

**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»	«До захисту допущено»
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ <u>Сергій БЛАЖЕНКО</u>	_____ <u>Сергій БАЛЮТА</u>
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 2024 р.	«___» _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехніка та інформаційні технології»
на тему: «Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату в місті Житомир. Інформаційна система прогнозування власної генерації електроенергії на підприємстві» .

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ4-3

_____ <u>Мельник Олексій Юрійович</u>	
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)	(підпис)

Керівник _____ <u>к.т.н., асистент Зінкевич П.О.</u>	
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)	(підпис)

Консультанти _____ <u>Сірик А.О</u>	
(ім'я та прізвище)	(підпис)
_____	_____
(ім'я та прізвище)	(підпис)

Рецензент _____ <u>Грищенко А.Г.</u>	
(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) недоволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _ ННІТІ ім. академіка І.С. Гулого

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 С.М. Балюта

“ _ ” _ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мельник Олексій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _ Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату в місті Житомир. Інформаційна система прогнозування власної генерації електроенергії на підприємстві.

керівник роботи _ к.т.н., асистент Зінькевич П.О.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” _04_2024 року № 256 кс.

2. Строк подання здобувачем роботи _ 30 травня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи _ План розташування комбінату, загальна електрична потужність споживачів комбінату , кількість і перелік споживачів, схема зовнішнього електропостачання, річний план випуску продукції.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
_ Вибір схеми електропостачання, розробка картограми навантажень, вибір розташування ЦРП, вибір комплектних трансформаторних підстанцій, розрахунок струмів КЗ, розрахунок релейного захисту, розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

_1. Загальна схема електропостачання.

_2. Картограма електричних навантажень.

_3. План освітлення морозильного цеху.

_4. Схема інформаційної системи прогнозування власної генерації

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_5 квітня 2024 року. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Видача завдання на проектування.	05.04.2004	
	Визначення розрахункової потужності комбінату.		
	Вибір напруги мережі живлення.		
	Вибір розташування ЦРП.		
	Вибір варіанта схеми електропостачання		
	Розрахунок струмів короткого замикання		
	Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв		
	Вибір перерізів кабельних ліній напругою 10 кВ		
	Вибір комплектних трансформаторних підстанцій		
	Розрахунок релейного захисту		
	Розрахунок силової мережі швидко-морозильного цеху		
	Спецпитання.		
	Охорона праці		
	Здача проекту на перевірку.	30.05.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Мельник О.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Зінькевич П.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Мельник Олексій Юрійович. Дипломний проект на тему:
«Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату в місті Житомир»
Національний університет харчових технологій, м. Київ -2024
141. "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Пояснювальна записка складається з вступу, 16 розділів та переліку використаної літератури. Проект має склад з 96 сторінок.

До опису включено графічну частину, що складається з чотирьох креслень: генерального плану підприємства, схеми електропостачання заводу, схеми електропостачання цеху, мережі освітлення, електрообладнання цеху. Проект розкриває характеристики підприємства і дає опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантаження. Розраховуються трансформатори основної підстанції, а також розрахована кількість і потужність трансформаторів відділу. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання станції був проведений розрахунок струмів короткого замикання. Підбирано електричні пристрої захисту та управління. Розраховується кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

Ключові слова: малопотужня підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, пристрої захисту, компенсація реактивної потужності.

Abstract

Melnyk_Oleksii . Diploma project on the topic :
" Development of a power supply system for a meat processing plant
in the city of Zhytomyr "

National University of Food Technologies, Kiev -2024

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The explanatory note consists of an introduction, 16 sections and a list of used literature. The project has a composition of 96 pages.

The description includes a graphical part consisting of four drawings: the general plan of the enterprise, the scheme of power supply of the plant, the scheme of electricity supply of the workshop, the lighting network, electrical equipment of the workshop. The project reveals the characteristics of the enterprise and gives a description of the technological process. Calculations of electrical loads were performed and a load cartogram was built. Transformers of the main substation are calculated, as well as the calculated number and power of the department transformers. The calculation of operating currents was performed and the corresponding cables were selected. For the power supply system of the station, the calculation of short-circuit currents was carried out. Electrical protection and control devices have been selected. The number and type of equipment for reactive power compensation is calculated.

The section labor protection considers possible emergencies and safety and protection of service personnel.

Keywords: low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

Зміст

Вступ	7
1. Характеристика підприємства та опис технологічного процесу	8
2. Визначення електричних навантажень	11
2.1 Розрахунок електричних навантажень м'ясопереробного цеху	13
2.2 Розрахунок електричних навантажень цехів м'ясокомбінату	15
3. Побудова картограми та визначення центру електричних Навантажень.....	18
3.1. Вибір кількості та потужності цехових ТП	20
4. Вибір схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання	22
5. Вибір зв'язку з системою та розрахунок живлячої лінії	24
6. Вибір трансформаторів ГПП.	25
7. Розрахунок струмів короткого замикання.	29
8. Вибір кабелів.	32
9. Конструктивне виконання розподільчого пристрою.	35
10. Релейний захист та автоматика.	36
10.1 Розрахунок повздовжнього диференційного струмового захисту силових трансформаторів ГПП.	36
10.2 Розрахунок максимально струмового захисту з витримкою часу...41	
11. Вибір апаратури.	44
12. Компенсація реактивної потужності.	48
13. Внутрішнє електропостачання м'ясопереробного корпусу.	53
13.1 Розрахунок силової мережі м'ясопереробного корпусу.	53
14. Освітлення м'ясопереробного корпусу.	59
14.1 Розрахунок освітлення м'ясопереробного корпусу.	60
14.2 Розрахунок освітлювальної мережі.	62
15. Охорона праці.	64
16. Спецпитання.	77
Список використаної літератури.	96

					ДП 2024 141						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Мельник О Ю.			Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Зінкевич П.О								6	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3			
Затвердив		Балюта С.М									

Вступ

На даному етапі проектування енергетичних систем повинно переслідуватися на ряду з основними цілями також і такі цілі як більш жорстка економія електричної енергії, контроль за витратами, зменшення збитків. При проектуванні в розвинутих країнах Європи спостерігається наступна тенденція: потужності живлячих підстанцій, роблять рівним чи навіть менше (в допустимих межах) чим потрібно , це робиться з врахування того, що за термін експлуатації споживання електричної енергії зменшиться за рахунок переходу підприємства на більш енергозберігаючі технології. До цього потрібно прагнути.

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О Ю.						
Перевірів		Зінкевич П.О					7	
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

М'ясна промисловість є однією з крупніших галузей харчової промисловості. Вона постачає для населення м'ясо і різні продукти, вироби широкого вжитку, технічну продукцію.

Підприємства м'ясної промисловості розділяють на наступні основні групи: прості-бойня, холодобойня - комбінація холодильника і бойні, спеціалізовані підприємства - м'ясоперероблюючі заводи, ковбасні фабрики, м'ясокомбінати.

М'ясокомбінат - це промислове підприємство на якому проводять повну переробку всіх продуктів, отриманих від забою тварин. М'ясокомбінати поділяються на крупні, випускаючи більш ніж 100 тон в зміну, середні - 50-100 тон м'яса, малі котрі перероблюють до 50 тон м'яса в зміну.

Основним видом сировини котра перероблюється на проектованому підприємстві є крупна рогата худоба, свині та мала рогата худоба. Проектований м'ясокомбінат має потужність 50 тон м'яса в зміну. М'ясокомбінат включає ряд цехів і приміщень , м'ясоперероблюючий корпус , м'ясожировий корпус, корпус перед убійного утримання скота, дезінфектор, санітарна бойня, блок підсобних цехів, зважувальна. Скот на м'ясокомбінат доставляють залізничним чи автомобільним транспортом. Перед відправкою скот оглядає ветеринарний лікар. Тваринам, котрі готові до відправки, роблять необхідні щеплення. На основі огляду і проведення діагностики ветеринарний лікар видає ветеринарне свідоцтво на право переміщення скота. Для відправки відбирають тільки здорових тварин. Худобу на м'ясокомбінаті приймають в згідно з дійсними "Основними

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Характеристика підприємства	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Мельник О.Ю.						8	
Перевірів	Зінькевич П.О.							
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив	Балюта С.М.							

вимогами" поставок худоби. Після розвантажування проводять зовнішній огляд тварин під час котрого відмічають всі відхилення від норм.

В залежності від результатів огляду худобу розприділяють наступним чином: здорову - в загін до важелів, підозрілу - на карантин, хвору - в ізолятор і на санітарну бойню. Після ветеринарного огляду худобу сортирують по уточненню полу та віку, а потім звішують. Санітарна бойня проектуємого м'ясокомбінату має забійно-розділююче відділення, остигаючу для туш, стерилізатор для обеззаражування скота, кишечні та утилізаційні відділення.

До забою скот готують в 8-му цеху передзабійного утримання. Цех перед- забійного утримання обладнаний душем для миття свиней та басейном для промивання кінцівок К.Р.С. та М.Р.С. Перед подачею на забій худобу готують, витримують на голодній витримці К.Р.С. та М.Р.С. - 24 години, свиней - 14 годин. Голодна витримка необхідна для очищення шлунково-кишкового тракту, а також для полегшення виконання наступних операцій, також для уникнення забруднення крові та м'ясопродуктів. Худоба, підготовлена та розфасована із врахуванням віку, статі та вгодованості передають на переробку в цех розділювання туш. Технологічний процес забою худоби та розділювання туш включає в себе наступні операції: оглушення худоби, обезкровлення, зняття шкіри, вилучення внутрішніх органів, повздовжня розфасовка туш, оцінка якості м'яса, зважування. Процес переробки потрібно розділити на ряд технологічних операцій, в результаті котрих отримують м'ясну тушу, харчові та технологічні продукти являються сировиною для інших цехів. В м'ясожировому корпусі виробництва проводять забій та переробку тварини отриманої з цеху передубійного утримання, обробку субпродуктів кишок, витопку харчових та технологічних жирів, обробку та консервування шкіри. Частина продукції котра виходить з м'ясожирового корпусу поступає в холодильник. В цех м'ясожирового корпусу поступає сіль та тара, а з цеху - кістки.

В субпродуктовому цеху м'ясожирового корпусу оброблюються всі харчові субпродукти. Готову продукцію з субпродуктового цеху направляють в холодильник, жир - сировину в жировий цех, відходи в цех кормових та технологічних продуктів.

Переробка жиросировини проходить в жировому корпусі. М'ясопереробний корпус випускає ковбасні вироби, м'ясні полуфабрикати, фасоване м'ясо, пельмені та кулінарні вироби.

					ДП 2024 141	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво ковбасних виробів

Ковбасні вироби відрізняються великою харчовою цінністю, завдяки високій калорійності. Основною сировиною для виготовлення ковбасних виробів являється м'ясо свинини та яловичини. М'ясо, яке використовується в ковбасному виробництві повинно бути отримане від здорових тварин. Найкращим м'ясом для цих виробів є м'ясо котре має не менше як 20 % білків, та не більше 3 % жирів.

Готовність ковбасних виробів досягається тепловою обробкою, коптінням з послідуочим сушінням. В ковбасному виробництві в значній кількості використовуються тваринні жири, котрі відрізняються особливою структурою тканини та смаковими якостями. При виробництві ковбас використовують також молоко, вершкове масло, яйця сир. Для збільшення в'язучих якостей в форми також добавляють крохмаль, фосфати, харчову муку. В якості оболонки використовують головним чином кішки тварин ,а також штучні оболонки.

Для перев'язки ковбасних виробів використовують шпагат. Перев'язка потрібна для ущільнення ковбасних батонів, та для петлі підвіски. Для упаковки ковбасних виробів використовують целофан, пергамент та папір.

Виготовлення сосисок та сардельок

Сосиски та сардельки виготовляють з охолодженого чи замороженого м'яса. М'ясо перемелюють на вовчку та пропускають через решітку з діаметром 2-3 мм, засипають та витримують в дозрівачах неперервної дії 6-12 годин, при $t = 3-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Фарш сосисок шприцюють у відповідні форми, потім перекручують тонким шпагатом, вивішують на полки та направляють в термічне відділення. Після обжарювання направляють на варку, потім охолодження під душем 11-15 хв, після чого їх поміщають в камери для остаточного охолодження в повітряному середовищі.

Виготовлення пельменів

Виготовлення пельменів складається із наступних технологічних процесів: приготування тіста, фаршу, фаршировка на автоматах, заморожування та пакування. При виготовленні тіста муку змішують в тістомішалці з водою та сіллю. Вода повинна мати температуру 32-35 $^{\circ}\text{C}$. Формують пельмені з підготовленого тіста та фаршу на спеціальних автоматах, після чого направляють в холодильник для заморожування.

					ДП 2024 141	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Визначення електричних навантажень

Основою раціонального вирішення всього складного комплексу техніко-економічних питань при проектуванні електропостачання сучасного підприємства є вірне визначення очікуваних електричних навантажень. Від вірної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні вкладення в систему електропостачання, витрата кольорового металу, втрати електроенергії, експлуатаційні витрати. Заниженні значення електричних навантажень ведуть до підвищення витрат на втрати електричної енергії та експлуатаційні витрати, прискорює знос обладнання. Збільшення розрахункових навантажень поведе за собою збільшення капітальних затрат та не повне використання обладнання, провідникового матеріалу.

Основними методами визначення ел.навантажень являються:

- а) розрахунок по встановленій потужності та коефіцієнту попиту.
- б) розрахунок по середній потужності та відхиленню розрахункового навантаження від середнього.
- в) розрахунок по середній потужності коефіцієнту максимуму.

Розрахунок електричних навантажень проектуемого комбінату ведемо по середній потужності та коефіцієнту максимуму. Приводимо розрахунок електричних навантажень окремо м'ясопереробного корпусу та м'ясокомбінату в цілому.

Середня потужність групи електроприймачів за максимальну завантажену зміну визначається.

$$P_{cm} = K_v P_n \Sigma$$

де: P_{cm} - середня потужність.

K_v - коефіцієнт використання.

$P_n \Sigma$ - групове номінальне навантаження, котре дорівнює сумі номінальних потужностей електроприймачів даного цеху.

Середня потужність одного ел.приймача дорівнює

$$P_{cm} = K_v P_n, \text{ де: } P_n - \text{номінальна потужність приймача.}$$

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення електричних навантажень	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Мельник О.Ю.						11	
Перевірив	Зінкевич П.О.							
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив	Балюта С.М.							

Середня реактивна потужність за максимальну завантажену зміну

$$Q_{cm} = \operatorname{tg} \varphi P_{cm},$$

де: $\operatorname{tg} \varphi$ - груповий коефіцієнт потужності.

Коефіцієнт максимуму активної потужності K_m визначається по довідковим таблицям, в залежності від ефективного числа електроприймачів по залежності.

$$L_m = f(n), \text{ при } K_v = 0,1-0,9$$

В залежності від величини групового коефіцієнта використання та приведенного числа електроприймачів - p_e

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо цих приймачів чотири чи більше і $m \leq 3$ де:

$$m = P_{n \max} / P_{n \min}$$

Згідно з практикою проектування систем електропостачання:

а) при $m > 3$ і $K_v \geq 0,2$ ефективне число електроприймачів дорівнює

$$n = 2 P_{n \Sigma} / P_{n \min} \text{ де:}$$

$P_{n \max}$ - потужність найбільшого приймача групи.

б) якщо $p_e > n$. потрібно приймати $p_e > n$.

д) при $m > 3$ та $p_e < n$, розрахункове максимальне навантаження приймається рівним

$$P_p + K_3 \Sigma P_n; P_p = P_{cm} K_m$$

де K_3 коефіцієнт завантаження, котрий дорівнює 0,9 для подальшого режиму використання ел. обладнання. 0,75 - для ел. приймачів з повторно кратним меншим режимом роботи. Для ел.приймачів з постійним режимом роботи величина $K_m = 1$, то

$$P_p = P_{cm} = K_v P_n$$

Реактивна потужність групи електроприймачів визначаємо згідно

0 розр. = 1,1 Q_{cm} при $p_e \leq 10$

$Q_{\text{розр.}} = Q_{cm}$ при $p_e \geq 10$

Після визначення активної та реактивної потужності визначаємо повну розрахункову потужність.

$$S_{\text{розр.}} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

					ДП 2024 141	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Розрахунок електричних навантажень м'ясопереробного цеху

Розрахунок проводимо на прикладі одного з електроприймачів.
Електроприймач - перемелювач:

$$P_H = 30.8 \text{ кВт}; K_B = 0.5; \cos \varphi = 0.75; \operatorname{tg} \varphi = 0.88$$

- 1) Визначаємо активну потужність за максимально завантаженою зміну;

$$P_{CM} = P_H K_B = 30.8 * 0.5 = 15.4 \text{ кВт}$$

- 2) Визначаємо реактивну потужність за максимально завантаженою зміну

$$Q_{CM} = P_{CM} \operatorname{tg} \varphi = 15.4 * 0.88 = 13.5 \text{ кВАр}$$

- 3) Повна потужність:

$$S_{CM} = \sqrt{P_{CM}^2 + Q_{CM}^2} = \sqrt{15.4^2 + 13.5^2} = 20.4 \text{ кВА.}$$

- 3) Так як $m \leq 3$, то $p_e = n = 1$

- 4) Визначаємо розрахункову активну та реактивну потужності навантаження цеху:

- 5)

$$P_p = P_H \text{ при } n \leq 3; P_p = 30.8 \text{ кВАр} \\ Q_p = 1.1 Q_{CM} = 1.1 * 13.5 = 14.85 \text{ кВАр}$$

- 6) Визначаємо повну потужність цеху:

$$S_{розр} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{30.8^2 + 14.85^2} = 34.2 \text{ кВА}$$

Розрахунок електричних навантажень інших приймачів проектуемого м'ясопереробного цеху проводимо в таблиці 2.1 та таблиці 2.2

					ДП 2024 141	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Нава ел.приймачів	Рн, кВт	Кіл, елпр.	Рр.н. кВт	Кв	Cos φ	tg φ	Рсм, кВт	Qсм, квар	Scм, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Холодильне обладнання.	1,1	25	27,5	0,6	0,8	0,75	16,5	12,3	20,5
Холодильне обладнання	4,0	2	8,0	0,6	0,8	0,75	4,8	3,6	6
Перемелювач	30,8	1	30,8	0,5	0,75	0,88	15,4	13,5	20,4
Водяний пристрій	0,4	9	5,4	0,4	0,8	0,75	2,2	1,65	2,7
Водяний пристрій	0,3	1	0,3	0,4	0,8	0,75	0,12	0,09	0,015
Шкаф для замор.	6,4	2	12,8	0,6	0,8	0,75	7,68	5,8	9,6
Ел.обладнання	2,0	9	18,0	0,4	0,8	0,75	7,2	5,4	9
Вент. обладнання	1,0	3	3,0	0,7	0,8	0,75	2,1	1,6	2,6
Пилеул.агрегат	0,8	2	1,6	0,7	0,8	0,75	1,12	0,84	1,4
Пилеул.агрегат	1,5	2	3,0	0,7	0,7	1,02	2,1	2,14	2,9
Пилеул.агрегат	12	1	12,0	0,8	0,8	0,75	1,4	1,05	1,7
Пилеул.агрегат	0,6	11	6,6	0,7	0,7	1,02	4,6	4,69	6,5
Конвейєрер	5,5	3	16,5	0,5	0,7	1,02	8,3	8,4	11,8
Технол. облад.	0,6	10	6,0	0,5	0,7	1,02	3,0	3,1	4,3
Просіювач	3,0	5	15,0	0,5	0,7	1,02	7,5	7,8	10,8
Тісмішалка	1,1	2	2,2	0,5	0,7	1,02	1,1	1,12	1,5
Підйомник	2,2	1	2,2	0,5	0,7	1,02	1,1	1,12	1,5
Томп.бар	13,8	6	52,8	0,5	0,7	1,02	42,0	42,2	39,0
Волчок	7,5	37	277,5	0,5	0,7	1,02	138,7	142,0	198,0
Фаршмішалка	5,5	1	5,5	0,5	0,7	1,02	2,7	2,8	3,8
Електроталь	1,9	2	3,8	0,2	0,8	0,75	0,76	0,57	0,9
Станоч. обладн	0,6	10	6,0	0,2	0,8	0,75	3,0	2,25	3,7
Станоч. обладн	1,7	2.	3,4	0,3	0,8	0,75	1,02	0,76	1,32
Станоч. обладн.	0,6	10	1,5	0,2	0,8	0,75	0,3	0,22	0,4
Мясоперероб.цех	850,0	140	649,2	0,4	0,8	0,75	340	255,0	425,0

Таблиця 2.2

Нава ел.приймач.	m	ne	Km	Pp, кВт	Qp, квар	Sp, кВА
Холодильне облад.	1	1 25	1.14	18,8	12,3	22,46
Холодильне облад.	1	2	1	8,0	3,9	8,9
Перемелювач	1	1	1	30.8	14,85	342_
Водяний пристрій	1	9	1,47	3,23	1,8	3,6
Водяний пристрій	1	1	1	0,3	0,0099	0,315
Шкаф для замор.	1	2	1	12,8	6,3	14.26
Ел. Обладнання	1	9	1,47	10,58	5,94	12,2
Вент. Обладнання	1	3	1	3,0	1,76	3,5
Пилеул.агрегат	1	2	1	1,6	0,92	1,84
Пилеул. Агрегат	1	2	1	3,0	2,35	3,8
Пилеул.агрегат	1	1	1	12	7,95	14,4
Пилеул.агрегат	1	1	1	1,8	1.15	2,14
Конвеєр	1	3	1	16,5	9.24	18,9
Технол. Облад.	1	10	1,34	4,02	3,1	5,07
Просіювач	1	5	1,57	11,77	8,58	14,5
Тісмішалька	1	2	1	2,2	1,232	2,52
Підйомник	1	1	1	2,2	1,232_	2,52
Томп.бар	1	6	1.51	63,4	46,42	78,57
Волчок	1	37	1,14	158,1	142	2,2
Фаршмішалька	1	1	1	5,5	3,08	6,3
Електроталь	1	2	1	3,8	0,63	3,85
Станоч. обладн	1	1	1	6,0	2.47	6,48
Станоч. обладн	1	2	1	3,4	0,836	3,5
Станоч. обладн.	1	1	1	1,5	0,242	1,52
М'ясоперероб.цех		56,6	1,13	384,0	255,0	461,0

2.2 Розрахунок електричних навантажень цехів м'ясокомбінату

Розрахунок проводимо на прикладі м'ясопереробного корпусу.

