

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Робота допущена до захисту

Зав. кафедри електроенергетики

_____ І.Л.Лебединський

«___» _____ 2020 р.

Магістерська робота

на тему:

«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконала студентка гр. ЕТм-91

_____ Д.М. Чала

Керівник, к.ф.-м.н, доцент

_____ М.В. Петровський

Консультант

з економічної частини, к.е.н., доцент

_____ О. М. Маценко

Нормоконтроль

_____ М. А. Никифоров

Суми 2020

РЕФЕРАТ

с. 106, рис. 13, табл. 28, додатків 4, джерел 22.

Бібліографічний опис: Чала Д.М. Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху [текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Д.М. Чала; наук. Керівник М.В. Петровський. - Суми: СумДУ, 2020. - 103 с.

Ключові слова: електропостачання, електроприймач, електроустановка, електричне навантаження, кабель, переріз, мережа, трансформатор, коротке замикання, автоматичний вимикач.

электроснабжения, электроприёмник, электроустановка, электрическая нагрузка, кабель, сечение, сеть, трансформатор, короткое замыкание, автоматический выключатель.

power supply, electrical receiver, electrical installation, electrical load, cable, cross section, network, transformer, short circuit, circuit breaker.

Короткий огляд - Під час роботи зібрані вихідні дані підприємства і цеху: генплан підприємства, план цеху з розташуванням технологічного обладнання, електричні навантаження, категорія надійності електропостачання електроприймачів, дані для розрахунку струмів короткого замикання.

Результатом роботи став вибір конструктивного виконання цехової силової мережі, розрахунок електричних навантажень цеху, вибір кількості та потужності трансформаторів цехової підстанції, вибір перерізу провідників до 1кВ, розрахунок струмів трифазного та однофазного короткого замикання, вибір автоматичних вимикачів до 1 кВ.

В розділі охорони праці було проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів та розраховано заземлюючий пристрій цеху.

В економічній частині був проведений аналіз економічної ефективності різних джерел світла.

Перелік умовних скорочень

АВ	— автоматичний вимикач
АВР	— автоматичне вмикання резерву
АД	— асинхронний двигун
ГПП	— головна понижувальна підстанція
ДЖ	— джерело живлення
ДРЛ	— дугова ртутна люмінесцентна лампа
ДРП	— джерело реактивної потужності
ЕА	— електричний апарат
ЕП	— електроприймач
ККУ	— комплектні конденсаторні установки
КЗ	— коротке замикання
НК	— низьковольтні конденсатори
НН	— низька напруга
ПС	— підстанція
ПЗ	— пристрій заземлення
ПРЕ	— пункт розподілу електроенергії
ПТЕ	— правила технічної експлуатації
ПУЕ	— правила улаштування електроустановок
СЕР	— система електропостачання
СРШ	— силова розподільна шафа
ТП	— трансформаторна підстанція
ЦТП	— цехова трансформаторна підстанція
ЩАО	— щит аварійного освітлення
ЩРО	— щит робочого освітлення

ЗМІСТ

	Вступ.....	9
1	Загальні відомості про підприємство.....	11
1.1	Короткий опис технологічних процесів	11
1.2	Загальні відомості про підприємства.....	14
1.3	Загальні відомості про цехові навантаження.....	15
1.4	Джерела світла.....	17
1.5	Особливості освітлення вибухонебезпечних ділянок.....	18
2	Розрахунок електричного освітлення цеху.....	22
2.1	Вибір виду та системи освітлення.....	22
2.2	Система аварійного освітлення.....	24
2.3	Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки в програмі DIALux.....	25
3	Розрахунок електричних навантажень цеху	37
3.1	Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання.....	37
3.2	Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання.....	39
3.3	Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання.....	42
3.4	Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції.....	44
3.5	Розрахунок пікових струмів.....	47
4	Вибір номінальної потужності трансформатора цехової підстанції.....	48
4.1	Вибір силового трансформатора для цеху.....	48

					MP 3.8.141.384 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»					
Розроб.	Чала							Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Петровський								6	106
Реценз.								СумДУ ЕТМ.-91		
Н. Контр.	Никифоров									
Затверд.	Лебединський									

4.2	Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ.....	50
5	Вибір перерізу провідників	51
5.1	Вибір перерізу кабельної лінії напругою 10 кВ.....	51
5.1.1	Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом.....	52
5.1.2	Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом.....	53
5.1.3	Перевірка перерізу кабелю на термічну стійкість.....	54
5.2	Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ.....	55
5.2.1	Вибір перерізу кабелю.....	55
5.3	Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ..	57
5.4	Електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі робочого та аварійного освітлення за втратою напруги.....	59
6	Розрахунок струмів короткого замикання.....	65
6.1	Розрахунок струмів трифазного короткого замикання.....	66
6.2	Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.....	70
7	Вибір електричних апаратів	73
7.1	Вибір автоматичних вимикачів.....	74
7.1.1	Вибір автоматів живильної мережі цеху	76
7.1.2	Вибір автоматів розподільної мережі цеху	77
7.1.3	Вибір автоматичних вимикачів освітлювальної мережі	78
7.2	Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі з вибраними апаратами захисту	78
8	Наукова частина	80
9	Охорона праці	87
9.1	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів	87
9.2	Розрахунок заземлюючого пристрою цеху.....	90
10	Економічна частина.....	94
10.1	Економічна ефективність вибору системи освітлення	94
10.2	Розрахунок економічної ефективності різних джерел світла	95

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки.....	99
Список використаної літератури.....	101
Додаток 1 Схема розташування обладнання фарбувально- обробного цеху.....	103
Додаток 2 Схема розміщення електричної мережі цеху.....	104
Додаток 3 Схема живлення електроприймачів	105
Додаток 4 Однолінійна схема живлення електроприймачів	106

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Наразі не можна уявити собі життєдіяльність сучасної людини без використання електроенергії. Основна перевага електричної енергії - відносна простота виробництва, передачі та перетворення.

Промислові підприємства є основними споживачами електроенергії, так як витрачають до 70% усієї виробленої електроенергії в нашій країні.

Система електропостачання повинна забезпечувати необхідну надійність живлення підприємства й окремих споживачів відповідно до їхньої категорії за ступенем надійності.

При проектуванні нового, сучасного цеху промислового підприємства значення має як розміщення обладнання в цеху, так і розташування трансформаторних підстанцій. Кожну ділянку важливо забезпечити окремим розподільним пристроєм.

Сьогодні для промислових підприємств, особливо машинобудівних, характерним є стрімкий розвиток: модернізація старого обладнання або заміна його більш новим та потужним. Тому при проектуванні нового цеху слід прагнути до створення системи електропостачання, що володіє достатньою гнучкістю, яка дозволяє з найменшими втратами здійснити перебудову виробництва при зміні програми або модернізації виробів і сучасного обладнання.

Дослідження включає в себе проектування та аналіз системи освітлення та електропостачання виробничого приміщення фарбувально-обробного цеху, що відповідає всім проектним, технічним, експлуатаційним та економічним потребам.

При створенні системи електропостачання необхідно враховувати категорію приймачів електроенергії. При визначенні категорії слід керуватися вимогами ПУЕ. При цьому треба уникати необґрунтованого віднесення електроприймачів до більш високої чи більш низької категорії.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроприймачі і відділення цехів різної категорії розглядаються як об'єкти з різними умовами резервування.

Метою магістерської роботи є проектування надійної системи електропостачання фарбувально-обробного цеху на базі підприємства АТ «СМНВО-Інжиніринг».

Об'єктом дослідження є система електропостачання фарбувально-обробного цеху АТ «СМНВО-Інжиніринг».

					<i>MP 3.8.141.384 ПЗ</i>	<i>Арку</i>
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 Загальні відомості про підприємство

1.1 Короткий опис технологічних процесів

Основою діяльності заводу АТ «СМНВО-Інжиніринг» є виготовлення і ремонт насосів і компресорів. Заводські потужності і технологія виробництва дозволяють проводити ремонт і виготовляти деякі види запасних частин широкого спектру обладнання, включаючи великогабаритні.

