

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

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. Гулого І.С.  
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«  » \_\_\_\_\_ 2025\_р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
Сергій БАЛЮТА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«  » \_\_\_\_\_ 2025\_р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Електротехніка та інформаційні технології

на тему: «Розробка СЕП м'ясокомбінату потужністю 25 тон  
готової продукції на добу. Використання агрегатів безперебійного  
живлення на виробництві.»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-3

Маструков Максим Вадимович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник ст. викладач Изволенський І.Є.  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти доцент Сірик А.О.  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент с.н.с. Грищенко А. Г.  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2025\_р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. Гулого І.С.

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та інформаційні технології»  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Маструкова Максима Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи " Розробка СЕП м'ясокомбінату потужністю 25 тон  
готової продукції на добу. Використання агрегатів безперебійного  
живлення на виробництві."

Керівник роботи ст викладач Ізволеньський І.С.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "10" 04. 2025 року № 218 кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи генеральний план підприємства, перелік  
споживачів та їх потужність, план розвитку підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)\_

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ. Вибір  
вимірювальних трансформаторів, Розгляд питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу .

1. Генеральний план підприємства

2. Схема електропостачання цеху.

3. Схема освітлення цеху.

4. Спецпитання.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доцент Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 10 квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	10.04.2025р	
2	Вступ	13.04.2025р	
3	Коротка характеристика електроприймачів цеху	18.04.2025р	
4	Розрахунок ел. навантажень цехових електроприймачів	23.04.2025р	
5	Побудова графіків електричних навантажень цеху	28.04.2025р	
6	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	05.05.2025р	
7	Розрахунок навантажень підприємства	10.05.2025р	
8	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування цехових трансформаторних підстанцій	15.05.2025р	
9	Розрахунок силової мережі цеху	20.04.2025р	
10	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного та низьковольтного ел. обладнання	25.04.2025р	
11	Релейний захист (РЗА)	02.05.2025р	
12	Розрахунок освітлення складу	06.05.2025р	
13	Вибір вимірювальних трансформаторів	10.05.2025р	
14	Спецпитання..	14.05.2025р	
15	Охорона праці	17.05.2025р	
16	Список літератури	20.05.2025р	
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.05.2025р	

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

Маструков М. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ізволєнський І.С.

(прізвище та ініціали)

Вихідні дані на проектування:

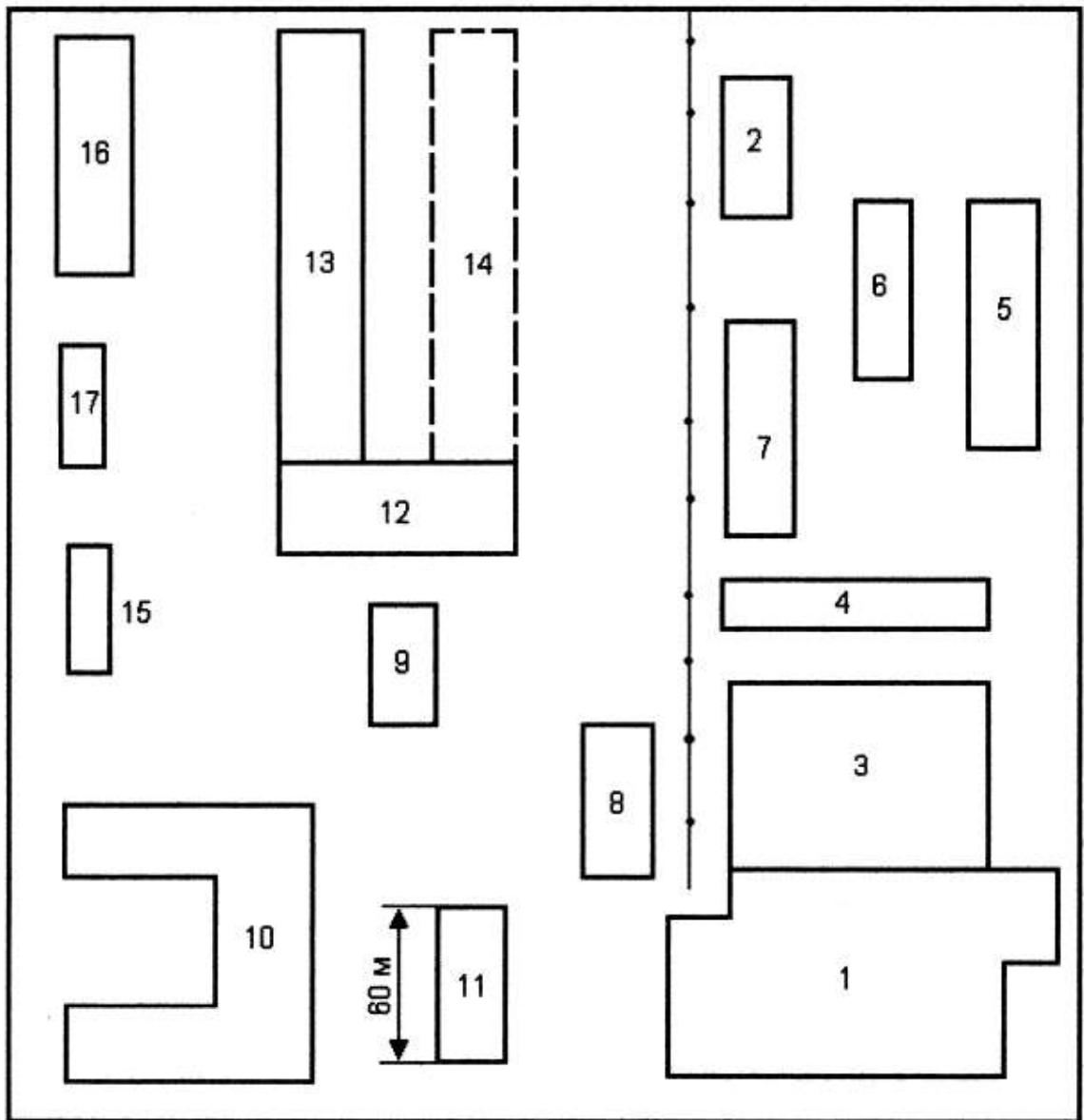
1. Генеральний план комбінату.
2. Відомості про електричні навантаження комбінату.
3. Відомість електричних навантажень ремонтно-механічного цеха
4. Живлення можна здійснити від підстанції енергосистеми, на якій встановленні два трансформатори потужністю 16000 Ква кожен, з первинною напругою 110 кВ і вторинною - 35, 20,10 і 6 кВ.
5. Потужність енергосистеми 800 МВА; реактивний опір системи на стороні 110кВ, віднесений до потужності системи становить  $0,5+0,01 x$
6. Відстань від підстанції енергосистеми до комбінату становить  $11,5+0,1x$  (номер варіанта), км.

Таблиця 31.

Відомість електричних навантажень комбінату

№ за планом	Найменування цеха/варіант	Встановлена потужність, кВт									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ковбасний цех	2800	2780	2760	2740	2720	2700	2820	2840	2860	2880
2	Гофтара	350	345	340	335	330	325	320	315	310	300
3	Холодильник № 1	417	410	405	400	420	425	430	435	440	445
4	Завод первинної переробки продуктів	1890	1900	1940	1980	2000	2020	2040	2060	2080	2100
5	Лайвстак	100	90	80	90	100	110	120	130	140	150
6	Завод технічних фабрикатів	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080
7	Завод сироватки	380	375	370	365	360	355	350	345	340	335
8	ЦХВУ	2860	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300
	ЦХВУ (6 кВ)	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450
9	Конденсатна	370	375	380	385	390	395	400	405	410	420
10	Інститут	500	495	490	485	480	475	470	465	460	455
11	Машинорозвантажувальна станція	240	238	236	234	232	230	228	226	224	222
12	Заводоуправління	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
13	Холодильник № 2	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565
14	Ремонтно-механічний цех										
15	Теплоцех	1200	1280	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
16	Ремонтно-будівельні майстерні	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
17	Пральня	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82
-	Освітлення цехів і територій	Визначити за площею									

Живлення  
від п/ст системи



## АНОТАЦІЯ

Маструков Максим. Розробка СЕП м'ясокомбінату потужністю 25 тон готової продукції на добу. Використання агрегатів безперебійного живлення на виробництві.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій

Київ 2025

У дипломній роботі розглянуто розв'язані актуальні задачі в розробці системи електропостачання м'ясокомбінату.

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 струмів 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 використання агрегатів безперебійного живлення на виробництві, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення та безперебійної роботи комбінату.

**Ключові слова:** силовий трансформатор, релейний захист, облік електроенергії, реактивна потужність, охорона праці.

## ANNOTATION

Mastrukov Maksym. Development of SEP for a meat processing plant with a capacity of 25 tons of finished products per day.

Use of uninterruptible power supply units in production.

141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics"

National University of Food Technology

Kyiv 2025

The thesis considers the solved current problems in the development of a power supply system for a meat processing plant.

The following topics are revealed: calculation of electrical loads of workshop power consumers; choice of voltage and electrical circuits of external and internal power supply; construction of electrical load graphs; calculation of reactive power balance and selection of compensating devices in low-voltage networks; selection of the number and capacity of the transformer and the location of the transformer substations; choice of scheme and calculation of the workshop network; calculation of short-circuit currents; calculation of relay protection and automation; accounting and measurement of mode parameters of power supply; quality of electricity in the power supply system; Organizational and technical measures for labor protection.

A separate section analyzes the use of uninterrupted power supplies in production, which allow to ensure the necessary reliability of power supply and uninterrupted operation of the plant.

**Keywords:** power transformer, relay protection, electricity metering, reactive power, labor protection.

## ЗМІСТ

Вступ. ....	9
1. Умови проєктування. ....	11
2. Розрахунок електричних навантажень з урахуванням вводу нових технологічних ліній. ....	15
3. Побудова картограми навантажень. ....	29
4. Вибір напруги живлячої мережі. ....	32
5. Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв .	37
6. Розрахунок перерізу кабелів розподільних мереж. ....	41
7. Розрахунок струмів короткого замикання. ....	42
8. Вибір вимикачів 110 кВ ГПП. ....	49
9. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ....	53
10. Охорона праці. ....	91
Література. ....	100

					<b>ДП 2025 141</b>						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>						
Розроб.		<i>Маструков М</i>							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволенський</i>							8		
Реценз.									ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		
Н. контр.											
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>									

## Вступ

М'ясна промисловість є важливою галуззю харчової промисловості, що забезпечує населення м'ясом і продуктами його переробки. На розміщення м'ясокомбінатів визначальний вплив має сировинна база, а чинником розміщення м'ясопереробних заводів, ковбасних та кулінарних фабрик є наявність споживачів. Виділяють три основні напрями виробництва м'ясної промисловості — м'ясне, ковбасне та м'ясоконсервне. М'ясне виробництво представляють біля сотні м'ясокомбінатів, що розміщуються як у промислово розвинутих областях України, так і в районах, де наявна сировинна база. Крім того, м'ясна промисловість виробляє багато видів кормів, м'ясо кров'яне і кісткове борошно, шкіри, технічний жир, щетину, лікувальні препарати тощо.

У період 2005—2007 рр. в країні було відновлено або побудовано 21 тваринницький комплекс, в тому числі вісім молочних, один з виробництва гов'ядини, одинадцять свинокомплексів і один птахокомплекс. Усього після реконструкції та будівництва введено в дію 288 тваринницьких ферм і комплексів, в тому числі 45 молочних, 15 з виробництва яловичини, 171 свинокомплекс, 57 птахокомбінатів.

За період реформування аграрного сектору економіки основні виробничі потужності м'ясної промисловості скоротилися вдвічі, зі 123 потужних м'ясокомбінатів у робочому стані залишилося 64, які завантажені лише на 15—40 % виробничих потужностей.

Криза сировини впливає і на роботу м'ясопереробників: так, зі спожитих середньостатистичним мешканцем України 39 кг м'яса у 2005 р. лише 29 кг було вироблено в Україні, решта 10 кг — імпортовані, а

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маструков М</i>			<b>Вступ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>					9	
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						
						ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

іноді й завезені контрабандою. Дефіцит м'яса в 2015—2018 рр. становив приблизно 500 тис. т. на рік.

Останнім часом в Україні спостерігається тенденція до збільшення споживання м'яса птиці. Сьогодні працюють близько 45 підприємств, які виробляють куряче м'ясо, однак сукупна частка ринку більшості з них не перевищує 16 %. Найбільші з них — ЗАТ "Дружба Народів Нова", ЗАТ "Комплекс "Агромарс", ТОВ "Рубі-Роз Агрікол", ЗАТ "Птахокомбінат "Дніпровський", ВАТ "Курганський бройлер".

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

# 1. УМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.

## 1.1. Загальна характеристика промислового об'єкта

В дипломному проєкті виконано розрахунок системи електропостачання м'сокомбінату. Даний об'єкт розташований в південно – західній частині міста, на правому березі р. Прип'ять. Загальна площа об'єкта складає  $S = 250000\text{м}^2$ , площа виробничих приміщень  $S = 57168\text{м}^2$ , чисельність виробничого персоналу складає приблизно 450 чоловік.

Територія м'ясокомбінату забудована рівномірно на рівнинному рельєфі місцевості. Підземні води зосереджені на глибині близько 16 – 20 метрів. Основну частину забудови складають виробничі приміщення з кількістю поверхів 2,3,4,6 і першою, другою та третьою категорією надійності електропостачання.

Також, на території об'єкта розташовані зони для куріння, відпочинку та зелені насадження. Усі вище перераховані об'єкти збудовані з урахуванням рівномірності електричних навантажень і забезпеченням комфортного переміщення транспорту та виробничого персоналу.

Ґрунти дерново–підзолисті, піщані та глинисто–піщані в комплексі.

Клімат: річна кількість опадів 650-700міліметрів, середня температура липня  $23^{\circ}\text{C}$ , середня температура січня  $-6^{\circ}\text{C}$ , переважаючий напрям вітру у липні — південно – західний, а у січні — західний.

Середньорічна тривалість блискавок від 50 до 70 годин.

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маструков М</i>			<b>УМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>					11	
Реценз.								
Н. контр.		.						
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3			

## 1.2. Коротка характеристика технологічного процесу

Даний м'ясокомбінат складається з двох частин, а саме: м'ясокомбінату, що займається прийомкою та переробкою м'ясної сировини та заводу, що виготовляє та ремонтує важке обладнання для м'ясокомбінатів.

Метал і заготівлі для виробництва деталей надходять від постачальників і заповнюють склади.

Ливарні форми виготовляють зі сталі. Крім того, у прес-форму входять рухливі металеві стрижні, що утворюють внутрішні порожнини виливків. Сплав з тигля нагрівальної печі самопливом надходить у камеру пресування. Після заповнення камери спрацьовує автоматичний пристрій, а поршень починає давити на рідкий сплав, що через обігрівальний мундштук і ливникову втулку під тиском надходить по ливникових каналах у порожнину, що оформляє форми й кристалізується. Через певний час, необхідне для утворення виливка, спрацьовує автоматичний пристрій на розкриття форми, і виливок віддаляється виштовкувачами. В отриманих виливках обрубують затоки, елементи ливникових систем, потім очищають і роблять термообробку, тому що в результаті нерівномірного охолодження й усадки виникають залишкові напруги, що викликають жолоблення. Для забезпечення високої точності нагрівання металу застосовуються потокові заколочно-відпускні агрегати з електричним обігрівом.

Технічний контроль передбачає перевірку прямолінійності й взаємного положення плоских поверхонь; правильності геометричних форм основних отворів; співвісності отворів, паралельності осей основних отворів і відстаней між ними; взаємної перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів.

До корпуса проміжного редуктора висувають наступні вимоги: відхилення від паралельності осей основних отворів між собою й опорними поверхнями не більше 0,05 мм на 100 мм довжини, відхилення від перпендикулярності осей основних отворів торцям не більше 0,1 мм; опорні поверхні корпуса повинні лежати в одній площині, що допускається відхилення не більше 0,1 мм.

					ДП 2025 141	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У механічних цехах так само виробляються комплектуючі деталі. Їх роблять із листового й круглого прокату, що приходять на склади від постачальників.

Зазори й щільності прилягання деталей перевіряють за допомогою спеціальних щупів. Зібрані коробки передач і проміжні редуктора змазують, заповнюють маслом і направляють на випробування.

При випробуваннях перевіряють правильність складання, правильність функціонування різних елементів керування й блокування, відповідність технічним вимогам, а в ряді випадків визначають необхідні характеристики. Випробування роблять на спеціальних випробних дільницях. Вода й стиснене повітря, необхідні для технологічних процесів, подаються з насосних станцій і компресорної.

### **1.3. Загальна характеристика споживачів електричної енергії.**

Споживачів електроенергії за надійністю електропостачання розділяють на три категорії :

I – споживачі, порушення електропостачання яких може призвести до загрози життю людей, значних збитків у народному господарстві, пошкодження обладнання, масовий брак продукції, порушення складного технологічного процесу і особливо важливих елементів міського господарства.;

II – споживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з суттєвою недодачею продукції, простоєм робочих механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної життєдіяльності міських мешканців.

III – решта споживачів, які не підходять під визначення I та II категорій (електроспоживачів цехів несерійного виробництва, допоміжних цехів, невеликих сіл і т.д.). Споживачі I категорії повинні отримувати електроенергію від двох незалежних джерел живлення, і перерва в електропостачанні може бути лише на час автоматичного вводу резервного живлення.

					<b>ДП 2025 141</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Для споживачів II категорії допускаються перерви в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення черговим персоналом або виїзною оперативною бригадою. Живлення споживачів II категорії можливе по одній повітряній лінії напругою 6 кВ і більше. При живленні споживачів по кабелям допускається живлення однією лінією, але розщепленою не менше ніж на два кабелі, підключених через самостійні роз'єднувачі.

При наявності централізованого резерву споживачі II категорії живляться від одного трансформатора.

Для споживачів III категорії можливі перерви в електропостачанні на час, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, але не більше однієї доби..

До споживачів I- категорії відносяться: електроприймачі протипожежних установок( пожежні насоси, системи димовидалення, пожежна сигналізація, аварійне освітлення).