Визначаємо середню активну та реактивну потужність головного корпусу.

$$P_{cm} = K_B P_H = 0,4 * 850 = 340 \text{ кВт}$$

$$n_e = 2 \sum P_n / P_{n \max} = 56.6$$

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Знаючи K_v та p_e – по таблиці знаходимо $K_m = 1.13$

Визначаємо розрахункові активні та реактивні навантаження цеху:

$$P_p = K_m P_{cm} = 1,13 \cdot 340 = 384 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{cm} = 255 \text{ квар, так як } p_e > 10$$

Подальший розрахунок електричних навантажень цехів м'ясокомбінату заносимо до таблиці 2.3 та 2.4

Таблиця 2.3

Назва вузлів та груп ел.прийм.	п	Рн, кВт		m	Ки	$\cos \varphi / \tan \varphi$	Серед. потуж		п _е	К _м
		Ел.пр	сума				Р _{см} кВт	Q _{см} , кВт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гол.вир.корпус	220	5-30	700	6	0,3	0,75/ 0,38	210	184	46	1,17
Холодильник	550	5-30	1100		0,8	0,8/ 0,75	880	660	-	-
Мяс.пер.корпус	140	1-30	850		0,4	0,8/ 0,75	340	255	56 ,6	1,13
Корп.перед убійного утр. тв.	40	2-30	70	5	0,3	0,8/ 0,75	21	16	14	1,45
АБК	30	12-40	140	3, 3	0,3	0,8/ 0,75	42	32	7	1,8
Блк піс. цехів.	180	1,2- 40	230	18 ,3	0,3	0,8/ 0,75	69	61	21	1,34
Сан. бойня	20	1-10	35	10	0,3	0,8/ 0,75	10,5	7,9	7	1,8
Дезінвектор	5	1-3	7	3	0,29	0,85/ 0,75	2	1,5	5	2
Конденсат.уст	40	0,8- 10	150		0,8	0,8/ 0,75	120	90	-	-
Котельня	40	2-35	380	17 ,5	0,6	0,82/ 0,64	228	157	22	1,15
Градільня	4	28	112	1	0,8	0,8/ 0,75	89	67	4	1,29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Насос. станція	4	150	600	1	0,65	0,8/ 0,75	390	292	4	—
Вод.Нап.башн.	3	10	30	1	0,65	0,8/ 0,75	20	15	3	1
Насос. станція	4	15-10	50	1, Г	0,7	0,75/ 0,88	35	30,3	4	—
Пож.депо	5	5	25	1	0,3	0,6/ 1,33	7,5	10	5	—
Жиролобня	20	2-35	150	17 Г	0,3	0,8/ 0,75	45	34	9	1,65
Очис.споруди	7	2-10	60	5	0,7	0,75/ 0,88	42	37	12	1,28
Стан.регазиф.	5	1-0,5	15	5, Г	0,3	0,75/ 0,88	4,5	4	6	1,88
Місце для МИТТЯ	2	15	30	1	0,65	0,8/ 0,75	20	14,6	2	1

Назва вузлів та груп ел.прийм.	Розрахункові потужн.		
	Рр, кВт	Qp кВт	Sp, кВА
Гол.вир.корпус	245	184	306,4
Холодильник	880	660	1100
Мяс. пер. корпус	384	255	461
Корп.пер.уб.утр. скота	30,4	16	34,4
АБК	76	35,2	83,7
Блк піс.цехів.	92	61	110,4
Сан. бойня	18,9	8,7	20,5
Дезинвектор	4	1,65	4,33
Конденсет. уст.	120	90	150
Котельня	262	157	408.4
Гродильня	89	74	116
Насос. станція	390	321	505,2
Вод.нап.башня	30	16,5	34,2
Насос, станія	35	30,8	46,6
Пож.депо	7,5	10	13,3
Жиролобня	74	37,4	82,9
Очис.споруди	54	37	65,4
Стан.регазиф.	8,46	4,4	9,5
Місце для миття	30	16	34

					ДП 2024 141		Арк.
							17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3. Побудова картограми та визначення центра електричних навантажень

Головна понижувальна підстанція являється одним з найважливіших ланцюгів системи електропостачання будь-якого промислового підприємства, тому кінцеве розташування підстанції на території промислового підприємства є одним з найважливіших питань при побудові раціональних схем електропостачання. При раціональному розташуванні головної понижувальної підстанції на території підприємства, техніко-економічні показники системи електропостачання являються оптимальними.

Центр навантаження підприємства є символічним центром споживання електричної енергії.

Головні понижувальні та цехові підстанції потрібно розміщувати як можна ближче до центру навантажень, так як це дозволить приблизити високу напругу до центру електричних навантажень, значною мірою скоротити довжину розподільчої мережі комбінату, зменшити витрату виробничого матеріалу та знизити втрати електричної енергії.

При проектуванні систем електропостачання, на генплан наносять картограми навантажень, котрі представляють собою розміщенні на генплані кола. Площі, обмеженні цими колами, наносять в масштабі, котрі дорівнюють розрахунковим навантаженням цехів. Для кожного цеху наноситься відповідне коло. Радіус кола зв'язують з розрахунковою потужністю електроприймачів.

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Побудова картограми навантажень	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О.Ю.						
Перевірив		Зінкевич П.О.					18	
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		

Ці значення визначають з умови рівності розрахункової потужності та площі кола.

$$P_i = \pi r_i^2 m;$$

де:

r - радіус кола,

m - масштаб

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi m}}$$

Силкові навантаження відображають колом чи сектором в колі.

Освітлювальні навантаження відображають в вигляді кола без заштриховки.

Кут сектора α визначається через відношення

$$\alpha = P_{po}/P_p \sum * 360^\circ$$

де: P_{po} - освітлювальне навантаження,

$P_p \sum$ - сумарне навантаження цеху.

Розрахункове навантаження освітлення електроприймачів визначається по питомій густині через відношення:

$$P_{po} = P_o F, \text{ де}$$

P_o - питома розрахункова потужність на 1 мм² виробничої площі кВт/м

F - площа виробничого приміщення.

Для визначення місця розташування ГПП знаходимо центр електричних навантажень

$$X_o = \sum P_i X_i / \sum P_i;$$

$$Y_o = \sum P_i Y_i / \sum P_i$$

Розрахункові дані по освітлювальній мережі зводимо до таблиці 3.1

					ДП 2024 141	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Нава цехів	P_o , кВт/м ²	P_p , кВт	g_i , мм	$P_p \sum$ кВт	α°	U_i , м	X_i , м	P_m
Головний виробничий корп:								
М'ясопереробний і корпус.	15	52,5	3,5	436,5	43,3	520	190	3685
Холодильник.	15	62	.5,3	942	24	420	190	4368
М'ясожировий і корпус.	15	54	2,79	299	65	308	200	3798
Корп.пер.утр.тварин.	15	51	1,5	84	226	220	185	3587
АБК	8	6,3	1,6	82,3	27,5	80	410	884
Блок підсобних цехів.	15	I_18,5	1,7	110,5	60,3	300	433	1234
Санітарна бойня	10	4,16	0,8	23,1	7,7	200	118	416
Конденсаторна установка	15	1,2	1,9	121,2	3,6	135	400	84,5
Дезинвектор	8	0,6	0,3	4,6	47	440	102	92
Котельня	10	10,4	2,9	272,4	13,7	305	300	1044
Зважувальна	10	5,5	0,5	8	247, 5	70	595	550
Вентилят. гродильні	10	1,12	1,9	116	3,4	85	295	112
Насосна станція	15	5,7	1	41	50,4	130	300	38
Пожежне депо	10	4,2	0,5	12	129	305	160	416
Жироловня	10	2,1	1,5	76	10	430	400	211
Очисні споруди	15	0,3	1,4	59	2	95	140	16
Місце для миття	10	2,9	0,9	33	32	110	98	287,3
Насосна станція	15	3,4	3,52	393	3	330	560	232
Водонапірна башня	10	1.3	0,9	31	15	290 1	533	131

3.1 Вибір кількості та потужності цехових трансформаторних підстанцій.

Попередній вибір кількості та потужності трансформаторів в цехових трансформаторних підстанціях проводиться на основі потрібної надійності електропостачання та розподілення між трансформаторними підстанціями споживаємої електроенергії. На проектуємому м'ясокомбінаті більша частина споживачів відноситься до другої категорії, що потребує надійного електрозабезпечення. Тому всі цехові підстанції виконуються з двома цеховими трансформаторами. Нормальний режим роботи - роздільний режим роботи трансформаторів. Це приводить до зниження струмів короткого замикання та дозволяє застосовувати більш дешеву апаратуру на стороні НН.

					ДП 2024 141	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номинальна потужність цехових трансформаторів вибирається виходячи з середньої потужності, умови економічної роботи трансформаторів в нормальному режимі та допустимому перевантаженню на 40 % від номінальної потужності трансформатора в нормальному режимі. Вибір трансформаторів здійснюється на основі повних розрахунків навантажень цехів, потужності яких будуть забезпечувати відповідна трансформаторна підстанція. Потужність трансформатора визначається з врахуванням категорії цеха.

$$S_{c.m} = \sqrt{(P_{c.m} + P_o)^2 + Q_{cm}^2}, \text{кВА}$$

Розрахункова потужність трансформатора

$$S_{p.tr-p} = S_{cm} / \beta ; \text{кВА}$$

де β - коефіцієнт завантаження трансформатора , для споживачів

1 категорії = 0,7-0,6

2 категорії = 0,8-0,7

3 категорії = 0,9-0,95

Перевантаження в номінальному режимі складає

$$\beta = S_{cm} / S_{н.м};$$

Перевантаження в номінальному режимі складає

$$\beta = S_{cm} / S_{н.м};$$

Згідно з ПУЕ допускається перевантаження трансформаторів до 40 % на час загальної добової тривалості менше чи дорівнює шести годин, строком не більше п'яти діб. При цьому коефіцієнт добового графіка в умовах перевантаження повинен бути не вище 0,75 чи $S_{cm} = 0,75 S_{н.м}$.

Дані розрахунку приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Номер цеху	Номер ТП	SCM, кВА	β баж	S _{p. тр} , кВА	СТР-р ₅ , кВА	β роз.
1:В;Б;10	1	937	0,75	1249,3	2x630	0,74
1:Б;26;2;8;12	2	923	0,75	1230,6	2x630	0,73
4;11;24;7;27;1;6";Г; А	3	920	0,75	1227	2x630	0,73
15; 22; 6; 23; 3	4	693,2	0,75	924,2	2x630	0,6

4. Вибір схеми зовнішнього та внутрішнього електропостачання

Системи електропостачання можна поділити на систему зовнішнього та внутрішнього електропостачання. Зовнішнє електропостачання здійснюється від енергосистеми 35 кВ.

На стороні 35 кВ для захисту трансформатора приймається високовольтний вимикач. Для зняття напруги з відключеного елементу мережі, а також для створення видимого розрізу встановлюється роз'єднувач. В схемі прийнята двох трансформаторна підстанція.

Потужність трансформаторів та перерізу проводів лінії вибирається так, щоб вони в нормальному режимі були завантажені на 60-70 %, а при відключенні одної з лінії чи трансформатора, інша лінія та трансформатор повинні забезпечити, хоча і з допустимим перевантаженням, безперебійну роботу підприємства. Для живлення вимірюючих приладів, захисту та автоматики використовуються трансформатори струму. Захист від атмосферних розрядів та комутаційних перенапруг здійснюється розрядниками.

Внутрішнє електропостачання підприємства здійснюється по радіальній мережі. На напругу 10 кВ застосовується схема з одною системою шин секціоновоною на дві частини вимикачем.

В нормальному режимі секційний вимикач 10 кВ відключений, трансформатори працюють роздільно. На кожній секції шин встановлюються вимірюючі трансформатори напруги типу НТМИ, для ланцюгів виміру та контролю ізоляції.

В якості цехових трансформаторів підстанції приймаються

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір схеми електропостачання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О.Ю.						
Перевірив		Зінькевич П.О.					22	
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3			

комплектні трансформаторні підстанції, розраховані для приєднання до кабельних ліній 10 кВ. Комплектні трансформаторні підстанції складаються з трьох основних вузлів: ввідного пристрою 10 кВ, силового трансформатора та розподільчого пристрою 0,38 кВ. Ввідний пристрій 10 кВ виконаний для глухого приєднання до живлячої лінії.

Компенсація реактивної потужності виконується з допомогою комплектних конденсаторних пристроїв напругою 0,38 кВ. Схема електропостачання м'ясокомбінату зображена на листі 2.

					ДП 2024 141	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Вибір зв'язку з системою та розрахунок живлячої лінії

Знаючи, що $S_p = 3444$ кВА, відстань від підстанції до м'ясокомбінату дорівнює 5,5 км та вартість електричної енергії 2,322 грн / кВт, визначаємо із малюнка 18,4 [7] раціональну напругу живлячої лінії $U_c = 35$ кВ. Напруга по повітряній лінії 35 кВ підводиться на ГПП, де понижується до 10 кВ. Так як на комбінаті переважають споживачі другої категорії, то живлячу лінію приймаємо в двох ланцюгованому виконанні.

Визначаємо розрахунковий струм лінії.

$$I_{p.l} = \frac{S_p}{\sqrt{3}U} = \frac{3444}{\sqrt{3} * 2 * 35} = 28.4 \text{ А.}$$

Знаходимо економічно вигідний переріз провідника

$$S_{eK} = I_{p.l} / J_{eK} = 28,4 / 1,1 = 25,8 \text{ мм}^2;$$

де J_{eK} - економічна густина струму, знаходиться з табл.10.1 [8].

Приймаємо провід АС - 70 , допустимий довготривалий струм $I_{н.доп} = 265 \text{ А}$

$$I_{н.доп} > I_{таx. \text{ роб}}$$

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір зв'язку з системою	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О.Ю.						
Перевірив		Зінкевич П.О.					24	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		Балюта С.М.						

6. Вибір трансформаторів ГПП на основі техніко-економічного розрахунку

В системі електропостачання промислового підприємства потужність силових трансформаторів повинна забезпечувати в нормальних умовах живлення всіх електроприймачів. При виборі потужності трансформатора потрібно звертати увагу на економічну доцільність режиму роботи, а також резервування живлення електроприймачів при відключенні одного з трансформаторів, причому навантаження трансформатора не повинно зменшувати строк його роботи.

Надійність електропостачання м'ясокомбінату досягається за рахунок встановлення на підстанції двох трансформаторів, котрі працюють роздільно. При умові роботи одного трансформатора останній повинен повністю забезпечити роботу споживачів із допустимим аварійним перевантаженням.

6.1 Задана реактивна потужність, котру може передати система в час максимального навантаження $Q'e = 900$ кВАр.

6.2 Реактивна потужність, котру необхідно компенсувати:
 $Q_{K.y} = Q_r - Q'e = 2181 - 900 = 1281$ кВАр

6.3 Визначаємо загальне навантаження на шинах ГПП

$$S_{p.гпп} = \sqrt{(P_{p.гпп} + P_{p.гпп} \sim + P_{po.гпп})^2 + (Q_{p.гпп} - Q_{k.y.mn})^2} =$$

$$= \sqrt{33252^2 + (2181 - 1281)^2} = 3444$$
 кВА

Намічаємо два можливих варіанти потужності трансформаторів ГПП м'ясокомбінату з врахуванням допустимих перевантажень:

перший варіант: два трансформатори по 4 МВА в години максимуму коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$K_3 = S_m / 2 S_n = 3444 / 2 * 4000 = 0,43$$

другий варіант: два трансформатора по 2,5 МВА

$$K_3 = S_m / 2 S_n = 3444 / 2 * 2500 = 0,68$$

В нормальному режимі трансформатори будуть працювати з неповним завантаженням. Перевіряємо можливість роботи одного з трансформаторів по кожному варіанту при відключенні другого, тобто в аварійному режимі, допустиме аварійне перевантаження складає:

$$S = 1,4 S_{n.тр.}$$

$$S_1 = 1,4 * 4000 = 5600$$
 кВА

$$S_2 = 1,4 * 2500 = 3500$$
 кВА

Для техніко - економічного розрахунку вибираємо два трансформатори типу: ТМН - 4000 / 35; ТМН - 2500 / 35, дані трансформаторів заносимо в таблицю 6.1.

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Мельник О.Ю.			Вибір трансформаторів ГПП		Літ.	Арк.
Перевірів		Зінкевич П.О.						25
Н. Контр.							ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3	
Затвердив		Балюта С.М.						