Компресори та газоперекачувальні агрегати, унікальні види хімічної апаратури, центрифуги, насоси і газова трубопровідна арматура, нафтопромислове обладнання та газозаправні станції, установки комплексної підготовки газу – такий далеко не повний перелік виробленої підприємством продукції.

Різноманітність продукції забезпечується завдяки наявності розвиненої технічної та виробничої бази. До складу підприємства входять спеціалізовані виробництва, оснащені передовим технологічним обладнанням, сучасними засобами управління і контролю. Об'єднання має в своєму розпорядженні випробувальну базу, що задовольняє найсуворіші вимоги до проведення приймально-здавальних випробувань обладнання, яке виготовляється. У тому числі є унікальні випробувальні стенди, які дозволяють проводити натурні випробування, максимально наближені до робочих умов, наукові дослідження та експериментальні роботи.

Підприємство підтримує ділові контакти з партнерами в Україні, країнах СНД, Європи, Азії, Африки та Америки. Зміцнюються зв'язки із споживачами, надається багатостороння технічна допомога при експлуатації обладнання.

До складу об'єднання входять п'ять спеціалізованих виробництв:

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>					22	106
<i>Перевір.</i>		<i>Петровський</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>				СумДУ ЕТМ.-91		

- Заготівельне (забезпечує підприємство на 99% литтям, поковками, штампуваннями та ін. заготовками власного виготовлення):

- ливарний цех,

- ковальські цехи;

- цехи виготовлення заготовок з листового і профільного металопрокату,

- Хімічне обладнання:

- у п'яти цехах виробництва здійснюється виготовлення обладнання з нержавіючих і вуглецевих сталей, титанових сплавів, цирконію та ін., у тому числі: ємності, колони, реактори, теплообмінники, випарні апарати, насоси та компресори, центрифуги та сепаратори для різних галузей промисловості;

- ГПА і компресорів:

- для випробувань газоперекачувального обладнання та компресорної техніки створено блок випробувальних стендів (БВС);

- в 2003 році введено в експлуатацію експериментально-дослідний корпус для модельних стендів;

- Насосне, у тому числі для атомних електростанцій:

- насосне виробництво має в своєму розпорядженні більш ніж 130 одиниць металорізального обладнання, в тому числі 16 верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПУ), 6 обробних центрів;

- лабораторії для проведення всіх видів випробувань, із рентгенівськими установками, у тому числі лінійним прискорювачем;

- «Машинобудівник»:

- спеціалізується на виготовленні технологічного обладнання для компресорних станцій (апарати повітряного охолодження, установки підготовки паливного, пускового і імпульсного газу тощо), ємностей, виробництві холоднодеформуючих, електрозварних нержавіючих і вуглецевих труб для подальшого використання при виготовленні компресорів, компресорних станцій і газонафтовому обладнанні.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На виробництві створено ділянка з виготовлення гумотехнічних виробів для комплектації виготовленого обладнання, у тому числі для насосів АЕС.

Крім того, успішно працюють 6 товариств з обмеженою відповідальністю, створених на базі підприємства.

На проектування та виготовлення всіх видів продукції в АТ «СМНВО-Інжиніринг» є Сертифікати підприємства відповідних національних і міжнародних органів.

Всебічний контроль якості продукції на підприємстві забезпечується унікальними випробувальними станціями для проведення натурних випробувань, різними стендами, контролюючими робочі параметри машин і апаратів.

На обладнанні німецької фірми «Шенк» змонтовано розгону-балансувальний стенд. В об'єднанні вже давно використовується висококласна техніка цієї фірми, завдяки точному балансуванню на її верстатах забезпечується висока якість роторів ГПА, відцентрових насосів, центрифуг.

Проте можливості випробувального стенду просто унікальні. Тут може здійснюватися балансування ротора відцентрових компресорних машин, вагою до 2,5 тон, при швидкості обертання до 40000 оборотів в хвилину, у вакуумних камерах.

Для проведення комплексних приймальних випробувань і експериментальних досліджень відцентрових компресорів в повному режимі їх роботи, по замкнутому контуру, на природному газу призначений стенд виробництва іншої фірми «Mann GHH».

Цей стенд дозволяє проводити випробування компресорних установок з кінцевим тиском до 900 атмосфер, з перевіркою газодинамічних параметрів проточних частин, міцнісних, вібраційних та екологічних характеристик компресорів та їх окремих вузлів і деталей. Наявність подібних стендів дозволяє об'єднанню вийти на найвищий світовий рівень з наукової,

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

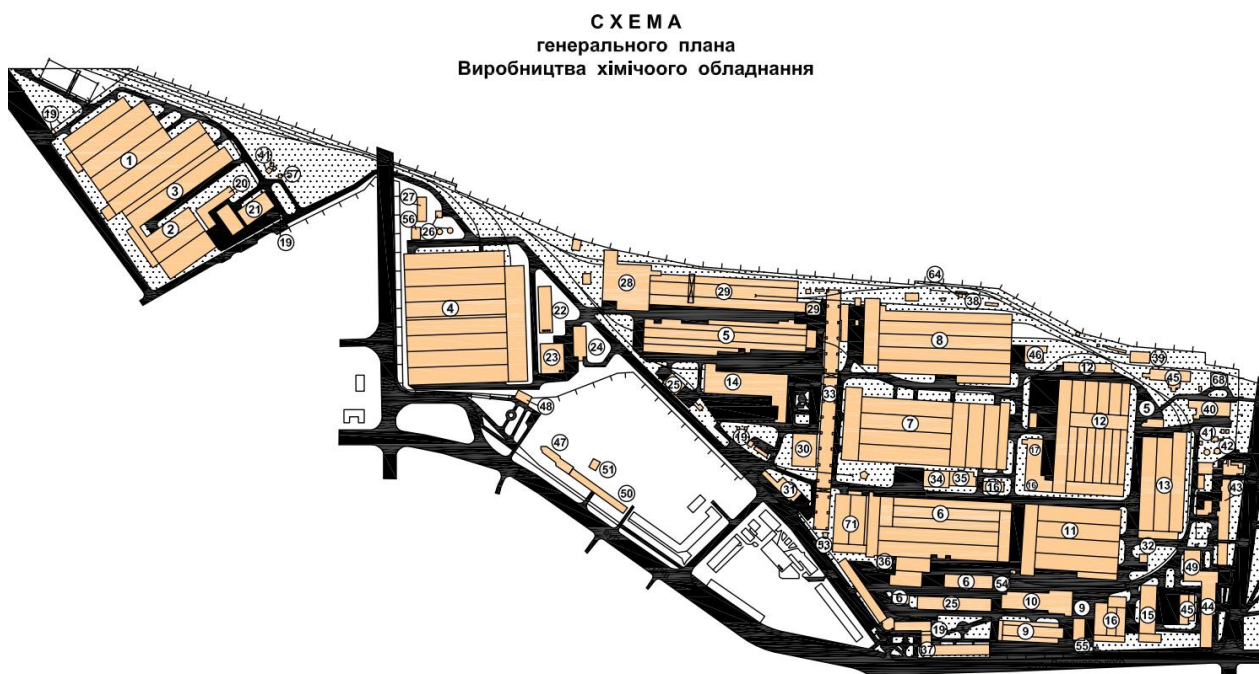
дослідницької та виробничої оснащеності у створенні відцентрових машин великої потужності, забезпечує конкурентоспроможність обладнання на світовому ринку[1].

1.2 Загальні відомості про підприємство

Виробництво хімічного обладнання АТ «СМНВО-Інжиніринг» живиться від підстанції «Фрунзе» - 110/6 яка знаходиться на відстані 2.5 км.

На підприємстві є багато різних споживачів електроенергії, що відрізняються в залежності від виробничого цеху. В адміністративних та побутово-адміністративних корпусах основні споживачі електроенергії це освітлювальні пристрої, персональні комп'ютери, кондиціонери, а в цехах основні споживачі електроенергії це печі, електричні двигуни, верстати, станки фрезерні та шліфувальні і тд. В ливарному цеху найпотужнішими споживачами електроенергії є електродугові печі.