До споживачів II- категорії відносяться: споживачі залучені в основному виробничому процесі

До споживачів III- категорії відносяться: котельна та майстерні.

#### **1.4. Характеристика джерел живлення.**

Джерелом живлення для проектного підприємства є підстанція енергосистеми, розташована на відстані 11,3 км від заводу. На підстанції встановлені два трансформатори потужністю 2500 кВА кожен. З первинною напругою 110 кВ і вторинною – 35, 20, 10 і 6 кВ.

Потужність енергосистеми 600 МВА: реактивний опір системи на стороні 110 кВ, віднесений до потужності системи становить 1,2

					<b>ДП 2025 141</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 2. Розрахунок електричних навантажень з урахуванням вводу нових технологічних ліній

Електричні навантаження – це вихідні дані для вирішення складного комплексу технічних та економічних питань, які виникають при проектуванні електричного постачання підприємства.

За ступенями надійності електропостачання, електроприймачі м'ясокомбінату відносяться до I, II та III категорії.

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, а також лампи розжарювання та люмінесцентні лампи електроосвітлення.

### 2.1. Опис метода розрахунку електричних навантажень

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = k_M \cdot P_{cm} = k_M \cdot P_H \cdot k_B, \text{ кВт, де}$$

$P_{cm}$  – середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт;

$P_H$  – сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт;

$k_M$  – коефіцієнт максимуму навантаження;

$k_B$  – коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних напруг окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot$$

<b>ДП 2025 141</b>				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Маструков М</i>		
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>		
Реценз.				
Н. контр.				
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>		
			Літ.	Арк.
				15
ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3				



При  $m > 3$  та  $n_e < 4$  - розрахункове навантаження приймається рівніш:

$$P_P = \beta \cdot P_H, \text{ кВт};$$

де

$\beta$  - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи.

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для  $m$ .

Методика визначення розрахункової реактивної потужності залежить від значення  $n_e$  :

$$n_e > 10; Q_P = Q_{CM}, \text{ квар};$$

$$n_e \leq 10; Q_P = 1,1 \cdot Q_{CM}, \text{ квар}.$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_P = \sqrt{(P_P)^2 + (Q_P)^2}.$$

### Розрахунок навантажень цехової мережі

Проводимо розрахунок навантажень цехової мережі для СП1.

Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для ЕП:

- алмазно-розточний станок (34)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 28 \cdot 0,14 = 3,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 1 \cdot 28 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 6,8 \text{ квар};$$

- токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат (26,27)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 19,3 \cdot 0,35 = 13,51 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 2 \cdot 19,3 \cdot 0,35 \cdot 1,52 = 20,5 \text{ квар};$$

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

- заточний станок (28,29,30,31)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 4 * 10,7 * 0,14 = 6 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 4 * 10,7 * 0,14 * 1,73 = 10,4 \text{ квар};$$

- токарно-гвинторізний верстат (32,33)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 2 * 5,5 * 0,14 = 1,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 2 * 5,5 * 0,14 * 1,73 = 2,7 \text{ квар};$$

- перетворювач дугового електрозварювання (35)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 1 * 34 * 0,35 = 11,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 1 * 34 * 0,35 * 1,52 = 18,1 \text{ квар};$$

- зварювальний трансформатор (36)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 1 * 14 * 0,14 = 2 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 1 * 14 * 0,14 * 1,73 = 3,5 \text{ квар};$$

- токарно-гвинторізний верстат (37)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 1 * 11 * 0,14 = 1,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 1 * 11 * 0,14 * 1,73 = 2,7 \text{ квар};$$

- брикетпровочний прес (38,39)

$$P_{см} = n * P_{н} * K_B = 1 * 24 * 0,14 = 6,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = n * P_{н} * K_B * \text{tg}\varphi = 1 * 24 * 0,14 * 1,73 = 11,6 \text{ ква}$$

Розрахункові навантаження СПП визначаємо в такій послідовності:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n K_{вi} * P_{нi}}{\sum_{i=1}^n P_{нi}} = \frac{3,9 + 6,7 + 1,5 + 0,75 + 11,9 + 2 + 1,5 + 6,7}{38,6 + 42,8 + 11 + 28 + 34 + 14 + 11 + 48} = 0,15;$$

$$P_{эф} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{нi} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{нi}^2} = \frac{(38,6 + 42,8 + 11 + 28 + 34 + 14 + 11 + 48)^2}{19,3^2 * 2 + 4 * 10,7^2 + 2 * 5,5^2 + 28^2 + 34^2 + 14^2 + 11^2 + 24^2} = 12$$

де  $K_B$  – з таблиці 24-3 [3].

З таблиці 1.1 [1]  $K_m = 1.0$  і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів РП-1

									Лист
									18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					



$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{117.8^2 + 83.78^2} = 144.555 \text{ кВА}$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у таблицю 2.2

## 2.2. Розрахунок електричних навантажень освітлювальних установок

### Приклад розрахунку освітлювального навантаження ремонтно-механічного цеху

Навантаження, розрахункова величина якого визначається за формулою:

$$P_{p.o.} = P_{уст} \cdot K_{п} \cdot K_{ПРА},$$

де  $P_{уст}$  – установлена потужність ламп;

$K_{п}$  – коефіцієнт попиту;

$K_{ПРА}$  – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі.

Для визначення установленної потужності ламп необхідно знайти їх кількість, яка залежить від розміщення світильників. Розміщення світильників на плані цеху визначається наступними розмірами:

$H=8\text{м}$  – задана висота цеху;

$h_c = 0,21\text{м}$  - відстань світильника від перекриття;

$h_{п} = H - h_c$  – висота світильника над підлогою;

$h_p = 0,8 \text{ м}$  – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{п} - h_p$  – розрахункова висота;

$L$  – відстань між сусідніми світильниками або рядами ламп;

$I$  – відстань від крайніх світильників до стіни.

Основною вимогою при виборі розташування світильників являється доступність їх при обслуговуванні. Крім того, розміщення світильників визначається умовою економічності. Важливе значення має відношення відстані між світильниками або рядами світильників до розрахункової висоти  $\lambda = L/h$ , її зменшення призводить до подорожчання освітлювальної

					<b>ДП 2025 141</b>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20



Норма освітленості для верстатного відділення становить -  $E_n = 300$ лк.

Коефіцієнт використання світлового потоку є функцією індексу приміщення  $i$ :

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)},$$

де  $A$  - довжина приміщення, м;

$B$  - ширіша приміщення, м.

Індекс приміщення для верстатного відділення цеху згідно плану:

$$i = \frac{36 \cdot 24}{6,19(36 + 24)} = 2,3$$

Окрім індексу приміщення, для знаходження коефіцієнта використання світлового потоку необхідно знати коефіцієнти відбиття стелі і робочої поверхні:  $p_{st} = 70\%$ ,  $p_c = 50\%$ ,  $p_p = 30\%$  [3, табл.5-1] .

За [3, табл.5-9] визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку для механічного цеху -  $\eta = 90\%$ . Відповідно до плану розміщення світильників визначаємо необхідний світловий потік для даного цеху:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 894 \cdot 1}{40 \cdot 0,9} = 11175 \text{ лм}$$

Вибираємо лампи ЛБ40, що мають потужність  $P_{ном} = 40$  Вт і світловий потік  $\Phi_{ном} = 3000$  лм.

Кількість світильників:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{2 \Phi_{л} \cdot \eta};$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу:  $k = 1,3$ ;

2- кількість ламп в одному світильнику ЛПО 01-2x40.

$$N = N = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 894 \cdot 1,1}{2 \cdot 3000 \cdot 0,9} \approx 65 \text{ світильників.}$$

Загальна кількість ламп ЛБ-40 в цеху  $N = 130$

Встановлена потужність ламп:

									Лист
									22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$P_{\text{уст.}} = N \cdot P_{\text{ном.л}}$$

$$P_{\text{уст.}} = 65 \cdot 40 \cdot 2 + 6 \cdot 100 = 5800 \text{ Вт.}$$

Встановлюємо 5 рядів світильників по 13 світильників у ряду з відстанню між рядами по 5 м.

Для аварійного освітлення встановлюємо шість ламп розжарювання типу МОЕ27 100\\$, потужністю 100 Ват кожної.

Визначаємо значення коефіцієнтів попиту і обліку втрат потужності в пускорегулюючій апаратурі для люмінесцентних ламп:  $K_{\text{п}} = 0,95$ ;  $K_{\text{пра}} = 1,1$ . Освітлювальне навантаження цеху буде становити:

$$P_{\text{ро}} = 5,8 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 6,06 \text{ кВт};$$

### Розрахунок освітлювального навантаження приміщень

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається активна потужність яка витрачається на освітлення:

$$P_{\text{р.о.}} = P_{\text{нум}} \cdot F,$$

де  $P_{\text{р.о.}}$  - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт;  $F$  - площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Приймаємо для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{\text{нум}} = 15 \text{ Вт/м}^2;$$

для складів:

$$P_{\text{нум}} = 10 \text{ Вт/м}^2.$$

Переважна більшість освітлювальних установок підприємства це люмінесцентні лампи, які працюють з коефіцієнтом потужності  $\cos \varphi = 0.8$ . Реактивна складова розрахункової потужності цехів дорівнює

$$Q_{\text{ро}} = P_{\text{ро}} \cdot \text{tg} \varphi.$$

Потужність аварійного освітлення становить 5% від загального навантаження освітлення приміщень. Отже дорівнюватиме 37 кВт

Результати зведені у таблиці № 2.3

									Лист
									23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025 141				

Таблиця 2,3

	Назва приміщення	$P_o$ , кВт/м.кв.	$F$ , м. кв.	$P_{p.o.}$ , кВт	$tg\varphi$	$Q_{p.o.}$ , квар	$S_{p.o.}$ , кВА
1	Ковбасний цех	0,015	9828	147,42	0,882	130,01	196,56
2	Гофара	0,015	1458	21,87	1,169	25,57	33,65
3	Холодильник №1	0,015	7200	108	0,62	66,93	127,06
4	Завод первинної	0,015	1836	27,54	1,02	28,10	39,34
5	Лайвстак	0,01	2592	25,92	0,882	22,86	34,56
6	Завод технічних фабрикатів	0,015	1470	22,05	1,169	25,78	33,92
7	Завод сироватки	0,015	2187	32,805	1,02	33,47	46,86
8	ЦХВУ	0,015	1620	24,3	0,62	15,06	28,59
9	Конденсатна	0,015	1080	16,2	0,62	10,04	19,06
10	Інститут	0,015	7380	110,7	1,02	112,94	158,14
11	Машинорозвантажуваль на станція	0,015	1620	24,3	1,02	24,79	34,71
12	Заводоуправління	0,015	3240	48,6	1,169	56,82	74,77
13	Холодильник №2	0,015	4950	74,25	0,75	55,69	92,81
14	Ремонтно-механічний цех	0,015	864	6,06	0	0,00	6,06
15	Теплоцех	0,015	720	10,8	0,484	5,23	12,00
16	Ремонтно-будівельні майстерні	0,015	2700	40,5	0,882	35,72	54,00
17	Пральня	0,01	675	6,75	0,75	5,06	8,44
	<b>Разом</b>			<b>748,065</b>		<b>654,06</b>	<b>993,68</b>

### Розрахунок навантаження зовнішнього освітлення

Освітлення проїздів та доріг, відкритих виробничих майданчиків, а також освітлення для потреб охорони виконується світильниками зовнішнього освітлення із ртутними лампами, що встановлюються на залізобетонних опорах вздовж підприємства, а також на покрівлях та стінах будівель на кронштейнах.

Орієнтовно на кожні 200 м<sup>2</sup> площі необхідно встановлювати світильник з лампою типу ДРЛ-250. Площа території підприємства 175086 м<sup>2</sup>, отже необхідна кількість світильників визначається за формулою:

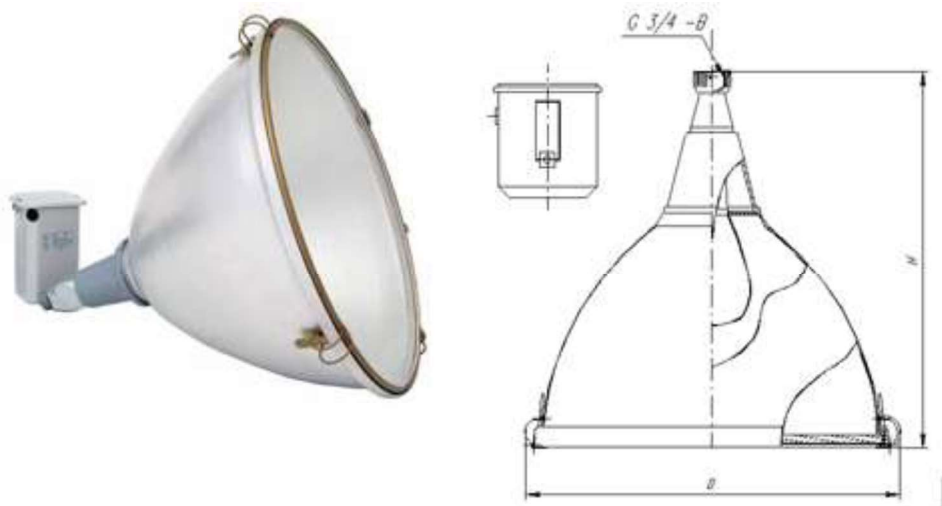
$$N_{ce} = \frac{S}{200} = \frac{175086}{200} = 875 \text{ шт.}$$

Розрахункова активна потужність зовнішнього освітлення:

									Лист
									24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$P_{р.зобн.осв} = 875 \cdot 250 = 218.75 \text{ кВт.}$$

Отже для встановлення зовнішнього освітлення приймаємо світильники РСУ 01-250 з лампами типу ДРЛ з незалежним ПРА.



#### Конструкция:

- корпус светильника изготовлен из алюминиевого сплава литьем под давлением;
- кабельный ввод уплотнен резиновым сальником;
- отражатель алюминиевый, осветленный, изготовлен методом - защитное стекло силикатное закаленное термостойкое;
- пускорегулирующий аппарат независимый электромагнитный;
- патрон E40, керамический;
- способ установки - на трубу, подвес (крюк) или монтажный профиль; возможно комплектование защитной сеткой (защитная сетка стальная сварная).

<b>Тип світільника</b>	<b>Розмір D, мм</b>	<b>Розмір H, мм</b>	<b>Маса, кг</b>	<b>Потужність лампи</b>	<b>Ступінь захисту</b>
<b>PCU 01-250</b>	<b>345</b>	<b>490</b>	<b>8,0</b>	<b>250</b>	<b>IP53</b>

### 2.3. Розрахунок сумарного електричного навантаження підприємства.

Сумарна розрахункова потужність по усьому підприємству:

$$P_{p\Sigma} = P_{p.\text{прим.}} + P_{p.o.\text{прим.}} + P_{p.z\text{свн.о.}} = 12528.24 + 748.06 + 218.7 = 13495 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_{p.\text{прим.}} + Q_{p.o.\text{прим.}} + Q_{p.z\text{свн.о.}} = 8893.86 + 654.06 + 0 = 9547.92 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність по всьому підприємству:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{13495^2 + 9547.92^2} = 16531.17 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 2.1 - Розрахунок електричних навантажень низьковольтної мережі по групах підключення

Вихідні дані						Змінна потужність ЕП		pe	Km	Розрахункова потужність		Sp, кВт	
По завданню				Довідкові дані		Pсм, кВт	Qсм, кВАр			Pр, кВт	Qр, кВАр		
Найменування	№ на плані	Кількість	Номинальна потужність, кВт		Kз			tgo					
			одного ЕП	загальна									
Токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат	26,27	2	19,3	38,6	0,35	1,52	13,51	20,5					
Заточний станок	28,29,30,31	4	10,7	42,8	0,14	1,73	6	10,4					
Токарно-гвинторізний верстат	32,33	2	5,5	11	0,14	1,73	1,5	2,7					
Алмазно-розточний станок	34	1	28	28	0,14	1,73	3,9	6,8					
Перетворювач дугового електро-зварювання	35	1	34	34	0,35	1,52	11,9	18,1					
Зварювальний трансформатор	36	1	14	14	0,14	1,73	2	3,5					
Токарно-гвинторізний верстат	37	1	11	11	0,14	1,73	1,5	2,7					
Брикетировочний прес	38,39	2	24	48	0,14	1,73	6,7	11,6					
<b>Всього по СП1</b>		<b>14</b>	<b>146,5</b>	<b>227,4</b>	<b>0,19</b>	<b>1,6</b>	<b>47</b>	<b>76,3</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>47</b>	<b>76,3</b>	<b>89,6</b>
Токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат	19,20	2	19,3	38,6	0,35	1,52	13,51	20,5					
Заточний станок	21,22,23	3	10,7	32,1	0,14	1,73	4,49	7,8					
Вертикально-свердильний станок	13	1	2,2	2,2	0,14	1,73	0,3	0,5					
Центровальний станок	14,15,16,17	4	9,8	39,2	0,14	1,73	5,5	9,49					
Токарний напівавтомат	18	1	2,2	2,2	0,35	1,52	0,77	1,2					
Токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат	24	1	14,77	14,77	0,14	1,73	2	3,6					
Токарно-гвинторізний верстат	25	1	10,7	10,7	0,14	1,73	1,5	2,7					
<b>Всього по СП2</b>		<b>13</b>	<b>69,67</b>	<b>139,77</b>	<b>0,22</b>	<b>1,65</b>	<b>28,07</b>	<b>45,79</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>28,07</b>	<b>45,79</b>	<b>53,7</b>
Токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат	1,2,3	3	19,3	57,9	0,14	1,73	8,1	14					
Токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат	4,5,7,8	4	14,77	59,08	0,14	1,73	8,27	14,3					
Токарно-револьверний станок	6	1	10,6	10,6	0,14	1,73	1,5	2,7					

Токарно-гвинторізний верстат	11	1	5,65	5,65	0,14	1,73	0,8	1,4					
Прес	9,10,12	3	7,9	23,7	0,14	1,73	3,3	5,7					
<b>Всього по СП3</b>		<b>12</b>	<b>58,22</b>	<b>156,93</b>	<b>0,14</b>	<b>1,73</b>	<b>21,97</b>	<b>38,1</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>21,97</b>	<b>38,1</b>	<b>44</b>
<b>Всього навантаження по цеху</b>				<b>524,1</b>							<b>97,04</b>	<b>160,19</b>	<b>187,3</b>



### 3. Визначення загального електричного навантаження комбінату та побудова картограми навантажень

Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства, наноситься картограма навантажень. Картограма навантажень являє собою кола. Для кожного цеха креслиться коло, центр якого збігається з центром навантажень цеха. Кожне коло поділяється на сектори, які відповідають освітлювальному навантаженню та силовому.