Таблиця 6.1

ТМН-4000/35	ТМН-2500/35
$\Delta P_{x.x.} = 5,7 \text{ кВт}$	$\Delta P = 3,9 \text{ кВт}$
$\Delta P_{к.з} = 33,5 \text{ кВт}$	$\Delta P = 23,5 \text{ кВт}$
$U_{к.з} = 7,5\%$	$U_{к.з} = 6,5\%$
$I_{x.x} = 1\%$	$I_{x.x} = 1\%$

Визначаємо втрати потужності та енергії в трансформаторі. Втрати реактивної енергії холостого ходу:

$$\Delta Q_{x.x} = S_{\text{ном}} \frac{I_{x.x}\%}{100}$$

Реактивні втрати к.з

$$\Delta Q_{к.з} = S_{\text{ном}} \frac{U_{к.з.}\%}{100}$$

Приведенні втрати реактивної потужності холостого ходу та короткого замикання:

$$\Delta P'_{x.x} = \Delta P_{к.з} + K_{\epsilon} \Delta Q_{x.x};$$

$$\Delta P'_{к.з} = \Delta P_{к.з} + K_{\epsilon} \Delta Q_{к.з};$$

де $K_{\epsilon} = 0,05 \text{ кВт} / \text{квар}$ - коефіцієнт еквівалентної реактивної потужності
Проводимо розрахунок для двох варіантів та зводимо результати в таблицю 6.2

Таблиця 6.2

Види втрат	1 варіант	2 варіант
$\Delta Q_{x.x}$	40	25
$\Delta Q_{к.з};$	300	162,5
$\Delta P'_{x.x}$	7,7	5,15
$\Delta P'_{к.з}$	48,5	31,62

Залежність втрат потужності від перевантажень в одному трансформаторі

$$\Delta P = \Delta P'_{x.x} + \beta^2 * \Delta P'_{к.з}$$

для одного трансформатора по варіанту залежність втрат потужності виражається у вигляді:

$$\Delta P_{4000} = 7,7 + \beta^2 * 48,5 \text{ кВт}$$

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

для двох паралельно працюючих трансформаторів

$$\Delta P_2 \cdot 4000 = 2 \cdot 7,7 + \beta^2 \cdot 2 \cdot 48,5 \text{ кВт}$$

для другого варіанту

$$\Delta P_{2500} = 5,15 + \beta^2 \cdot 31,62 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_2 \cdot 2500 = 2 \cdot 5,15 + \beta^2 \cdot 2 \cdot 31,62 \text{ кВт}$$

Знаходимо навантаження при яких необхідно перейти на роботу з двома трансформаторами:

1 варіант для ТМН-4000/35

$$S_{4000} = S_N \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P'_{x.x}}{\Delta P'_{к.з}}} = 4000 \sqrt{2(2-1) \frac{7,7}{48,5}} = 2254 \text{ кВА}$$

2 варіант для ТМН - 2500 / 35

$$S_{2500} = S_N \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P'_{x.x}}{\Delta P'_{к.з}}} = 2500 \sqrt{2(2-1) \frac{5,15}{31,62}} = 1426,84 \text{ кВА}$$

Для визначення втрат електроенергії за рік необхідно знати річний графік навантаження по тривалості. З [6] вибираємо графік навантаження по тривалості проектуемого мясокомбінату. Графік має вид представлений на малюнку 6.1. Розрахунок втрат в трансформаторі ведемо в табличній формі (див табл. 6.3), використовуючи при цьому графік тривалості навантаження підприємства. Повну потужність ГПП приймаємо за 100 %, а відповідні потужності ступенями перераховуємо в процентному відношенні згідно графіка тривалості навантаження.

Таблиця 6.3

S,кВА	Кз1	t ступенями	Δ P1, кВт	Δ W1, кВт г	Δ W1, кВт г	Δ P2, кВт	Кз2
3444	0,43	980	31,3	32634	38710	39,5	0,68
2583	0,32	2400-930=1480	25,3	37444	39516	26,7	0,51
2170	0,54	4600-2400=2200	21,8	47960	48180	21,9	0,43
1825	0,46	5900-4600=1300	17,9	23270	24050	18,5	0,36
1309	0,33	8760-5900=2860	13	37180	39182	13,7	0,52

Всього за рік

$$\Delta W_1 = 178488 \text{ кВт. г}$$

$$\Delta W_2 = 189638 \text{ кВт. Г}$$

Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів встановлених трансформаторів:

1варіант

Капітальні затрати:

$$K_1 = 2 * 8,7 * 5,3 = 92,22 \text{ тис. грн}$$

Річні амортизаційні витрати:

$$C_a = K_a K_1 = 0,1 * 92,22 = 9,22 \text{ тис.грн}$$

Вартість втрат електричної енергії:

$$C_a = 0,02 \text{ грн / кВт. г}$$

$$C_{\pi} = 0,02 * 178488 = 3,5 \text{ тис. грн}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$C_{e1} = C_a + C_{\pi} = 9,22 + 3,5 = 12,72 \text{ тис.грн}$$

2варіант

Капітальні затрати

$$K_2 = 2 * 6,6 * 5,3 = 69,96 \text{ тис.грн}$$

Вартість втрат електричної енергії –

$$C_a = 0,02 \text{ грн / кВт г}$$

$$C_{\pi} = 0,02 * 189638 = 3,79 \text{ тис.грн}$$

Річні експлуатаційні витрати

$$C_{e1} = C_a + C_{\pi} = 6,99 + 3,79 = 10,78 \text{ тис.грн}$$

Визначаємо строк окупності

$$T_{ок} = \frac{K_1 - K_2}{C_{01} - C_{02}} = \frac{92,22 - 69,96}{12,72 - 10,78} = 11,4 \text{ років}$$

Строк окупності більше нормативного $T_n = 8$ років. Тому перший варіант з економічних міркувань є більш кращим. Остаточо зупиняємося на варіанті встановлення двох трансформаторів потужністю 2,5 МВА типу ТМН – 2500/35.

					ДП 2024 141	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Розрахунок струмів короткого замикання

В електроустановках можуть виникати різні види короткого замикання, котрі супроводжуються різним збільшенням струму. Основними причинами виникнення короткого замикання можуть бути: пошкодження ізоляції окремих частин електроустановки, невірні дії оперативного персоналу, перекриття струмоведучих частин електроустановки.

Для попередження короткого замикання та зменшення їх наслідків, необхідно усувати причини їх виникнення, зменшувати час дії струмів короткого замикання, при короткому замиканні застосовувати швидкодіючі вимикачі.

Для визначення струмів короткого замикання складають розрахункову схему, що відповідає нормальному режиму роботи системи електропостачання. По розрахунковій схемі складають схему заміщення, в котрій вказуємо опір всіх джерел, споживачів та позначаємо можливі точки розрахунку струму короткого замикання.

Визначаємо відносні опори

$$X_6 = \frac{X_2 * X_2'}{X_2 + X_2'} = \frac{0.26 * 0.26}{0.26 + 0.26} = 0.13$$

$$X_7 = X_1 + X_6 = 0.03 + 0.13 = 0.16$$

$$X_{закл.} = X_7 + X_3 + X_4 = 0.16 + 0.00037 + 0.87 = 1.03$$

Визначаємо відносні струми

$$^* I_{к2} = 1 / X_7 = 1 / 0.16 = 6.25$$

$$^* I_{к3} = 1 / X_{закл.} = 1 / 1.03 = 0.97$$

					ДП 2024 141							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок струмів КЗ				Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Мельник О Ю.											
Перевірив	Зінкевич П.О									29		
Н. Контр.												
Затвердив	Балюта С.М				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3							

Визначаємо струми короткого замикання.

$$I_{k2} = I_{\Sigma 2}^* = 0,55 * 6,25 = 3,43 \text{ кА}$$

$$I_{k3} = I_{\Sigma 3}^* = 14,5 * 0,97 = 14,06 \text{ кА}$$

7.3 Розраховуємо іуд при відключеному СВ - 10 кВ

$$i_{уд2} = \sqrt{2} I_{k2} K_{уд} = \sqrt{2} * 3,43 * 1,85 = 8,97 \text{ кА};$$

де $K_{уд}$ - ударний коефіцієнт по [1] приймаємо $K_{уд} = 1,85$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} I_{k3} K_{уд} = \sqrt{2} * 14,06 * 1,85 = 36,48 \text{ кА}$$

7.4 Розраховуємо іуд при включеному СВ - 10 кВ.

$$i_{уд2} = \sqrt{2} I_{k2} K_{уд} = \sqrt{2} * 3,43 * 1,85 = 8,97 \text{ кА};$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} I_{k3} K_{уд} = \sqrt{2} * 14,06 * 1,85 = 36,48 \text{ кА};$$

7.5 Розраховуємо іуд на стороні В Н.

$$i_{уд2} = \sqrt{2} I_{k2} K_{уд} = \sqrt{2} * 5,3 * 1,85 = 13,8 \text{ кА}$$

7.6 Розраховуємо тепловий імпульс.

$$W_k = I_k^2 (\tau_k + T_a), \text{кА}^2 \text{с.}$$

Визначаємо час протікання режиму короткого замикання.

$$\text{для РУ 10 кВ } \tau_k = \tau_{р.з} + \tau_{пв} = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ с}$$

$$\text{для РУ 35 кВ } \tau_k = \tau_{р.з} + \tau_{пв} = 0,3 + 0,09 = 0,39 \text{ с}$$

де $\tau_{р.з}$ - час спрацювання релейного захисту, с.

$\tau_{пв}$ - час відключення вимикача, с.

Находимо T_a - сталу часу короткозамкненої ділянки з виразу:

$$K_{уд} = 1 + e^{-0,01/T_a} \quad -0,1625 = \frac{-0,01}{T_a}$$

$$1,85 = K_{уд} = 1 + e^{-0,01/T_a} \quad T_a = \frac{-0,01}{-0,1625} = 0,06$$

$$\ln 0,85 = \frac{-0,01}{T_a}$$

					ДП 2024 141	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.6.1 Визначаємо тепловий імпульс на РУ НН при виключеному СВ - 10 кВ

$$Вк = I_k^2 (\tau_k + T_a) = 1,87^2 (1,2 + 0,06) = 4,4 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

7.6.2 Визначаємо тепловий імпульс на РУ НН при включеному СВ - 10 кВ

$$Вк = I_k^2 (\tau_k + T_a) = 3,43^2 (1,2 + 0,06) = 14,8 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

7.6.3 Визначаємо тепловий імпульс на РУ ВН.

$$Вк = I_k^2 (\tau_k + T_a) = 5,3^2 (0,39 + 0,06) = 12,64 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Дані по розрахунку заносимо до таблиці 7.1

Таблиця 7.1

Режим роб.	Місце	Розрахункові величини.					
СВ-10 кВ	К.З.	U6, кВ	I6, кА	S6, МВ А	ІК.З, кА	Іуд., кА	Вк, кА ² с
СВ-10 откл.	РУ35кВ	37	0,16	10	5,3	13,8	12,64
	РУІОкВ	10,5	0,55	10	1,87	4,89	4,4
	РУ0,4кВ	0,4	14,5	10	12,47	32,62	
СВ-10 вкл.	РУ35кВ	37	0,16	10	5,3	13,8	12,64
	РУІОкВ	10,5	0,55	10	3,43	8,97	14,8
	РУ0,4кВ	0,4	14,5	10	14,06	36,78	

8. Вибір кабелів

На проектуємому м'ясокомбінаті для живлення цехових трансформаторних підстанцій вибираємо кабелі типу ААВГ [8].

Переріз кабелів визначаємо по мінімуму приведених затрат. Вибрані кабелі перевіряємо на термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Визначаємо опір вибраної кабельної лінії

$$r_{кл} = \frac{\rho_{a.l} L}{Sc.m};$$

де L довжина кабельної лінії

$\rho_{a.l} = 0,031 \text{ Ом мм}^2 / \text{м}$ - питомий опір алюмінію.

Sc - стандартний переріз вибраної кабельної лінії.

Номінальний струм:

$$I_{ном} = \frac{Smp}{U_{ном}\sqrt{3}}$$

Втрати електричної енергії при проходженні по кабелю струму:

$$\Delta W = 3 * I_{ном} * r_{кл} * T_{роб} * 10^{-3}, \text{ кВт год}$$

де $T_{роб} = 3800$ годин - середній річний час використання максимального навантаження для проектуємого м'ясокомбінату [8]

					ДП 2024 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Мельник О.Ю.			Вибір кабелів		
Перевірив		Зінкевич П.О.					
Н. Контр.							
Затвердив		Балюта С.М.					
						Літ.	Арк.
							32
						Аркушів	
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3	

Вартість втрат електричної енергії:

$$C = \Delta W * \gamma * 10^{-2}, \text{ грн}$$

де $\gamma = 2,322$ грн

Капітальні вкладення в об'єкт

$$K = K_0 * L * 5,3, \text{ грн}$$

де K_0 - вартість кабелю, грн.

Приведенні затрати

$$З = E K + (E_a + E_{пр}) K + C + Y, \text{ грн}$$

Дані по розрахунку кабелів заносимо до таблиць 8.1; 8.2; 8.3; 8.4;

Таблиця 8.1

SCT, мм ²	L, м	$r_{кл}$, Ом	К ₀ , тис.грн/км	К, грн	Іном, А	ІД, А	Δ W, кВт	С, грн	З, грн
16	52	0,1	1,5	413	34,68	75	1371	239,92	472,22
25	52	0,06	1,7	468,52	34,68	90	822,6	143,95	451
35	52	0,046	1,88	518,12	34,68	115	630,6	110,35	466,6
50	52	0,032	2,10	578,76	34,68	140	442	77,35	490,9

Таблиця 8.2

SCT, мм ²	L, м	$r_{кл}$, Ом	К ₀ , тис.грн/км	К, грн	Іном, А	ІД, А	Δ W, кВт	С, грн	З, грн
16	263	0,5	1,5	2090,85	34,68	75	6855	1199,6	2380,78
25	263	0,326	1,7	2369,63	34,68	90	4471,1	782,44	2317,3
35	263	0,23	1,88	2620,5	34,68	115	3153,3	551,82	2355,78
50	263	0,16	2,10	2927,19	34,68	140	2235,5 i	391,22	24823)

Таблиця 8.3

SCT, мм ²	L, м	$r_{кл}$, Ом	К ₀ , тис.грн/км	К, грн	Іном, А	ІД, А	Δ W, кВт	С, грн	З, грн
16	305	0.59	1,5	2427.75	34,68	75	8101.7	1417.8	2780.8
25	305	0.37	1,7	2748.05	34,68	90	5185.1	907.39	2687.3
35	305	0.27	1,88	3039.02	34,68	115	3701.7	647.79	2727.1
50	305	0.18	2,10	3394.56	34,68	140	2592.56	453.69	2879.3

					ДП 2024 141				Арк.
									33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Будуємо графік залежності приведених затрат від S_{CT} (дод. 1)

З графіка видно, що для живлення цехових трансформаторних підстанцій доцільно прийняти кабель марки ААВГ з $S_{CT} = 25 \text{ мм}^2$

Перевіряємо вибраний кабель на термічну стійкість до струмів короткого замикання.

Визначаємо час протікання режиму короткого замикання.

$$\tau_k = \tau_{p.z.} + \tau_{n.v.} = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ с}$$

де

$\tau_{p.z.}$ = час спрацювання релейного захисту, с.

$\tau_{n.v.}$ = час відключення вимикача, с.

Визначаємо тепловий імпульс для кабелів до ТП 1 та ТП 4 :

$$W_k = I^2(\tau_k + T_a) = 2,79^2 (1,2 + 0,01) = 9,41 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

де T_a - стала часу короткозамкненої ділянки ,табл. 1.2 [1]

I - струм короткого замикання

Визначаємо мінімальний переріз кабелю:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{W_k}}{C} = \frac{\sqrt{9,41 * 10^6}}{90} = 34,08 \text{ мм}^2$$

де C - коефіцієнт, що враховує тип струмоведучого елементу .

Отже умова не виконується $S_{\min} > S_{CT}$

Тому приймаємо кабель з $S_{CT} = 35 \text{ мм}^2$

Визначаємо тепловий імпульс для кабелів до ТП 2 та ТП 4

$$W_k = I^2(\tau_k + T_a) = 2,77^2 (1,2 + 0,01) = 9,28 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Визначаємо мінімальний переріз кабелю

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{W_k}}{C} = \frac{\sqrt{9,28 * 10^6}}{90} = 33,8 \text{ мм}^2$$

Отже $S_{\min} > S_{CT}$, тому приймаємо $S_{CT} = 35 \text{ мм}^2$

					ДП 2024 141	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Конструктивне виконання розподільчого пристрою

ГПП проектуемого м'ясокомбінату має відкритий розподільчий устрій, що містить комутаційні апарати, пристрої захисту та автоматики, вимірюючі прилади, з'єднувальні шини. Підстанція являє собою РУ на 35 кВ.

Силовий трансформатор типу ТМН-4000 / 35 та комплектний розподільчий устрій (КРУ), виконаний шафою серії КРУ 2-10 ПЄ.

На стороні 35 кВ силового трансформатора стоїть масляний вимикач типу С - 35М - 630 - 10У 1 з пружинним приводом ПП - 67, встановлений на металевій конструкції. Для зняття напруги з відключених елементів електричної мережі встановлюються роз'єднувачі типу РНДЗ - 35 з приводом.

Для опорних конструкцій в ОРУ використовується залізобетон та метал.

Ошиновка підстанції виконується гнучким струмопроводом, який за допомогою гірлянд ізоляторів кріпиться до опори. План та розріз ОРУ - 35 кВ виконаний на листі 3.

					ДП 2024 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Конструктивне виконання РП		
Розробив		Мельник О.Ю.					
Перевірив		Зінкевич П.О.					
Н. Контр.							
Затвердив		Балюта С.М.			Літ. Арк. Аркушів		
					35		
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		

10. Релейний захист та автоматика

Релейний захист трансформаторів ГПП

У відповідності з рекомендаціями на силових трансформаторах, встановлених в мережах 6 кВ та вище, повинно передбачатися обладнання релейного захисту діючого при пошкодженнях в середині баків маслонаповнених трансформаторів; багаторазових КЗ в обмотках та на виводах; зовнішніх КЗ; перевантаженнях; пониженнях рівня масла. Всі ці види релейних захистів застосовуються на трансформаторах 35/10 кВ, за винятком захисту від перевантаження, так як на найближчу перспективу один з трансформаторів ГПП здатний нести повне навантаження промислового вузла без перевантаження.

10.1 Розрахунок повздовжнього диференційного струмового захисту силових трансформаторів ГПП

Трансформатори струму для повздовжнього диференційного захисту встановлюються з обох боків захищуваного трансформатора. Для компенсації зсуву струмів по фазі, вторинні обмотки трансформаторів струму, встановлені з боку зірки силового трансформатора, з'єднуються в трикутник, а вторинні обмотки трансформаторів струму, встановлені з боку трикутника силового трансформатора, з'єднуються в зірку.

					ДП 2024 141						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Релейний захист та автоматика				Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Мельник О.Ю.										
Перевірив	Зінкевич П.О.									36	
									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М.										

$$I_H = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} * U_H}, A$$

Для сторони 35 кВ

$$I_H = \frac{4000}{\sqrt{3} * 35} = 66 A$$

Для сторони 10 кВ

$$I_H = \frac{4000}{\sqrt{3} * 10,5} = 220,2 A$$

Розрахунковий коефіцієнт трансформації трансформаторів струму:

$$K_{m\Delta} = \frac{\sqrt{3} * I_H}{5} = \frac{\sqrt{3} * 66}{5} = 22,8$$

Приймаємо $n_{m\Delta} = 40$

$$K_{TY} = \frac{I_H}{5} = \frac{220,2}{5} = 44,04$$

Приймаємо $n_{m\Delta} = 60$

Струми в плечах захисту при номінальному первинному струмі:

$$I_{H\Delta} = \frac{\sqrt{3} * I_H}{K_{m\Delta}} = \frac{\sqrt{3} * 66}{40} = 2,85 A$$

$$I_{HY} = \frac{I_{HY}}{K_{m.Y}} = \frac{220,2}{60} = 3,67 A$$

Так - як струми $I_{H\Delta}$ та I_{HY} відрізняються більше ніж на 5 % то передбачається компенсація їх відмінності з допомогою зрівняльних обмоток трансформаторів в реле типу РНТ - 565 або ДЗТ - 11. Перевіряємо який тип реле забезпечить необхідну чутливість, якщо відношення $UK / 10 + \Delta U < 0,87$ то приймаємо реле ДЗТ - 11, де $\Delta U = \pm 16\%$ межа регулювання напруги силового трансформатора:

$$\frac{7,5}{10 + 16} = 0,28 < 0,87$$

Первинний струм спрацювання захисту з умови відстроювання від стрибка струму намагнічування:

					ДП 2024 141	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{с.з.} = 1,5 * 66 = 99A$$

Струм спрацювання реле приведений до сторони 35 кВ

$$I_{с.р.} = \frac{\sqrt{3} * I_{с.з.}}{K_{\Delta}} = \frac{\sqrt{3} * 99}{40} = 4,3 A$$

Розраховуємо кількість витків робочої обмотки вмикаємої в плече захисту зі сторони 35 кВ.

$$W_{1\text{ розр.}} = \frac{100}{I_{с.р.}} = \frac{100}{4,3} = 23,2 \text{ витка}$$

Приймаємо $W_1 = 23$ витка.