Генеральний план виробництва хімічного обладнання підприємства АТ «СМНВО-Інжиніринг» наведений на рисунку 1.1.



Рисунку 1.1 - Генеральний план виробництва хімічного обладнання підприємства

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Загальне споживання електроенергії за місяць в середньому по виробництвам наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальне споживання електроенергії об'єктами виробництва

Виробництво	Споживання електроенергії за місяць, тис. кВт·год
Заготівельне	60
Хімічне обладнання	1 260
ГПА і компресорів	900
Насосне	450
«Машинобудівник»	167

1.3 Загальні відомості про цехові навантаження

Різного роду обробка і фарбування предметів виробництва є невід'ємним процесом у значної більшості промислових підприємств. Такі виробничі приміщення, як правило, займають великі площі і щільно насичені світильниками й електропроводками, тому врахування економічності й надійності освітлювальних установок має важливе значення.

В фарбувально-обробному цеху вироби будуть фарбуватися у спеціальних камерах, а також безпосередньо в цехах на складальних і фарбувальних позиціях. Пофарбовані вироби піддають сушінню найчастіше в камерах різноманітних конструкцій та принципів дії і рідше на місцях фарбування.

В цеху необхідно організувати електропостачання основного робочого обладнання: фарбувально-сушильних камер, вентиляторів та електроінструментів.

Цех складається з виробничих, складських, побутових та службових приміщень. Всі адміністративно-побутові приміщення виконані висотою 4м. Загальні розміри цеху 84x48x9м³. Електропостачання цеху буде здійснюватися з головної знижувальної підстанції напругою 6 кВ, розташованої на території заводу на відстані 1,5 км.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Споживачі електроенергії по категорії надійності відносяться до 2 і 3 категорій. Кількість робочих змін – 1.

Так як на даному виробничому процесі використовується фарба різних видів, а всі лакофарбові покриття є легко горючими речовинами, то відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 “ Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою ” слід віднести виробничі ділянки фарбувально-обробного цеху до категорії вибухопожежонебезпечних зон.

Схема розташування обладнання цеху наведена в Додатку А.

Повний перелік електрообладнання з вихідними параметрами наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вихідні параметри електроприймачів фарбувально-обробного цеху.

Найменування груп електроприймачів	Кіл-ть ЕП, шт.	Номінальна потужність, кВт		Коеф. викор., K_B	Коеф. потужності	
		одного ЕП, $P_{ном}$	загальна, $P_{ном}$		$\cos\phi$	$tg\phi$
Фарборозпилювачі	4	0,5	2	0,6	0,5	1,73
Змішувач	4	2	8	0,4	0,65	1,17
Стіл механізований	4	1,5	6	0,45	0,65	1,17
Ваги електричні	4	0,5	2	0,4	0,65	1,17
Компресор	2	16	32	0,8	0,8	0,75
Вентилятор 1	8	7	56	0,7	0,8	0,75
Всього по СРШ1	26		106			
Вентилятор 2	2	32	64	0,65	0,8	0,75
Всього по СРШ2	2		64			
Фарбувально-сушильна камера	2	91	182	0,8	0,7	1,02
Всього по СРШ3	2		182			

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.4 Джерела світла

Як джерело світла широко застосовують лампи розжарювання і газорозрядні лампи: люмінесцентні, дугові ртутні, металогалогенні і ксенонові.

Джерела світла бувають теплові і люмінесцентні. У теплових джерелах світла випромінювання виникає під час нагрівання тіла розжарювання до високої температури, а в люмінесцентних – у результаті перетворення електричної енергії безпосередньо на оптичне випромінювання з використанням такого явища, як люмінесценція[3].

За цією ознакою джерела світла поділяють на три класи:

- теплові, до яких відносять всі типи ламп розжарювання, а також вугільні дуги та електричні інфрачервоні нагрівачі;

- люмінесцентні, до яких належать люмінесцентні лампи низького тиску, дугові ртутні лампи, лампи тліючого, високочастотного та імпульсного розрядів;

- змішаного випромінювання, в яких одночасно відбуваються як теплові, так і люмінесцентні явища, наприклад, дуги високої інтенсивності.

Люмінесценція – спонтанне світлове випромінювання збудженими молекулами абсорбованої ними енергії з електронного чи коливального збудженого стану, який не є в термічній рівновазі із середовищем. При цьому випромінювання відбувається протягом часу після поглинання енергії молекулою, не коротшого, ніж період світлових хвиль.

Речовина, в якій спостерігається люмінесценція, називається люмінофором. Люмінесцентне випромінювання виникає за рахунок квантових переходів атомів, іонів, молекул зі збудженого стану в основний чи менш збуджений, тому кожен атом, іон чи молекула люмінофора є центром люмінесценції.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Люмінесценція при збудженні речовини світлом називається фотолюмінесценцією. У разі збудження речовини струмом виникає електролюмінесценція, яка використовується в люмінесцентних лампах та світлодіодах. В електронно-променевих трубках, які ще донедавна використовувалися у телевізорах та дисплеях, люмінесценція збуджується потоком електронів.

Основними характеристиками джерел світла є спектральний склад випромінювання, тобто розподіл енергії випромінювання за довжинами хвиль, і світлова віддача, під якою розуміють відношення світлового потоку, що випромінюється джерелом світла, до потужності, яку воно споживає[4].

1.5 Особливості освітлення вибухонебезпечних ділянок

Важливим етапом в проектуванні промислових приміщень є класифікація виробничого приміщення у відповідності до вибухо- чи пожежонебезпечної зони. Це в свою чергу слугує запобіганню пожеж і вибухів від електрообладнання у вибухо- і пожежонебезпечному приміщенні.

Вибухонебезпечна зона — простір у приміщенні або навколо зовнішньої установки, у якому присутнє вибухонебезпечне середовище або воно може утворюватися внаслідок природних чи виробничих чинників у такій кількості, яка вимагає [5, с. 23, п.4.2.29].

Пожежонебезпечна зона — простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації. [5, с.50, п.5.2.1].

У разі використання для фарбування виробів, які можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, коли фарбувальні та сушильні камери розміщуються у загальному технологічному потоці виробництва при

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконанні вимог ГОСТ 12.3.005, зона вважається вибухонебезпечною в межах до 5 м по горизонталі і вертикалі від відкритих прорізів фарбувальних і сушильних камер.

При безкамерному фарбуванні виробів зона вважається вибухонебезпечною в межах до 5 м по горизонталі і вертикалі від краю ґрат, від свіжопофарбованих виробів і ємностей з горючими матеріалами.

Клас вибухонебезпечної зони на відстані 5 м визначається галузевими нормативними документами в залежності від способу фарбування і характеристики лакофарбувальних матеріалів, а також з урахуванням класу вибухонебезпечної зони в приміщенні. [5, с.29, п.4.5.10].

Зважаючи на клас вибухо- і пожежонебезпеки приміщення є спеціальні рекомендації для застосувати вибухозахищених світильників різних типів, які повинні мати конкретний рівень захисту для конкретного приміщення. Щоб не викликати виникнення небезпечних ситуацій, встановлюване обладнання, як світлове так і силове, повинно відповідати вимогам для забезпечення відповідної надійності і не повинно бути встановлене у важкодоступних місцях.

Враховуючи всі рекомендації, проект освітлення у вибухонебезпечних приміщеннях повинен строго враховувати властивості використовуваних горючих речовин, специфіку роботи підприємства і особливості виробничих процесів, а також вірно оцінити рівень небезпеки під час проектування нового виробництва.

Як вже було сказано раніше, вибухонебезпечні та пожежонебезпечні зони виникають в наслідок можливості скупчення в них небезпечних рідин, газів та пилу, що при контакті з відкритими елементами джерел живлення можуть вибухнути або викликати пожежу.