Користування картограмою навантажень робить роботу з розміщення підстанції найточнішою і дозволяє запобігти серйозним похибкам.

Центр електричних навантажень можна прийняти співпадаючим з центром ваги фігури, що зображає корпус підприємства на плані. Підстанцію слід розмістити, як найближче до центра навантажень. Таке розміщення підстанції дозволяє звести до мінімуму протяжність мереж, втрати енергії та коливання напруги.

Кола на картограмі навантажень відповідають у певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кіл пропорційні навантаженням, а центри збігаються з центрами навантажень окремих цехів.

Кола поділяються на сектори, площі яких у певному масштабі відповідають певному типу навантажень:

- а) розрахункове навантаження електроприймачів;
- б) розрахункове освітлювальне навантаження.

На генплані підприємства довільно проводяться вісі координат і знаходяться координати центра навантажень цехів.

Розглянемо на приклад розрахунок ковбасного цеху.

Сумарна потужність

$$P_{P\Sigma} = P_{OC} + P_P,$$

$$P_{P\Sigma} = 147,42 + 2173,5 = 2320,92 \text{ кВт.}$$

<b>ДП 2025 141</b>				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Маструков М</i>		
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>		
Реценз.				
Н. контр.				
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>		
<b>Побудова картограми навантажень</b>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		29		
ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3				

Радіус кола

$$r = \sqrt{\frac{P_{P\Sigma}}{\pi \cdot m}},$$

де  $m = 0,05$  - масштаб площі кола, який вибирається проаналізувавши картограму,

$$r = \sqrt{\frac{2320.92}{3,14 \cdot 0,5}} = 38.45$$

Кут що обмежує сектор освітлювального навантаження

$$\gamma = \frac{P_{PO}}{P_{P\Sigma}} \cdot 360^\circ,$$

$$\gamma = \frac{147.42}{2173.5} \cdot 360 = 22.8$$

Аналогічно розраховуємо інші приміщення, результати заносимо в таблицю 3.1.

Координати умовного центру електричних навантажень підприємства визначаємо, виходячи з виразу:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi}^{\Sigma} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}^{\Sigma}},$$

$$X = 239.5$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi}^{\Sigma} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}^{\Sigma}},$$

$$y = 181$$

де  $n$  – кількість цехів;

$X_i, Y_i$  – координати центра навантажень окремої споруди.

Таблиця 3.1

Назва приміщення	Р <sub>о</sub> , кВт/м.кв.	F, м. кв.	Р <sub>р.о</sub> , кВт	Р <sub>р</sub> , кВт	ΣР <sub>р</sub> ,кВт	г,мм	α,град	X,м	Y,м
Ковбасний цех	0,015	9828	147,42	2173,50	2320,92	38,4	23	323	54
Гофгара	0,015	1458	21,87	201,25	223,12	11,9	35	285,5	366
Холодильник №1	0,015	7200	108	375,30	483,30	17,5	80	322	126
Завод первинної переробки	0,015	1836	27,54	1371,01	1398,55	29,8	7	321	194
Лайвстак	0,01	2592	25,92	60,75	86,67	7,4	108	378,5	300
Завод технічних фабрикатів	0,015	1470	22,05	755,37	777,42	22,3	10	333,5	313
Завод сироватки	0,015	2187	32,805	266,76	299,57	13,8	39	285,5	258,5
ЦХВУ	0,015	1620	24,3	2363,50	4937,80	56,1	2	228,6	120
ЦХВУ 6кВ				2550,00			186		
Конденсатна	0,015	1080	16,2	301,09	317,29	14,2	18	221,2	279,5
Інститут	0,015	7380	110,7	275,75	386,45	15,7	103	97,2	70,5
Машинорозвантажувальна станція	0,015	1620	24,3	93,02	117,32	8,6	75	174,5	51
Заводоуправління	0,015	3240	48,6	37,80	86,40	7,4	203	147	231
Холодильник №2	0,015	4950	74,25	468,00	542,25	18,6	49	117	331,5
Ремонтно-механічний цех	0,015	864	6,06	97,04	103,10	8,1	21	180	267
Теплоцех	0,015	720	10,8	940,50	951,30	24,6	4	27,5	198
Ремонтно-будівельні майстерні	0,015	2700	40,5	117,80	158,30	10,0	92	33	359,4
Пральня	0,01	675	6,75	79,80	86,55	7,4	28	26,5	274,5

Точка центру електричних навантажень підприємства зображена на листі №1 графічної частини дипломного проекту.

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

#### 4. ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

##### 4.1 Вибір напруги живлячої мережі

Вибір напруги живлячої мережі залежить від потужності, що споживається підприємством, його віддаленості від джерела живлення, кількості та потужності окремих електроприймачів.

Значення величини живлячої напруги визначає параметри ліній електропередачі та вибраного електрообладнання, а також, розміри капіталовкладень, втрати електроенергії.

Для визначення раціональної напруги спочатку визначаємо нестандартну напругу, при якій мають місце мінімальні приведені річні витрати електроенергії.

Нестандартна раціональна живляча напруга визначається за формулою

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{1 + 16 \cdot P}, \text{ кВ,}$$

де

$l$  - довжина живлячої лінії, км;

$P$  - потужність одного кола передачі, МВт.

$$U = 4,34 \cdot \sqrt{1 + 0,016 \cdot 13495} = 65,9 \text{ кВ.}$$

Отже, напруги живлячої мережі становитиме 110 кВ.

Живлення підприємства здійснюється від підстанції енергосистеми, на якій встановлено два три обмоткових трансформатори потужністю 25 Мв·А, кожен, з первинною напругою 110кВ і вторинною - 35, 20, 10, 6 кВ.

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір напруги живлячої мережі</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Маструков М</i>						
Перевір.		<i>Ізволенський</i>					32	
Реценз.						ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		
Н. контр.		.						
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						

## 4.2 Вибір трансформатора на ГПП

Для підприємств середньої потужності ( $P_p = 15...75$  МВА) пунктом прийому електроенергії за наявності у джерела живлення напруг 35...220 кВ є головна понижувальна підстанція (ГПП).

Трансформатори ГПП повинні забезпечувати надійне електропостачання в нормальному і післяаварійному режимах

Якщо на підприємстві маютья споживачі першої і другої категорій, приймаємо до установки на підстанції два трансформатори однакової потужності з вбудованим регулюванням напруги під навантаженням. Потужність трансформаторів вибираємо таким чином, щоб при відключенні одного з трансформаторів інший, що залишився в роботі, міг передавати усю задану потужність при допустимому перенавантаженні.

Вибір потужності трансформаторів ГПП здійснюється на підставі розрахункового навантаження заводу й інших споживачів, що живляться від ГПП.  $S_p$  на шинах 10 кВ

Необхідну потужність трансформаторів  $S_T$  попередньо визначаємо за умови

$$S_T \geq \frac{P_p}{2K_T},$$
$$S_T = \frac{13495}{2 \cdot 0.7} = 9639.285.$$

де  $K_T = 0,7$  - коефіцієнт завантаження трансформатора в нормальному режимі.

За отриманим значенням потужності  $S'_T$  вибирається номінальна потужність трансформатора  $S_{T \text{ ном}}$ .

Вибираємо трансформатор типу ТДН-10000/ 110 за табл.4.2 [1] з такими характеристиками:

$$\begin{array}{lll} S_{\text{тр}}^{\text{ном}} = 10000 \text{ кВ} \cdot \text{А} & \Delta P_X = 14 \text{ кВт} & i_X = 0,9 \% \\ U_{\text{номВН}} = 110 \text{ кВ} & \Delta P_K = 58 \text{ кВт} & \\ U_{\text{номНН}} = 10 \text{ кВ} & U_K = 10,5 \% & \end{array}$$

									Лист
									33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

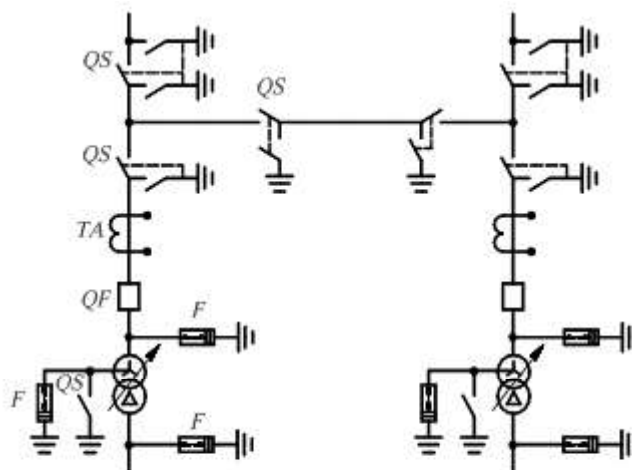
### 4.3 Вибір схеми головної підстанції (розподільного пункту) підприємства

ГПП призначена для пониження напруги до величини розподільної мережі підприємства і розмноження відгалужень до окремих груп споживачів.

ГПП бувають: тупикові, відгалужувальні, прохідні, вузлові. Обираємо тупикову підстанцію, яка передбачає дві незалежні лінії до кожного з трансформаторів від ДЖ.

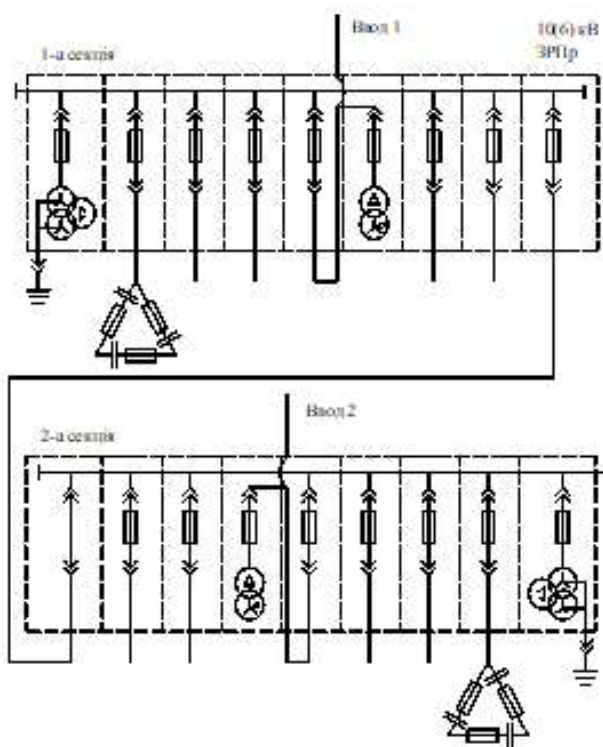
В більшості випадків живлення трансформаторів ГПП відбувається від повітряної лінії (ПЛ), в деяких випадках використовується кабельний ввід. До комутаційної апаратури високої напруги відносяться роз'єднувачі з заземлюючими ножами, високовольтні вимикачі, трансформатори струму і вимірювальні трансформатори напруги, а також розрядники. Використання замість високовольтних вимикачів струмовідокремлювачів і короткозамикачів небажано в зв'язку з їх нестійкою роботою в зимовий період і потребою в штучних коротких замиканнях. Схеми з роз'єднувачем застосовують в умовах забрудненої атмосфери.

Між двома живлячими лініями на підстанції, як правило, робиться ремонтна перемичка з двома роз'єднувачами.



Високовольтна електрична частина 110 кВ тупикової ГПП

Розподільний пристрій (РП) 10(6) кВ виконується, як правило, закритого типу, має в більшості випадків одинарну секційну систему шин. У разі використання двохобмоткових трансформаторів з розщепленою неперемкненою вторинною обмоткою може мати подвійну секційну систему шин. Він складається з комплектних розподільних пристроїв (КРП). До складу КРП входять ввідні КРП, які розташовуються посередині секції шин, трансформатора власних потреб, шпоз'єднуючого КРП, КРП для відгалужень до окремих споживачів (РП, трансформаторів і т.п), вимірювальних трансформаторів, конденсаторних батарей. Передбачається встановлення розрядників на стороні 10(6) кВ, а також резервних КРП для відгалужень. Можлива електрична схема розподільного пристрою 10(6) кВ наведена на рисунку 4.



**Рисунок 4 – Електрична частина розподільного пристрою 10(6) кВ ГПП**

#### 4.4 Вибір лінії електропередачі

Для живлення ГПП (напруга 110) в більшості випадків використовується ПЛ, для живлення ЦРП (напруга 6...35 кВ) – кабельні лінії (КЛ).

##### Вибір повітряної лінії напругою 110 кВ.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{13495}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} = 35.415 \text{ А.}$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм}} = 2 \cdot 35.415 = 50.83 \text{ А.}$$

Економічно вигідну густину струму приймаємо  $j_{\text{ек}} = 1.1 \text{ А/мм}^2$  (для алюмінієвих проводів, при  $T_{\text{макс}} = 3800 \text{ год}$ ).

Знаходимо економічно вигідний переріз повітряної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{50.83}{1.1} = 46.2 \text{ мм}^2.$$

За табл.3.23 [1] вибираємо провід типу АС-50/8

$$S_{\text{ст}} = 50 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 46.2 \text{ мм}^2.$$

$$I_{\text{доп}} = 210 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 142 \text{ А.}$$

Мінімальний переріз повітряної лінії 110 кВ за умовою корони складає  $70 \text{ мм}^2$ . Отже, вибираємо провід типу АС-70/11.

Допустимий струм АС-70/11 складає 265 А.

Погонні параметри лінії:  $r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}$ ,  $x_0 = 0,275 \text{ Ом/км}$ .

Перевіряємо переріз проводу з падіння напруги в лінії в нормальному і післяаварійному режимах:

$$\Delta U_{\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\% < 10 - 15\%;$$

$$R = r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 11,6 = 3,611 \text{ Ом}; \quad X = x_0 \cdot l = 0,275 \cdot 11,6 = 4,93 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{\text{н}\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{с}}^2} = \frac{13495 \cdot 3,611 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 4,93 \cdot 10^{-3}}{110^2} \cdot 100\% = 0,4\%$$

За умовою коронного розряду проводи такого перерізу можна використовувати.

									Лист
									36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

## 5. Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв

Одним з основних питань, що вирішують при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств є питання компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності з одночасним покращанням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств являється одним з основних напрямків скорочення втрат електричної енергії та підвищення ефективності електричних установок підприємства.

Встановлення джерела реактивної потужності призводить до зниження втрат в період максимуму навантаження в середньому на 0,08 кВт / квар.

Оскільки силові обладнання та освітлювальне навантаження розташовані на стороні низької напруги з напругою 0,4 кВ та електричне більш віддалена від джерела живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН потребує збільшення перерізу проводів та кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів та супроводжується втратами активної та реактивної потужностей.

Витрати, зумовлені переліченими вище факторами, можна зменшити та навіть ліквідувати, якщо здійснити компенсацію реактивної потужності безпосередньо в мережі НН.

Для компенсації реактивної потужності встановлюємо низьковольтні КУ.

Виберемо низьковольтні КУ на ТП 1.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^2 \cdot \beta)^2 - (P_p)^2} ; \text{квар}$$
$$Q_T = \sqrt{(1600 \cdot 2 \cdot 0,75)^2 - 2320,92^2} = 611 \text{ квар,}$$

					<b>ДП 2025 141</b>					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв</b>					
Розроб.	Маструков М							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ізволеньський								37	
Реценз.								ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		
Н. контр.	.									
Затверд.	Балюта С.М.									

де  $S_T = 1600$  кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;  $\Delta N_T^e = 2$  шт – кількість трансформаторів на ТП;  $\beta = 0,75$  – коефіцієнт завантаження трансформаторів;  $P_p = 2320,92$  кВт – розрахункова потужність електроприймачів напругою до 1 кВ.

Потужність КУ, що визначається пропускнуою здатністю трансформаторів ТП

$$Q_{HK1} = Q_{p.HH} - Q_T \text{ квар};$$

$$Q_{HK1} = 1982.04 - 611.008 = 1371.032 \text{ квар.}$$

Оскільки  $Q_{HK1} < 0$ , приймаємо  $Q_{HK1} = 0$  квар.

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

$$Q_{HK2} = Q_{p.HH} - Q_{HK1} - \gamma \cdot S_T \cdot N_T^e \text{ квар};$$

$$Q_{HK2} = 1982.04 - 1371.032 - 0,1 \cdot 1600 \cdot 2 = 291.008 \text{ квар}$$

де  $\gamma = f(k_1; k_2)$ , Показник  $K_1$  характеризує відношення щомісних витрат на НБК та високовольтних батарей конденсаторів і в практичних розрахунках для енергетичної системи України при кількості робочих змін 3 дорівнює 11, при двозмінній роботі – 12, однозмінній – 24. Отже,  $k_2=24$ .

$k_2$  – залежить від характеристики електричної мережі і для радіальної мережі його чисельне значення беруть згідно з даними табл. 2.10[2],  $k_2 = 3$ .

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних КУ

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \text{ квар};$$

$$Q_{HK} = 1371.032 + 291.008 = 1662.04 \text{ квар.}$$

З розрахунків видно, що на стороні НН ТП 1 необхідно становити КУ потужністю  $Q_{HK} = 1662.04$  квар.

Отже згідно табл. 4.37 [ 1 ] вибираємо:

2xKPM-0,4-825-82,5 УЗ.

Аналогічно вибираємо КУ для інших ТП і інформацію заносимо в таблицю

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38





## 6. Розрахунок перерізу кабелів розподільних мереж

Вибір кабелів для підключення цехових ТП.