Розраховуємо кількість витків робочої обмотки, що вмикається в плече захисту зі сторони 10 кВ.

$$W_{2\text{ розр.}} = \frac{W_1 * I_{\Delta}}{I_{NY}} = \frac{23 * 2,85}{3,67} = 17,8 \text{ витків}$$

Приймаємо $W_2 = 18$ витків.

Розрахункове число гальмівної обмотки реле, вмикаємої послідовно з обмоткою W_2 .

$$W_{т.розр.} = (C + \Delta U + \frac{W_2 - W_{2\text{ реле}}}{W_{2\text{ розр.}}}) \frac{1,5 W_2}{tg \alpha} = (0,1 + 0,16 + \frac{18 - 17,8}{17,8}) \frac{15 * 18}{0,87} = 8,4$$

Приймаємо $W_T = 9$ витків.

Максимальне та мінімальне значення струму в обмотці трансформатора при трифазному короткому замиканні, приведені до сторони з найбільшим струмом в плечі захисту.

$$I_{к. \max} = I_{к. \min} = \frac{10000 * 10}{35} = 2857 A \text{ (на стороні 35 кВ).}$$

$$I_{к. \max} = I_{к. \min} = 10000 A \text{ (на стороні 10 кВ)}$$

Мінімальне значення коефіцієнта захисту:

$$K_2 = \frac{I_p * W_1}{100} = \frac{107 * 23}{100} = 24,6 > 2$$

					ДП 2024 141	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де I_p - мінімальне значення струму в реле при трьохфазному КЗ на виводах 35 кВ.

$$I_p = \frac{1.5 * I_{n. \max}}{K_{m\Delta}} = \frac{1.5 * 2857}{40} = 107 \text{ A}$$

Реле ДЗТ - 11 забезпечує необхідну чутливість . Таким чином трансформатори ГПП надійно захищенні від коротких замикань витків одної фази та від замикань між фазами повздовжньо-диференційним захистом миттєвої дії.

Інші види захисту трансформатора ГПП

Газовий захист трансформатора з дією на сигнал (перша ступінь) та на відключення вводів 35 кВ та 10 кВ (друга ступінь). Сигнал подається при малих пошкодженнях в трансформаторі. Це дозволяє замість відключення перевести навантаження на інше джерело живлення та відключити після цього трансформатор, без збитку для споживачів.

Газовий захист реагує також на пониження рівня масла в трансформаторі та є найбільш чутливим захистом від виткових замикань, на які диференційний захист реагує тільки при замиканні більшого числа витків.

Максимальний струмовий захист з пуском по напрузі на стороні 35 кВ. Цей захист служить для відключення трансформатора при К.З. на збірних шинах 10 кВ чи на відходячих лініях 10 кВ, якщо захист або вимикач цих елементів відмовили. Цей захист служить резервом для захисту трансформаторів від внутрішніх пошкоджень. При використанні захисту з пуском по напрузі, відпадає необхідність у відпайці струмових реле захисту від аварійних навантажень, що дозволяє отримати більшу чутливість. Максимальний струмовий захист кожної секції 10 кВ з незалежною витримкою часу з дією на вимикач вводу.

Релейний захист секційного вимикача

На секційний вимикач встановлюється максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу з прискоренням при АВР. Прискорення передбачено для того, щоб прискорити відключення резервного джерела живлення при включенні його на не усунене К.З.

Релейний захист трансформаторів ТП

Захист від зовнішніх К.З здійснюється за допомогою МСЗ. Захист встановлюється з боку джерела живлення з тим, щоб увімкнути в зону дії сам трансформатор. Захист від перевантаження включається з дією на

					ДП 2024 141	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал за посередництвом струмового реле. Струмове реле встановлюється в одній фазі, оскільки перевантаження трансформатора виникає одночасно у всіх трьох фазах. Щоб уникнути зайвих сигналів при К.З. та короточасних перевантаженнях, передбачається реле часу, обмотки якого повинні бути розраховані на тривале проходження струму.

Релейний захист кабельних ліній

Для захисту від багатofазних коротких замикань, передбачається максимальний струмовий захист в поєднанні з струмовою відсічкою. Захист діє на відключення вимикача та виконується в двофазному виконанні. Для захисту кабельних ліній від замикань на землю використовується трансформатор струму нульової послідовності. Захист діє на сигнал. Передбачений також захист від перевантажень. Розрахунок МСЗ приведений в розділі 10.2.

Автоматика

На ГПП передбачається наступний об'єм автоматики:

- а) Автоматичне вмикання секційного вимикача 10 кВ (АВР) при зникненні напруги при відключенні одного з вводів.
- б) Автоматичне відключення відходячих ліній 10 кВ при пониженні частоти (АЧР) з наступним АПВ після встановлення частоти.
- в) Автоматичне вмикання охолодження трансформатора.
- г) Автоматичне регулювання напруги трансформатора під навантаженням.

Управління, сигналізація та оперативне блокування

На ГПП передбачене дистанційне управління вимикачами вводів 35 та 10 кВ, секційним вимикачем 10 кВ та лінійне управління вимикачами відходячих ліній 10 кВ, за допомогою ключів управління, встановлених в шафах КРУ.

Управління роз'єднувачами 35 кВ - ручне. Передбачена аварійна та попереджувальна сигналізація. На панелях центральної сигналізації встановлена апаратура, що оповіщає оперативний персонал в період його знаходження на підстанції. Оперативне блокування роз'єднувачів 35 кВ виключає можливість їх включення під навантаженням та включення на заземлюючі ножі.

Вимірювання та облік електричної енергії

На ГПП передбачений наступний обсяг вимірювання:

					ДП 2024 141	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) Вимірювання струму на вводах 10 кВ трансформаторів 35 /10 кВ, секційного вимикача 10 кВ, відходячих ліній 10 кВ.

б) Вимірювання напруги на кожній секції 10 кВ.

в) вимірювання активної та реактивної потужності на стороні 10 кВ трансформатора 35 / 10 кВ.

Захист підстанції проектуемого м'ясокомбінату виконаний наступними реле: РТ- 40 / 20; РТ - 40 /50, реле часу ЄВ - 132 та іншими. Схема релейного захисту зображена на листі 4.

10.2 Розрахунок максимально струмового захисту з витримкою часу

$$I_{с.з.} = \frac{K_{зап.} K_{з.с} K_{с.х}}{K_{в} K_{т.т.}}$$

де $K_{зап.} = 1,15$ - коефіцієнт запасу.

$K_{сх} = 1$ - коефіцієнт схеми

$K_{в} = 0,85$ - коефіцієнт повернення.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} - \text{початковий струм спрацювання захисту}$$

Початковий струм спрацювання захисту:

$$I_{с.з} = I_{с.р.} K_{т.т.},$$

де:

$I_{с.р.}$ - попередньо прийнята вставка на реле.

Коефіцієнт чутливості захисту.

$$K_{ч} = 0,87 \frac{I_{к.з}}{I_{с.з}}$$

Проводимо розрахунок максимального струмового захисту в наступній послідовності:

1. Секційний вимикач 10 кВ.

$$I_{с.з} = \frac{1,15 * 2,25 * 1 * 116}{0,85 * 60} = 5,8 \text{ А, де } I_n = 116 \text{ А}$$

					ДП 2024 141	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо I спрац. = 6 А, тоді I_{сп.з.} = 6 * 60 = 360 А.

$$K_{\text{ч}} = 0,87 \frac{10000}{400} = 21,7$$

2. Ввід ліній 10 кВ

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,15 * 9,25 * 1 * 220}{0,85 * 60} = 11,6 \text{ А, де } I_{\text{н}} = 220 \text{ А}$$

Приймаємо I_{сп.} = 12 А

$$I_{\text{сп.з.}} = 12 * 60 = 720 \text{ А}$$

$$K_{\text{ч}} = 0,87 \frac{10000}{800} = 10,9$$

3. Трансформатор 4 МВ А

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,15 * 2,25 * 1 * 66}{0,85 * 40} = 49 \text{ А, де } I_{\text{н}} = 66 \text{ А}$$

Приймаємо I_{сп} = 5 А

$$I_{\text{сп.з.}} = 5 * 40 = 200 \text{ А}$$

$$K_{\text{ч}} = 0,87 \frac{8857}{200} = 12,4$$

4. Кабельні лінії 10 кВ

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,15 * 2,25 * 1 * 36,4}{0,85 * 20} = 5,46 \text{ А, де } I_{\text{н}} = 36,4 \text{ А}$$

Приймаємо I_{сп} = 6 А

$$I_{\text{с.з.}} = 6 * 20 = 120 \text{ А}$$

$$K_{\text{ч}} = 0,87 \frac{2800}{200} = 12,2$$

Розрахунок струмової відсічки кабельної лінії 10 кВ

Початковий струм спрацювання реле:

$$I_{\text{сп.від.}} = K_{\text{с.з.}} K_{\text{з.}} \frac{I_{\text{к}}}{K_{\text{т.т.}}}$$

$$I_{\text{сп.від.}} = \frac{1,45 * 1 * 2800}{20} = 203 \text{ А}$$

					ДП 2024 141	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початковий струм спрацювання захисту:

$$I_{c.z.} = I_{cп.від. Ктт} = 203 * 200 = 4060 \text{ А}$$

Коефіцієнт чутливості захисту:

$$Kч = \frac{I''}{I_{cп.від}} = \frac{10000}{4060} = 2$$

					ДП 2024 141	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Вибір апаратури

Всі види апаратів повинні вибиратися у відповідності з максимальними розрахунковими величинами для нормального режиму та короткого замикання. Для їх вибору проводиться порівняння вказаних розрахункових величин з припустимими значеннями для струмоведучих частин та високовольтного обладнання. Складається таблиця вказаних розрахункових та допустимих величин. При цьому, для забезпечення надійної безаварійної роботи, розрахункові величини повинні бути меншими за допустимі. У відповідності з електричною схемою на РП ГПП вищої напруги застосовуємо блочну схему трансформатор - лінія

Обираємо роз'єднувач типу РНДЗ - 35 / 600 та складаємо таблицю порівняння розрахункових та допустимих, по каталогу значень, величин.

Перевірка роз'єднувача по основним параметрам.

Таблиця 11.1

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 92,4 \text{ А}$	$I_{ном} = 600 \text{ А}$
$I_{уд} = 25,5 \text{ кА}$	$I_{мах} = 80 \text{ кА}$
$I^2 \tau * \tau n = 10^2 * 0,2$	$12^2 * 0,2$

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Мельник О.Ю.			Вибір апаратури	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Зінкевич П.О.					44	
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Вибираємо масляний вимикач на стороні 35 кВ силового трансформатора ГПП типу С - 35М 630 - 10 У1, дані заносимо в таблицю 11.2.

Таблиця 11.2

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 40,5 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 92,4 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{п. \tau p} = 5,3 \text{ кА}$	$I_{н.p} = 10,5$
$\sqrt{2} I_{п. \tau p} + i_{a \tau p} = 7,49$	$\sqrt{2} I_{н.p} = 14,84 \text{ кА}$
$i_{уд} = 13,8 \text{ кА}$	$i_{дин} = 26 \text{ кА}$
$I_{п.о} = 5,3 \text{ кА}$	$I_{дин.} = 10,5 \text{ кА}$
$Вк = 12,64 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2 \tau * \tau n = 10,5^2 * 0,2$

Для релейного захисту та вимірювань використовуємо на РП ВН вмонтовані трансформатори струму в силові трансформатори.

Обираємо трансформатори струму ТВТ - 35 та складаємо таблицю по розрахункових та допустимих значеннях параметрів по каталогу величин.

Таблиця 11.3

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 92,4 \text{ А}$	$I_{ном} = 200 \text{ А}$
$I_{уд} = 13,8 \text{ кА}$	$I_{мах} = K_{дин} \sqrt{2} * I_k$
$I^2 \tau * \tau n = 10^2 * 0,2$	$12^2 * 0,2$

На РП НН застосовуємо КРУ з вимикачами ВВ TEL - 10 кВ

Проводимо вибір вимикача вводу 10 кВ. та складаємо таблицю по розрахунках та допустимих по каталогу величин.

					ДП 2024 141	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.4

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 12 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 323,6 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{п.тр} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{н.р} = 12,5 \text{ кА}$
$\sqrt{2} I_{п.тр} + i_{а тр} = 4,85$	$\sqrt{2} I_{н.р} = 17,6 \text{ кА}$
$i_{уд} = 8,97 \text{ кА}$	$i_{дин.} = 32 \text{ кА}$
$I_{п.о} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{дин.} = 12,5 \text{ кА}$
$Вк = 14,8 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I^2 \tau * \tau n = 12,5^2 * 0,025$

Проводимо вибір секційного вимикача 10 кВ. Обираємо вакуумний вимикач типу ВВ TEL - 10 кВ та складаємо таблицю по розрахунках та допустимих по каталогу величин.

Таблиця 11.5

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 12 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 162 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{п.тр} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{н.р} = 12,5 \text{ кА}$
$\sqrt{2} I_{п.тр} + i_{а тр} = 4,85 \text{ кА}$	$\sqrt{2} I_{н.р} = 17,6 \text{ кА}$
$i_{уд} = 8,97 \text{ кА}$	$i_{дин.} = 32 \text{ кА}$
$I_{п.о} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{дин.} = 12,5 \text{ кА}$
$Вк = 14,8 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I^2 \tau * \tau n = 12,5^2 * 0,025$

Вибираємо вимикач відходячих кабельних ліній ВВ TEL – 10 кВ

					ДП 2024 141	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.6

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 12 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 50,9 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_{п. \tau p} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{н. p} = 12,5 \text{ кА}$
$\sqrt{2} I_{п. \tau p} + i_{a \tau p} = 4,85$	$\sqrt{2} I_{н. p} = 17,6 \text{ кА}$
$i_{уд} = 8,97 \text{ кА}$	$i_{дин.} = 32 \text{ кА}$
$I_{п. o} = 3,43 \text{ кА}$	$I_{дин.} = 12,5 \text{ кА}$
$Вк = 14,8 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$I^2 \tau * \tau n = 12,5^2 * 0,025$

Вибираємо трансформатори струму для кабельних ліній 10 кВ ТПЛ.

Складаємо таблицю.

Таблиця 11.7

Розрахункові значення	Допустимі значення
$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{ном} = 50,9 \text{ А}$	$I_{ном} = 300 \text{ А}$
$I_{уд} = 8,97 \text{ кА}$	$I_{н. p} = 135 \text{ кА}$
$I^2 \tau * m = 2,8^2 * 2,2 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$(K_{дин} I_1^2) \tau = (175 * 0,3)^2 * I = 2756 \text{ кА}^2 \text{ с}$

12. Компенсація реактивної потужності

Компенсація реактивної потужності промислових підприємств має велике економічне значення. Підвищення $\cos \varphi$ на 0,01 % в масштабі країни дає можливість додаткового відпуску електричної енергії 500 млн. кВт год. на рік, зменшення споживання реактивної потужності елементами системи електропостачання, зниження втрат активної потужності та підвищує напругу, зменшує технічні витрати на прокладання електричних мереж. На тих ділянках, де споживана реактивна потужність зменшується, збільшується пропускна можливість електричної системи.

Для зменшення витрат на компенсуюче обладнання, при проектуванні електрообладнання підприємства, слід застосовувати варіанти з найменшим споживанням реактивної потужності.

Необхідно передбачити такі заходи, які будуть забезпечувати можливо більше значення природного коефіцієнту потужності, вірний вибір потужності двигунів та трансформаторів, застосовувати обладнання, що усуває холостий хід двигуна та інших приймачів.

Споживачами реактивної потужності (РП) в системі електропостачання промислових підприємств (СЕПП) являються всі електроприймачі, які по принципу своєї дії використовують електромагнітне поле (асинхронні електродвигуни, електропідні установки, зварювальні трансформатори, випрямлячі, тощо). Із 100% РП, вироблюваною в енергосистемі, 42% втрачається в живлячій мережі (від підвищуючих трансформаторів електростанцій до понижуючих трансформаторів ГПП), 58% приходить на розподільчі мережі промислових підприємств. Аналіз складу споживачів РП показує, що

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Компенсація реактивної потужності	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О.Ю.						
Перевірив		Зінкевич П.О.					48	
Н. Контр.						ІННІТ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		Балюта С.М.						

асинхронні електродвигуни складають 35%, електропічні установки – 8%, втрати в трансформаторах всіх видів і всіх ступенів трансформації – 45%, втрати в лініях електропередачі – 13%, освітлювальні та інші електроприймачі – 7%.

З метою зменшення РП, споживаною АД, передбачають наступні заходи: вибирають двигуни без зайвих запасів по потужності або замінюють малозавантаженні двигуни меншими по потужності; знижують напругу на затискачах АД, які працюють з малим навантаженням (переключення статорної обмотки із трикутника на зірку, секціонування статорних обмоток, переключення відгалужень понижуючих трансформаторів); обмежують холостий хід АД (на холостому ході $\cos \varphi = 0,1 \dots 0,3$); підвищують якість ремонту АД.

В електрозварних установках основними споживачами електричної енергії є дуговий розряд, що представляє собою потужне зосередження тепла. Джерелами електричної енергії при цьому служить зварювальний трансформатор.

Зварювальні трансформатори споживають РП в 1,5-1,7 рази більше, чим активну. Внаслідок цього значення $\cos \varphi$ зварювального трансформатора низьке і складає менше 0,6.

Реактивна потужність, споживана трифазними силовими трансформаторами, а також реакторами, витрачається на намагнічування магнітопровода (потужність холостого ходу) і на створювання поля розсіювання. Звичайно потужність намагнічування трансформаторів складає 2...5% $S_{\text{тр.ном}}$. Із всієї споживаною трансформаторами РП близько 80% витрачається на намагнічування.

Для зменшення втрат РП в трансформаторах на намагнічування рекомендується відключити в резерв трансформатори, завантаженні менше чим на 40% їх номінальної потужності, з переводом навантаження на другий трансформатор. Якщо можливість переводу навантаження немає, то рекомендується заміна трансформатора завищеної потужності меншим потужним.

					ДП 2024 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Підвищення коефіцієнта завантаження трансформатора на 0,1
приводить до поліпшенню коефіцієнта потужності на 0,04-0,05.

Джерелами РП в СЕПП є синхронні двигуни (СД), синхронні компенсатори (СК), конденсаторні установки (КУ), статичні джерела реактивної потужності (СДРП).

Компенсуючі пристрої, встановлюються в СЕПП, призначенні для забезпечення оптимального балансу РП, регулювання напруги в заданих межах в нормальних і після аварійних режимах роботи мережі, забезпечення запасу стійкості в вузлах навантаження. В залежності від того, для якої цілі встановлюється компенсуючі пристрої, в кожному конкретному випадку вибирається той чи інше джерело РП.