Відповідно до світлотехнічних вимог, що допускають застосування тих чи інших видів обладнання для освітлення у вибухонебезпечних приміщеннях, світильники ділять на 3 класи за рівнем захисту від вибуху.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначені такі рівні вибухозахисту електрообладнання:

- електрообладнання (електротехнічний пристрій) підвищеної надійності проти вибуху — вибухозахищене електрообладнання, у якому вибухозахист забезпечується тільки у визначеному режимі його роботи. Знак рівня — 2;

- вибухозахищене електрообладнання (електротехнічний пристрій) — вибухозахищене електрообладнання, у якому вибухозахист забезпечується як при нормальному режимі роботи, так і при ймовірних пошкодженнях, які визначаються умовами експлуатації, крім пошкоджень засобів вибухозахисту. Знак рівня — 1;

- особливо вибухозахищене електрообладнання (електротехнічний пристрій) — вибухозахищене електрообладнання, у якому щодо вибухозахищеного електрообладнання (електротехнічного пристрою) вжито додаткових заходів вибухозахисту, які передбачені стандартами на види вибухозахисту. Знак рівня — 0. [5, с.25, п.4.4.2].

Спеціальні світильники, що призначені для вибухонебезпечних приміщень, можуть мати ще й додаткові види захисту, такі як: водонепроникну оболонку, захист оболонкою від пилових небезпечних середовищ, масляне або кварцове заповнення оболонки, контроль джерела займання, іскробезпечний електричний ланцюг тощо.

Використання всіх рекомендацій, наведених вище, можуть надати безпроблемне функціонування джерел світла в вибухо- і пожежонебезпечних зонах, будівлях, приміщеннях.

Під час вибору освітлення для вибухонебезпечних приміщень важливо враховувати те, що підсилені заходи для захисту(такі як: сітки, решітки, підсиленої міцності скло) можуть погіршити визначальні параметри світлового потоку. Для того щоб не втратити ефективність освітлення необхідно уважно підійти до вибору відповідних світильників.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від категорії приміщення, для якого вибирається світлотехнічне обладнання, воно повинне мати деякий мінімальний ступінь захисту.

Наприклад, для приміщень категорій Б і В потрібна установка світильників з підвищеною надійністю, а для зони А – з максимальною вибухобезпечністю.

Інколи у вибухонебезпечних приміщеннях виникає потреба у використанні переносних світлотехнічних засобах, найчастіше у важкодоступних місцях. При цьому, досить важливо пам'ятати, що переносні світильники в вибухопожежонебезпечних приміщеннях повинні мати мінімальний ступінь захисту IP54, а скляний розсіювач світла повинен мати захисну металеву сітку.

Розумний вибір світильників, ламп і прожекторів у вибухонебезпечних приміщеннях це є запорукою повної захищеності від виникнення небезпечних ситуацій.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Розрахунок електричного освітлення цеху

2.1 Вибір виду та системи освітлення

Специфіка фарбувальних робіт обумовлює доцільність переважаючого використання джерел світла, які забезпечують розрізнення кольорів і відтінків. Найбільш ефективні для цієї мети люмінесцентні лампи типів ЛБ, ЛХБ, ЛД і ЛДЦ. Коли із світлотехнічних, конструктивних або економічних міркувань застосування освітлювальних приладів(ОП) з ЛЛ недоцільне, при відсутності підвищених вимог до передачі кольору можуть бути застосовані лампи типу ДРЛ. Застосовувати лампи розжарювання у фарбувальних цехах і відділеннях недоцільно.

Як правило, у фарбувальних цехах застосовують загальне локалізоване освітлення з розміщенням ОП у проходах між камерами для загального спостереження за ходом виробничого процесу, над місцями безкамерного фарбування, на ділянках нанесення написів і зображень і контролю якості виробів, що фарбуються. В окремих випадках виникає необхідність облаштування місцевого освітлення (наприклад, на ділянках фарбування і контролю якості дрібних виробів).

Для освітлення вибухонебезпечних зон у фарбувальному виробництві ОП вибирають відповідно до встановлених ПУЕ мінімальних рівнів і видів вибухозахисту і ступенів захисту оболонок ОП від впливу середовища.

При проектуванні ОУ вибір освітленості і якісних характеристик освітлення фарбувальних цехів і відділень проводиться за галузевими нормами освітленості. Але у галузевих нормах рівні освітленості у фарбувальних цехах (для відповідних виробничих процесів) мають істотні розходження, викликані головним чином розбіжностями між класами якості покриттів і розрядами зорової роботи.

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чала				«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Петровський						22	106
Реценз.						СумДУ ЕТм.-91		
Н. Контр.	Никифоров							
Затверд.	Лебединський							

Залежно від умов технологічного процесу, конструкції фарбувально-сушильного устаткування, будівельних параметрів і конструктивних особливостей будівельної частини для загального освітлення вибухонебезпечних зон фарбувальних цехів і ділянок можуть застосовуватися різні види вибухозахищених світильників.

Користування переносними ОП у приміщеннях фарбування треба обмежувати, допускаючи їхнє застосування тільки в тих випадках, коли це необхідно за умовами експлуатації[6].

Згідно до [7] вибираємо номінальні критерії освітленості для кожної робочої ділянки в цеху.

За «Вимогами до освітлення приміщень виробничих підприємств» [7, табл.5.1] даний фарбувально-обробний цех підпадає під розряд зорової роботи VI. Для даного розряду характерне штучне освітлення, з номінальним показником освітленості в 200лк.

Відповідно до «Нормованих показників освітлення приміщень загальнопромислових будівель і споруд» [7, табл.Г.1] та «Нормованих показників освітлення приміщень і об'єктів громадського та комунального призначення» [7, табл.Д.1] вибираємо нормовану освітленість для інших приміщень цеху, дані заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Нормовані показники освітлення приміщень загальнопромислових будівель і споруд

Приміщення і виробничі ділянки, устаткування, споруди	Робоча поверхня і площа (Г-горизонтальна, В-вертикальна)	Розряд зорової роботи	Норм. освіт-ть, лк	Показник кольоропередавання, не менше Ra
1. Склади, комори масел і лакофарбових матеріалів: б) без розливу на складі	Г- підлога	VІБ	100	40
2. Вентиляційні приміщення і установки	Г – 0.8 м від підлоги	VІІВ	50	-
3. Напрямки руху та коридори	-	-	100	40
4. Кабінети, робочі кімнати і офіси	Г – 0.8 м від підлоги	Б-1	300	-
5. Гардеробні	Г- підлога	Ж-1	75	-

Зважаючи на висоту приміщення цеху та на необхідну нормовану освітленість:

- для виробничих ділянок вибираємо прожекторний світильник Manta PL4L90VP потужністю 42Вт;
- для виробничих ділянок 1-4 вибираємо прожекторний світильник Manta RD16L70 потужністю 35Вт;
- для приміщення складу красок вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для приміщення складу готової продукції вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для кімнати відпочинку робочого персоналу вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для кабінету начальника цеху вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для вентиляційного приміщення вибираємо прожекторний світильник MANTA PL4L120VP потужністю 42Вт;
- для коридору вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для гардеробних вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт;
- для туалетів вибираємо світильник Ватра ДББ26У-12 потужністю 13Вт.

Так як, висота цеху становить 9 метрів, а вибухонебезпечною зонна вважається в радіусі 5 метрів, то ми можемо використати світильники звичайного виду захисту, якщо розмістити їх на висоті більшій ніж 5 метрів над рівнем робочої поверхні(використання лакофарбових матеріалів).

2.2 Система аварійного освітлення

При вимкненні з яких-небудь причин робочого освітлення аварійне освітлення повинно давати можливість в одних приміщеннях продовжувати роботу при зниженій освітленості (аварійне освітлення для продовження

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи), в інших приміщеннях - безпечно вийти людям із приміщення - евакуаційне аварійне освітлення.

Аварійне освітлення (як евакуаційне, так і для продовження роботи) може виправдовувати основне призначення тільки за умови, що світильники аварійного освітлення будуть включені, коли відбудеться аварійне відключення робочого освітлення[6].

Аварійне освітлення підключається до джерела живлення, не залежно від джерела живлення робочого освітлення.

