних значень навантаження ( $i =$

1, 2 ... n) усереднених за півгодинні (годинні) інтервали.

Для характеристики процесу зміни навантаження у часі визначають величини математичного очікування  $M(S)$  та відповідних середньоквадратичних відхилень навантаження  $\sigma(S)$  для розрахункових моментів часу. Саме вони відображають основні ймовірнісні характеристики електричних навантажень споживачів.

Розрахункове значення навантаження знаходиться за формулою:

$$S_p(t) = M[S(t)] + \beta[S(t)]$$

									Лист
									118
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

де –  $M[S(t)]$  - математичне очікування навантаження в момент часу  $t$ ,  
 $\beta[S(t)]$  - середньоквадратичне відхилення навантаження у момент часу  $t$ ,  
 $\beta$  - коефіцієнт розкиду випадкової величини навантаження, що враховує інтенсивність розкиду випадкових значень навантаження навколо прийнятого розрахункового значення. При визначені розрахункових навантажень приймають  $\beta=2\dots3$ .

Моделювання електричних навантажень ТП дозволяє враховувати реальний процес поведінки навантаження, що є важливим для подальшого аналізу параметрів СР [29].

За відомих значень вхідних параметрів: місцезнаходження ТП, кількість та потужність трансформаторів, переріз жили кабелів необхідно змоделювати режим роботи СР дотримуючись обмежень за потужністю, годинами доби, втратою напруги та за умовами нагріву.

Сумарна максимальна потужність основних споживачів, групи СР, що підключені до трансформатору та втрати потужності в кабельних лініях, що живлять споживачів, повинна бути менше номінальної потужності трансформатора

$$\max \left( \sum_{i=1}^k (P^{\text{осн.спож}} + P^{\text{СР}} + P^{\text{КЛ}}) \right) \leq P_{\text{НОМ}}^{\text{ТП}}$$

де  $P^{\text{осн.спож}}$  – потужність основних споживачів, кВт;

$P^{\text{СР}}$  – потужність споживачів-регуляторів, кВт;

$P^{\text{КЛ}}$  – втрати потужності в кабельній лінії, кВт.

Неприпустимою є робота СР в періоди максимального навантаження енергосистеми. Бажана їх робота на максимальну потужність в нічний період.

Сумарна величина відхилення напруги у споживача, що складається із відхилення напруги на виході ТП та падіння напруги на кабельній лінії,

повинна бути за абсолютним значенням не більше 5% від номінального значення

$$\max |\Delta U^{\text{ТП}} + \Delta U^{\text{КЛ}}| \leq 5\% U_{\text{НОМ}}$$

де  $\Delta U^{\text{ТП}}$  – зміна вторинної напруги трансформатору, В;

$\Delta U^{\text{КЛ}}$  – втрата напруги в кабельній лінії, В.

Максимальна сила струму в кабельній лінії повинна бути менше гранично допустимого значення, залежно від перерізу та типу кабелю

$$\max I^{\text{КЛ}} \leq I_{\text{ДОП}}^{\text{КЛ}}$$

На першому етапі сумарне навантаження ТП приймаємо рівним  $S_{\text{НОМ}}$  та проводимо розрахунок для СР. Завданням розрахунку є визначення діапазону регулювання навантаження СР та їх оптимальної потужності. Розрахунок виконується за алгоритмом:

$$\begin{aligned} S_{\text{СР}_i} &= S_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}} - S_{\text{ТП}_i} = P_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}} - P_{\text{ТП}_i} + j(Q_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}} - Q_{\text{ТП}_i}) = \\ &= P_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}} - M(P_{\text{ТП}_k}) + \beta(P_{\text{ТП}_k}) + j(Q_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}} - M(Q_{\text{ТП}_k}) + \beta(Q_{\text{ТП}_k})) \\ &= M(P_{\text{СР}_i}) + \beta(P_{\text{СР}_i}) + j(M(Q_{\text{СР}_i}) + \beta(Q_{\text{СР}_i})) \end{aligned}$$

де  $S_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}}$ ,  $P_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}}$ ,  $Q_{\text{ТП}_{\text{НОМ}}}$  – номінальна повна, активна та реактивна потужність ТП;

$S_{\text{ТП}_i}$ ,  $P_{\text{ТП}_i}$ ,  $Q_{\text{ТП}_i}$  – повна, активна та реактивна потужність ТП в  $i$ -тий проміжок (момент) часу;

$S_{\text{СР}_i}$ ,  $P_{\text{СР}_i}$ ,  $Q_{\text{СР}_i}$  – повна, активна та реактивна потужність СР в  $i$ -тий проміжок (момент) часу.

Важливими параметрами СР, що повинні враховуватись при моделюванні є розміри акумулюючих ємностей та температура води.

Середньострокові прогнози режимів роботи ТП необхідні для вирішення задачі планування режиму роботи СР для нагріву певного об'єму води до заданої температури. Однак, враховуючи фактор неповноти інформації при керуванні електроспоживанням СР замало лише математично спрогнозувати їх

режим роботи. Необхідно та доцільно на ТП до якої підключаються СР встановити слідкуючи систему, яка буде подавати команди на вмикання, вимикання чи зміну потужності СР залежно від завантаження ТП в динаміці часу.