Найбільш широке розповсюдження в СЕПП отримали КУ, що володіють рядом суттєвих переваг: незначні втрати, можливість дроблення потужності на їх максимальне наближення до споживачів, можливість нарощування потужності при збільшенні навантаження, простота обслуговування.

Достоїнства СК в порівнянні з КУ обумовлені його технічними характеристиками: можливістю плавного ручного і автоматичного регулювання РП зміною струму збудження; можливість різкого підвищення видачі РП завдяки форсуванню струму збудження при миттєвих і швидких змінах напруги в контрольованій точці мережі; підвищенням стійкості електричних мереж завдяки дії форсування і розфорсування збудження СК; можливість споживання надлишку РП із мережі в умовах, коли іншими засобами неможливо понизити напругу в даному вузлі до нормального рівня.

Синхронні компенсатори практично не застосовуються, бо з економічних міркувань вони виготовляються тільки на великі потужності, характерні для підстанцій енергосистем.

Ефективні в якості джерел РП швидкохідні СД напругою 6-10 кВ, які виробляють РП як супутній продукт при виконанні їх основної задачі – споживання активної потужності, тобто при перетворенні одного виду енергії в інший. Тому питомі затрати на виробництво РП в СД практично рівні нулю.

					ДП 2024 141	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статичні джерела реактивної потужності. Принцип роботи СДРП полягає в тому, що перетворювач струму заряджає магнітною енергією індуктивність, ця енергія інвертується в мережу змінного струму з випереджаючим коефіцієнтом потужності. Для отримання 12-фазної пульсації випрямленого струму напруга з електромережі подається через узгоджувальний трансформатор та два мостових керованих випрямляча на обмотку дроселя. Відкривання транзисторів відбувається раніше природної точки комутації на кут, близький 90^0 . Потужність може регулюватися в широких межах. Тривалість перехідного процесу – один період. Основний недолік СДРП – спотворення форми струму.

Для розрахунку компенсації реактивної потужності на підприємстві необхідно мати наступні дані:

$Q_m = 2608$ квар - розрахункова реактивна потужність підприємства з урахуванням втрат в трансформаторах ГПП, ТП розрахованих по формулі:

$$\Delta Q_{гпп.тп} = \Delta Q_{х.х} + \beta^2 \Delta Q_{к.з.};$$

Де $\Delta Q_{х.х}$ - втрати реактивної потужності холостого ходу трансформатора.

$\Delta Q_{к.з}$ - втрати реактивної потужності К.З. трансформатора.

β - коефіцієнт завантаження.

$$\Delta Q_{гпп} = (40 + 0,43^2 * 300) * 2 = 190 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{тп.1} = (12,6 + 0,74^2 * 34,6) * 2 = 63 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{тп 2,3} = (12,6 + 0,79^2 * 34,6) * 2 = 62 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{тп 4} = (12,6 + 0,6^2 * 34,6) * 2 = 50 \text{ кВАр}$$

$Q_e = 900$ квар - реактивна потужність електрообладнання підприємства в період максимального завантаження.

					ДП 2024 141	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова реактивна потужність компенсуючого обладнання на підприємстві:

$$Q_{к.у} = Q_m - Q'e = 2608 - 900 = 1708 \text{ кВАр}$$

Визначимо регульовану долю реактивної потужності на підприємстві:

$$Q_{к.у.рег.} = Q_{к.у} - Q_{min} = 1708 - 1513 = 195 \text{ кВАр}$$

Нерегульована реактивна потужність:

$$Q_{к.у.нер.} = Q_{min} = 1513 \text{ кВАр}$$

Нерегульоване компенсуюче обладнання встановлюється на шинах ГПП (УК - 10 - 300) * 2. На трансформаторах встановлюються наступні КУ.

ТП 1 - (УК - 0,38 - 220 НУЗ. 220) 2

ТП 1 - (УК - 0,38 - 150 НУЗ) 2

ТП 3 - (УК - 0,38 - 152 НУЗ) 2

ТП4 -(УК-0.38 - 152 НУЗ) 2

					ДП 2024 141	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Внутрішнє електропостачання м'ясопереробного корпусу

Цехові електромережі призначені для розподілу електричної енергії від джерела живлення до кожного електроприймача. По характеру та призначенню цехові мережі поділяються на дві групи:

а) живлячі - відходячі від шин вторинної напруги в трансформаторній до розподільчого пункту: в) розподільчі - відходячі від розподільчих пунктів до різних ділянок.

Розподіл електроенергії в цеху між силовими споживачами здійснюють на напругу 380 В. За характером технологічного процесу приймачі зосереджені окремими групами, тому обираємо радіальну схему електропостачання цеху. В якості джерела живлення застосовуємо комплектні трансформаторні підстанції, розташовані в центрі електричних навантажень.

Шини 0,4 кВ резервуються. Схему побудови цехових мереж обираємо у відповідності з характером та розміщенням технологічного обладнання. При цьому передбачена можливість приєднання нових електроприймачів та переміщення електроприймачів по площі цеху. Від трансформаторних підстанцій живляться вісім силових зборок, до яких приєднані електроприймачі цеху.

13.1 Розрахунок силової мережі м'ясопереробного корпусу

Розрахунок виконується на прикладі однієї з силових зборок. Схема силової зборки ШР 25 показана на малюнку 13.1. Визначимо номінальний струм теплових розривачів автоматичних вимикачів з нерегульованою характеристикою, встановлених на відгалуженнях з електроприймачами: 100-124. Враховуючи, що автомати встановлені у шафі розподільчого

					ДП 2024 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Внутрішнє електропостачання корпусу	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Мельник О.Ю.					53	
Перевірив		Зінкевич П.О.						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Затвердив		Балюта С.М.						

обладнання, номінальний струм розривача обираємо на 15 % вище номінального струму електроприймачів.

$$I_{\text{розр.}} = 1,15 I_n = 1,15 * 16,8 = 19,32 \text{ A}$$

Приймаємо автоматичний вимикач А 3124 з номінальним струмом розривача 20 А.

Визначаємо струм живлячої лінії

$$P_{\text{мах.л.}} = K_c P_{\text{мах}}$$

$$P_{\text{мах.л.}} = 0,8 * 180 = 144 \text{ кВт}$$

$$I_{\text{мах.л.}} = \frac{P_{\text{л}} * 10^3}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} = \frac{144 * 10^3}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} = 273,8 \text{ A.}$$

Знаходимо струм розривача вхідного автомату:

$$I_{\text{розр.}} = 1,15 * 274 = 315 \text{ A.}$$

Приймаємо автоматичний вимикач А 3730 Б з $I_{\text{розр.}} = 400 \text{ A}$

Визначаємо переріз кабелю до електроприймачів та для живлячої лінії. Вибір проводимо за умовами нагріву тривалими розрахунковими струмами. Відгалуження до електроприймачів 100-124.

$$I_{\text{пр.}} > I_{\text{н.ел пр.}}$$

$$I_{\text{пр.}} > 16,8 \text{ A}$$

Приймаємо кабель з перерізом 3 х 4 мм². Живлячу лінію виконуємо кабелем АВВГ 3 х 35 + 1 х 16. Для управління електроприймачами обираємо магнітні пускачі в захищеному виконанні в залежності від потужності електромриймачів. Обираємо магнітні пускачі серії ПМЕ та ПАЕ. Подальший розрахунок системи внутрішнього електропостачання цеху ведемо в табличній формі. Нижче представлена таблиця вибору кабелів електроприймачів від силових по умові нагріву їх тривалими розрахунковими струмами.

					ДП 2024 141	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одночасно по розробленій програмі в табл. 13.2 приводимо оптимальні перетини кабелів, вибраних по мінімуму приведених затрат.

Таблиця 13.1

Номер по	Назва, облад.	Рн, кВт	Ін, А	Кабель		Силовий пункт.		Пускачі	
				Марка	Пер. мм²	Ін, А	Тип авт.	Ін, А	Тип Пуск.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Ш Р -17			
1,3,4,6,7 9,10,11, 13,15,16	Холод. облад.	1,5	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
2,5,8,11, 14,17.	Ел. обл.	0,6	1,1	АВВГ	2х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
18.	Вент. обл.	1,0	2,0	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
145.	Тр-фор. облад.	5,5	12,3	АВВГ	3х4	25	А3124	12,5	ПМЕ-122
						Ш Р -18			
20,21	Технол. облад.	0,6	1,3	АВВГ	2х2,5	15	А3124	Ком	Комп.
20,23,24, 25.	Технол. облад.	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Ком	Комп
26	Вент. облад.	0,75	1,6	АВВГ	2х2,5	15	А3124	2,0	ПМЕ-122

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27.	Ел. облад	0,3	0,5	АВВГ	2х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
28,29.	Хол. Облад	4,0	9	АВВГ	2х2,5	15	А3124	10,2	ПМЕ-212
30.	Ел. облад	6,4	11,4	АВВГ	3х4	25	А3124	16	ПМЕ-222
31,32,33.	Хол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5 i	ПМЕ-121
						ШР-19			
34.	Ел. облад	6,4	11,4	АВВГ	3х4	25	А3124	16	ПМЕ-222
35.	Хол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-122
36,37,38,39,40,43,44	Ел. облад	0,6	1,1	АВВГ	2х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-132
41.	Вент. Облад.	0,8	1,8	АВВГ	2х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-132
42	Вент. Облад.	12,0	21,5	АВВГ	3х10+1х6	25	А3124	16	ПМЕ-222
45.	Технол. Облад.	1,7	3,8	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
46.	Технол. Облад.	2,2	4,9	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
48.	Ел. облад.	6,6	1,1	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
49,50.	Хол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ-121
						ШР-20			
51.	Технол облад	17	38	АВВГ	3х10+1х6	40	А3124	Комп шy351	i Комп шy351
52.	Ел. облад	0,6	11	АВВГ	2х2,5	15	А3124	1,0	ПМЕ 121
54.	Хол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	2,5	ПМЕ -122
56.	Вент. облад.	1,0	2,2	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп шy351	Комп Шy335
57.	Технол облад.	5,5	12,3	АВВГ	3х2,5 1	15	А3124	4	ПМЕ -122

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
58,59.	Вент. облад	1,5	3,4	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп	Комп
60.	Технол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп	Комп
61.	Технол. облад	3,8	6,7	АВВГ	3х4	20	А3124	Комп	Комп
						ШР-21			
62.	Технол. облад	39,8	67,1	АВВГ	3х35+1х2,5	80	А3124	Комп	Комп
63,64,65, 66.	Технол. облад	13,8	29,1	АВВГ	3х10+1х6	40	А3124	Комп	Комп
87,88,89	Технол. облад	7,5	16,8	АВВГ	3х4	25	А3124	16	ПМЕ -222
						ШР-22			
69.	Технол. облад	13	29	АВВГ	3х10+1х6	40	А3124	Комп	Комп
70	Технол. облад	0,6	1,3	АВВГ	2х2,5	15	А3124	Комп	Комп
						ШР-23			
71,81.	Технол. облад	0,6	1,3	АВВГ	2х2,5	15	А3124	Комп	Комп
72.	Підьом. облад.	1,9	3,6	АВВГ	3х2,5		А3124	6,0	ЯПВ-375
73.	Технол. облад	1,1	2,5	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп ШУ373	Комп ШУ373
74.	Технол. облад	3,0	6,7	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп	Комп
75,77	Стеноч. облад.	1,7	3,8	АВВГ	3х2,5	15	А3124	Комп	Комп
78.	Вент. облад	1,5	3,4	АВВГ	2х2,5	15	А3124	40	ПМЕ -122
79.	Технол. облад	0,8	1,9	АВВГ	2х2,5	15	А3124	Комп	Комп
80	Підьом. облад.	1,9	3,6	АВВГ	3х2,5	15	А3124	6,0	ЯПВ-375
82,83.	Технол. облад	3,0	6,7	АВВГ	2х2,5	20	А3124	Комп	Комп
						Ш			
100-124	Технол. облад	7,5	16,8	АВВГ	3х4	25	А3124	16	ПМЕ -222

1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
133,134,136, 137, 139,140, 142,143.	Вент. облад	0,6	1,3	ABBГ	2х2,5	25	A3124	Комп	Комп
135,132.	Ел.. облад	2,0	3,6	ABBГ	3х2,5	15	A3124	Комп	Комп
145,146.	Вент. облад	0,2	0,4	ABBГ	2х2,5	15	A3124	0,5	ПМЕ - 122
124,125, 127,130, 131.	Вент. облад	0,6	1,3	ABBГ	3х2,5	15	A3124	2,5	ПМЕ - 122
126,129.	Ел.. облад	2,0	3,6	ABBГ	3х2,5	15	A3124	Комп	Комп

14. Освітлення м'ясопереробного корпусу

Для освітлення адміністративних приміщень, громадських споруд, а також для зовнішнього освітлення застосовують лампи розжарювання, люмінесцентні, ртутні лампи високого тиску з виправленим кольором.

Лампи розжарювання та люмінесцентні лампи, що застосовуються на проектованому м'ясокомбінаті, являються джерелом світла масового застосування. Вони також використовуються і для аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднують окремими лініями до джерел живлення. Світло аварійного освітлення повинно відрізнятися від світла робочого освітлення спеціальними знаками.

У відповідності до ГОСТу при виборі світильників необхідно враховувати умови середовища, в якому вони будуть використовуватись. Правильний вибір світильників має велике значення для роботи освітлювального обладнання та його економічності. На проектованому м'ясокомбінаті в м'ясопереробному корпусі встановлюємо два типи світильників НСП та ПВЛМ.

					ДП 2024 141						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Освітлення мясопереробного корпусу			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Мельник О.Ю.										
Перевірив	Зінкевич П.О.								59		
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3			
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М.										

14.1 Розрахунок освітлення м'ясопереробного корпусу

Розрахунок починаємо з визначення нормативного освітлення для кожного приміщення цеху, коефіцієнту запасу, висоти підвісу над робочою поверхнею, напруги живлення освітлювальної мережі, типу світильника.

Розрахунок встановленої потужності проводимо по методу питомої потужності, на прикладі одного з приймачів. З [10] визначаємо питому потужність $P = 10 \text{ Вт} / \text{м}^2$, вводимо поправку на заданий коефіцієнт попиту $K_{п.} = 1,3$ та визначаємо нове значення питомої потужності.

$$P = 10 \frac{1.5}{1.3} = 11,5 \text{ Вт/м}^2$$

Встановлена потужність освітлювального обладнання:

$$P_{o.o} = P * S = 115 * 52,2 = 600 \text{ Вт},$$

де S - площа приміщення, м.

Визначаємо необхідну кількість світильників типу НСП - 90 x 200.

$$n = \frac{P_{o.o}}{P_c} = \frac{600}{200} = 3;$$

Встановлена потужність аварійного освітлення складає 25 % потужності робочого освітлення. Для аварійного освітлення цеху встановлюються світильники типу ПВЛМ потужністю 40 та 80 Вт. Розрахунок освітлення в інших приміщеннях цеху ведемо в табличній формі.

					ДП 2024 141	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 14.1

Найменування приміщень	S, м ²	Ен, лк	Кс	Ро, Вт/м ²	Кільк. світ.	Кільк. рядів	Рзаг., Вт	Равар., Вт
Заморожування кишок	52,2	50	1,3	11,5	3	1	600	
Клейка оболочок	104	100	1,5	9,3	8	2	960	
Заморожування пельменів	397	100	1,5	4,4	22	5	1760	
Підготовка оболочки.	173	100	1,5	7,4	16	2	1280	160
Осадка напівкопчених ковбас.	288	10	1,3	2,7	8	2	800	
Розморожув. субпродуктів.	270,5	100	1,5	7	24	2	1920	160
Кім.нач.зміни.	315	100	1,5	4,4	11	5	1400	
Мийна кімната.	292	150	1,5	8,2	30	4	2400	
Виробництво ковбас.	763	200	1,5	5,8	56	2	4480	320
Термічне відділення.	2502	75	1,5	2,9	45	4	7200	320
Щити автоматики.	253	75	1,5	4,42	14	1	1120	
Димогенер.	422	20	1,3	4,7	12	2	2000	
Склад муки.	44,2	30	1,3	9	2	1	400	
Виробництво пельменів.	297	200	1,5	14	40		3200	160
Монтажний пройом.	874	20	1,5	2,1	40	1	1840	240
Осадка твердо копч.ковбас.	2036	30	1,3	2	21	3	4200	

14.2 Розрахунок освітлювальної мережі.

Живлення освітлювальної мережі (холодильної, компресорної) здійснюється від комплектних трансформаторних підстанцій, як і живлення силових споживачів цього цеху. Для живлення групи світильників застосовується трьохфазна чотирихпровідна лінія. Живлення освітлювальної мережі здійснюється проводом марки АНРГ. Вся освітлювальна мережа отримує живлення від трьох групових щитів освітлення, ЩО - 1; ЩО - 2; ЩО - 3 та щита аварійного освітлення ЩОА -1. Щит аварійного освітлення отримує живлення від акумуляторної батареї. Складаємо розрахункову схему

ЩСУ - щит силового управління.

ЩО - груповий щит освітлення з апаратом захисту та управління.

Розрахункова схема групових щитів освітлення ЩО-2 та ЩО-3 аналогічні.

Визначаємо переріз освітлювальної мережі по допустимій втраті напруги:

$$S = M / C - \Delta U,$$

де S - переріз проводу, мм^2 .

M - момент навантаження, кВт м

$C = 46$ - коефіцієнт залежності від напруги мережі та матеріалу провідника [10].

$\Delta U = 25\%$ - допустимі втрати напруги.

$$M = L P_{\text{вст.}} K K_c,$$

де L - довжина ділянки.

$P_{\text{вст.}}$ - встановлена потужність.

K - коефіцієнт враховуючий втрати в пускорегулюючій апаратурі, для ЛЛ-
 $K = 1,1$; для ЛН- $K = 1$.

$K_c = 0,8$ - коефіцієнт попиту.

Розрахунок ведемо в табличній формі.

					ДП 2024 141	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щит Освітлення	Тип	№ групи	Тип автомата.	Ін А	Ір А	Рвс кВт	Ір м	Мр кВт м	Марка та переріз проводу мм²	Приміщенн я
ЩО-1	ЩА-1201УЗ	1	АЕ1031-31	16	10,9	2,36	75	156	АНРГ2х2,5	Зберіг. кішок, клейка оболоч. підготовка
		2	АЕ1031-31	16	10	1,76	60	93	АНРГ2х4	Заморож. та фасовка готов. пельменів.
		3	АЕ1031-31	16	15,5	1,9	7, 5	125	АНРГ3х6	Приміщ. клейки
ЩО-2	ЩА-1201УЗ	2	АЕ1031-31	16	13,6	3,4	90	269	АНРГ2х2,5	Склад, вигот. пельмен. , осадка ковбас
		3	АЕ1031-31	16	5,46	1,2	90	95	АНРГ2х2,5	Сан вуз. чиска цибулі. нач. змін
		4	АЕ1031-31	16	10	1,8	60	95	АНРГ2х2,5	Розмор. та варка субпродуктів.
		5	АЕ1031-31	16	13,6	2,4	60	127	АНРГ2х2,5	Мийна, кім. слюс.
		6	АЕ1031-31	16	11,8	2,1	70	129	АНРГ3х6	Вироб. субпрод. . ковбас. варка
		7	АЕ1031-31	16	12,4	2Д	70	129	АНРГ2х4	Вироб. субпрод. . ковбас. варка
		8	АЕ1031-31	16	12,7	2,8	95	213	АНРГ2х6	Осадка тверд. коп. ковбас.
		9	АЕ1031-31	16	14,5	2,2	10 0	194	АНРГ2х6	Кор. терм. відділ.
		10	АЕ1031-31	16	10	1,3	80	92	АНРГ2х4	Терм. обробка.
		11	АЕ1031-31	16	13,6	3,0	13 5	356	АНРГ2х6	Щити авт. КВП. димогенераторн а
		12	АЕ1031-31	16	15,2	3,35	10 0	294	АНРГ2х6	Терм. відділ.
ЩО-3	ЩА-1201УЗ	1	АЕ1031-31	16	11	2,4	11 0	232	АНРГ2х6	Терм. відділ.
		2	АЕ1031-31	16	11	2,4	95	200	АНРГ2х6	Ел. щити, щити т автом. КВП.
		1	АЕ1031-31	16	11	1,84	10 0	162	АНРГ2х6	Коридори.