Індекс кольоропередавання R_a застосовуваних джерел світла для аварійного освітлення повинен бути не менше ніж 40.

Для аварійного освітлення слід застосовувати:

- а) світлодіодні джерела світла;
- б) люмінесцентні лампи;
- в) розрядні лампи високого тиску, за умови їх миттєвого або швидкого повторного запалювання як в гарячому стані, після короткочасного вимкнення живлення, так і в холодному стані[7, п.8.9.2 і п.8.9.9].

2.3 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки в програмі DIALux

Для більш точного і швидшого розрахунку питомої потужності ми можемо використати програмне забезпечення. Також важливою перевагою програми DIALux є можливість подання результатів розрахунку в різних формах, що дозволяє проводити глибокий світло-технічний аналіз.

Після того як ми вибрали світильники(пункт 2.1), ми проектуємо освітлювальну установку в програмі DIALux для кожної ділянки та приміщення. Використовуючи формулу 2.1, ми розрахуємо об'єднані навантаження схожих ділянок:

$$P_{i-i} = n \cdot P_i, \text{ Вт} \quad (2.1)$$

де n – кількість схожих ділянок;

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

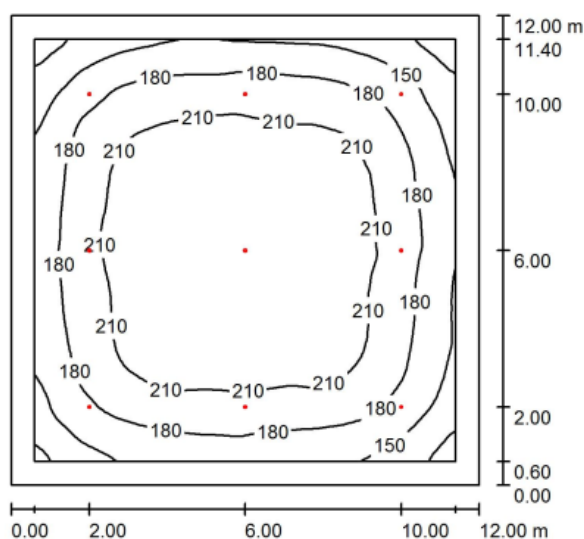
P_i – потужність одної ділянки.

Щоб знайти загальну потужність світильників необхідних для освітлення всіх приміщень і ділянок цеху, знайдемо суму всі розрахованих навантажень, за формулою:

$$P_{\Sigma} = \sum P_i, \text{ Вт} \quad (2.2)$$

Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для виробничих ділянок 1-4, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.1;

Виробничі ділянки 1-4 / Резюме



Высота помещения: 9.000 m, Монтажная высота: 7.500 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:155

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	193	100	235	0.521
Полы	20	173	77	237	0.446
Потолок	70	25	18	33	0.728
Стенки (4)	50	45	18	97	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 m
Растр: 128 x 128 Точки
Краевая зона: 0.600 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	9	PI"FIРMA"NOT MANTA RD16L70 (Тип 1)* (1.000)	4290	4459	35.0
*Измененные технические данные			Всего: 38606	Всего: 40131	315.0

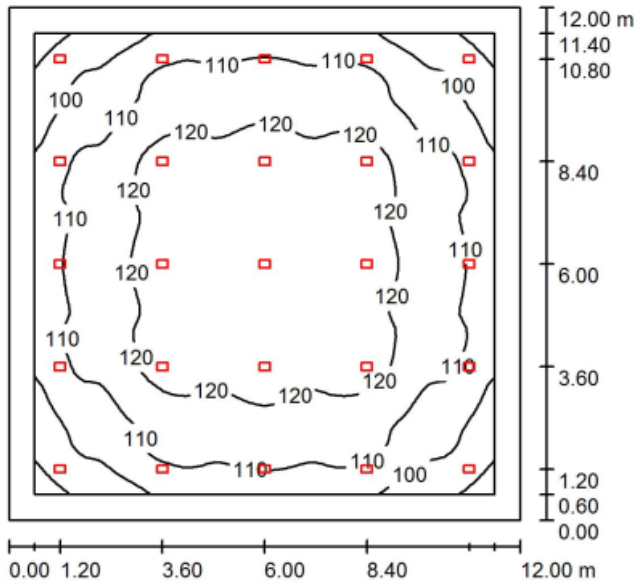
Удельная подсоединенная мощность: $2.19 \text{ W/m}^2 = 1.13 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 144.00 m^2)

Рисунок 2.1 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для виробничих ділянок 1-4

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для загального освітлення цеху нам необхідно СП на $P_5=5040\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для складу красок, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.3;

Склад красок / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Монтажная высота: 4.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:155

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
Рабочая плоскость	/	113	83	128	0.737
Полы	20	99	68	118	0.690
Потолок	70	41	26	624	0.649
Стенки (4)	50	76	49	111	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 m
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.600 m

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	25	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 25584	Всего: 33250	325.0

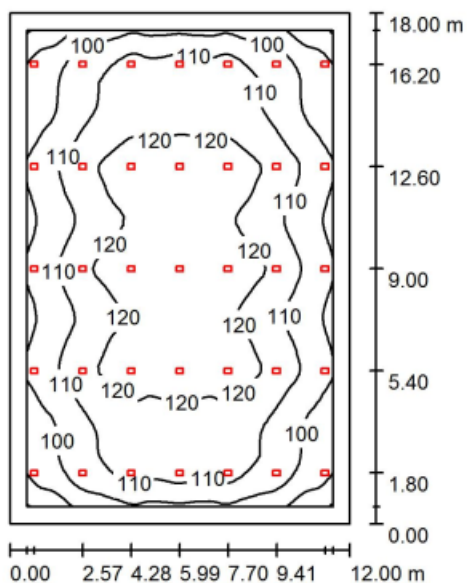
Удельная подсоединенная мощность: $2.26 \text{ W/m}^2 = 1.99 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 144.00 m^2)

Рисунок 2.3 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для складу красок

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення приміщення складу красок нам необхідно СП на $P_6=325\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для складу готової продукції, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.4;

Склад готової продукції / Резюме



Высота помещения: 4.000 м, Монтажная высота: 4.000 м,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:232

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	111	80	127	0.717
Полы	20	99	65	119	0.661
Потолок	70	39	26	592	0.664
Стенки (4)	50	74	48	159	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.600 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	35	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 35818	Всего: 46550	455.0

Удельная подсоединенная мощность: $2.11 \text{ W/m}^2 = 1.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 216.00 m^2)

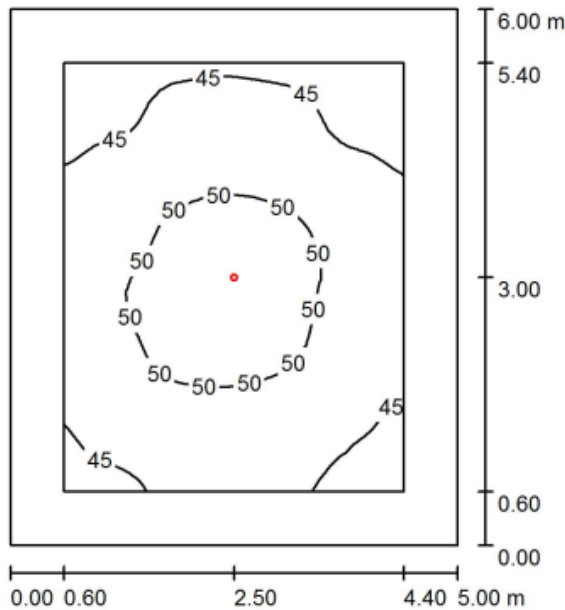
Рисунок 2.4 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для складу готової продукції

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення приміщення складу готової продукції нам необхідно СП на $P_7=455\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості для вентиляційної, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.5;

Вентиляційна / Резюме



Высота помещения: 9.000 м, Монтажная высота: 9.000 м,
Кoeffициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:78