Для визначення вирівнювання ГЕН до та після підключення СР розраховують основні коефіцієнти (коефіцієнт заповнення ГЕН, коефіцієнт нерівномірності).

Збільшення цих коефіцієнтів, що відбувається після підключення СР призводить до зменшення нерівномірності графіка електричного навантаження та вказує на ефективність запропонованого методу вирівнювання ГЕН.

					ДП 2021 141	Лист
						121
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У даному проекті зроблено розрахунок системи електропостачання деревообробного цеху та проаналізовано методи використання споживачів-регуляторів, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи деревообробного цеху.

У ході виконання дипломного проекту зроблено розрахунок електричних навантажень, побудовано графіки електричних навантажень..

Здійснено вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання насосної станції. Розраховані режими реактивної потужності системи електропостачання. Визначено кількість і потужність трансформаторів ТП з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії електроприймачів, що живляться від неї. Виконано техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП.

Вибрано найбільш оптимальну схему системи електропостачання.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що це є оптимальний і раціональний варіант електропостачання деревообробного цеху.

Використання споживачів-регуляторів для вирівнювання добового графіку навантаження актуально в теперішній час.

					<i>ДП 2021 141</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Боднар В.В.</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Чорний Ю.А.</i>					<b>85</b>	<b>1</b>
<i>Реценз.</i>					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Балюта С.М</i>						

## Список літератури

1. В. Є. Шестеренко, О. В. Шестеренко «Електропостачання промислових підприємств» Київ-2013.
2. Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков « Электрическая часть станций и подстанций» Москва 1989.
3. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко «Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств», Київ-2013.
4. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко «Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств», Київ-2013.
5. Ковальов В.М. Релейний захист та автоматика. Конспект лекцій. - Харків: ХНАМГ, – 2008. – 108 с.
6. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с.
7. <http://kvar.su/katalog/kondensatornye-ustanovki/kondensatornye-ustanovki-nizkogo-na-3/>
8. <https://prom.ua/Transformator-tm-250.html>
9. [https://prom.ua/Transformatory-tm-1000.html?category=14190706&search\\_term=%D0%A2%D0%9C-400](https://prom.ua/Transformatory-tm-1000.html?category=14190706&search_term=%D0%A2%D0%9C-400)
10. <http://www.voltron-ural.ru/panel/punkti-raspredelitelnie-pr11/punkti-raspredelitelnie-pr-8501-pr-8701/>
11. <http://www.xlpe.com.ua/silovyiekabeli-avvgavvgng.html>
12. [http://www.ep.ru/product/katalogs/Eaton/avtomat/03\\_IZM26\\_2010\\_web.pdf](http://www.ep.ru/product/katalogs/Eaton/avtomat/03_IZM26_2010_web.pdf)

					<b>ДП 2021 141</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Колесник ЄГ			<i>Список літератури.</i>	Лім.	Лист	Листів
Перевір.		Чорний Ю.А.					86	1
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С. М.						

13. [http://www.ra-nn.ru/catalognku/?prod\\_id=24001](http://www.ra-nn.ru/catalognku/?prod_id=24001)
14. Малярєнко В. А., Нечмоглод І. Є., Колотіло І. Д.. Нерівномірність графіку навантаження енергосистеми та способи його вирівнювання // Електроенергетика. – 2011.
15. [http://www.energetika.by/arch/~page\\_\\_m21=10~news\\_\\_m21=169](http://www.energetika.by/arch/~page__m21=10~news__m21=169). Вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми.
16. Праховник А.В. Управління енерговикористанням : проблеми, завдання та методи вирішення // Управління енерговикористанням : Збірник доповідей / Під загальною редакцією, д.т.н., проф. А.В.Праховника. - К.: Альянс за збереження енергії, 2001. - С.169-190.
17. Черемісін М. М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів.— Х.: Факт, 2005. — 192 с.
18. Актуалізація Енергетичної стратегії України [Текст]. – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2014. – Режим доступу:[http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=244964965](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=244964965)
19. Бахмачук С. В. , Керування графіка навантаження в електричних мережах споживачами-регуляторами / Ю. С. Громадський, С. М. Савицький, Д. А. Гапон/ / Scientific Journal «ScienceRise» №2/2(19)2016 . – С. 50-56.
20. Дарманчев А. К. Разработка производственного задания и оперативное управление работой сложных систем / А. К. Дерманчев. - ОНТИ М-Л 1936. – 38 с.
21. Гордєєв В. И. Регулирование максимума загрузки промышленных электрических сетей / В. И. Гордєєв. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 184 с.
22. Розен В. П. Використання внутрішніх резервів технологічних процесів при керуванні режимами електроспоживання промислових підприємств / В. П. Розен, М. В. Прокопець // Автоматизація виробничих процесів: Всеукр. Наук.-техн. Журн. – 2006. - №1(22). – С.26-30

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2021 141	