15. Охорона праці.

Питання покращення умов праці, а також проведення санітарно оздоровчих заходів є одним з найважливіших завдань при веденні сучасної промислової діяльності. Необхідно жорстко дотримуватись правил електротехнічної, протипожежної та загально-виробничої безпеки.

Головним завданням по охороні праці є зведення травматизму до нуля.

Згідно рекомендацій П У Е та Т Б безпека обслуговуючого персоналу на Житомирському м'ясокомбінаті забезпечується шляхом дотримання наступних вимог:

- застосування подвійної ізоляції;
- надійне та швидке відключення при аварійному режимі;
- заземлення чи занулення корпусів електрообладнання;
- вирівнювання потенціалів;
- застосування понижених напруг (42 та 110 В);
- застосування попереджуючої сигналізації;
- застосування приладів знижуючих напруженість електричних полів;

Техніка безпеки і охорона праці в м'ясній промисловості коригується державним нормативним актом про охорону праці “ДНАОП 1.8.20-1.07-99”

					ДП 2024 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літ.		Арк.	Аркушів
Розробив	Мельник О.Ю.								
Перевірив	Зінкевич П.О							64	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3			
Затвердив	Балюта С.М								

**Перелік категорій приміщень (будівель) щодо вибухопожежної і пожежної
небезпеки**

№ п/п	Найменування приміщень (цехи,відділення,дільниці)	Категорія приміщень	Клас зон За ПУЕ
1.	Загальні виробництва: Машинні(апаратні) і насосні відділення аміачних холодильних установок	А	В-1б
2.	Приміщення для розміщення установок аспірації,венти- ляції й системи пневмотранспорту,пов'язаних з видале- нням вибухопожежонебезпечного пилу	Б	В-2 а
3.	Машинні(апаратні) і насосні відділення фреонових хо- лодильних установок	Д	Не норм.
4.	Лабораторні хімічні,технологічні,сировинні,мікробіоло- гічні,біологічні і вірусологічні	В	П-І
5.	Приміщення,в яких розміщені котельні,теплоенератори, Компресорні(повітровидувні),теплопункти парові	Г	Не норм.
6.	Складські приміщення,призначення для зберігання: Балонів з горючими газами	А	В-Іа
7.	Балонів з аміаком	А	В-Іа
8.	Водяного газу,водню,метану,біогаза та ін.горючих газів	А	В-Іа
9.	Спецодягу,синтетичних мийних і дезінфікуючих засо- бів антисептиків	В	П-ІІ а
10.	Приміщення приймання і зберігання жиру	В	П-ІІ а
11.	Приміщення розфасування солі і розтарювання сиро-ни	В	П-ІІ а
12.	Сільськогосподарська галузь Приміщення для закритих ємкостей і приймальників для гною	А	В-І а
13.	Машинні (апаратні),газоочисні,насосні і компресорні відділення	А	В-І а
14.	М'ясомолочна галузь Санітарна обробка автомашин для перевезення тварин	Д	Не норм.
15.	Передзабійне утримання тварин	З	Не норм.
16.	Приготування кормів	Д	Не норм.
17.	Забій і обробка тварин	Д	Не норм.
18.	Приміщення стоків,що містять гній,баз передзабійного утримання худоби при застосування приймальних резер- вуарів і ємкостей відстійників закритого типу	Д А	В-Іа
19.	Приміщення для виробництва м'яса і м'ясних продуктів Розлив жиру Подрібнювання шквари,варка кормів	В В	П –І П -ІІ
20.	Приміщення обробки шерстних субпродуктів	Г	Не норм.

Заходи з електробезпеки

Організаційні

Робітники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані пройти медичний огляд, навчання безпечними методам роботи і перевірку знань в спеціальній комісії з присвоєнням певної кваліфікаційної групи з техніки безпеки. Адміністрація зобов'язана забезпечити персонал, що обслуговує електроустановки, необхідними захисними засобами і спец.одягом.

На підприємствах повинно бути організовано ретельне ведення відповідної експлуатаційної документації : оперативний журнал, в якому записують прийом та здачу робочих змін, журнали для записів знайдених неполадок і розпоряджень, показання контрольно-вимірювальних приладів, наявності та стану захисних засобів, проведення ремонтно-налагодочних робіт.

Крім цього необхідно систематично перевіряти стан захисного заземлення ,контролювати захист ізоляції і періодично випробовувати елетротехнічні захисні засоби. Періодичні вимірювання опіру заземлення і питомого опіру ґрунту, опіру ізоляції в електроустановках проводять в встановлені строки. Для цього використовують вимірювачі опіру заземляючих пристроїв, мегаомметри та інші прилади.

Кваліфікація персоналу по техніці безпеки підтверджується посвідчення встановленої форми. Перевірка знань робітників, що обслуговують діючі електроустановки і організуючих ці роботи, проводиться один один раз на рік. Встановлено п'ять кваліфікаційних груп. Порядок навчання і перевірки знань по електробезпеці робітників неелектротехнічного персоналу на І групу встановлює головний інженер підприємства спільно з інженером по охороні праці і працівником, що відповідає за електрогосподарство. Для присвоєння І кваліфікаційної групи проводиться інструктаж з електробезпеки на робочому місті ; перевірку знань і факт присвоєння групи реєструють в журналі встановленої форми. Мотористи, електромонтери, практиканти навчальних закладів, що

					ДП 2024 141	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

володіють елементарними знаннями з електротехніки і знають правила техніки безпеки, отримують II кваліфікаційну групу. До III та IV групи відносяться електромонтери, електрослюсарі, починаючі інженери та техніки, володіючі елементарними знаннями з електротехніки, знаючі правила техніки безпеки, вміючі вести нагляд за працюючими в електроустановках.

Технічні заходи

Для захисту від враження електричним струмом передбачають ряд обов'язкових заходів: забезпечення недопущення до струмоведучих частин, захист при появі напруги на неструмоведучих частинах електроустановок, забезпечення персоналу електротехнічними засобами захисту.

Недопущення до струмоведучих частин електроустановок забезпечують надійною ізоляцією, розміщенням цих частин на недоступній висоті, налагодженням огорожень. Захист людей при появі напруги на металічних неструмоведучих частинах електроустановок забезпечують налагодженням захисного заземлення, занулення і захисного відключення. Для цієї ж мети приміняють знижену(малу) напругу.

Ізоляція буває робоча, додаткова, подвійна та посилена. Робоча ізоляція струмоведучих частин електроустановки забезпечує захист від враження електричним струмом. Ізоляцію, що приміняється додатково до робочої, називають додатковою електричною ізоляцією. Сполучення робочої та додаткової ізоляції називають подвійною ізоляцією. Посилена ізоляція представляє покращену робочу ізоляцію, що забезпечує такий же ступінь захисту від враження електричним струмом, як і подвійна ізоляція.

Захисне заземлення представляє собою навмисне електричне з'єднання з землею металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок порушення ізоляції або інших пошкоджень(замикання чи пробій на корпус).

					ДП 2024 141	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гранична величина струму замикання на землю (струму, що проходить через місце замикання на землю) в мережах з ізольованою нейтраллю і напругою до 1000В не перевищує 10 А. В цьому випадку система захистного заземлення з нормованим допустимим заземленням $R_z = 4$ Ом забезпечує зниження напруги дотику U_p до 40В, і при випадковому включенні людини в електричний ланцюг через тіло пройде безпечний для життя струм.

Основними конструктивними частинами системи захисного заземлення є наступні: заземлювач - група металічних стержнів – електродів, закопаних в землю, та заземлюючі провідники, що з'єднують неструмоведучі корпуси та інші частини електроустановок з заземлювачем. Для заземлювачів приміняють сталі труби діаметром 30-50 мм і довжиною 2500-3000 мм. Заземлюючі провідники роблять з листової сталі перетином не менше 4х12 мм і прокладають в землі, а в цехах-відкрито по стінам.

Захисне заземлення електроустановок треба виконувати при напрузі від 42 до 380 В змінного струму і від 110 до 440 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних (ГОСТ 12.1.013-78). Якщо напруга змінного і постійного струмів відповідно вище 380 і 440 В, то захисне заземлення повинно бути передбачене у всіх випадках. Заземленню підлягають корпуси машин, каркаси, щити управління, сталі труби електропроводки.

Систему захисного заземлення оглядають і перевіряють разом з загальним оглядом електроустановок, а також після ремонту і монтажу, але не менше ніж раз на рік.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, з заземленою точкою джерела живлення електроенергією за допомогою нульового захисного провідника. Занулення виконують для стаціонарних електроустановок трьохфазного струму в мережі з заземленою нейтраллю трансформатора.

					ДП 2024 141	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нульовий захисний провідник неодноразово заземляють. Електропровід-ність його повинна забезпечити відключаючу здатність системи занулення.

Система занулення перетворює пробій на корпус, виникаючий при пошкодженні ізоляції, в однофазне замикання.

Тоді в системі виникає струм, здатний забезпечити швидке спрацювання засобів захисту і автоматичне відключення пошкодженої електроустановки від мережі.

Захисне відключення являє собою бистродіючий захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки (за 0,1-0,2 с) при виникненні небезпеки враження електричним струмом. Захисне відключення використовують як додатковий засіб до захисного заземлення чи зануленню. Відключення відбувається при замиканні фази на корпус електроустановки, зниження опору ізоляції, а також в випадку дотику людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Понижена (мала) напруга – це змінна напруга, що не перевищує 42 В. і постійна напруга не більша 110 В. Якщо номінальна напруга електроустановки не перевищує припустиму величину напруги дотику, то навіть одночасний контакт людини із струмоведучими частинами різних фаз або полюсів є безпечний.

Захисні засоби

Захисними засобами, що приміняються в електроустановках, є прилади, апарати, переносні та перевозні пристрої, призначені для захисту персоналу від вражень електричним струмом від шкідливих речовин, від падіння з висоти. Захисні засоби умовно поділяють на три групи: ізолюючі, огорожуючі і допоміжні.

					ДП 2024 141	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ізолючі засоби

Розрізняють основні та допоміжні ізолюючі засоби . Вони забезпечують ізоляцію людини від струмоведучих чи заземлених частин електрообладнання, а також від землі. Основні ізолюючі засоби здатні довго витримувати робочу напругу і ними можна доторкнутися до струмоведучих частин. Допоміжні ізолюючі засоби призначені для посилення дії основних ізолюючих засобів і використовуються одночасно з ними.

Для перевірки наявності чи відсутності напруги на струмопровідних частинах електроустановок до 1000 В використовують показники напруги з неонову лампою (струмошукачі), яка починає світитися при протіканні крізь неї активного струму . Для установок з напругою більше ніж 1000 В використовують показник напруги, в якому свічення неонові лампи виникає при протіканні крізь неї ємнісного струму.

Монтерський інструмент призначений для захисту при виконанні робіт під напругою до 1000 В . Інструмент має ізолюючі рукоятки довжиною не менш ніж 10 см з опорами для пальців рук . При роботі з ним треба надівати діелектричні рукавички чи галоші.

Напруга електроустановок, В	Ізолюючі засоби	
	Основні	Додаткові
До 1000	Діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, ізолюючі штанги , показники напруги, ізолюючі і струмовимірюючі клещі.	Діелектричні галоші та коврики, ізолюючі підставки
Понад 1000	Ізолюючі і електровимірювальні штанги, ізолюючі і струмовимірюючі клещі, показники напруги	Діелектричні рукавички, коврики, боти та ізолюючі підставки

Огороджуючі засоби

До них відносяться щити-огороження, попереджуючі надписи і знаки безпеки, переносні захисні заземлення. Ці засоби використовуються для огороження струмоведучих частин, попередження про небезпеку та помилкових дій, для тимчасового заземлення відключених електроустановок з метою забезпечення безпеки при випадковій появі напруги.

Допоміжні засоби

До допоміжних засобів відносяться противогази, захисні окуляри, спецодяг, запобіжні пояса. Допоміжні засоби використовуються для індивідуального захисту працюючих від ядовитих газів, світлових і теплових випромінювань, від падіння з висоти.

Блискавкозахист

Захисту від прямих ударів блискавок підлягають виробничі об'єкти, склади горючих матеріалів, димові труби. Захист здійснюють за допомогою стержневих одинарних, тросових чи сіткових блискавковідводів.

Стержневі блискавковідводи є найбільш простими. Їх монтують на окремо стоячих опорах або закріплюють на будівлях, на димових трубах.

Блискавковід складається з трьох елементів : блискавкоприймача, приймаю-чого удари блискавок, струмовідводу або заземляючого спуску, з'єднуючого блискавкоприймач з заземлювачем , та заземлювача.

Блискавкоприймачі і струмовідводи виготовляють зі сталі перетином не менше 100 мм²; довжина блискавкоприймача біля 2,5 м. Всю систему виконують зварну, фарбують або оцинковують.

Заземлювач може складатися з декількох металічних провідників-електродів, розподіляючих струм блискавки в землі. Загальний опір системи повинен бути 10-20 Ом.

					ДП 2024 141	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Споруда вважається захищеною від прямих ударів блискавок з достатнім ступенем, якщо вона розташована в межах зони захисту одинарного стержневого блискавковідвода.

Зоною захисту називається простір в формі конуса з радіусом основи r і висотою $h=0.85H$, де H -висота стержневого блискавковідвіда. Радіус основи конуса r можна знайти за формулою

$$r = (1.1-0.002H)H$$

Горизонтальний перетин конуса, розташованого від землі на відстані, рівній висоті захищаємої споруди h_x , буде мати форму круга з радіусом r_x (в м),

$$r_x = (1.1-0.002H)(H - h_x / 0.85)$$

Кожен рік навесні необхідно перевіряють справність блискавковідводів, системи заземлення та її опір; після кожної грози треба перевіряти стан та з'єднання зовнішніх елементів.

Заходи з пожежної безпеки

Пожежі наносять суспільству велику матеріальну шкоду, приводять до травм і загибелі людей, тому що супроводжуються виникненням небезпечних факторів, таких як відкритий вогонь, підвищена температура, токсичні речовини, дим, недостаток кисню, пошкодження і порушення будівель, споруд, вибухи технічного обладнання.

Пожежна безпека підприємства - це такий стан промислового об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у разі її виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів та забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека промислових підприємств складається із системи запобігання пожежам та системи пожежного захисту.

Система запобігання пожежам - це комплекс організаційних і технічних засобів, спрямованих на виключення можливості виникнення пожежі, на запобігання утворенню горючого і вибухонебезпечного

					ДП 2024 141	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища шляхом регламентації вмісту горючих газів ,парів та пилу у повітрі, а також виключення можливості виникнення джерел запалювання або вибуху; забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів, обладнання, електроустаткування, систем вентиляції, зберігання сировини та інших матеріалів.

Система пожежного захисту забезпечується застосуванням вогневідсічних пристроїв на технологічних, в системах вентиляції, повітряного опалення і кондиціювання повітря.

Заходи пожежної безпеки на підприємствах за призначенням поділяються на чотири групи:

1. Заходи, які забезпечують пожежну безпеку технологічного процесу і обладнання, зберігання сировини і готової продукції.
2. Будівельно-технічні заходи, які направлені на виключення причин виникнення пожеж і на створення стійкості огорожуючих конструкцій і будівель ; на запобігання можливості поширення пожеж і вибуху.
3. Організаційні заходи, які забезпечують організацію пожежної охорони ,навчання працюючих методам щодо запобігання пожежам і щодо застосування первинних засобів гасіння пожеж.
4. Заходи до ефективного вибору засобів гасіння пожеж, обладнання пожежного водопостачання, пожежної сигналізації, створення запасу засобів гасіння.

При виборі електроустаткування враховується пожежна та вибухонебезпека виробничих приміщень. В пожежонебезпечних приміщеннях всіх класів застосовується електропровід захищених видів в металічних трубах та гнучких коробах і т.д. Для освітлювальних та силових провідників напругою до 1000 В у вибухонебезпечних приміщеннях допускається застосовувати кабель та провід з резиноюю ізоляцією. При цьому проводи та кабелі в приміщеннях В-1 б прокладаються в сталіних трубах.

У вибухонебезпечних приміщеннях застосовуються вибухозахищені електродвигуни. Для гасіння пожеж В ЕУ використовується вуглекислий газ.

					ДП 2024 141	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок заземлення

Все електрообладнання на території м'ясокомбінату повинно бути заземлено, щоб забезпечити безпечну роботу персоналу. Розрахунок контуру заземлення проводимо на прикладі підстанції 35 /10 кВ.

Потрібний опір заземлювача приймаємо згідно П У Е, для установок 35 та 10 кВ, повинен бути не більше 10 Ом.

Проводимо розрахунок струму замикання на землю:

$$I_3 = \frac{U(35L_k + L_n)}{350}$$

де U - напруга мережі, кВ;

L_k - загальна довжина підключених до мережі кабельних ліній, км;

L_n - загальна довжина підключених до мережі повітряних ліній, км;

$$I_3 = \frac{35(35 * 14 + 5.5)}{350} = 49.6 \text{ A}$$

Оскільки до заземлюючого пристрою приєднується обладнання напругою вище 1000 В, опір заземлюючого пристрою повинен задовольняти умову:

$$R_3 = \frac{125}{I_3} \leq 10 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{125}{49.2} = 2.5 \text{ Ом}$$

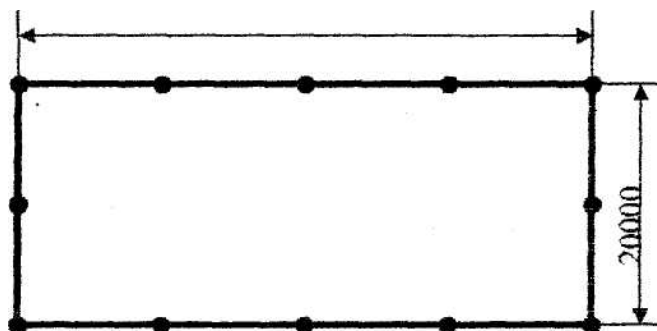
Необхідний опір штучного заземлення.

$$R_{ш} = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} = \frac{15 * 2.5}{15 - 2.5} = 3 \text{ Ом}$$

Питомий опір землі на ділянці складає 150 Ом м. Опір природного заземлювача (з врахуванням сезонних змін) приймаємо R_e = 15 Ом. Тип заземлювача вибираємо контурний, розміщений по периметру підстанції. В прийнятому нами заземлювачі сумарна довжина горизонтального складає

					ДП 2024 141	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

120 м, а кількість вертикальних електродів 12 штук, через кожні 10 м. Попередню схему заземлювача наносимо на план підстанції з її основними розмірами.