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	48	41	52	0.857
Полы	20	39	32	45	0.812
Потолок	70	11	7.49	12	0.709
Стенки (4)	50	26	8.10	71	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.600 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	1	PI"FIРMA"NOT MANTA PL4L120VP (1.000)	4600	4846	42.0
			Всего: 4600	Всего: 4846	42.0

Удельная подсоединенная мощность: $1.40 \text{ W/m}^2 = 2.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 30.00 m^2)

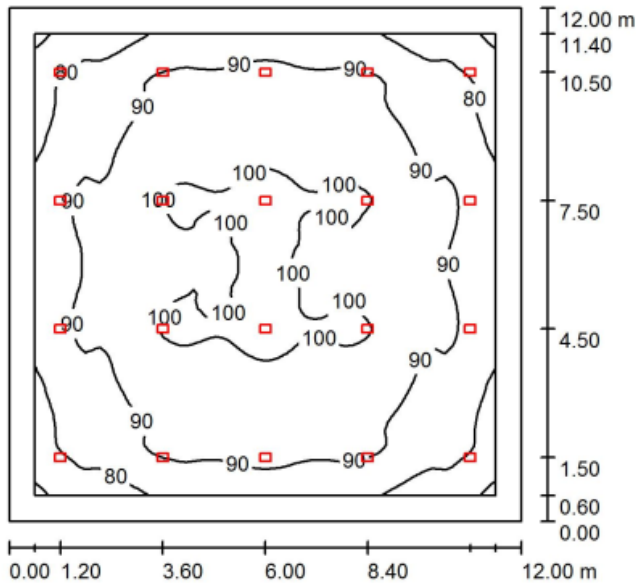
Рисунок 2.5 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для вентиляційної

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення вентиляційного приміщення нам необхідно СП на $P_8=42\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для кімнати відпочинку, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.6;

Кімната відпочинку / Резюме



Высота помещения: 4.000 м, Монтажная высота: 4.000 м,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:155

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
Рабочая плоскость	/	91	68	103	0.745
Полы	20	79	54	95	0.688
Потолок	70	32	21	546	0.647
Стенки (4)	50	60	39	97	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
Растр: 64 x 64 Точки
Краевая зона: 0.600 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	20	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 20467	Всего: 26600	260.0

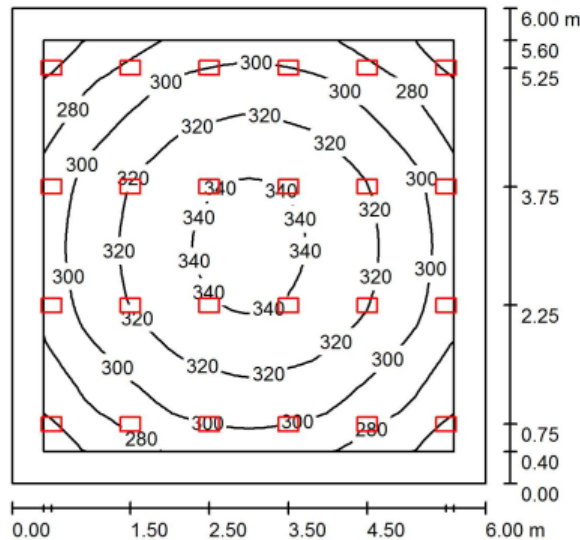
Удельная подсоединенная мощность: $1.81 \text{ W/m}^2 = 1.99 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 144.00 m^2)

Рисунок 2.6 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для кімнати відпочинку

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення кімнати відпочинку нам необхідно СП на $P_9=260\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для кімнати начальника цеху, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.7;

Начальник цеху / Резюме



Высота помещения: 4.000 м, Монтажная высота: 4.000 м, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:75

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	307	248	347	0.807
Полы	20	247	189	286	0.765
Потолок	70	145	94	634	0.648
Стенки (4)	50	229	126	533	

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
 Растр: 32 x 32 Точки
 Краевая зона: 0.400 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	24	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 24561	Всего: 31920	312.0

Удельная подсоединенная мощность: $8.67 \text{ W/m}^2 = 2.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 36.00 m^2)

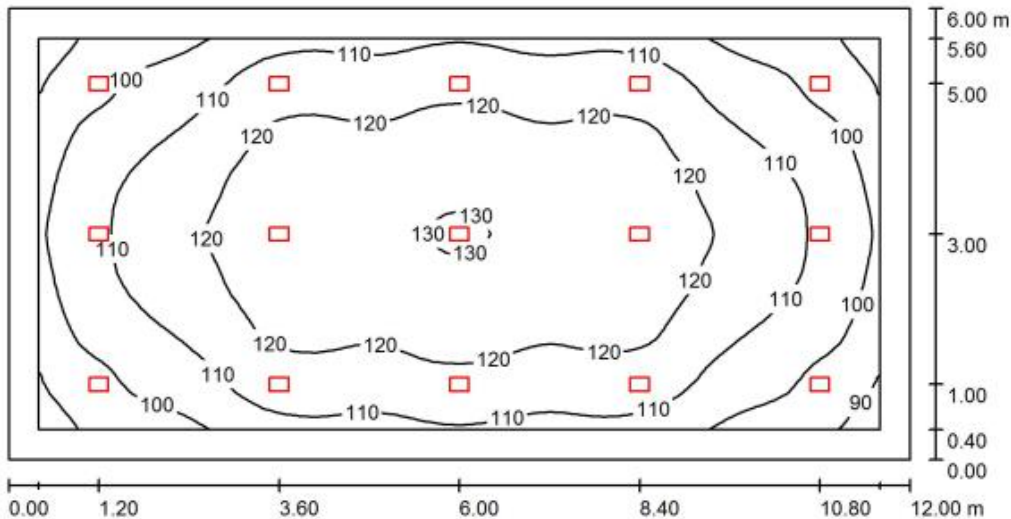
Рисунок 2.7 - Розподіл рівня освітленості по робочій поверхні для кімнати начальника цеху

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення кабінету начальника цеху нам необхідно СП на $P_{10}=312\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості для коридору, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.8;

Коридор / Резюме



Высота помещения: 4.000 м, Монтажная высота: 4.000 м, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:86

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	114	84	130	0.740
Полы	20	96	67	115	0.702
Потолок	70	47	30	623	0.651
Стенки (4)	50	79	47	130	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
 Растр: 64 x 32 Точки
 Краевая зона: 0.400 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	15	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 15350	Всего: 19950	195.0

Удельная подсоединенная мощность: $2.71 \text{ W/m}^2 = 2.38 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 72.00 m^2)

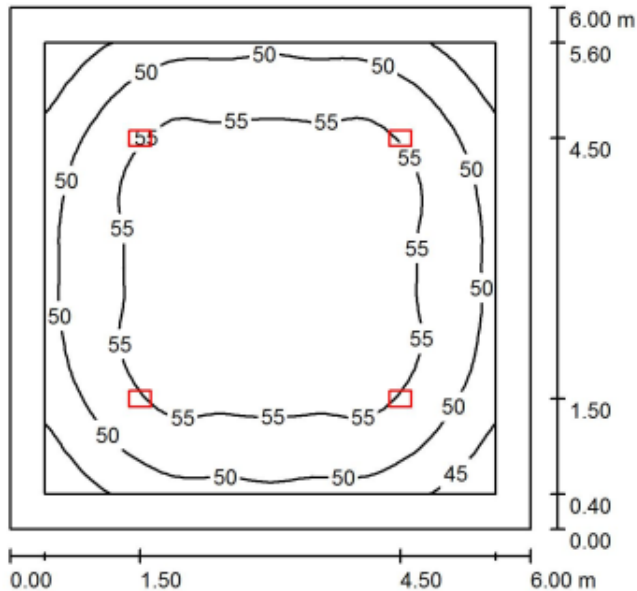
Рисунок 2.8 - Розподіл рівня освітленості для коридору

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для з освітлення приміщення коридору нам необхідно СП на $P_{11}=195\text{Вт}$.