Приклад розрахунку для ТП1:

Нормальний та максимальний струми:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном.гр}} \cdot \beta}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{1600 \cdot 0.73}{\sqrt{3} \cdot 10} = 67.4 \text{ А.}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1.4 \cdot S_{\text{ном.гр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{1.4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 129.326 \text{ А.}$$

Знаходимо економічно вигідний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек.кл}}} = \frac{67.4}{1.1} = 61.304 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу обираємо стандартний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ст}} = 70 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 61.304 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо 2 кабеля типу 2хААШВУ -10-3х70, прокладка у повітрі.

Погонні параметри кабельної лінії за табл.3.28 [1]:

$$r_0 = 0,443 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,083 \text{ Ом/км}.$$

Перевіряємо кабельну лінію за умовою допустимого нагріву ( $I_{\text{доп}}$  за табл.3.36 [1]):

$$I_{\text{доп}} = 161 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 129.326 \text{ А.}$$

Назва КЛЕП	$I_{\text{норм.р}}$ А	$I_{\text{макс.р}}$ А	$S_{\text{ек}}$ мм <sup>2</sup>	$I_{\text{доп.р}}$ А	К-сть, марка і переріз кабеля
ГПП-ТП1	67,4	129,326	61,304	161	2хААШВУ-10-3х70
ГПП-ТП2	96,562	202,073	87,783	234	2хААШВУ-10-3х120
ГПП-ТП3	96,995	202,073	88,177	234	2хААШВ-10-3х120
ГПП-ТП4	59,767	129,326	54,334	161	2хААШВ-10-3х70

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Маструков М				<b>Розрахунок перерізу кабелів розподільних мереж</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ізволеньський						41	
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.	Балюта С.М.					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

## 7. Розрахунок струмів короткого замикання

Коротким замиканням називають будь-яке непередбачене нормальними умовами роботи з'єднання двох точок електричного кола. Причинами короткого замикання є механічні пошкодження ізоляції, її пробій від перенапруг та старіння, обриви, накиди та перетини проводів, повітряних ліній, помилкові дії обслуговуючого персоналу.

Внаслідок короткого замикання в колі виникають небезпечні для елементів кола струми, які можуть вивести його з ладу. Тому для забезпечення надійності роботи цих мереж, електрообладнання пристроїв релейного захисту проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

Місце розташування точок короткого замикання вибираємо таким чином, щоб при короткому замиканні електрообладнання, що перевіряється та провідники знаходились в найбільш не вигідних умовах.

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно скласти розрахункову схему та схему заміщення. В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов.

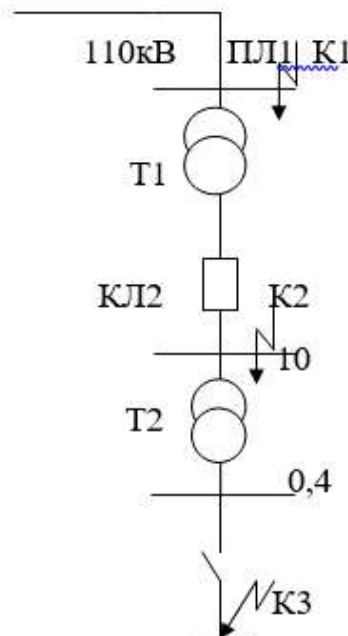


Рис. 7.1.

					<b>ДП 2025 141</b>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Маструков М</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>				42	
Реценз.					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-З		
Н. контр.							
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>					
					<b>Розрахунок струмів короткого замикання</b>		

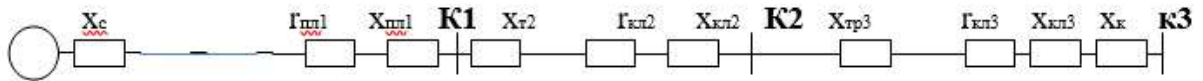


Рис.7.2. Схема заміщення.

Розрахунок струмів короткого замикання проводимо у відносних базисних величинах.

Електроустаткування, встановлюване в системах електропостачання, повинно бути стійким до струмів К.З. і вибиратися з урахуванням сили цих струмів.

1. Задаємося базисним значенням потужності:  $S_б = 100$  мВА

2. Задаємося базисними значеннями напруг:

$$U_{б1} = 115 \text{ кВ}$$

$$U_{б2} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$U_{б3} = 0,4 \text{ кВ}$$

3. Визначаємо базисні струми:

$$I_{б1} = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_{б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА}$$

$$I_{б2} = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_{б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{б3} = \frac{S_б}{\sqrt{3}U_{б3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,34 \text{ кА}$$

4. Визначаємо опір схеми заміщення:

а) ПЛ:

$$X_{\text{ПЛ}1*} = X_{*бл} = \frac{X_0 L S_б}{U_{б1}^2} = \frac{0,46 \cdot 11,51 \cdot 100}{115^2} = 0,04$$

$$r_{\text{ПЛ}1*} = r_{*бл} = \frac{r_0 L S_б}{U_{б1}^2} = \frac{0,43 \cdot 8,2 \cdot 100}{115^2} = 0,024$$

б) Трансформатора на ГПП:

$$X_{r2*} = X_{*6.7} = \frac{U_k S_6}{100 \cdot S_{ном.7}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 10} = 1,05$$

в) КЛЕП:

$$X_{кл2*} = X_{*6.л} = \frac{X_0 L S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,081 \cdot 0,3 \cdot 100}{10,5^2} = 0,022 \text{ Ом}$$

$$r_{кл2*} = r_{*6.л} = \frac{r_0 L S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,258 \cdot 0,3 \cdot 100}{10,5^2} = 0,07 \text{ Ом}$$

5. Трансформатор на підстанції № 3:

$$X_{m3} = X_{*6.7} = \frac{U_k S_6}{100 \cdot S_{ном.7}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 2,5} = 2,6$$

Визначаємо силу струмів К.З.: Точка К – 1:

$$Z_{*1} = \sqrt{(X_{1*} + X_c^2) + r_{1*}^2} = \sqrt{(0,04 + 0,51)^2 + 0,024^2} = 0,551$$

$$I_{к1} = \frac{I_{61}}{Z_{1*}} = \frac{0,5}{0,551} = 0,907 \text{ кА}$$

$$i_{y1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,907 = 2,309 \text{ кА}$$

де  $K_y = 1,9$ , [2] (Рисунок 6.2 )

Аперіодична стала часу для системи:

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(k_y - 1)} \text{ с;}$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с,}$$

де  $k_y = 1,8$  – ударний коефіцієнт.

Час протікання к.з.:

$$t_{к.з.} = t_{р.з.} + t_{в.в.} \text{ с,}$$

$$t_{к.з.} = 0,32 + 0,08 = 0,4 \text{ с.}$$



$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(k_y - 1)} \text{ с};$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с},$$

де  $k_y = 1,8$  – ударний коефіцієнт.

Час протікання к.з.:

$$\tau_{к.з.} = \tau_{р.з.} + \tau_{в.в.} \text{ с},$$

$$\tau_{к.з.} = 0,32 + 0,08 = 0,4 \text{ с}.$$

Аперіодична складова струму к.з.:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{к2} \cdot e^{\frac{-t_m}{T_a}} \text{ кА},$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 3,391 \cdot e^{\frac{-0,09}{0,045}} = 0,649 \text{ кА}$$

Тепловий імпульс :

$$B_k^{к1} = (I_{к1})^2 \cdot (\tau_{к.з.} + T_a) \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$B_k^{к1} = (3,391)^2 \cdot (0,4 + 0,045) = 5,117 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Перевіряємо КЛ, яка йде від джерела за умовою:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_k^{к3}}}{C} < S_{ст}^{кп} \text{ мм}^2,$$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{5,117 \cdot 10^6}}{90} = 238,4 \text{ мм}^2 < S_{ст}^{кп2} = 120 \text{ мм}^2.$$

Точка К – 3:

Опір контактів для цехових ТП

$$r_k = 20 \text{ мОм}.$$

Опір кабельних ліній, що живлять ТП потужністю 2500 кВА

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$r_{\text{кЛЗ}} = r_0 \cdot l_{\text{кЛ}} \cdot \left( \frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}}} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ МОМ},$$

$$r_{\text{кЛЗ}} = 0,07 \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,034 \text{ МОМ};$$

$$x_{\text{кЛЗ}} = x_0 \cdot l_{\text{кЛ}} \cdot \left( \frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{НН}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}}} \right)^2 \cdot 10^3 \text{ МОМ},$$

$$x_{\text{кЛЗ}} = 0,022 \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,011 \text{ МОМ}.$$

Опір трансформаторів на ТП потужністю 2500 кВА

$$r_{\text{ТЗ}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{(S_{\text{НОМ}}^{\text{T}})^2} \cdot (U_{\text{НОМ}}^{\text{сп}})^2 \cdot 10^3 \text{ МОМ},$$

$$r_{\text{ТЗ}} = \frac{23,5 \cdot 10^3}{2500^2} \cdot (0,4)^2 \cdot 10^3 = 0,602 \text{ МОМ};$$

$$x_{\text{ТЗ}} = \sqrt{(10 \cdot U_{\text{к}})^2 - \frac{\Delta P_{\text{к}}}{(S_{\text{НОМ}}^{\text{T}})^2}} \cdot \frac{(U_{\text{НОМ}}^{\text{сп}})^2}{S_{\text{НОМ}}^{\text{T}}} \cdot 10^3 \text{ МОМ},$$

$$x_{\text{ТЗ}} = \sqrt{(10 \cdot 6,5)^2 - \frac{23,5 \cdot 10^3}{(2500)^2}} \cdot \frac{(0,4)^2}{2500} \cdot 10^3 = 4,16 \text{ МОМ}.$$

Сумарні опори

$$r_{\Sigma} = r_{\text{кЛ1}} + r_{\text{кЛ2}} + r_{\text{кЛЗ}} + r_{\text{мЗ}} + r_{\text{к}} \text{ МОМ},$$

$$r_{\Sigma} = 0,024 + 0,07 + 0,034 + 0,602 + 20 = 20,764 \text{ МОМ};$$

$$x_{\Sigma} = x_{\text{кЛ1}} + x_{\text{кЛ2}} + x_{\text{м2}} + x_{\text{кЛЗ}} + x_{\text{мЗ}} \text{ МОМ},$$

$$x_{\Sigma} = 0,04 + 0,022 + 1,05 + 0,003 + 4,16 = 5,275 \text{ МОМ};$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(r_{\Sigma})^2 + (x_{\Sigma})^2} \text{ МОМ},$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(20,764)^2 + (5,275)^2} = 21,424 \text{ МОМ}.$$

Початковий струм к.з.

									Лист
									47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$I_{к4} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \varepsilon_{\Sigma}} \text{ кА},$$

$$I_{к4} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 21,424} = 10,78 \text{ кА}.$$

Ударний струм к.з.

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{с.к4}'' \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 6,14 = 15,245 \text{ кА}.$$

Таблиця 7.1 – Результати розрахунків струмів короткого замикання

Т- кн к.з.	Місце к.з.	Базисні умови			Зак- лючні і опор п	Початкові струми, кА I'' <sub>c</sub>	Аперіодичн а складова, кА i <sub>a</sub>	Ударні струми, кА i <sub>y</sub>	Теплов ий імпульс , кА <sup>2</sup> ·с
		U <sub>Б</sub> , кВ	S <sub>Б</sub> , МВА	I <sub>Б</sub> , кА					
К1	КЛ1	115	100	0,502	0,551	0,907	0,174	2,309	0,366
К2	Шини ТП 10кВ	10,5	100	5,5	1,622	3,391	0,649	8,632	5,117
К4	НН ТП	0,4	—	—	21,42 4	10,78	—	15,245	—

## 8. Вибір вимикачів 110 кВ ГПП

Вимикачі вибираємо по параметрах нормального режиму:

$$\left. \begin{array}{l} U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.н.ер}} \\ I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном.розр}} \end{array} \right\}$$

а потім перевіряємо за критеріями аварійного режиму:

$$\left. \begin{array}{l} I_{\text{відкл}} \geq I_{\text{роб. відкл}} \\ i_{\text{max}} \geq i_y \\ B_k = I_r^2 \cdot t \geq I_{\infty}^2 \cdot t \end{array} \right\}$$

По номінальних параметрах  $U_{\text{ном}}=110\text{кВ}$  і  $I_{\text{ном}}=162,45\text{А}$  вибираємо вимикач ВБК-110Б-20/1000У1 з такими даними:

$$U_{\text{ном}}=110 \text{ кВ}; I_{\text{ном}}=1000 \text{ А}; I_{\text{ном.откл}}=20 \text{ кА}; i_{\text{max}}=52 \text{ кА}; I_t=20 \text{ кА}; t=3\text{с.}$$

Перевірка за (1.40):

$$20 \text{ кА} > 0,907 \text{ кА}$$

$$52 \text{ кА} > 2,309 \text{ кА}$$

$$20^2 \cdot 3 = 1200 > 0,366^2 \cdot 2 = 0,667 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

### Вибір роз'єднувачів 110 кВ

Роз'єднувачі вибираємо по номінальних параметрах аналогічно вимикачам.

Вибираємо роз'єднувачі РНД-3-110/1000У1 з такими даними:

$$U_{\text{ном}}=110 \text{ кВ}; I_{\text{ном}}=1000 \text{ А}; i_{\text{max}}=80 \text{ кА}; I_t=31,5 \text{ кА}; t=4\text{с.}$$

Перевіряємо по (1.40):

$$80 \text{ кА} > 2,309 \text{ кА}$$

$$31,5^2 \cdot 4 = 3969 > 0,366^2 \cdot 2 = 0,667 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маструков М</i>			<b>Вибір вимикачів 110 кВ ГПП</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>					49	
Реценз.						ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		
Н. контр.								
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						

## Вибір вимикачів 10 кВ

Вибір вимикачів на вторинній стороні ГПП

Розрахунковий струм на вторинній стороні ГПП складає:

$$I_p = \frac{S_i}{2\sqrt{3}U_i}$$
$$I_p = \frac{13495}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 389,567 \text{ A}$$

Вибираємо вимикачі ВВ/TEL-10 з наступними даними:

$U_{\text{НОМ}}=10 \text{ кВ}$ ;  $I_{\text{НОМ}}=630 \text{ А}$ ;  $I_{\text{НОМ.ОТКЛ}}=12.5 \text{ кА}$   $i_{\text{max}}=32 \text{ кА}$ ;  $I_t=20 \text{ кА}$ ;  $t=4\text{с}$ .

Перевіряємо обрані вимикачі за умовами (1.40):

$$12.5 \text{ кА} > 3.391 \text{ кА}$$

$$32 \text{ кА} > 8.632 \text{ кА}$$

$$12.5^2 \cdot 4 = 625 > 5,117^2 \cdot 2 = 52.367 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

## Вибір запобіжників напругою 10 кВ цехових ТП

Запобіжники вибираємо по номінальних параметрах аналогічно вимикачам:

Вибираємо запобіжники ПКТ-10-400-40У3 з параметрами:

$U_{\text{НОМ}}=10 \text{ кВ}$ ;  $I_{\text{НОМ}}=400 \text{ А}$ ;  $I_{\text{НОМ.ОТКЛ}}=40 \text{ кА}$ .

## Вибір апаратів захисту мережі 0.4 кВ

Згідно з ПУЕ як апарати захисту мереж застосовуються автоматичні вимикачі або запобіжники.

Апарати захисту слід встановлювати в місцях мережі, де переріз провідника зменшується, а також у місцях приєднання провідників, що захищаються, до живильної лінії.

Запобіжники мають встановлюватися на всіх незаземлених полюсах або фазах. Установлення запобіжників у нульових робочих провідниках заборонено. При захисті мереж з глухозаземленою нейтраллю розчеплювачі

									Лист
									50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2025 141

автоматичних вимикачів мають установлюватися в усіх незаземлених провідниках. Апарати захисту за своєю вимикаючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Номінальні струми плавких вставок і струми розчеплювачів автоматичних вимикачів слід обирати за розрахунковими струмами ділянок мережі, чи за номінальними струмами електроприймачів. Причому апарати захисту не повинні вимикати електроустановки при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми тощо).

Умови вибору автоматичних вимикачів:

За номінальною напругою:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.мережі}};$$

де  $U_{\text{ном.мережі}}$  - номінальна напруга мережі, в якій застосовується вимикач.

• За номінальним струмом розчеплювача:

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

де  $I_{\text{розч}}$  - розрахунковий струм ділянки мережі, що захищається.

• За номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.розч}}$$

• За умовою спрацювання при короткочасних перевантаженнях:

$$I_{\text{спр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пik}}$$

• За умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні:

$$I_K^1 \geq 3 \cdot I_{\text{спр}}$$

Якщо автоматичний вимикач має тільки електромагнітний розчеплювач, то

$$I_K^1 \geq 1,1 \cdot I_{\text{спр}}$$

Перевірку за умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні здійснимо наступним чином. Визначимо струм кз для найбільш віддаленого споживача, який живиться проводом не значного перерізу(1,5 мм<sup>2</sup>). Цей струм буде мінімальним із всіх струмів кз, тому якщо захист спрацює на його значення то отже спрацює і на більші струми.

Для трансформаторів максимальний струм розчеплення:

$$I_{розч} = \frac{1,4 \cdot S_{н.м.}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3233 \text{ А};$$

Для секційного вимикача:

$$I_{розч} = \frac{(0,7 \div 0,8) \cdot S_{н.м.}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{0,7 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1617 \text{ А};$$

Вибираємо автоматичні вимикачі серії ВА45. Автоматичні вимикачі показані на листі №2 графічної частини.

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

## 9. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### Безперерйне постачання найбільш відповідальних споживачів підприємства

#### 9.1 Загальні відомості

Зростання частоти відключень від енергосистеми спонукає споживачів електричної енергії вживати заходів щодо зменшення ризику від перебоїв та підвищення надійності енергозабезпечення. Напрямок вирішення цього питання — встановлення та використання резервних джерел живлення.

Під надійністю розуміють властивість системи електропостачання (СЕП) виконувати задані функції в заданому об'ємі при визначених умовах функціонування. Тобто при оцінці надійності роботи СЕП розглядається її працездатність чи непрацездатність відносно конкретних споживачів чи груп споживачів. Відмова в електропостачанні хоча б одного споживача, який приєднаний до СЕП, обумовлює недовиконання всією системою основної функції — постачання споживачів електроенергією заданої якості та в необхідній кількості.