Мал. 16.1

Визначаємо розрахунковий опір розтіканню вертикального електроду за формулою:

$$R_{\text{В}} = \frac{\rho}{2 * \pi * L} \left(\ln \frac{2 * L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + L}{5H - L} \right);$$

Де ρ -розрахунковий питомий опір землі, Ом м;

L- довжина стержня, м;

d – діаметр стержня, м;

$$R_{\text{В}} = \frac{150}{2 * \pi * 5} \left(\ln \frac{2 * 5}{0.012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 3.3 + L}{4 * 3.3 - 5} \right) = 34 \text{ Ом}$$

Визначаємо розрахунковий опір розтіканню горизонтального електроду за формулою

$$R_{\text{Г}} = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{L^2}{bH};$$

Де b –товщина смуги, м;

H – глибина залягання смуги, м;

$$R_{\text{Г}} = \frac{150}{2\pi * 120} \ln \frac{120^2}{0.5 * 0.04 * 0.08} = 2.7 \text{ Ом};$$

Тепер знаходимо опір розтікання прийнятого нами групового заземлювача:

					ДП 2024 141	Арк. 75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{\eta_{\text{в}} \eta_{\text{г}} + R_{\text{г}} \eta_{\text{в}} n};$$

Де $\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання вертикального електрода;

$\eta_{\text{г}}$ – коефіцієнт використання горизонтального електрода

n - кількість вертикальних електродів.

$$R = \frac{34 \cdot 2.7}{34 \cdot 0.4 + 2.7 \cdot 0.68 \cdot 12} = 2.6 \text{ Ом};$$

Цей опір менший необхідного, так як різниця не велика (0,4 Ом) і вона підвищує умови безпеки, то приймаємо його як остаточний результат. Отже проєктований заземлювач - контурний складається з 12 вертикальних стержневих електродів довжиною 5 м та діаметром 12 мм, та горизонтального електроду у вигляді сталюї стрічки довжиною 120 м перерізом 4 х 40 мм, заглиблену в землю на 0,8 м.

					ДП 2024 141	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Інформаційна система прогнозування власної генерації
електроенергії на підприємстві**

Класифікація методів прогнозування генерації ФЕС

Сонячна енергія є перспективним джерелом ЕЕ для цивільних та промислових об'єктів. Однак продуктивність фотоелектростанцій (ФЕС) залежить від кліматичних і сезонних факторів. Це може призвести до дисбалансу між заявленою та виробленою ЕЕ, що, у свою чергу, може спричинити значні економічні втрати .

Як і при прогнозуванні навантаження, дослідники виділяють чотири категорії часових горизонтів прогнозування генерації ФЕС: дуже короткостроковий (VSTLF), короткостроковий (STLF), середньостроковий (MTLF) і довгостроковий LTLF). Відмінністю часових горизонтів прогнозуванні ПЕН та прогнозування генерації ФЕС є період та призначення.

Таблиця 16.1. Діапазон прогнозування генерації ФЕС

Прогнозування					Період	Призначення
Дуже короткострокове прогнозування генерації ФЕС(Very Short term, VSTLF)					коливається від 1 с до 1 год	Регулювання потужності та напруги, диспетчеризація електроенергії в реальному часі та стабільність мережі.
Короткострокове прогнозування генерації ФЕС(Short term, STLF)					коливається від однієї години до 24 год	Короткостроковий прогноз забезпечує зобов'язання, планування та диспетчеризація виробленої електроенергії. підвищує безпеку роботи електромережі.
					ДП 2024 141	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Спецпитання	
Розробив	Мельник О.					
Перевірив	Зінкевич П.					
Н. Контр.						
Затвердив	Балюта С.М				Літ. Арк. Аркушів 77	
					ІНПІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3	

Середньострокове прогнозування генерації ФЕС(Medium term, MTLF)	коливається від 1 тижня до 1 місяця	Рішення щодо зобов'язань блоків, планування та планування технічного обслуговування енергосистеми. Цей тип прогнозування згладжує планування енергосистем та графік технічного обслуговування шляхом прогнозування доступності електроенергії в майбутньому.
Довгострокове прогнозування генерації ФЕС(Long term, LTLF)	Від 1 місяця -1 року	Допомагає державним органам у плануванні виробництва, передачі та розподілу електроенергії разом із структуруванням та функціонуванням ринків електроенергії.

Фактори, що впливають на вироблення електроенергії ФЕС :

1) Сонячна радіація. Сонячне пряме нормальне опромінення (DNI), глобальне горизонтальне опромінення (GHI), розсіяне горизонтальне опромінення (DHI) є важливими факторами для вироблення електроенергії ФЕС. Вироблення електроенергії ФЕС також залежить від сезону зміни тривалості освітлення та інтенсивності сонячного світла.

2) Температура. Вплив температури на вироблення електроенергії ФЕС є суттєвим. Підвищення температури фотоелектричних елементів зменшує їх ефективність.

3) Швидкість вітру. Швидкість вітру має непрямий вплив на продуктивність фотоелектричних модулів. Зі збільшенням швидкості повітряний потік, температура фотоелектричної комірки знизиться і ефективність фотоелектричних модулів збільшиться.

4) Відносна вологість. Вплив відносної вологості на продуктивність фотоелектричних елементів є головним чином вплив частинок водяної пари на рівень сонячного випромінювання.

5) Пил. На поверхні сонячної батареї накопичується пил збільшується опір теплопередачі фотоелектричного модуля та впливає на тепловіддачу фотоелектричного модуля. Пил нанесений на поверхню фотоелектричного модуля блокує сонячне світло від опромінення фотоелектричної комірки, що зменшує площу ефективного прийому світла поверхні клітини, додатково зменшуються пропускна здатність поверхні.

Класифікація методів прогнозування.

У багатьох дослідженнях проведено класифікацію методів що прогнозування генерації ФЕС можна розділити на наступні чотири категорії:

1. Фізичні методи;
2. Статистичні методи;
3. Методи прогнозування штучного інтелекту (AI);
4. Гібридні методи.

1) Фізичні методи. Дані методи визначають процес перетворення сонячної радіації в електроенергію. Зазвичай це дані прогнозу погоди (включаючи освітленість, температуру, хмарність тощо). розглядається як вхідне значення, то фізичні рівняння є використовується для передбачення. Вивченню проблеми фізичних методів присвячено велику кількість робіт вітчизняних та зарубіжних, написаних вченими та дослідниками: модель числового прогнозу погоди NWP, супутникові знімки. зображення загального неба TSI.

2) Статистичні методи. Статистичні підходи використовують історичні часові ряди. Для статистичних методів потрібно менше вхідних даних порівняно з фізичними методами і вони показують кращу продуктивність у короткостроковому прогнозуванні, ніж моделі NWP. Вивченню проблеми статистичних методів присвячено велику кількість робіт вітчизняних та зарубіжних, написаних вченими та дослідниками: моделі часового ряду Бокс-Дженкінса ARIMA, моделі часового ряду SARIMA, регресійного аналізу.

3. Методи прогнозування штучного інтелекту (AI). Метод ґрунтується на здатності ШІ вчитися на досвіді з історичними даними та для подальшого вдосконалення своїх передбачуваних здібностей за допомогою навчальної вибірки. Щоб отримати остаточний прогноз, потрібні потужні комп'ютери для виконання численних ітерацій. Вивченню проблеми методів штучного інтелекту присвячено велику кількість робіт вітчизняних та зарубіжних, написаних вченими та дослідниками: штучні нейронні мережі, опорна векторна машина (SVM), ANFIS, штучні нейронні мережі довготривалої короткочасної пам'яті (LSTM).

4) Гібридні методи. Ефективність однієї моделі прогнозування не є більш точною моделлю прогнозування виробництва фотоелектричної енергії в різних випадках. Поєднання двох або більше методів, яке називається гібридом моделей є найкращим рішенням для таких випадків. Ці типи моделей використовуються для кількох програм прогнозування для досягнення найкращої точності. До них можна віднести моделі SARIMA–SVM, сингулярного спектру та ANN.

					ДП 2024 141	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 16.2. Огляд методів прогнозування генерації ФЕС

Метод прогнозування					Переваги	Недоліки
Фізичні методи					- Може використовуватися без наборів даних за минулі роки - Може бути адаптований для створення вхідних змінних для статистичних моделей. - Більше підходить для довгострокового прогнозування, ніж супутники.	- Чутливий до різких змін значень метеорологічних величин. - Потрібні детальні моделі сонячної фотоелектричної системи та локальні вимірювання. - Важко отримати фізичні вхідні дані. - Реєструючі пристрої потребують належного та частого калібрування.
Статистичні методи					- Надійний підхід до короткострокового прогнозування, оскільки використовує доступні метеорологічні дані. - Як правило, вони перевершують фізичні моделі - Простіше в реалізації.	- Вимагає значної кількості попередніх вхідних даних. - Менш точні для довгострокових прогнозів. - Неможливо зафіксувати періодичну поведінку вхідних змінних
Методи прогнозування штучного інтелекту (AI)					- Адаптується до широкого діапазону параметрів - Навчається через навчальний процес (системи, засновані на знаннях) - Здатність фіксувати високі нелінійності в даних виробництва фотоелектричної енергії. - Може бути	- Потрібен великий набір навчальних даних і оптимальний алгоритм навчання. - Складна і важка конструкція. - Вимагає більше обчислювальної пам'яті та часу, щоб зберегти більше інформації.
					реалізований для	Арк.
					ДП 2024	141
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	81	

	великих систем з більш високою точністю.	
Гібридні методи	-Призначений для покращення продуктивності фізичних або статистичних методів. - Перевершує всі фізичні моделі.	- Зазвичай часові зміни в історичних даних PV не враховуються. - Вимагає більше пам'яті та більше часу для обчислення кількох наборів даних, оскільки поєднує різні методи.

Таблиця 16.3. Переваги та недоліки ПЕН

Метод прогнозування	Переваги	Недоліки
Методи часових рядів(ARIMA)	- Методи часових рядів точно перевіряють хронологічні набори даних. - Методи часових рядів потребує менше історичних даних для операцій. - За допомогою статистичних методів часових рядів можна оцінити невизначеність короткострокового ПЕН	- Метод часових рядів не має глибоких закономірностей, що лежать в основі. - Попередні або хронологічні моделі часових рядів непридатні для довгострокового ПЕН
Штучні нейронні мережі(ANN)	-Нейронна мережа може обробляти відсутні дані та дані з шумом. -Нейронна мережа може обробляти велику кількість параметрів або змінних. -Нейронна мережа здатна надавати рішення для проблем	-Нейронні мережі є «чорним ящиком» і мають обмежену здатність чітко визначати можливі причинно-наслідкові зв'язки. -Складно реалізувати модель нейронної мережі.

	прогнозування з дуже хорошим прогнозним результатом. - Нейронні мережі мають функцію безперервного навчання. - Нейронні мережі можуть працювати з нелінійними моделями.	Вони використовують більше пам'яті для обчислювальної роботи. - У них є проблема надмірної посадки.
ANFIS	Комбінація ШНМ і нечітких систем, яка називається нейро-нечіткою системою, яка здатна усунути основні проблеми при проектуванні нечіткої системи та використовувати здатність ШНМ до навчання для автоматичної генерації нечіткого правила «якщо-тоді» та оптимізації параметрів.	• Чутливий до початкової кількості нечітких правил (кількості кластерів) • Складність обчислень зростає зі збільшенням кількості нечітких правил
SVM	- параметр регуляції, який дає змогу користувачу уникати надмірного припасування. - Для даного методу використовується трюк ядра, щоб отримати експертні знання про проблему шляхом розробки ядра. - SVM визначається проблемою опуклої оптимізації (немає локальних мінімумів).	- Найбільше обмеження підходу вектора підтримки полягає у виборі ядра. - Друге обмеження стосується швидкості та розміру, як на етапах навчання, так і на етапах тестування. Хоча SVM має хорошу продуктивність узагальнення, вони можуть бути значно повільнішими на етапі тестування

	для якої існують ефективні методи.	
--	------------------------------------	--

Аналіз літератури показує, що найбільш перспективними однокроковими та багатокроковими короткостроковими методами ПЕН, є: ARIMA та ANFIS, які забезпечують найвищу точність прогнозу. Тому ці методи ПЕН були вибрані для наших подальших досліджень. Для порівняння методів однокрокового та багатокрокового короткострокового ПЕН було взято методи ANFIS, ARIMA. та наївний прогноз.

Авторегресивна інтегрована модель ковзного середнього (ARIMA)

Прогнозування часових рядів – це техніка, яка допомагає передбачити, що станеться в майбутньому, якщо тенденції не зміняться. Часовий ряд, також званий історичним або хронологічним рядом, є послідовністю спостережуваних значень змінної, що належить до різних моментів або періодів часу, які, як правило, є регулярними. Однофакторний аналіз часових рядів полягає у використанні цих даних для розробки моделі, яка описує поведінку цієї змінної (часового ряду) прийнятно для минулого і на основі цієї моделі дозволяє робити задовільні прогнози на майбутнє.

Методи кількісного прогнозування використовують математику для систематичної обробки фактичної інформації.

Досить добре відомо, що моделі часових рядів передбачають змінну поведінку в майбутньому, знаючи її поведінку в минулому. Однією з найвідоміших моделей часових рядів є модель ARIMA. Модель ARIMA належить до сімейства гнучких лінійних моделей часових рядів, які можна використовувати для моделювання багатьох різних типів сезонних, а також несезонних рядів

ARIMA — це узагальнена модель ARMA (Авторегресійне ковзне середнє), яка поєднує процеси AR (Авторегресійне) і MA (Ковзне середнє). Як зазначено в акронімі моделі, ARIMA(p, d, q) складається з наступних частин: AR - autoregressive. Регресійна модель із використанням залежності між спостереженнями та кількістю зведених спостережень (p); I - integrated..

					ДП 2024 141	Арк. 84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стабільність забезпечується за рахунок різниці (d); MA - moving average. Метод для аналізу залежності між спостереженнями та залишками, коли модель застосовується до складених спостережень (q).

Просту форму AR-моделі порядку p, AR(p), можна записати у вигляді лінійного процесу таким чином:

$$x_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + \epsilon_t, \quad (16.1)$$

де x_t - стаціонарна змінна; c - константа; φ_i - коефіцієнти автокореляції; ϵ_t — залишки моделі, білий шум із нульовим середнім.

Проста форма MA моделі порядку q, тобто MA(q) може бути записана так:

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^q \theta_i \epsilon_{t-i}, \quad (16.2)$$

де μ - математичне сподівання процесу (зазвичай вважається нульовим); θ_i - ваги; θ_0 - передбачається рівним 1; ϵ_{t-1} — це білий шум із нульовим середнім.

Поєднання цих двох моделей дає модель порядку ARIMA (p, q):

$$x_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i x_{t-i} + \epsilon_t + \mu + \sum_{i=0}^q \theta_i \epsilon_{t-i}, \quad (16.3)$$

Наївний прогноз

Цей підхід базується на створенні прогнозу шляхом лінійного поєднання даних з "схожих" днів. Відповідні моделі засновані на припущенні, що певний відрізок часового ряду в минулому може відображати майбутній хід цього ряду. Прогнози, розраховані таким чином, хоча й не характеризуються високою точністю, все ж дають загальне уявлення про можливі майбутні значення вивчених показників.

В найпростішій інтерпретації це означає припущення, що "завтра буде так само, як сьогодні":

$$P_t = P_{t-24} \quad (16.4)$$

					ДП 2024 141	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_i – прогнозне значення в i -ту годину доби в майбутньому; P_{i-24} – фактичне значення навантаження за 24 години до прогнозного часу.

Адаптивна система нейро-нечіткого висновку (ANFIS)

Нечіткі нейронні мережі - це системи в галузі штучного інтелекту, були запропоновані Ж. С. Р. Чангом в 1993 р., які комбінують методи штучних нейронних мереж (ANN) і систем нечіткого логічного висновку. Нечітка логіка — це форма багатозначної логіки, у якій істинним значенням змінної може бути будь-яке дійсне число від 0 до 1 включно. Вона використовується для розгляду концепції «часткової істини», де справжнє значення може варіюватися між повністю істинним і повністю хибним.

Нечіткий висновок ефективний при обробці неоднозначної та невизначеної інформації, обробляючи її подібно до людського мислення, але не має здатності до навчання. ANN мають схильність до навчання, але вони не створюють заснованих на правилах знань. Навпаки, система нечіткого висновку, яка використовує нечіткі правила «якщо-то», може моделювати якісні аспекти людського знання та процесів міркування без застосування точного кількісного аналізу. Система нейро-нечіткого висновку генерує нечітке правило «якщо-то» за допомогою нечіткого висновку та оптимізує ефективність передбачення, оновлюючи параметри, що використовуються в нечіткому правилі, застосовуючи здатність до навчання нейронної мережі. Завдяки цим перевагам система нейро-нечіткого висновку знайшла численні практичні застосування в управлінні, розпізнаванні образів, діагностика захворювань, прогнозуванні та висновків енергоефективності.

Підготовка завдання на вирішення методами нечіткої логіки (фазифікація) дозволяє конвертувати реальні значення вхідних змінних на нечіткі у вигляді лінгвістичних змінних, введенням всіх можливих термів, що їх характеризують, та побудові функцій приналежності для кожного терму і визначення ступеня належності змінної до терму.

					ДП 2024 141	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нечіткий логічний висновок ґрунтується на правилах нечіткої логіки. База нечітких правил містить лінгвістичні правила, що використовують функції приналежності. Далі реалізуються процедури нечіткого висновку на множині правил, у результаті формуються вихідні лінгвістичні значення. Останні переводяться в точні значення результатів обчислень у спеціальному блоці, який отримав назву «дефаззифікатор».

Застосовуються лінгвістичні правила такого типу: IF «Твердження» THEN «Результат». «Твердження» (припущення, умова) є комбінації припущень та логічних операторів, таких як AND, OR і NOT. Кожне з припущень є правилом. "Результат" представляє собою комбінацію нечітких висновків, які об'єднуються за допомогою операторів AND.

Ступінь активізації правила обчислюється на основі оцінки істинності (значення функції приналежності) припущень кожного правила. Наприклад, результатом операції AND є мінімальне значення ступенів істинності припущень правила.

Гібридна мережа ANFIS у MATLAB Fuzzy Logic Toolbox - це нейронна мережа з одним виходом і кількома входами. Входи мережі є нечіткими лінгвістичними змінними, які описуються диференціальними функціями належності. Вихідні змінні мережі є також нечіткими лінгвістичними змінними, але їхні терми описуються лінійною або постійною функцією належності. ANFIS має структуру, яка за своїми функціями еквівалентна системі нечіткого логічного висновку Сугено і складається з п'яти шарів нейронної мережі прямого розповсюдження. База знань нечіткого логічного висновку використовує m правил Сугено:

$$\begin{aligned}
 &P_i : \text{якщо } x_1 \text{ це } A_{i1} \text{ і } x_2 \text{ це } A_{i2} \text{ і } \dots \text{ і } x_j \text{ це } A_{ij} \text{ і } \dots \text{ і } x_n \text{ це } A_{in} \\
 &\text{то } y_i = c_{i0} + \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j, i = \overline{1, m},
 \end{aligned}
 \tag{16.5}$$

де i і j відповідно номер правила і номер вхідної змінної, x_j , $j = \overline{1, n}$ – вхідні змінні, c_{ij} – коефіцієнти аргументів функції, c_{i0} – зміщення, $A_{ij} = \{x_j, \mu_{A_{ij}}(x_j)\}$ – нечіткі множин з дзвоноподібними функціями приналежності $\mu_{A_{ij}}(x_j)$, $i = \overline{1, m}$.

Умова (x_j це A_{ij}) реалізується узагальненою функцією Гауса окремо для кожної змінної x_j , $j = \overline{1, n}$:

$$\mu_{A_{ij}}(x_j) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_j - c_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^{2b_{ij}}}, i = \overline{1, m}. \quad (16.6)$$

Параметри $c_{ij}, \sigma_{ij}, b_{ij}$ центра, кривизни та форми узагальненої функції Гауса підлягають уточненню в процесі навчання ANFIS.