Розподіл рівня освітленості для роздягалень, на висоті 0,8 м від підлоги з використанням СП з світлодіодними лампами, рис. 2.9;

Роздягальня / Резюме



Высота помещения: 4.000 м, Монтажная высота: 4.000 м,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:78

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{cp}}$
Рабочая плоскость	/	53	41	59	0.771
Полы	20	43	32	49	0.740
Потолок	70	24	15	446	0.636
Стенки (4)	50	38	21	58	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
Растр: 32 x 32 Точки
Краевая зона: 0.400 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	4	ТОВ "ОСП Корпорація "Ватра ДББ26У-12 (Тип 1)* (1.000)	1023	1330	13.0
*Измененные технические данные			Всего: 4093	Всего: 5320	52.0

Удельная подсоединенная мощность: $1.44 \text{ W/m}^2 = 2.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 36.00 m^2)

Рисунок 2.9 - Розподіл рівня освітленості для роздягалень

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Отже, з розрахунків програми ми бачимо що, для освітлення одного туалету нам необхідно СП на $P_{14}=52\text{Вт}$, а для двох таких роздягалень $P_{14-15}=2\cdot P_{14}=52\cdot 2=104\text{Вт}$.

За формулою (2.2) розрахуємо загальну потужність СП для цеху:

$$P_{\Sigma} = \sum P_i = 1260 + 5040 + 325 + 455 + 42 + 260 + 312 + 195 + 104 + 104 = 8097, \text{ Вт або } 8,1\text{кВт}.$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунок електричних навантажень цеху

3.1 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

До першого рівня електропостачання відносять всі окремо взяті електроприймачі напруг 380/220 В. Розрахункові повні, активні і реактивні навантаження для таких підключень визначаються за формулами (3.1 – 3.3). Якщо фактичні коефіцієнти завантаження $k_{з.і}$ невідомі, то дозволено приймати цей коефіцієнт рівний 1 при проектуванні електропостачання [8].

$$p_{p.1} = k_{з} \cdot p_{ном} , \quad (3.1)$$

$$q_{p.1} = p_{p.1} \cdot tg\varphi , \quad (3.2)$$

де $tg\varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi$, яке характерне для даного ЕП.

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2} , \quad (3.3)$$

Розрахунковий струм для першого рівня електропостачання розраховується за формулою:

$$I_{p.1} = \frac{s_{p.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , \quad (3.4)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електромережі до 1 кВ.

Пусковий струм для першого рівня електропостачання розраховується за формулою:

$$I_{пуск} = I_{p.1} \cdot k_{пуск} , \quad (3.5)$$

де $k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску.

При наявності не повних вихідних даних, які повинні братися з технологічного завдання від технологів, для токарних верстатів $k_{пуск} = 5$, $k_{пуск} = 2,5$ для двигунів постійного струму та АД з фазним ротором, а для електропечей опору $k_{пуск} = 1$ [8].

					MP 3.8.141.384 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Чала				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Петровський					37	106
Реценз.					СумДУ ЕТМ.-91		
Н. Контр.	Никифоров						
Затверд.	Лебединський						
					«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»		

Тепер приведемо приклад розрахунків для ЕП №19 за формулами (3.1) – (3.5). Звідси:

Розрахункові повні, активні і реактивні навантаження визначаються за формулами (3.1 – 3.3):

$$p_{p.1} = 1 \cdot 7 = 7, \text{ кВт}$$

$$q_{p.1} = 7 \cdot 0,75 = 5,3, \text{ кВар}$$

$$s_{p.1} = \sqrt{7^2 + 5,3^2} = 8,8, \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Розрахунковий струм для ЕП №19 визначимо за формулою(3.4):

$$I_{p.1} = \frac{8,8}{\sqrt{3} \cdot 380} = 13,3, \text{ А}$$

Пусковий струм для ЕП №19 визначимо за формулою(3.5):

$$I_{\text{пуск}} = 13,3 \cdot 5 = 66,5, \text{ А}$$

Отримані результати розрахунків для ЕП №19, та розрахованих по аналогії результати для всіх інших ЕП заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункове силове навантаження електроприймачів

№ на плані	Найменування ЕП	P _{ном} , кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові дані				
					p _{p.1} , кВт	q _{p.1} , кВар	S _{p.1} , кВ·А	I _{p.1} , А	I _{пуск} , А
1-4	Фарборозпилювач	0,5	0,5	1,73	0,5	0,9	1,0	2,6	13,1
5-8	Змішувач	2	0,65	1,17	2	2,3	3,1	8,1	40,4
9-12	Стіл механізований	1,5	0,65	1,17	1,5	1,8	2,3	6,1	30,3
13-16	Ваги електричні	0,5	0,65	1,17	0,5	0,6	0,8	2,0	10,1
17,18	Компресор	16	0,8	0,75	16	12,0	20,0	30,4	151,9
19-26	Вентилятор 1	7	0,8	0,75	7	5,3	8,8	13,3	66,5
27,28	Вентилятор 2	32	0,8	0,75	32	24,0	40,0	60,8	303,9
29,30	Фарб-суш камера	91	0,7	1,02	91	92,8	130	197	987,6

3.2 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

До другого рівня електропостачання відносять об'єднані в групи ЕП, які приєднані до ПРЄ. Так як, неможлива робота одночасно усіх ЕП на максимальному навантаженні, то результуюче навантаження буде менше від суми їх номінальних потужностей, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K_{p,a}$ і $K_{p,p}$ відповідно.

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , групового коефіцієнта використання активної потужності K_B та сталої часу нагрівання мережі $T_0 = 10$ хв.

Величина n_e визначається за формулою:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}^2}, \quad (3.6)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{\text{ном.}i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Знайдені значення n_e , для кожного з СРШ ми округляємо до найближчого меншого цілого числа. Число ефективних ЕП n_e , приймаємо як рівне дійсному числу ЕП n , за умови, що відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 [8].

Коефіцієнт використання активної потужності K_B для груп з різними ЕП на різну потужність та з різними режимами роботи визначається за формулою:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^k P_{\text{см.}i}}{\sum_{i=1}^k P_{\text{ном.}i}}, \quad (3.7)$$

де k – кількість характерних груп ЕП;

$P_{\text{см.}i}$ – групова середня активна потужність за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП;

$P_{\text{ном.}i}$ – групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП.

Дані показники визначаються за формулами:

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i}, \quad (3.8)$$

$$P_{ном.i} = \sum_{i=1}^n p_{ном.i}, \quad (3.9)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$k_{в.i}$ – коефіцієнт використання активної потужності i -го ЕП;

$p_{ном.i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Коефіцієнти використання активної потужності $k_{в}$ беремо в технічній та довідковій літературі. Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{р.а}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі.

Для другого рівня електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{р.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{р.2}$ для n ЕП можемо отримати з формул:

$$P_{р.2} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см.i}, \quad (3.10)$$

$$Q_{р.2} = K_{р.р} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} \cdot tg\varphi_{ном.i} = K_{р.р} \cdot \sum_{i=1}^n q_{см.i}, \quad (3.11)$$

де $p_{см.i}$, $q_{см.i}$ – середні активна та реактивна потужності за максимально завантаженою зміну i -го ЕП відповідно;

$tg\varphi_{ном.i}$ – відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi_{ном.i}$, яке характерне для даного виду ЕП.

Для вказаної формули (3.11) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K_{р.р}$ при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{р.р} = 1.1$, а при $n_e > 10$ приймається $K_{р.р} = 1$ [8].