В якості резервних джерел живлення для підвищення надійності енергозабезпечення можуть бути використані засоби „мікроенергетики”.

Як і передбачалося на 2005 р, а особливо до 2010 р значно зросте виробництво електричної енергії, яка виробляється незалежними виробниками за допомогою використання засобів „мікроенергетики”.

Особливо великі перспективи „мікроенергетики” в країнах, що розвиваються та в країнах з перехідною економікою, які мають серйозні проблеми через стан своїх енергосистем.

Особливо стрімко розвивається та частина „мікроенергетики”, котра пов'язана з альтернативною енергетикою, а саме:

- вітроенергетика;
- сонячна енергетика;
- водневі паливні елементи;

Суть цієї технології в тому, що на спеціальних мембранах електрон

					<b>ДП 2025 141</b>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Маструков М</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ізволеньський</i>				53	
Реценз.					<b>СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА</b>		
Н. контр.							
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>					
					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

відділяється від ядра атома водню, в результаті чого виникає електричний струм, а у відходах — вода та тепло.

■ засоби і пристрої генерації енергії, які працюють на традиційному паливі.

Велике значення в сучасній „мікроснергетиці” надається засобам та пристроям генерації енергії, які працюють на традиційному паливі. До таких пристроїв відносяться насамперед газогенератори та інші міні - та мікро - моторгенератори. В останній час особливо виріс інтерес до моторгенераторів, оскільки на їх базі навчились створювати так названі когенераторні та тригенераторні установки, які виробляють одночасно електроенергію, тепло і холод.

У порівнянні з традиційними технологіями, мікроснергетика більш ефективна, і що саме головне автономні джерела енергії дозволять споживачеві відчути себе незалежними від стану централізованих електричних та теплових мереж, надійність котрих зменшується.

Джерела енергії, які відносяться до мікроснергетики мають набагато більший коефіцієнт корисної дії (ККД), чим самі довершені традиційні джерела.

Також доцільно звернути увагу на одну принципову особливість майбутньої енергетики, яку ми повинні враховувати.

Світ переходить на принципи сталого розвитку. До всіх країн поставлена вимога розробити концепції свого сталого розвитку. Україна вже має таку концепцію. В Енергетичній стратегії України, звичайно, також закладаються принципи сталого розвитку.

Реалізація принципів сталого розвитку потребує переусвідомлення політики в галузі використання енергії, перш за все електричної. В основі нової політики лежить, з одного боку, чітка орієнтація виробництва енергії на повне забезпечення життєвих потреб людини, а з другого боку — орієнтація на зміну споживацької психології людини з метою зменшення цих потреб.

Ще одним з основних принципів цієї політики є обмеження споживання паливних ресурсів не стільки через їх нестачу, скільки через неможливість біосфери витримати навантаження від масштабного використання ресурсів. У зв'язку з цими принципами сама енергетика повинна зазнати якісних змін.

Тому треба ставити і вирішувати нову проблему — зорієнтувати енергетику на максимальне задоволення потреб конкретної людини, надання

їй енергетичних послуг — різноманітних і зручних. В зв'язку з цим великого розвитку набуде децентралізована енергетика в різному вигляді.

У людей з достатком в усьому світі і у нас спостерігається прагнення до життя в котеджах, а це потребує децентралізованих енергетичних систем життєзабезпечення. Ми бачимо також, як уже сьогодні багато електроприладів у кожній квартирі, а далі їх буде ще більше. Тобто, уже розвинулась і в подальшому буде розвиватись енергетика, спрямована на підвищення комфорту нашого життя. А це зовсім інша енергетика, це так звана гуманітарна енергетика. Це буде зрощування конкретних інтересів людини з конкретною формою енергозабезпечення. А яка буде форма такого забезпечення, ще треба буде вирішувати. Зрозуміло, що нам неможливо буде базуватись тільки виключно на централізованій енергетиці. Це будуть і нові енергоносії, і нові технології виробництва та споживання енергії, і нові енергетичні структури.

Слід зазначити, що в енергетиці гуманітарній, спрямованій на конкретну людину, питання енергозбереження буде в значній мірі вирішуватись автоматично, бо людина свою, особисту, по суті приватну, а не централізовану енергетику буде використовувати ощадливо. Це закладено в природі самої людини.

Україні від СРСР дістався енергетичний сектор, який представлений енергетичними блоками великої потужності, які в своїй більшості мають низьку маневреність (призначені для роботи в базовому режимі), і не здатні забезпечувати пікову частину графіка навантаження. Тому будівництво автономних джерел енергії невеликої потужності (від сотень Вт до МВт) зможе вирішити цю проблему.

В якості автономних джерел енергії розглянемо засоби мікроенергетики, які працюють на традиційному паливі, а саме: бензинові, дизельні, газопоршневі та газотурбінні електростанції. Також більш детально розглянемо особливості і область застосування кожної з наведених видів електростанцій.

## 9.2 Алгоритм визначення необхідності встановлення резервних джерел живлення

Алгоритм включає ряд етапів. Зокрема:

1. Аналіз споживачів:

1.1) Визначення до якої категорія надійності електропостачання належать струмоприймачі об'єкту (визначення проектної надійності електропостачання);

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Відносно електроприймачів особливої групи і кожної з трьох категорій нормується число незалежних взаємно резервуючих джерел живлення і тривалість перерви живлення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1- Число незалежних взаємно резервуючих джерел живлення і тривалість перерви живлення

Категорія електроприймачів	Мінімальна кількість незалежних джерел живлення	Максимальна тривалість перерви електропостачання
Особлива група	3	Час автоматичного відновлення живлення
I	2	Час автоматичного відновлення живлення
II	2	Час ручного відновлення живлення
III	1	1 доба

1.2) Аналіз фактичної надійності електропостачання струмоприймачів об'єкту.

2. Аналіз надійності міських електричних мереж:

При оцінці надійності роботи СЕП розглядається її працездатність чи непрацездатність відносно конкретних споживачів чи груп споживачів. Відмова в електропостачанні хоча б одного споживача, який приєднаний до СЕП, обумовлює недовиконання всією системою основної функції — постачання споживачів електроенергією заданої якості та в необхідній кількості.

При вирішенні задач аналізу надійності та при управлінні розвитком, експлуатацією СЕП необхідно враховувати відмови, які приводять до порушення електропостачання та невідпуску електроенергії споживачам по наступним причинам:

- дефіцитом електроенергії через нестачу енергоресурсів;
- дефіцитом потужності в електроенергетичній системі через аварійний простій генеруючих агрегатів чи через перевищення споживання над прогнозованим навантаженням;
- автоматичним відключенням споживачів для запобігання розвитку аварій при КЗ на лініях, аварійних відключеннях потужних блоків і т.і.;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

- припиненням електропостачання споживачів чи недопустимим зниженням напруги при аварійних відключеннях ліній розподільчої мережі, а також при планових ремонтах в незарезервованих мережах;
- короточасними перервами (обумовленими дією РЗ та А) чи глибокими зниженнями напруги при аваріях в розподільчій мережі, а також в основній мережі, якщо від неї безпосередньо здійснюється електропостачання споживачів.

### 3. Оцінка технічного стану об'єктів:

Тобто виявлення значень показників технічних параметрів об'єктів з виявленням місць, типів, кількості дефектів і пошкоджень і причин їх появи, що впливають на здатність об'єкта виконувати свої функції в забезпеченні технологічного процесу.

Для визначення технічного стану об'єкту використовуються такі якісні критерії:

- добрий технічний стан;
- підлягає капітальному ремонту;
- підлягає реконструкції;
- підлягає повній заміні.

Для встановлення комплексної якісної оцінки технічного стану довільної сукупності ТП напругою 10/0,38 кВ обчислюється коефіцієнт дефектності цієї сукупності ТП (КДст) формулою (2.1).

### 4. Організаційні питання щодо функціонування системи електропостачання:

Електропостачання споживача, що має дизельну електростанцію (ДЕС), в нормальних умовах здійснюється від електроустановки району кабельних мереж АК „Київенерго” (РКМ).

Для вирішення цієї проблеми на території Сумської області планується спорудження заводу сільськогосподарських машин, електропостачання якого розробляється в даному проекті. Вихідні дані для роботи над проектом погоджено з технологами і електропостачальною організацією АЕК „Суми-обленерго”.

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

З метою недопущення помилкової подачі напруги в розподільчі мережі 0,4-10 кВ, при увімкненні до роботи резервної ДЕС в загальні розподільні електромережі 0,4кВ, власник ДЕС зобов'язаний:

- Підготувати персонал для обслуговування ДЕС, забезпечити його інструкцією про взаємовідносини з РКМ, оперативною і технічною документацією, захисними засобами та інструментом згідно норм, визначених „Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів” і „Правилами техніки безпеки, при експлуатації електроустановок споживачів” (ПБЕЕ).
- Обладнати схему включення ДЕС в електромережу 0,4 кВ за технічними умовами АК „Київенерго” через двосторонній перехідний рубильник, що виключає можливість подачі напруги від ДЕС на шини розподільного щита ТП. Автоматичні ДЕС, що мають справне електричне блокування, дозволяється підключати до мережі без перекидних рубильників.
- На щиті керування ДЕС забезпечити постійний контроль наявності напруги з боку ТП, установивши для цього вольтметр чи електролампку.
- Положення рукоятки перекидного рубильника на розподільному щиті ДЕС позначити наступними написами: верхнє — „мережа”, нижнє — „станція”.
- Викликати інспектора відділення Енергозбуту для технічного обстеження ДЕС і місця її технічного приєднання до електромережі.
- Скласти схему приєднання ДЕС і погодити її з РКМ АК „Київенерго” і відділенням Енергозбуту.
- Надати до РКМ перелік осіб, що мають право оперативних переговорів, перемикачів, а також прізвище особи, відповідальної за експлуатацію ДЕС, їхню посаду і кваліфікаційну групу по ПБЕЕ.
- Зареєструвати ДЕС у РКМ і одержати дозвіл чергового диспетчера РКМ що до першого включення її в роботу.
- Кожне включення до роботи та зупинку ДЕС робити тільки з дозволу чергового диспетчера РКМ. Якщо ДЕС має електричне блокування та вмикається до мережі автоматично, то про її увімкнення (вимикання) необхідно повідомити диспетчера, а також записати в журнал роботи ДЕС.

Відділення Енергозбуту та РКМ АК „Київенерго” зобов'язані:

- Узяти на облік ДЕС.
- Зробити технічний огляд ДЕС і скласти акт її технічного стану.

									Лист
									58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- Погодити схему приєднання ДЕС.
- У випадку невиконання власником ДЕС своїх зобов'язань заборонити роботу ДЕС і опломбувати її.

### 9.3 Вимоги нормативних документів щодо надійності електропостачання електроприймачів 1 категорії

Розглянемо визначення електроприймачів 1 категорії та особливої групи та вимоги щодо їх електропостачання.

Електроприймачі 1 категорії — це такі електроприймачі, перерва в електропостачанні котрих може викликати небезпеку для життя людей, значні збитки народному господарству, пошкодження коштовного основного обладнання, масовий брак продукції, розладнання складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства.

Зі складу електроприймачів 1 категорії виділяється особлива група електроприймачів, безперервна робота котрих необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози житло людей, вибухів, пожеж та пошкодження коштовного основного обладнання.

Електроприймачі 1 категорії надійності повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаємно резервуючих джерел живлення, і перерва в електропостачанні при порушенні електропостачання від одного із джерел живлення може тривати лише на час автоматичного відновлення живлення.

Для електропостачання особливої групи електроприймачів 1 категорії повинно бути передбачено додаткове живлення від третього незалежного взаємно резервуючого джерела живлення.

В якості третього незалежного джерела живлення для особливої групи електроприймачів і в якості другого незалежного джерела живлення для решти електроприймачів 1 категорії можуть бути використані місцеві електростанції, електростанції енергосистем, спеціальні агрегати безперервного живлення, акумуляторні батареї, дизельні електростанції і т. д.

Розглянемо \_24-х поверховий житловий будинок і зі складу комплексу його електроприймачів виділимо електроприймачі I категорії та особливої групи:

- аварійне та евакуаційне освітлення;
- силове навантаження ліфтів;
- протидимний захист;
- вбудовані приміщення, в яких розміщується відділення банку а саме:
  1. Пожежна та охоронна сигналізація, сигналізація загазованості;
  2. Технічні засоби автоматизованої системи керування банківського виробництва;
  3. Серверна і приміщення міжбанювських електронних розрахунків, електронної пошти.

Живлення житлового будинку здійснюється від двох незалежних взаємно резервуючих джерел живлення (двотрансформаторної підстанції), а для особливої групи електроприймачів (локальних обчислювальних систем, систем передачі інформації, електронної пошти, тощо) одержання необхідної надійності та якості живлення необхідно передбачити створення системи гарантованого електропостачання (СГЕ) з використанням агрегату безперервного живлення (АБЖ) певної конфігурації, ДЕС і відповідної побудови силової розподільної мережі.

Допускається, як виняток, поширювати вимоги до надійності електропостачання електроприймачів більш високої категорії на електроприймачі нижчої категорії будинку або споруди з ініціативи власника за узгодженням з електропередавальною організацією, тому резервуванню підлягає весь комплекс споживачів I категорії та особливої групи.

#### 9.4 Резервні та автономні джерела енергії.

##### Особливості, область використання

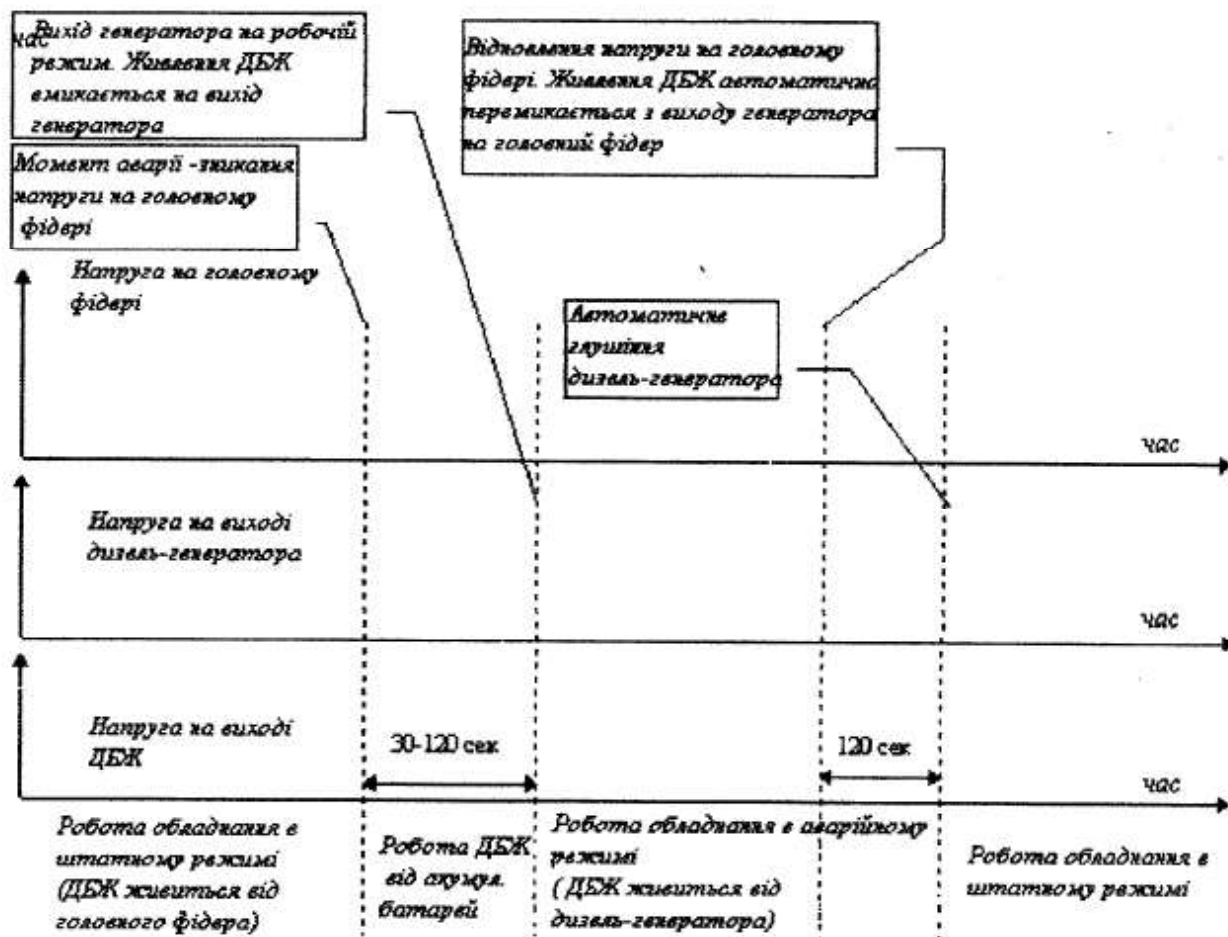
##### 9.4.1 Основні визначення

Система гарантованого електропостачання — набір функціональних пристроїв і схемних рішень, призначених для забезпечення безперебійним і якісним електроживленням відповідальних струмоприймачів особливої групи I категорії.

Система гарантованого електропостачання (СГЕ) за своїм призначенням є резервною (аварійною). При відмові основного джерела електропостачання, в роботу вступає устаткування СГЕ - дизель-генераторні установки (ДГУ). ДГУ входять до складу дизель-електричної станції (ДЕС), яка може

									Лист
									60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025 141				

складатися з однієї або декількох ДГУ, у тому числі різної потужності. Під час пуску ДГУ живлення споживачів групи А здійснюється за рахунок енергії акумуляторної батареї ДБЖ. Діаграма функціонування комплексу СБЕ-СГЕ у випадку аварійного відключення живлення наступного відновлення основного електропостачання показана на рисунку 9.1.



Комплекс працює за наступним алгоритмом:

- при відмові основного живлення, електропостачання споживачів групи А переводиться на живлення від ДБЖ (використовується енергія акумуляторних батарей);
- виробляється запуск ДГУ, яка за час, що не перевищує двох хвилин виходить на номінальні оберти й приймає навантаження;
- відбувається автоматичне перемикання СБЕ на живлення від СГЕ (ДГУ);
- ДБЖ живиться від ДГУ, щоб зробити підзарядку акумуляторних батарей;

- при відновленні основного живлення, споживачі переводяться на електропостачання від СЗЕ;
- ДГУ зупиняється.