Шар 1. Знаходяться значення функції приналежності $\mu_{A_{ij}}(x_j)$ нечітких множин (термів) A_{ij} кожного значення x_j , $j = \overline{1, n}$ вхідних змінних. Кожному вузлу (нейрону) першого шару відповідає один терм з дзвоноподібною функцією приналежності регульованими параметрами. Входи мережі з'єднані лише зі своїми термами. Кількість вузлів першого шару дорівнює сумі числа терм-множин кожної вхідної змінної. Якщо, наприклад, вхідних змінних n , а кількість термів кожної змінної m , то кількість вузлів дорівнює $n \cdot m$.

Виходом вузла є ступінь (кількісна міра) належності x_j до нечіткої множини A_{ij} . Чим вище ступінь належності, тим більшою мірою x_j відповідає властивостям нечіткої множини (терму).

Шар 2. В другому шарі мережі кількість вузлів відповідає числу нечітких множин і дорівнює m . Кожен вузол другого шару відповідає конкретному нечіткому правилу.

Ці вузли з'єднані із вузлами першого шару, які формують ступінь належності до відповідного правила. Тому кожен вузол другого рівня може приймати від 1 до n вхідних сигналів. Вихід вузла (тобто нейрона) - це рівень активації правила, який розраховується за такою формулою:

$$W_1 = \min(\mu_{A_{11}}(x_1), \mu_{A_{12}}(x_2), \dots, \mu_{A_{1j}}(x_j), \dots, \mu_{A_{1n}}(x_n)), \quad (16.7)$$

$$W_2 = \min(\mu_{A_{21}}(x_1), \mu_{A_{22}}(x_2), \dots, \mu_{A_{2j}}(x_j), \dots, \mu_{A_{2n}}(x_n)), \quad (16.8)$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$W_i = \min(\mu_{A_{i1}}(x_1), \mu_{A_{i2}}(x_2), \dots, \mu_{A_{ij}}(x_j), \dots, \mu_{A_{in}}(x_n)), \quad (16.9)$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$W_m = \min(\mu_{A_{m1}}(x_1), \mu_{A_{m2}}(x_2), \dots, \mu_{A_{mj}}(x_j), \dots, \mu_{A_{mn}}(x_n)) \quad (16.10)$$

Крім наведених формул можливе використання і інших t -норм.

Шар 3. Нейрони даного шару обчислюють співвідношення між величиною активації i -го правила та сумою всіх величин активації правил. Ця операція називається нормалізацією величин активації правил:

$$\bar{W}_i = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^m W_j}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (16.11)$$

Кількість вузлів у третьому шарі також дорівнює m .

Шар 4. Шар 4 має кількість вузлів (нейронів), яка також дорівнює m . Кожен вузол з'єднаний з одним вузлом третього шару і з усіма входами мережі. Вузли четвертого шару розраховують внесок відповідного нечіткого правила у чітке значення вихідних змінних.:

$$\bar{W}_i y_i = \bar{W}_i \left(a_{i0} + \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right), \quad i = \overline{1, m} \quad (16.12)$$

Шар 5. Єдиний нейрон цього шару підсумовує вихідну величину y :

					ДП 2024 141	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = \sum_{i=1}^m \bar{W}_i y_i = \frac{\sum_{i=1}^m W_i y_i}{\sum_{i=1}^m W_i}. \quad (16.13)$$

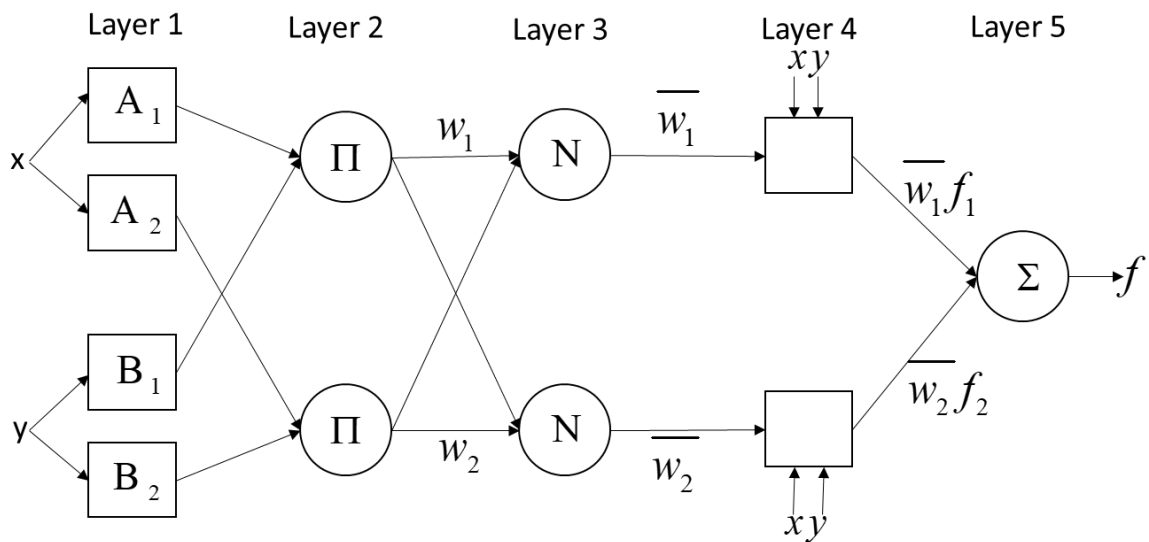


Рис. 16.1. Архітектура моделі ANFIS.

У цьому дослідженні застосовано три різні методи для генерації нечітких систем висновку (GENFIS): кластеризація на основі нечітких С-середніх (FCM Clustering), розбиття мережі (Grid Partitioning) та метод субтрактивної кластеризації (Subtractive Clustering).

Нелінійна авторегресивна модель штучної нейронної мережі з екзогенними входами

Штучна нейронна мережа (ANN) була широко використовуваним методом для різних цілей. Натхненна людським мозком, ANN може навчатися й узагальнювати на вибірках та аналізувати невибагливі корисні зв'язки між інформацією, незалежно від можливості того, що фундаментальні зв'язки є незрозумілими або важко зобразити.

Принципова схема архітектури нейронної мережі з прямим зв'язком показана на рис. 16.2.

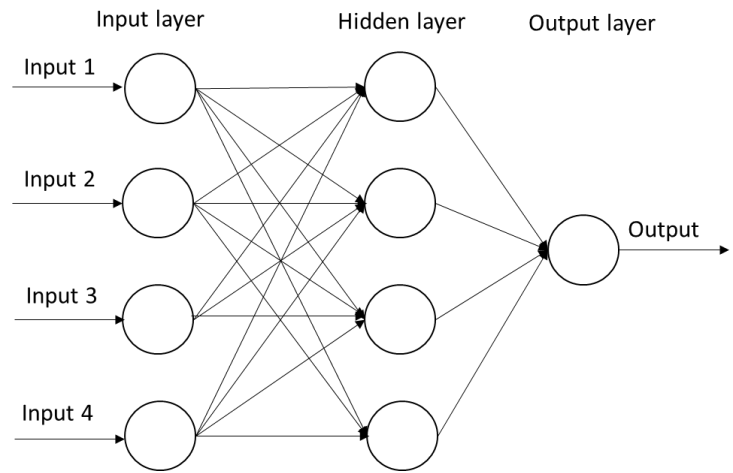


Рис. 16.2. Принципова схема ШНМ.

ANN має три рівні: вхідний, прихований і вихідний. На рис. 16.2. показано лише один прихований шар, причому кількість може бути більше, залежно від складності аналізованої задачі. Кожен нейрон пов'язаний з кожним іншим нейроном попереднього шару за допомогою адаптивної синаптичної ваги. Навчальний процес виконується для навчання ШНС шляхом зміни ваг з'єднання, а ваги коригуються для отримання бажаних результатів.

Для вивчення впливу методу навчання на продуктивність мережі використовуються три різні алгоритми для кожного набору вхідних даних.

Штучні нейронні мережі (ШНМ) розробляються за аналогією з архітектурою людського мозку, що дозволяє йому інтерпретувати велику кількість даних і перетворювати їх у практичні знання.

NARX — це рекурентна динамічна NN зі зворотним зв'язком, підключеною до кількох шарів NN. Архітектура NARX спирається на фактичне значення вхідного часового ряду $P(t)$ до попередніх значень того ж ряду ($P(t-1)$, $P(t-2)$...), а також поточного та попереднього з екзогенний ряд. Найпростіша архітектура моделі NARX представлена на малюнку 2 і може бути виражена математично (2) так:

$$y(t) = f(P(t-n_p), \dots, P(t-1), P(t), y(t-n_y), \dots, y(t-1))$$

де: f — нелінійна функція; $P(t)$ і $y(t)$ є, відповідно, введенням і виходом мережі в момент часу t ; n_p і n_y — порядок входу і виходу відповідно.

16.6. Моделювання NARX для реалізації функції прогнозування вироблення електроенергії ФЕС

У цьому дослідженні проаналізовано метод короткострокового прогнозування генерації ФЕС на основі NARX. Моделі прогнозування побудовані та протестовані за допомогою програмного забезпечення MATLAB 2020b з набором інструментів Deep Learning Toolbox. Дослідження проведено на прикладі ФЕС Херсонської області, з встановленою потужністю 12,706 МВт. Моделювання NARX створена на базі моделі Georgios Etsias/Time-series-prediction NARX.

Етап 1. Обробка вхідних даних. Модель була налаштована та протестована за допомогою щоденних щогодинних вимірювань (24 вимірювання на день), зареєстрованих протягом 2020 року (8784 вимірювань). Вимірювані дані включають: вхідні дані - кількість інсоляції (кВт/м²), швидкість вітру (м/с), відносну вологість (%) і температуру навколишнього середовища та вихідні дані - потужність, електрична енергія вироблена ФЕС (МВт*год).

Етап 2. Навчання нейронної мережі NARX

Далі весь набір даних ділиться на навчальну та тестову частини. Панель інструментів автоматично розділяє дані на набори даних для навчання, тестування та перевірки, але для подальшого тестування нам потрібен інший набір даних.

На цьому етапі використовується навчальна вибірка з 8757 даних. Мережа навчається за алгоритмом навчання: байєсовська регуляризація (trainbr). Кількість вхідних затримок - 2, кількість затримок зворотного зв'язку - 3, а кількість нейронів прихованого шару - 10.

Для цілей моделювання навчальний набір даних розділений на три частини: навчальний набір, тестовий набір і набір перевірки. Серед них 70% використовуються для навчання, 5% для перевірки та 15% для тестування.

Етап 3. Прогнозування однокрокового прогнозування.

					ДП 2024 141	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цьому етапі використовується навчальна вибірка з 8757 даних. На цьому моделюється однокрокове прогнозування генерації ФЕС.

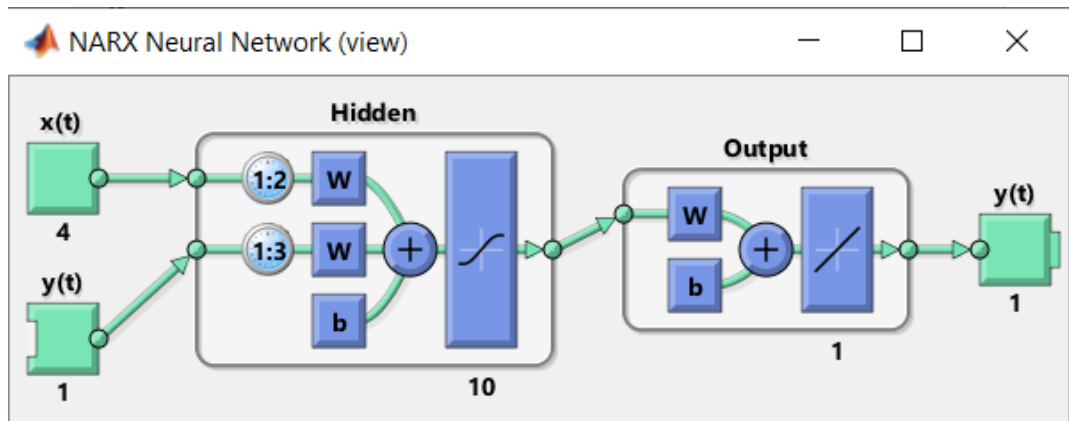


Рис. 16.3. Моделювання навчальної вибірки з 8757 даних

Графіки результатів навчання наведені в додатку В.

Результати навчання мережі оцінюються середньою квадратичною помилкою (MSE) і коефіцієнтом детермінації R^2 .

Таблиця 16.4. Оцінка продуктивності алгоритму навчання

Алгоритм навчання	MSE		R2		Epoch	Time
	Training	Testing	Training	Testing		
trainbr	0,4123	0,5378	0,97721	0,9701	293	00.00.17

Як видно з табл. 16.4. кількість циклів навчання створеної нейронної мережі становить 293 епохи.

Етап 4. Прогнозування багатокрокового прогнозування. (Тестування мережі)

Тестування мережі. На цьому етапі навчання мережі має бути перевірено на тестовому наборі даних, який спочатку не надається мережі.

Після навчання мережі з відкритим циклом на наступному етапі дослідження виконується багатокрокове короткострокове прогнозування для передбачення на наступні 24-години. Для цього використовуються тестові дані, які не входять до навчальної вибірки. Прогнозування виконується за допомогою функції мережі з відкритим циклом *openloop* і функції замкнутого циклу *closeloop*. Порівнюються результати багатокрокового прогнозування за допомогою MSE.

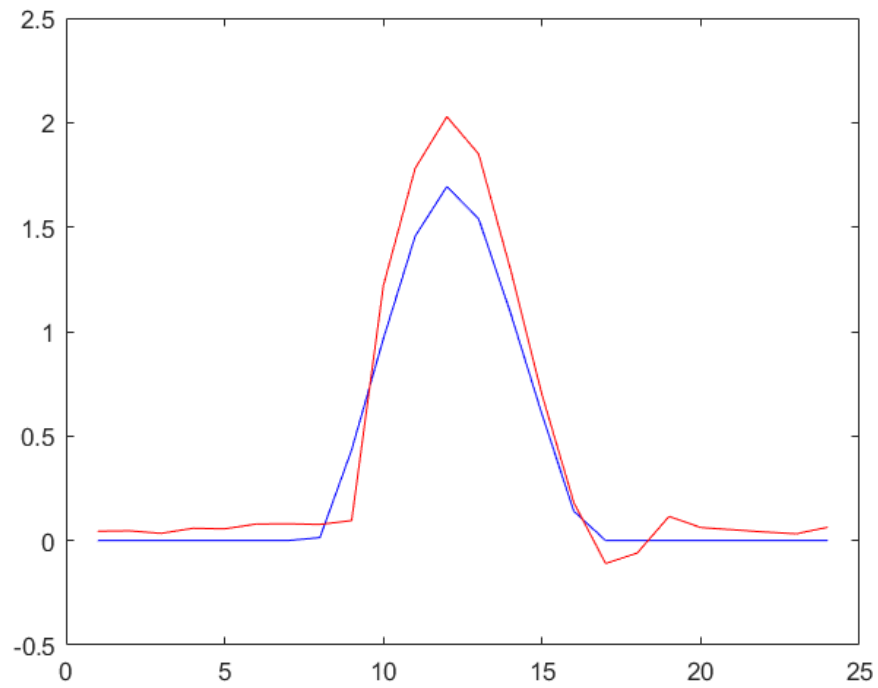


Рис. 16.4. Прогнозування за допомогою відкритого циклу *openloop*

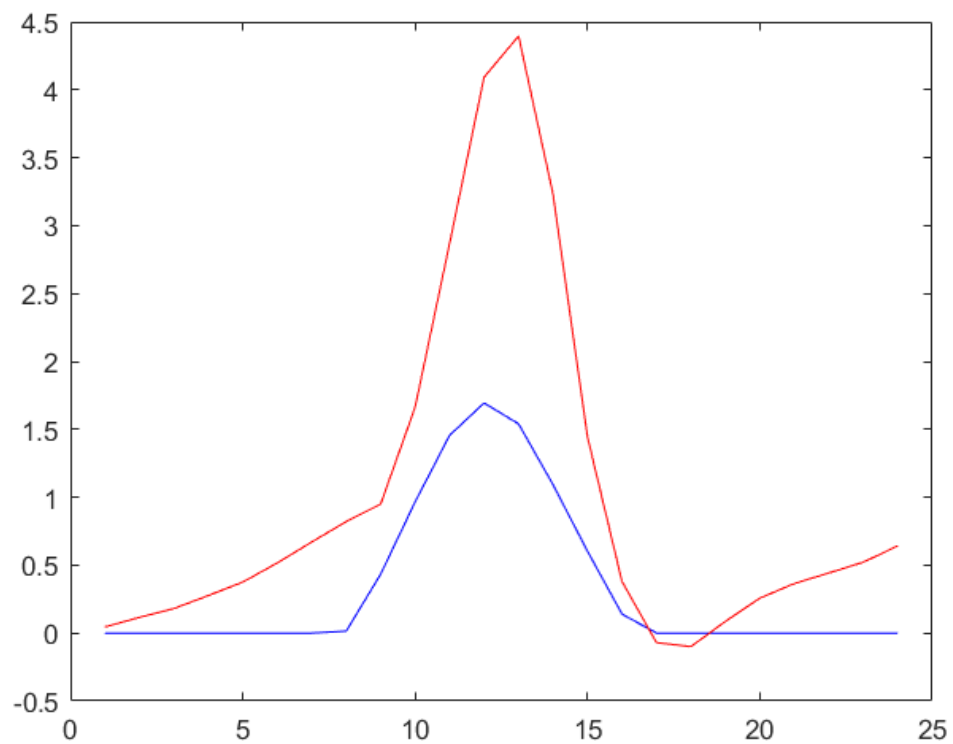


Рис. 16.5. Прогнозування за допомогою закритого циклу *closeloop*

Таблиця 16.5. Результат моделювання багатокрокового короткострокового прогнозування

Цикл навчання	MSE
Відкритий цикл <i>openloop</i>	0,0257
Замкнутий цикл <i>closeloop</i>	1,0305

Як видно з таб.16.5., рис. 16.4. та рис. 16.5. відкритий цикл дає кращі результати, ніж замкнутий. Це можна пояснити тим, що моделі з відкритим циклом використовують вхідні дані, які враховують зовнішні фактори, виміряні метеостанціями, і замкнутий, якщо немає даних прогнозу погоди

У виконаному дослідженні проведений аналіз мережі NARX, для багатокрокового короткострокового прогнозування генерації ФЕС. Результати показують, що відкритий цикл забезпечує найкращі результати багатокрокового короткострокового прогнозування. Точність прогнозу можна підвищити шляхом збільшення кількості вхідних і вихідних даних (тобто починаючи з двох років).

Список використаної літератури

1. Сірий О.М.,Шестеренко В.Є.,Розрахунки при проектуванні та реконструкції електропостачання промислових підприємств
2. Федоров А.А.,Каменев В.В.,Основы электроснабжения промышленных предприятий:Учебник для вузов .Изд.4-е,перделанное и дополненное. - М.Энергоатомиздат,1984-472 с.
3. Ермилов А.А.Основы электроснабжения промышленных предприятий :Изд.4-е пер. и доп.- М.Энергоатомиздат,1983-208 с.
4. Справочник по электроснабжению (под ред.В.И.Круповича, Ю.Г.Барбина,М.Л.Самовера.Изд 6-е).-М:Энергия 1980-456 с
5. Правила устройства электроустановок. М : Энергоатомиздат 1985-640 с.
6. Мукасев Ю.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий – М:Энергия 1973-584 с.
7. Дирацу В.С. и др. , Электроснабжения промышленных предприятий –К: Виша шк.,1974-280 с.
8. Неклепаев Н.П.,Крючков Н.П.,”Электрическая часть электростанций и подстанций”

					ДП 2024 141						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список літератури				Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Мельник О.										
Перевірив	Зінькевич П.									96	
									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЕЛ4-3		
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М										