Для СГЕ, так само як і для СБЕ, справедливе поняття часу автономної роботи. У СБЕ час автономної роботи визначається ємністю АБ, у СГЕ - кількістю дизельного палива. Кількість палива визначається обсягом штатного бака, розташованого в станині, і додаткових баків. Штатні баки мають різну ємність, залежно від моделі ДГУ, і, як правило, дозволяють працювати з номінальною потужністю протягом 6 ..8 годин.

Агрегат безперервного живлення, який забезпечує живлення струмоприймачів при зникненні напруги за рахунок енергії акумуляторних батарей, що входять до його складу (у технічній літературі часто визначається терміном ІБП — джерело безперебійного живлення, в англійській літературі UPS — Uninterruptible Power System).

Електростанція для автономного живлення — електростанція (електроагрегат), яка використовується в якості автономного джерела живлення для забезпечення різноманітних споживачів трифазною напругою 380 В, частотою 50 Гц, електроживленням в різних кліматичних зонах, з діапазоном температур від -50°C до +50°C. Можуть експлуатуватися, як в приміщеннях так і на відкритому повітрі.

Електростанція — електрична станція, сукупність установок, устаткування і апаратури, що використовується безпосередньо для виробництва електричної енергії, а також необхідні для цього споруди і будівлі, розташовані на певній території. Електростанції використовують як автономні і резервні джерела стабільної напруги. Залежно від джерела енергії розрізняють бензинові, дизельні і газові електростанції. У електростанції, як привідні, використовуються бензинові, дизельні або газові двигуни внутрішнього згорання, а як електрогенератори — синхронні та асинхронні генератори однофазного або трифазного струму. Застосування їх з двигунами внутрішнього згорання дозволяє одержати оптимальну якість електроенергії, що виробляється.

Двигун-генератор (електростанція) — електроустановка, яка представляє собою пристрій, котрий складається з двигуна внутрішнього згорання, приєднаного генератора за допомогою пристрою передачі механічної енергії від валу двигуна до валу генератора, який виробляє електричну енергію, щита управління і контролю, а також з розподільчого пристрою, котрий розміщується зазвичай у диспетчерському приміщенні.

									Лист
									62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Крім електроенергії, двигуни-генератори можуть виробляти теплову енергію (когенеративні установки), і навіть холод (тригенеративні установки). При потужності більше 40 кВт А ці установки є дуже вигідними і дуже швидко окупаються.

Електростанції (електроагрегати) для резервування мережі, призначені для використання в якості резервного (аварійного) джерела живлення, для забезпечення особливо відповідальних споживачів трифазною напругою 380 В, частотою 50 Гц, електроживленням на випадок зникнення чи недопустимого зниження напруги основного джерела.

В табл. 9.2 представлені характеристики електроагрегатів.

Тип / двигун	Потужність, кВт·А	Паливо	Охолодження	Частота обертання, $\frac{об}{хв}$
<b>EltecoGen (Словаччина) — індивідуальна збірка</b>				
Vanda (Vanguard)	1,5–12	бензин	повітряне	3000
Vanda (Ruggerini)	1,5–22	дизель	повітряне	3000
Katja	7–37	дизель	водяне	3000
Petra	11–1290	дизель	водяне	1500
Katja (Ford)	12–87	газ	водяне	3000/1500
Petra (Perkins)	140–1000	газ	водяне	1500
<b>EltecoGen (Словаччина) — когенераторні установки</b>				
Katja (Ford)	10–87 (електрична) 18–136 (теплова)	газ	водяне	1500
Petra (Perkins)	138–1005 (електрична) 182–1240 (теплова)	газ	водяне	1500
<b>Gesan (Іспанія) — серійне виробництво</b>				
G / Honda Vanguard	2–12	бензин	повітряне	3000
L (R) / Lombardini (Ruggerini)	4–30	дизель	повітряне	3000
DL / Lombardini	5–15	дизель	повітряне	1500
DD / Deutz Diter	12–60			
LW / Lombardini	10–30	дизель	водяне	3000
DLW / Lombardini	5–20	дизель	водяне	1500
DDW / Deutz Diter	25–100			
DV / Volvo	160–505			
DP / Perkins	27–800			

АВР являє собою другий найважливіший елемент СГЕ. Без АВР неможливо організувати автоматичне перемикання живлення на ДГУ при відмові основного джерела електропостачання. Застосовувані в деяких випадках перекидні рубильники не є автоматичними апаратами й вимагають постійної присутності на об'єкті оперативного персоналу для здійснення необхідних перемикань. Для комплексу СГЕ із застосуванням перекидних рубильників не є прийнятним рішенням. У деяких випадках рішення на основі АВР можуть бути альтернативою рішенням на основі ДБЖ при побудові СБЕ. За певних умов вони дозволяють відмовитися від ДГУ.

Існуючі типи АВР:

- Тиристорні (електронні) АВР - мають мінімально можливий час перемикання при синфазних мережах - не більше 3 мс, а в несинфазних мережах можуть забезпечувати включення резервного вводу в момент переходу його вхідної напруги через нуль (з метою обмеження можливих кидків струму при комутації). По своєму пристрої тиристорні АВР повторюють статичний байпас ДБЖ, з тією лише різницею, що в них є мінімум пара статичних ключів. Тиристорні АВР можуть розглядатися як альтернатива ДБЖ;

- Електромеханічні АВР на контакторах найпоширеніші й мають досить високу швидкодію (десятки-сотні мілісекунд) серед електромеханічних апаратів, уступаючи тільки тиристорним. Кількість введів не принципово, не обмежено й визначається логікою роботи системи автоматики, керуючої контакторами;

- Електромеханічні АВР на автоматичних вимикачах з електроприводом уступають попередній по швидкодії й також дозволяють здійснити механічне й електричне блокування. До переваг цих АВР можна віднести конструкцію, що забезпечує неможливість замикання між собою двох входів, а також наявність ручного керування, що забезпечується незалежно від напруги на мережних вводах.

У всіх розглянутих типів АВР при необхідності можуть бути реалізовані функції контролю рівня напруги, введені елементи регулювання затримок і схеми керування роботою ДЕС. Контроль рівня напруги необхідний для роботи автоматики за заданим алгоритмом: якщо напруга на робочому вході АВР впала нижче встановленого рівня, то автоматика визначає це як відключення напруги й робить перемикання навантаження на той вхід, де рівень напруги перебуває в припустимому діапазоні. Затримки часу на здійснення перемикання встановлюються для виключення зайвих перемикань на резервний вхід і назад у випадку короткочасного падіння напруги і його наступного відновлення. Керування роботою генератора необхідно для видачі сигналу на запуск ДГУ по закінченні необхідної витримки (затримки) часу у випадку відключення уведень від енергосистеми.

Можна зробити наступні висновки:

									Лист
									64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- доцільно використовувати АВР електромеханічного типу, які можуть бути виконані на контакторах, керованих автоматичних вимикачах або керованих перемикачах з електроприводом;
  - бажана наявність механічного блокування, що виключає можливість замикання двох входів один на один;
  - Оскільки використовуємо в якості резервного джерела ДЕС, схема АВР повинна містити необхідні елементи для керування її роботою. У випадку, коли розглядається схема гарантованого електропостачання, що має в своєму складі ДБЖ та працює від двох вводів і резервної ДЕС, можливі наступні варіанти АВР, які відповідно представлені на рисунку 2.2:
- а) каскадне з'єднання АВР серії АК або АКП і панелі перемикачів ТІ;
  - б) трьохходовий комутатор серії АК з функцією управління ДЕС;
  - в) трьохходовий комутатор серії АКП з функцією управління ДЕС.

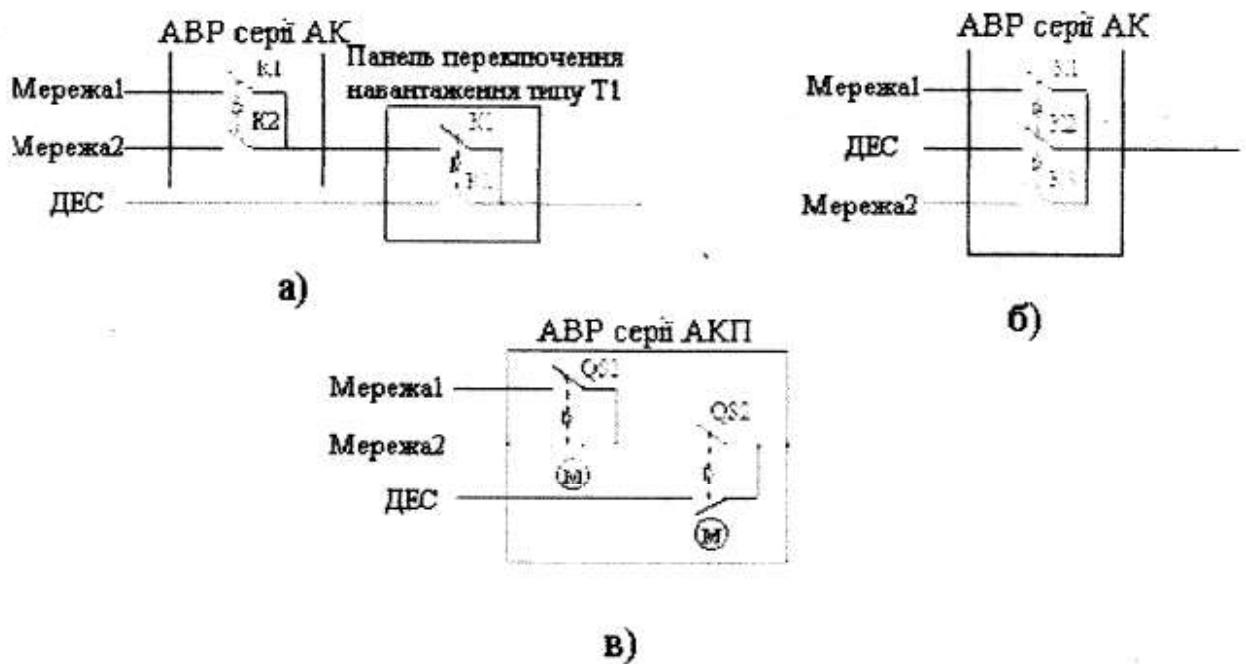


Рисунок 9.2 - Варіанти виконання АВР

Опис функціонування СГЕ в різних режимах:

У нормальних умовах, тобто, при збереженні основного енергоживлення корпусу по міських лініям, устаткування СГЕ функціонує в наступному режимі: Контактір у блоці керування й комутації навантаження ДГУ









#### 9.4.2 Область використання резервних та автономних джерел живлення

Автономні та резервні електростанції широко застосовуються там де:

- немає основних джерел електроенергії;
- в умовах відсутності централізованого електропостачання;
- також як резервні джерела живлення при відключенні основної мережі.

Автономні та резервні електростанції успішно застосовуються:

- для електроживлення споживачів на будівельних майданчиках;
- у сільському господарстві;
- у медичних і освітніх установах;
- на дачних ділянках;
- для живлення телекомунікаційних систем і мереж;
- у банках;
- на автомобільних заправочних станціях (АЗС);
- на станціях технічного обслуговування (СТО);
- торгові павільйони;
- шоу-бізнес;
- у місцях, де немає ліній передач або відключена електроенергія.

#### 9.4.3 Основні складові частини генераторних установок для автономного та резервного живлення

Генераторна установка кожного типу потужності складається з:

##### 1. Електроагрегата.

Електроагрегат складається з двигуна та генератора, які з'єднані фланцями і встановлені на раму через амортизатори. Ротор генератора з'єднаний маховиком двигуна еластичною муфтою.

##### 2. Капоту чи кузова — контейнера на рамі - саночках, чи причепі (для електростанцій контейнерного виконання), чи без металевої захисної оболонки під чохлом.

В залежності від умов застосування електроагрегат може мати захисну оболонку — капот чи контейнер для будь - якої погоди. При установці в спеціально підготовленому приміщенні електроагрегат може поставлятися без капоту (під чохлам).

### 3. Щита управління.

Щит управління призначений для запуску та зупинки електроагрегату, контролю аварійних параметрів, а також для візуального контролю стану двигуна та вихідних параметрів генератора під час роботи. В залежності від призначення дизель-генератора щит управління може встановлюватись на самому дизель-генераторі чи може бути винесений споживачем на деяку відстань.

4. Пульта дистанційного керування. Призначений для керування та контролю стану дизель-генератора з дистанції.

5. Щита особистих потреб (для електростанцій контейнерного виконання).

Щит особистих потреб дозволяє забезпечити керування ланцюгами освітлення, електропідігрівача контейнера, закачування палива.

6. Рідинного підігрівання.

Підігрівай використовується для передпускового розігріву двигуна при низькій температурі оточуючого середовища (до -40°C). Час розігріву двигуна від температури - 40°C до температури запуску складає не більше 30 хвилин.

7. Системи закачування палива з резервного бака в основний (для електростанцій контейнерного виконання). Система закачування палива дозволяє за допомогою електронасосу здійснювати закачування палива з

									Лист
									71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

резервного бака в основний. Двигун для перекачування — трифазний (напругою 380 В, частотою 50 Гц).

8. Акумуляторних батарей і пристрою підзарядки акумуляторних батарей електроагрегата.

Пристрій підзарядки акумуляторних батарей електроагрегата з живленням від трифазної зовнішньої мережі 380/220 В, частотою 50 Гц здійснює підзарядку батарей для забезпечення надійного запуску електроагрегата.

9. Електропечей обігрівання кузова - контейнера (для електростанцій). Електропечі обігрівання контейнера необхідні для нагрівання повітря всередині контейнера при низьких температурах.

10. Кола освітлення кузова - контейнера (для електростанцій).

Освітлення контейнера (24 В) в залежності від виконання електростанції може живитися або тільки від акумуляторних батарей дизель-генератора (зарядного генератора двигуна, при роботі генераторної установки), або від стороннього джерела живлення (промислової мережі) через понижуючий трансформатор напруги чи від акумуляторних батарей дизель -генератора при відсутності живлення 380/220 В, 50 Гц.

11. Комплекту запасного майна і приладдя (ЗШ).

Для забезпечення швидкого відновлення електростанції після виявлення незначних несправностей, а також для проведення технічного обслуговування електростанції використовують ЗШ.

12. Комплекту експлуатаційної документації.

При експлуатації електроагрегатів в закритих приміщеннях, споживачем повинні бути прийняті міри по обладнанню цих приміщень проточно-втяжною вентиляцією. Температура оточуючого повітря всередині приміщення повинна бути від + 5“С до +50“С.

									Лист
									72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Електроагрегати повинні передбачати можливість ручного та дистанційного управління і відповідати першій ступені автоматизації (згідно ГОСТ 13822—82).

При цьому повинні забезпечуватись наступні функції по управлінню, контролю та аварійному захисту електроагрегата (електростанції):

- ручний режим управління дизель-генератором з щита управління;
- дистанційний режим управління дизель-генератором з пульта дистанційного управління;
- світлова сигналізація режимів роботи і аварій на передній панелі щита управління;
- візуальний контроль параметрів генератора: напруги, частоти, струму генератора, а також опору ізоляції силових кіл відносно корпусу електроагрегату при роботі з ізолюваною нейтраллю;
- візуальний контроль параметрів двигуна: тиску масла, температури охолоджуючої рідини, рівня палива, а також струму заряду/розряду акумуляторних батарей і годин напрацювання;
- аварійний контроль та сигналізація по основним параметрам, в тому числі по зменшенню тиску масла в двигуні, перегріванню охолоджуючої рідини, по короткому замиканню, перевантаженням і т. д.;
- підзарядка акумуляторних батарей;
- закачування палива (для електростанцій контейнерного типу);
- підігрів двигуна за допомогою підігрівника;
- електропідігріваний контейнера (для електростанцій контейнерного типу). Ресурс роботи електростанції до першого капітального ремонту вимірюється в м ото годинах.

По ресурсу електростанції поділяють на:

- сезонні (ресурс від 500 до 1000 мотогодин);

									Лист
									73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2025 141

- станції, які використовуються тільки для живлення побутових приборів та електроінструменту — ресурс від 1500 до 2500 годин;
- станції тривалого використання (ресурс від 3000 мотогодин).

#### 9.4.4 Бензинові електростанції

Конструктивно бензогенераторна установка представляє собою бензиновий двигун і генератор змінного струму, які змонтовані в єдиний агрегат і встановлені на сталевій рамі. Між рамою та агрегатом передбачені антивібраційні прокладки.

Бензинові електростанції розраховані на невеликий час роботи, тому їх доцільно використовувати в якості резервного (аварійного) джерела живлення на невеликі проміжки часу в період відключення постійної подачі електроенергії. Їх потужність не перевищує 30кВт.

За рахунок відносно невеликих габаритів вони можуть використовуватись в якості мобільних джерел електроенергії для живлення електроприймачів малої потужності. Такі електростанції успішно використовуються в аварійних ситуаціях (пожежні, служби рятування) і навіть для електрифікації окремих будинків.

Однак, вони мають невеликий строк служби та малий моторесурс (для електростанції потужністю 30 кВт — не більше 4000 годин в рік), характеризуються низькими екологічними показниками і достатньо високою собівартістю електроенергії. Бензинові електростанції дорожчі в обслуговуванні в порівнянні з дизельними через більш високу ціну на паливо (як правило, в якості палива використовується бензин марки А92), більшу його витрату в годину (при рівній потужності). Зазвичай в паспорті на виріб вказується витрата палива при завантаженні на 50 % від номінальної потужності, тому при більш високому завантаженні споживання палива зростає, причому непропорційно збільшенню потужності. Крім того, бензин не можна довго зберігати по причині небезпеки окислення.

					<b>ДП 2025 141</b>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

В табл. 9.3 та 9.4 представлені характеристики бензинових електростанцій потужністю від 2 до 15 кВт-А.

Таблиця 2.3 — Однофазні (220 В) бензинові електростанції серії "ДАЧА"

№ п/п	Модель електростанції	Двигун (модель)	Потужність		Паливний бак, л	Витрата палива при 75 % навантаженні, л/год	Розміри Д×Ш×В, см	Вага, кг
			кВ·А	кВт				
1	МБ-4МР/Е	А349	4,1	4,1	5,2	1,8	70x55x55	61/74

Таблиця 9.4 — Портативні бензинові електростанції виробництва ЕІЛЮРО\УЕК (Бельгія) з двигунами HONDA

№ п/п	Модель електростанції	Двигун (модель)	Потужність		Паливний бак, л	Витрата палива при 75 % навантаженню, л/год	Розміри Д×Ш×В, см	Вага, кг
			кВ·А	кВт				
<b>Однофазні (220 В) електрогенератори</b>								
1	EP2100	GC160	2,2	2,0	2,0	1	80×55×54	37
2	EP2500	GX160	2,2	2,0	3,6	1	58×42×44	40
3	EP4100	GX270	4,0	3,6	6,0	2,0	77×51×56	65
4	EP4100E	GX270	4,0	3,6	6,0	2,0	77×51×56	80
5	EP5500	GX340	5,5	5,0	6,5	2,2	83×51×56	72
6	EP6000	GX390	6,0	5,4	6,5	2,4	83×51×56	75
7	EP6000E	GX390	6,0	5,4	6,5	2,4	83×51×56	90
8	EP7000	GX390	7,0	6,3	6,5	2,7	83×51×56	80
9	EP10000E	GX610	10,0	9,0	20,0	3,5	102×55×60	120
10	EP12000E	GX670	12,0	10,8	20,0	5,1	102×55×60	125
<b>Трифазні (380/220 В) електрогенератори</b>								
1	EP5000T	GX270	5,0	4,0	6,0	2,0	83×51×56	72
2	EP6500T	GX390	6,5	5,2	6,5	2,4	83×51×56	77
3	EP6500TE	GX390	6,5	5,2	6,5	2,4	83×51×56	92
4	EP10000TE	GX610	10	8	20	3,5	102×55×60	120
5	EP12000TE	GX620	12	9,6	20	4,2	102×55×60	120
6	EP15000TE	GX670	15,0	12,0	20	5,1	102×55×60	125

Портативні електростанції виконуються на базі двигунів HONDA і генераторів Sincro, Mecc Alte, Markon S, Leroy Somer.

#### 9.4.5 Дизельні електростанції

								Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2025 141			75

На сьогоднішній день універсальним автономним джерелом, безперечно, є дизель-генератор. Він знаходить широке використання завдяки високій надійності та мобільності. Дизельні агрегати доцільно використовувати в якості постійного безперебійного джерела енергії на протязі тривалого часу. Дизельні електричні станції виготовляють в широкому діапазоні потужностей: від 2,5 кВт до 3200 кВт і більше.

На рис. 2.7 представлена схема підключення ДЕС до мережі підприємства.

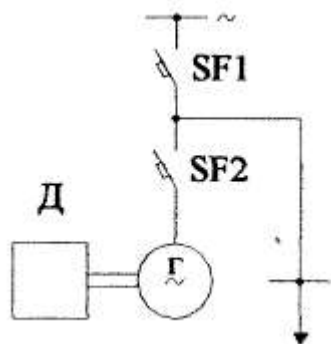


Рисунок 9.7 — Дизельний агрегат резервного живлення

Якщо дизель-генератор використовується в якості резервного (аварійного) джерела живлення, то в нормальному режимі він не працює. Пуск його при аваріях здійснюється стартером від акумуляторних батарей або стисненим повітрям (при потужності 100 кВт та вище). Тривалість пуску — до 2 хв. Агрегат в автоматичному режимі може працювати до 150 годин.

На рис. 9.8 подано схему ДЕС з кращими техніко-економічними показниками.

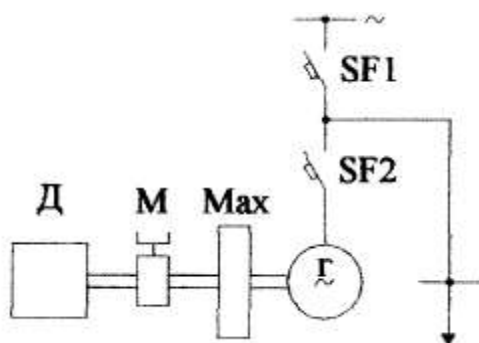


Рисунок 9.8 — Агрегат резервного живлення з дизельною електростанцією, маховиком та електромагнітною муфтою

У нормальному режимі генератор ДЕС відключений від дизельного двигуна з допомогою електромагнітної муфти і використовується як синхронний компенсатор для компенсації реактивної потужності та регулювання напруги. В аварійному режимі муфта приєднує генератор з маховиком до дизельного двигуна, за рахунок енергії маховика дизельний двигун запускається і весь комплекс працює як дизельна електростанція. Конструктивно дизель-генератор представляє собою дизельний двигун і генератор змінного струму, які змонтовані в єдиний агрегат і встановлені на сталій рамі. Рама покрита фосфатною грунтовкою та пофарбована.

Ротор генератора змінного струму жорстко з'єднаний з двигуном за допомогою сталіної дискової муфти, що гарантує надійність з'єднання і зменшення вібрації. Дизельний двигун кріпиться на сталій рамі з використанням антивібраційних прокладок.

В агрегатах використовуються дизельний двигун з замкненим рідинним охолодженням. Частота обертання двигуна — 1500 об/хв.

Система змащування — примусова з шестерінчастим насосом.

Система уприскування палива — безпосереднє уприскування; повздовжній паливний насос чи паливний насос розподільчого типу.

Стартерна система — 12 В чи 42 В, повздовжній (партерний мотор, акумуляторна батарея, зарядний генератор.

В агрегатах використовуються безкоігтактні синхронні генератори з автоматичним регулюванням вихідної напруги. Вихідна напруга генераторів 220/380 В, частота 50 Гц, генератори — трифазні.

ДГУ призначені для роботи в якості основних або резервних джерел електропостачання. ДГУ для використання, як основні джерела електропостачання (ДГУ для безперервної роботи), допускають роботу з перевантаженням 10% від номінальної потужності протягом однієї години,

					ДП 2025 141	Лист
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		







Таблиця 9.6 — Характеристика дизель-генераторів FG Wilson

№ п/п	Модель	Двигун (модель)	Частота обертання, $\frac{об}{хв}$	Потужність	
				кВ·А	кВт
<b>Серія Perkins</b>					
1	P12.5P2	403C-15G	1500	12,5	10,0
2	P13.5E2	403C-15G	1500	13,5	11,0
3	P16.5P2	404C-22G1	1500	16,5	13,2
4	P18E2	404C-22G1	1500	18,0	14,4
5	P20P2	404C-22G2	1500	20,0	16,0
6	P22E2	404C-22G2	1500	22,0	17,6
7	PH22E2	403C-15G	3000	22,0	17,6
8	PH30E2	404C-22G1	3000	300	24,0
9	PH35E2	404C-22G2	3000	35,0	28,0
10	P50E1	1004G	1500	50	40
11	P100E, P90	1006TG1A	1500	100	80
12	P150E, P135	1006TGA	1500	150	120
13	P175HE, P160H	1306-E87T215	1500	175	140
14	P220HE, P200H	1306-E87TA300	1500	220	176
15	P250HE, P230H	1306-E87TA300	1500	250	200
16	P330E1, P300P1	2306C-E14TAG1	1500	330	264

Дизель-генераторні установки фірми F.G. Wilson мають потужність від 8 кВ А до 6500 кВА, цей ряд включає установки невеликої потужності, які використовуються для роботи в аварійному режимі і крупні електричні станції, які поставляють електроенергію для промислових об'єктів та національних електричних мереж.

#### 9.4.6 Газопоршневі та газотурбінні електростанції

Газопоршневі та газотурбінні електростанції є в даний час основною альтернативою дизельним. Вони використовують більш дешеве паливо (газ) і являються ефективними когенеративними установками. Газопоршневі міні теплоелектростанції (міні - ТЕС) окупають себе протягом 3-5 років. Термін служби самих двигунів — до 200000 мотогодин, чи 25 років, при

експлуатації по 8000 годин у рік, що робить газопоршневі та газотурбінні електростанції надійним джерелом безперебійного енергозабезпечення.

Реалізація систем когенерації електроенергії та тепла можлива при використанні газопоршневих міні теплоелектростанції та газотурбінних. Більш доцільним буде використання газопоршневих міні теплоелектростанції тому, що:

По-перше, газопоршневі двигуни досягають більш високого ККД.

Найвищий електричний ККД — до 30 % у газової турбіни, і близько 40 % у газопоршневого двигуна досягається при роботі з номінальним навантаженням (рис. 9.9). При зниженні навантаження до 50%, електричний ККД газової турбіни знижується майже в 3 рази. Для газопоршневого двигуна така ж зміна режиму навантаження практично не впливає як на загальний, так і на електричний ККД. Загальний ККД таких установок досягає 90%. Графіки показують — газові двигуни мають високий електричний ККД, який практично не змінюється в діапазоні навантаження 50 - 100%.

## 9.5 Організаційні питання щодо використання СГБ та СБЕ

Експлуатація всієї системи електропостачання, включаючи безперебійне й гарантоване електропостачання, регламентується Правилами експлуатації електроустановок споживачів (ПЕЕС), призначеними забезпечити надійну безпечну й раціональну експлуатацію електроустановок і утримання їх в справному стані. ПЕЕС є документом прямої дії, тобто обов'язкові для всіх споживачів незалежно від їх відомчої приналежності й форм власності.

На підприємстві буде створена енергетична служба. Для організації експлуатації керівник підприємства призначає відповідального за електрогосподарство головного енергетика.

									Лист
									82
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

У відповідності з вимогами ПЕЕС на кожному об'єкті повинна бути організована чітка система оперативного й технічного керування електроустановками, що повинна визначати:

- оперативне обслуговування електроустановок;
- координацію дій електротехнічного персоналу при всіх видах проведених робіт, у тому числі с персоналом енергосистем;
- організацію погодженої, надійної й безпечної роботи всіх складових частин системи електропостачання.

Для виконання функцій керування системою електропостачання на об'єкті буде створена організаційна структура, на яку покладається реалізація вищевказаних завдань.

Експлуатація ДГУ по вимогах частини 3.3 ПЕЕС передбачає наявність спеціально атестованого персоналу. Для обслуговування ДГУ буде виділений персонал, підготовлений у відповідності с ПЕЕС, що має відповідну кваліфікаційну групу по електробезпеки. Обслуговуючий персонал у своїх діях повинен керуватися вимогами інструкції з обслуговування й експлуатації ДГУ й нормативними документами.

Спеціальних рекомендацій із кваліфікаційних вимог до електротехнічного персоналу СБЕ в нормативній документації в явному виді не надається. З досвіду роботи видно, що обслуговування систем безперебійного й гарантованого електропостачання повинні покладати на спеціально підготовлений персонал, що має вище або середнє спеціальне технічне освіта по електротехнічній або злектроенергетичній спеціальності й навички роботи (минулий навчання) с джерелами безперебійного живлення, системами постійного струму й дизель-генераторними установками.

Як варіант роботи енергослужби великої організації можна запропонувати наступну форму оперативного й технічного обслуговування системи електропостачання: оперативним персоналом з цілодобовим чергуванням на закріпленому об'єкті й оперативно-ремонтному персоналі, що має допуск до оперативного перемикавання.

					<b>ДП 2025 141</b>	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		83

Устаткування вважається перебуває в одному з наступних станів.

- у роботі, якщо комутаційні апарати в його ланцюзі включені й утворена замкнений ланцюг між джерелом і приймачем електроенергії,
- у ремонті, якщо воно відключено коммутаційними апаратами й підготовлене у відповідності с ПЕЕС до виробництва ремонтних робіт;
- у резерві, якщо воно відключено, перебуває не під напругою, і можливо негайне включення його в роботу (наприклад, ДГУ);
- в автоматичному резерві, якщо воно відключено апаратами, здатними включити його в роботу від пристроїв АВР або від дії іншої автоматики: резервування за принципом N+1 або інший вид резервування СБЕ, що відноситься до типу «гарячого резерву» (термін великої енергетики), коли встаткування перебуває під напругою або частково бере на себе потужність навантаження.

Паралельні системи ДБЖ або енергетичні масиви мають резерв потужності, але по класифікації ПЕЕС у цілому ставляться до встаткування, що перебуває в роботі. Є ще одне важливе зауваження, що ставиться до всіх ДБЖ, - АВ завжди перебуває під напругою. Це означає, що вимикання ДБЖ не знімає повністю напруги на ньому, що необхідно брали до уваги, роблячи сервісні й ремонтні роботи. Оперативний стан електроустаткування (ТП, ГРЩ, ДБЖ, ДГУ, розподільних і трупових щитів, кабельних ліній, вимірювальних приладів, засобів телеконтроля, технологічних кондиціонерів та ін.) визначається положенням комутаційних апаратів, призначених для відключення й включення цього встаткування.

Своєчасне і якісне проведення обходів і оглядів електроустановок є гарантією запобігання появи й розвитку аварійних ситуацій у роботі встаткування Обходи й огляди електроустановок, систем безперебійного живлення й ДГУ виконуються змінними інженерами і є однієї з основних їхніх обов'язків в організації надійної, безаварійної експлуатації встаткування й мереж.

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

При роздільній експлуатації СБЕ, СІ К й СОЕ підрозділами інформатизації й зв'язку та енергослужбою для визначення правил взаємодії складається акт розмежування відповідальності за експлуатацію електроустановок, взаємопредоставляються списки осіб, що мають право вести оперативні переговори й віддавати розпорядження на проведення оперативних перемикачів. З енергослужбою встановлюється такий порядок взаємодії, що перемикачів на ГРЩ що живлять ДБЖ, можливі тільки з дозволу адміністративно-технічного персоналу, у чийому веденні перебуває встановлення СБЕ. В випадку необхідності таких перемикачів у плановому порядку енергослужба сповіщає адміністративно-технічний персонал СБЕ о часі та тривалості переходу ДБЖ на батареї (у загальному випадку під час перемикачів ДБЖ втрачає живлення) і одержує дозвіл на перемикачів після оцінки навантажень і часу може істотно зменшуватися (на 20%-30%), тому необхідно споконвічно здобувати акумуляторні батареї на більший час автономної роботи.

## Варіант 2

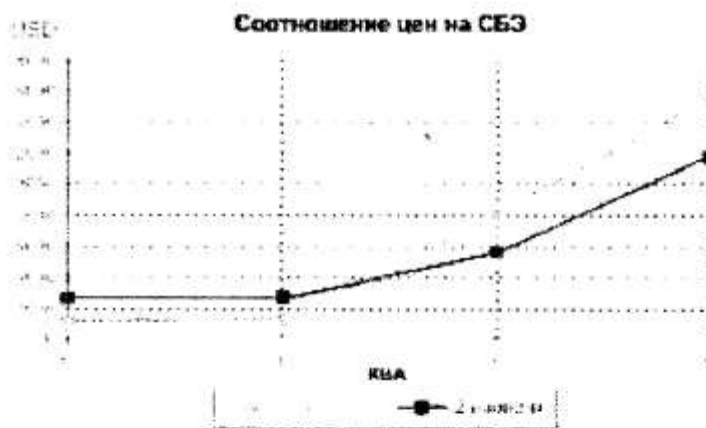


Рисунок 9.16 - Співвідношення цін на СБЕ

Побудова системи безперебійного електроживлення на ДБЖ і дизельної електростанції (ДЕС).

					<b>ДП 2025 141</b>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

При побудові такої системи встановлюються акумуляторні батареї на мінімальний час, необхідне тільки для запуску ДЕС. Під час експлуатації необхідно мати втрати на обслуговування ДЕС (масло, солярка, фільтри), однак, безсумнівною перевагою такий СБЕ є практично необмежений час автономної роботи (обмежено тільки строком заміни масла і ємністю паливного бака. Вартість устаткування може змінюватися залежно від фірми виготовлювача, як основного встаткування так і типу акумуляторних батарей. Вартість ДЕС може мінятися залежно від ступеня автоматизації й додаткових опцій. Однак, загальна тенденція витрат на побудову системи безперебійного електропостачання буде зберігатися. Прикладом може послужити варіант побудови СБЕ на 60 кВа, де при установці ДЕС із 2-й ступенем автоматизації, побудови СБЕ з дизелем залишається найдешевшим.

Можна зробити наступні висновки:

- При побудові системи безперебійного електроживлення (СБЕ на великий час автономної роботи застосування ДЕС із ДБЖ дає істотна перевага за часом роботи в умовах аварії на електромережах і, отже, більшу надійність безвідмовного функціонування систем споживача.
- При правильному виборі варіанта побудови СБЕ можливо не тільки побудувати СБЕ, що відповідає всім вимогам споживача, але одержати економічний ефект.

#### 9.6. Вибір потужності системи безперебійного живлення автономної роботи ДБЖ на батареях.

На період таких перемикань створюється «гаряча лінія зв'язку» між оперативним персоналом служб і здійснюється постійний контроль часу, що залишилося, автономної роботи ДБЖ засобами диспетчеризації

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

(моніторингу). Якщо можливий ресурс автономної роботи ДБЖ до початку перемикань становить менш 20 хв, то подібні перемикання повинні проводитися с обов'язковим оповіщенням користувачів і адміністраторів ліній повітряного зв'язку (таке оповіщення можливо проводити й у випадку зниження часу автономної роботи до 20 хв у ході робіт, що проводяться). Оповіщення проводиться с використанням внутрішньої трансляційної мережі, по телефоні й засобами ліній повітряного зв'язку, для чого заздалегідь розробляються схеми оповіщення користувачів з визначенням черговості залежно від пріоритету роботи електроприймачів.

В випадках аварійного зникнення напруги в мережі, що живить ДБЖ, оперативний персонал енергослужби об'єкта зобов'язаний зробити оцінку його тривалості й надати цю інформацію оперативному персоналу СБЕ, що приймає рішення о плановому відключенні частини споживачів або о повному розвантаженню СБЕ. Як правило, якщо буде потреба повного розвантаження СБЕ вживають заходів для якнайшвидшого коректного відключення споживачів, не чекаючи закінчення повного розряду акумуляторних батарей ДБЖ, і після зняття навантаження виробляється відключення ДБЖ.

При наявності СГЕ виробляється контроль пуску ДГУ й переходу на режим нормальної роботи. Під час роботи СГЕ в автономному режимі виробляється контроль витрати палива, електричного навантаження й параметрів ДГ. При вичерпанні запасу палива необхідно здійснити коректну зупинку роботи споживачів груп А и В.

В випадку необхідності перекладу ДБЖ на електроний або ручний байпас оперативний персонал енергослужби ставиться до відома, і всі планові перемикання в ланцюгах мережі загального призначення, від яких живиться ДБЖ, повинні бути припинені.

Виконання всіх вищевикладених вимог дозволить організувати експлуатацію системи електропостачання з необхідним ступенем надійності й безпеки.

#### 9.7 Економічна доцільність та технічні проблеми

В умовах твердої конкуренції, будь-які збої в роботі встаткування можуть привести не тільки до прямих втрат (виплата неустойки користувачам), але й падінню іміджу компанії.

Причиною таких неполадок можуть стати роботи як проведені енергопостачальною організацією міста, так і аварійні ситуації на підстанції, лінії електропередач і т. ін. Тривалі відключення електроживлення можуть привести до того, що не буде працювати ні зв'язок, ні телекомунікації, ні охоронні системи самого об'єкта.

Вихід із цієї ситуації один - побудова системи безперебійного живлення. Важливим питанням при побудові даної системи стає питання забезпечення тривалого часу автономної роботи об'єкта в умовах повного припинення електропостачання.

Варіантів побудови таких систем безліч, і запропонувати типове рішення досить складно. Необхідно враховувати безліч факторів. Місце розташування підприємства, наявне енергетичне встаткування, потужність споживана встаткуванням яке необхідно захистити, необхідне час автономної роботи й т.д. При детальному проробленні системи електроживлення об'єкту необхідно обов'язково проаналізувати кілька варіантів, з різним устаткуванням і обрати один найбільш підходящий.

Одним з найважливіших факторів, що повинен розглядатися при побудові системи гарантованого безперебійного електроживлення це економічна доцільність побудови даної системи.

Одне з найбільш важливих питань: коли вигідніше будувати систему безперебійного електроживлення, що вимагає тривалого часу автономної роботи, тільки на ДБЖ із акумуляторними батареями на увесь час автономної

									Лист
									88
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

роботи або вигідніше використовувати ДБЖ із мінімальними батареями й ДЕС. Для простоти розглянемо тільки вартість основного встаткування, необхідного для побудови системи безперебійного електроживлення.

#### Варіант 1

Побудова системи безперебійного електроживлення на ДБЖ і додаткових акумуляторах. Простота побудови й установки, єдина система моніторингу є безсумнівними перевагами даної системи, однак, з певної потужності й при більших часах автономної роботи немаловажним стає економічний фактор побудови СБЕ. Вартість акумуляторних батарей стає порівнянної або вище вартості ДБЖ (рисунок 9.15).

При цьому необхідно врахувати що акумуляторні батареї є "видатковим" матеріалом, і через якийсь час (5-7 років) зажадають заміни. Ще один немаловажний фактор, при різних умовах експлуатації (температура, кількість циклів розряд-заряд, час експлуатації) ємність акумуляторів до кінця служби

В даному дипломному проекті систему безперебійного живлення будемо застосовувати для аварійного живлення споживачів 1-ої категорії.

Централізоване електропостачання використовується як основне живлення заводу.

Перелік силового обладнання будівель заводу наведений в таблиці 1.3. Вибір вихідної потужності ДБЖ  $P_{ДБЖ}$  виконують з урахуванням вимоги:

$$P_{ДБЖ} \geq P_{ДБЖ\ p} \quad (2.1)$$

де  $P_{ДБЖ\ p}$  - розрахункове навантаження ДБЖ, кВт.

Розрахункове навантаження ДБЖ визначаємо за формулою:

$$P_{ДБЖ\ p} = \sum P_{СИЛ\ i} \cdot K_{П\ i} \quad (2.2)$$

де  $P_{СИЛ\ i}$  - потужність і-го обладнання, кВт;

$K_{П\ i}$  - коефіцієнт попиту для і-го обладнання.

Перелік силового обладнання, для якого будемо розраховувати потужність аварійного джерела безперебійного живлення (ДБЖ), наведений в таблиці 2.1. Перелік потужності робочих місць локальної обчислювальної мережі (ЛОМ) наводити не будемо, тому що в порівнянні з навантаженням силового обладнання їхнє навантаження буде мізерним. Тим паче, що потужність ДБЖ ми вибираємо з певним запасом.

Зробимо розрахунки за формулою (2.2) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel. Результати зведемо в таблицю 9.10.

Таблиця 9.10 - Силове обладнання заводу для якого розраховується СБЕ

Найменування силового обладнання	$P_{\text{сил}}$ , кВт	$K_{\text{п}}$	$P_{\text{сил}} \cdot K_{\text{п}}$ , кВт
насос ППА	63	0,9	56,7
ретранслятори мобільного зв'язку 3x3 кВт	9	1	9
насосне обладнання систем пожежогасіння і пожежної вентиляції	15	0,8	12
насосне обладнання	40	0,8	32
інше обладнання + аварійне освітлення	100	0,8	80
$\Sigma P_{\text{сил}} \cdot K_{\text{п}}$ , кВт			189,7

Для отриманого значення навантаження  $p$  вибираємо дизель-генератор FG Wilson типу «Perkins» [34]. Його паспортні дані наведемо в таблиці 9.11.

Таблиця 9.11 - Паспортні дані вибраного дизель-генератора

Модель	Потужність		Струм, А	АВР, А	Паливний бак, л	Витрати палива, л/год
	$S$ , кВт·А	$P$ , кВт				
P250HE	250	200	361	400	350	40,0

За формулою (2.1) зробимо перевірку:

$$200 > 189,7 \text{ кВт.}$$

Умова перевірки задовольняється.

## 10. ОХОРОНА ПРАЦІ

### Використання шинопроводів

Шинопроводи на відміну від кабельних ліній та відкритих магістралей мають більші переваги: високу надійність, триваліший термін роботи, зручність при монтуванні та обслуговуванні. А наявність готових комплектних секцій дає змогу створити універсальну мережу, під'єднувати допоміжні електроприймачі в разі зміни технології виробництва.

Стандартні секції шинопроводів і великий асортимент з'єднувальних елементів (кутників, трійників, хрестовин, штепсельних з'єднань, компенсаторів) дає змогу конструювати і складати з них різні схеми розподілу електроенергії.

Мережі, що складаються з шинопроводів, найбільш досконалі з точки зору монтажу, експлуатації та промислової естетики. У таких мережах, без їх вимикання, безпечно в будь-якому місці змінювати конфігурацію мереж з мінімальними витратами часу, праці та матеріалів.

Випускають шинопроводи таких марок: ШРА і ШМА — для розподільних і магістральних; ШОС — для освітлювальних; ШТМ — тролейних електромереж. Умовні позначення шинопроводів розшифровуються наступним чином: Ш — шинопровід; М — магістральний; Р — розподільний; Т — тролейний; А — з алюмінієвими шинами; М (третя літера) — з мідними жилами; МТ — монотролейний; ОС — освітлювальний. Цифри після букв показують рік розробки конструкції.

Секція шинопроводу складається з чотирьох алюмінієвих шин однакового перерізу (нульова шина має однаковий переріз з фазними),

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маструков М</i>			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Сірик А.О.</i>					91	
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>Балюта С.М.</i>						
						ННІТІ ім. ак. Гулого І.С., ЕЛ4-3		

закріплених в ізоляційних кільцях і розміщених у захисному сталевому кожусі.

Алюмінієві шини у місцях штепсельного приєднання опресовані мідними накладками, що забезпечує надійність рознімного контакту. Контроль за наявністю напруги на шинопроводі здійснюється в коробці з показчиком напруги (сигнальними лампами).

### **Монтаж освітлювальних шинопроводів**

Монтаж освітлювальних шинопроводів виконується індустріально в дві стадії: підготовка трас (встановлюють несучі та підтримуючі конструкції, використовуючи певні вузли, після чого виконують підвішування, встановлення та стикування секцій) і прокладка шинопроводів (затягування контактних гвинтів, кріпильних виробів і штепсельне приєднання світильників).

Підготовка траси до прокладки шинопроводів складається з розмірочних, пробивних і кріпильних робіт. Розмітку виконують з дотриманням нормованих відстаней: від опорних конструкцій до перекриттів — 700 мм, від опорних конструкцій до чистої підлоги — 2500 мм (в електротехнічних приміщеннях не нормується). Відстань між шинопроводами і стінами або іншими будівельними конструкціями споруд повинна бути не меншою 50 мм для зручності знімання кришок, а також для кращого охолодження.

Після розмітки встановлюють опорні конструкції на штирях, болтах та дюбелях. Для кріплення шинопроводів користуються скобами, підвісами, хомутами, стойками й іншими кріпильними деталями. Шинопроводи можна прокладати по стінах, колонах, фермах, перекриттях, на коробах розподільних шинопроводів, тросах.

Конструкції й траси для шинопроводів та світильників встановлюють і прикріплюють після закінчення робіт з монтажу будівельних конструкцій споруди. Одночасно виконують монтаж вузлів лінії живлення.

										Лист
										92
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						



- організаційні та технічні заходи, щодо проведення експлуатаційних та ремонтних робіт;

- правила техніки безпеки при експлуатації та ремонті технічних засобів автоматизованих систем.

3. Працівник повинен вміти:

- користуватись нормативно-технічною документацією, довідковими матеріалами;

- користуватись наслідками розрахунків та вибрати апаратуру керування і захисту та основні робочі механізми;

- користуватись наслідками розрахунків та вибрати проводи і кабелі;

- читати різні види схем;

- виходячи з вимог ПУЕ і діючих інструкцій користуватись робочими кресленнями об'єкту, характеристиками апаратів: вміти методом огляду впевнитись у наявності всіх апаратів, відповідності їх типу і параметрів;

- виконувати здачу та прийом закінчених комплексів монтажних та спеціальних робіт;

- організувати роботи з монтажу засобів вимірювань та автоматизації;

- читати схеми автоматизації;

- вміти складати монтажні схеми установок;

- перевіряти правильність виконання монтажу;

- виконувати монтаж панелей, щитів керування;

- обслуговувати технічні засоби автоматизованих систем;

- здійснювати пошук дефектів технічних засобів автоматизованих систем;

- проводити діагностику технічних засобів автоматизованих систем;

- здійснювати ремонт технічних засобів автоматизованих систем.

**Основні ізолюючі електрозахисні засоби для електроустановок  
напругою до 1000 В**

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

У цьому пункті наведені правила та норми, котрі затверджені Державним Департаментом з нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України (НПАОП 40.1-1.07-01)

Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом (електрозахисні засоби), від

впливу електричного поля, а також засоби індивідуального (ЗІЗ) та колективного захисту.

До складу основних електрозахисних засобів для електроустановок напругою до 1000 В входять: ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, інструмент з ізолювальним покриттям.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Працівники, які винні у порушенні правил охорони праці, несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну або кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством.

Керівники підприємств, установ, організацій та інші посадові особи несуть персональну відповідальність за виконання вимог цих правил у межах покладених на них завдань та функціональних обов'язків згідно з чинним законодавством.

Працівників, які обслуговують електроустановки, необхідно забезпечити усіма необхідними засобами захисту, навчити правилам користування цими засобами і зобов'язати застосовувати їх для створення безпечних умов праці.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок випробуваними засобами захисту відповідно до норм

					ДП 2025 141	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

комплектування, організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів і за організацію обліку їх несе власник цих засобів відповідно до наказу Мінсоцполітики від 29.11.2018 р. № 1804 «Про затвердження Мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці».

Працівники, які отримали засоби захисту в особисте користування, відповідають за правильну експлуатацію і зберігання їх, а також за своєчасне вилучення з експлуатації несправних засобів захисту.

Засоби захисту необхідно розміщувати як інвентарні в приміщеннях електроустановок (в РУ, цехах електростанцій, на трансформаторних підстанціях, в розподільних пунктах тощо) або в складі інвентарного майна оперативно-виїзних бригад, бригад експлуатаційного обслуговування, пересувних високовольтних лабораторій тощо.

Інвентарні засоби захисту необхідно розподіляти між об'єктами, оперативно-виїзними та іншими бригадами відповідно до системи організації експлуатації, місцевих умов і норм комплектування.

Засоби захисту повинні бути безпечними в користуванні. Їх необхідно розробляти і вводити в експлуатацію з урахуванням вимог статті 24 Закону України "Про охорону праці".

Засоби захисту, що експлуатуються в Україні, повинні виготовлятися в кліматичному виконанні (робочі температури: нижнє значення мінус 45 °С; верхнє значення плюс 40 °С; середньорічна відносна вологість 80 % за температури плюс 15 °С).

Організацію контролю відповідності засобів захисту, після придбання їх, повинен здійснювати роботодавець підприємства, яке придбало засоби захисту.

					<b>ДП 2025 141</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		96

Ізолювальні частини електрозахисних засобів повинні бути виготовлені з матеріалів, що мають стійкі діелектричні властивості.

Прокладання кабельної лінії виконують згідно з Правилами будови електроустановок (ПБЕ), а також інструкціями та проектами. Траси кабельних ліній обирають з найменшими витратами кабелів із забезпеченням їх збереження від механічних пошкоджень, корозії та вібрації, при цьому уникають перетину кабелів один з одним та кабелями іншого призначення і трубопроводами.

### Практичне завдання

Розрахувати габарити блискавковідводу категорії II та зони захисту виробничих будівель, споруд розмірами 25 x 15 x 6 класу В-I згідно з ПУЕ. Місце розташування промислового об'єкта – на всій території України, тип блискавковідводу – одинарний стрижневий блискавковідвід.

Розрахуємо значення щільності ударів блискавки на 1 км<sup>2</sup> земної поверхні за рік:

$$n = \frac{(6,7 * T_{гр})}{100} = \frac{(6,7 * 100)}{100} = 6,7 \frac{\text{км}^2}{\text{рік}},$$

де  $T_{гр}$  – середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності або за середніми багаторічними даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта. Враховуючи розташування виробничої будівлі на всій території України, приймаємо значення  $T_{гр} = 100$  год, тому що об'єкт може бути розміщений як в зоні з невеликою кількістю грозових годин, так і в зоні з максимально можливою кількістю грозових годин в Україні.

									Лист
									97
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахуємо очікувану кількість уражень об'єкта блискавкою:

$$\begin{aligned} N &= ((B + 6 * h_{об}) * (A + 6 * h_{об}) - 7,7 * h_{об}^2) * n * 10^{-6} \\ &= ((8 + 6 * 6) * (28 + 6 * 6) - 7,7 * 6,5^2) * 6,7 * 10^{-6} \\ &= 0,0167 \end{aligned}$$

де  $h_{об}$  – висота будівлі.

Згідно з отриманим значенням  $N$ , обираємо рівень блискавкозахисту – II.

Далі розрахунок будемо проводити при висоті блискавковідводу що не перевищує 30 м.

Визначимо радіус зони захисту в горизонтальному перерізі:

$$r_x = \frac{(A^2 + B^2)^{0,2}}{2} = \frac{(25^2 + 8^2)^{0,2}}{2} = 1,85 \text{ м.}$$

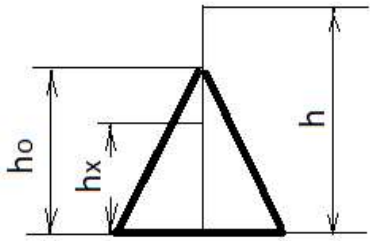
Розрахуємо висотку блискавковідводу:

$$h = \frac{r_x + h_x}{0,8} = \frac{1,85 + 6,5}{0,8} = 10,44 \text{ м,}$$

де  $h_x$  – висота зони захисту будівлі (максимальна висота будівлі), м.

Розрахуємо максимальну зону захисту безпосередньо біля блискавковідводу:

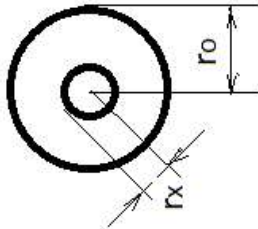
$$h_0 = 0,8 * h = 0,8 * 10,44 = 8,35 \text{ м.}$$



$h_0$  - максимальна висота зони захисту 8,35 м ;

$h_x$  - висота зони захисту 6,5 м ;

$h$  - висота блискавковідводу 10,43 м ;



$r_0$  - радіус конусу захисту на поверхні землі 8,35 м ;

$r_x$  - радіус зони захисту в горизонтальному перерізі 1,85 м

Для блискавкоприймача приймаємо матеріал – сталь з перерізом 70 мм<sup>2</sup>;  
 для струмовідводів – сталь з перерізом 70 мм<sup>2</sup>;  
 для заземлювача – сталь з 100 мм<sup>2</sup>.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2025 141

Лист

99

## Література

1. Розрахунки при проектуванні систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник /О.М.Сірий, В.С.Шестеренко. - К.:ІСДО, 1993,- 592 с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб, пособие для вузов. - 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.: ил.
3. Веников В.А. и др. регулирование напряжения в электроэнергетических системах — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 216с.
4. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 472 с.,ил.
5. Райцельский Л.А. Справочник по осветительным сетям:Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: “Энергия”, 1977. - 288с.
6. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. — М.: Энергоатомиздат. 1984. — 102 с.
- 7.Зайка Е.В. Пуск АД. АД с КЗ ротором. АД с фазным ротором. - М.: “Высш. школа”. 1961.
- 8.Петров Л.П. Управление пуском и торможением АД. - М.: Энергоиздат. 1981. 184с.
9. Способ регулирования мощности компенсирующих устройств, установленных в разветвленной электрической сети./В.Е. Шестеренко. - Оpubл. В Б.И., 1985, №27.
- 10.Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: Энергоатомиздат. 1989. - 176с.

					<b>ДП 2025 141</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Маструков М</i>				<b>Література</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	<i>Ізволенський І</i>						100	
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.	<i>Балюта С.М.</i>					ННІТІ ім. ак. Гулого І.С.,ЕЛ4-З		