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається за формулою

$$S_{р.2} = \sqrt{P_{р.2}^2 + Q_{р.2}^2}, \quad (3.12)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{р.2} = \frac{S_{р.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.13)$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер приведемо приклад розрахунків для СРШ1 за формулами (3.6) – (3.13). Звідси:

Величина n_e визначається за формулою(3.6):

$$n_e = \frac{(7 \cdot 8 + 4 \cdot 0,5 + 2 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4 + 16 \cdot 2)^2}{7^2 \cdot 8 + 0,5^2 \cdot 4 + 2^2 \cdot 4 + 1,5^2 \cdot 4 + 0,5^2 \cdot 4 + 16^2 \cdot 2} = 12,$$

Далі визначаються показники за формулами (3.8 - 3.9):

$$P_{см.і} = 7 \cdot 0,7 + 0,6 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,45 + 0,5 \cdot 0,4 + 16 \cdot 0,8 = 72,7 \text{ ,кВт}$$

$$P_{ном.і} = 2 + 8 + 6 + 2 + 32 + 56 = 106 \text{ , кВт}$$

Звідси коефіцієнт використання активної потужності за формулою (3.7):

$$K_B = \frac{72,7}{106} = 0,69 \text{ ,}$$

Розрахункові повні, активні і реактивні навантаження визначаються за формулами (3.10 – 3.12):

$$P_{p.2} = 1 \cdot 72,7 = 72,7 \text{ , кВт}$$

$$Q_{p.2} = 1 \cdot 58,5 = 58,5 \text{ , кВАр}$$

$$S_{p.2} = \sqrt{72,7^2 + 58,5^2} = 93,3 \text{ , кВ} \cdot \text{А}$$

При цьому розрахунковий струм за формулою (3.13) дорівнює:

$$I_{p.2} = \frac{93,3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 141,8 \text{ , А}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку електричних навантажень для СРШ1

Найменування груп ЕП	Еф. кільк. ЕП n _e , шт.	Коеф. розрах. нав.		Розрах. навантаження			Розрах. струм I _p , А
		K _{p.a}	K _{p.p}	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВ·А	
Всього по СРШ 1	12	1	1	72,7	58,5	93,3	141,8

Отримані результати розрахунків для СРШ1, та розраховані по аналогії результати для СРШ2 та СРШ3 заносимо в таблицю 3.4.

3.3 Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання

Третій рівень визначається електричним навантаженням на збірних шинах НН цехових ТП або ШМА. Так само як і для другого рівня, характерним є те що, неможлива робота одночасно усіх ЕП на максимальному навантаженні, то результуюче навантаження буде менше від суми їх номінальних потужностей, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K_{p,a}$ і $K_{p,r}$ відповідно.

На даному третьому рівні електропостачання визначення коефіцієнта розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ також залежить і від n_e і від групового коефіцієнта використання активної потужності та сталої часу нагрівання мережі $T_0 = 2,5$ години.

В цьому рівні електропостачання залежно від значної кількості ЕП величина ефективної кількості ЕП n_e визначається через формулу:

$$n_e = 2 \cdot \sum_{i=1}^m p_{ном.i} / p_{ном.макс} , \quad (3.14)$$

де m – усі ЕП в групі, які живляться від НН ЦТП;

$p_{ном.макс}$ – номінальна активна потужність найбільш потужного ЕП.

Якщо знайдене за формулою (3.14) значення $n_e > n$, то приймається $n_e = n$. Значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [8].

З огляду на розраховані вище даних, розрахункове силове активне навантаження $P_{p,3}$ та розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p,3}$ на третьому рівні електропостачання розраховуємо по формулах:

$$P_{p,3} = K'_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K'_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n P_{см.i} , \quad (3.15)$$

$$Q_{p,3} = K'_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{см.i} , \quad (3.16)$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для третього рівня електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ і розрахункових реактивних навантажень $K'_{p,p}$ будуть рівними між собою ($K'_{p,a} = K'_{p,p}$).

Повне силове розрахункове електричне навантаження для цеху визначається за формулою:

$$S_{p,3} = \sqrt{P_{p,3}^2 + Q_{p,3}^2}, \quad (3.17)$$

Виходячи з цього ми визначаємо розрахунковий струм:

$$I_{p,3} = \frac{S_{p,3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.18)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ.

Тепер приведемо приклад розрахунків для СРШІ за формулами (3.14) – (3.18). Звідси:

Величина n_e визначається за формулою(3.14):

$$n_e = \frac{2 \cdot (7 \cdot 8 + 4 \cdot 0,5 + 2 \cdot 4 + 1,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 4 + 16 \cdot 2 + 32 \cdot 2 + 91 \cdot 2)}{91} = 7,$$

Розрахункові повні, активні і реактивні навантаження визначаються за формулами (3.10 – 3.12):

$$P_{p,3} = 0,85 \cdot 259,9 = 220,9, \text{ кВт}$$

$$Q_{p,3} = 0,85 \cdot 238,3 = 202,5, \text{ кВАр}$$

$$S_{p,3} = \sqrt{220,9^2 + 202,5^2} = 299,7, \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

При цьому розрахунковий струм за формулою (3.13) дорівнює:

$$I_{p,3} = \frac{299,7}{\sqrt{3} \cdot 380} = 455,3, \text{ А}$$

Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю 3.3. та в таблицю 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку електричних навантажень третього рівня електропостачання

Найменування груп ЕП	Розрах. навантаження			Розрах. струм I_p , А
	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВ·А	
3-й рівень електропостачання	220,9	202,5	299,7	455,3

3.4 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Розрахунки проведені на третьому рівні електропостачання потрібні для вибору відповідної номінальної потужності трансформаторів і для подальших розрахунків потужності пристроїв компенсації реактивної потужності електроспоживачів.

Коли обчислюємо загальне розрахункове навантаження цехової трансформаторної підстанції з врахуванням розрахункового навантаження освітлення цеху приймаємо коефіцієнт одночасності збігання максимумів навантаження $K_0 = 1$.

Дані які необхідні нам для подальших розрахунків ми беремо з попередніх підрозділів 2.3, 3.2 і 3.3.

Загальне розрахункове активне навантаження цехової трансформаторної підстанції обчислюємо за формулою:

$$P_{p.ЦТП} = P_{p.з} + P_{p.o} + P_{p.a.o} \quad (3.19)$$

Обчислення загального розрахункового реактивне навантаження цехової трансформаторної підстанції обчислюємо за формулою:

$$Q_{p.ЦТП} = Q_{p.з} + Q_{p.o} + Q_{p.a.o} \quad (3.20)$$

Тепер можемо розрахувати, загальне розрахункове повне навантаження ЦТП за формулою:

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{P_{p.ЦТП}^2 + Q_{p.ЦТП}^2}, \quad (3.21)$$

При цьому розрахунковий струм буде:

$$I_{p.ЦТП} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.22)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до або понад 1 кВ.

Для визначення навантаження аварійного освітлення шляхом розрахунків, ми приймаємо 10% від загального робочого навантаження.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальне розрахункове активне навантаження цехової трансформаторної підстанції обчислюємо за формулою (3.19):

$$P_{p.ЦТП} = 220,9 + 7,7 + 0,77 = 229,4, \text{ кВт}$$

Обчислення загального розрахункового реактивного навантаження цехової трансформаторної підстанції обчислюємо за формулою(3.20):

$$Q_{p.ЦТП} = 202,5 + 2,24 + 0,22 = 205, \text{ кВАр}$$

Тепер можемо розрахувати, загальне розрахункове повне навантаження ЦТП за формулою(3.21):

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{229,4^2 + 205^2} = 307,6 ,$$

При цьому розрахунковий струм буде визначатися за формулою(3.22):

$$I_{p.ЦТП} = \frac{307,6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 467,4 , \text{ А}$$

Розрахункові дані заносимо до таблиці 3.4.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку електричних навантажень

Найменування груп ЕП	Кіл-ть. ЕП n, шт	Номінальна потужність, кВт		Коеф. викор., $K_{\text{в}}$	Коеф. потужності		Сер. нав. за макс. завантажену зміну		Еф. кільк. ЕП не шт.	Коеф. розрах. нав.		Розрах. навантаження			Розрах. струм I_p , А
		одного ЕП, $P_{\text{ном}}$	загальна, $P_{\text{ном}}$		$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{\text{см}}$, кВт	$Q_{\text{см}}$, кВар		$K_{p,a}$	$K_{p,p}$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВ·А	
Фарборозпилювачі	4	0,5	2	0,6	0,5	1,73	1,2	2,1							
Змішувач	4	2	8	0,4	0,65	1,17	3,2	3,7							
Стіл механізований	4	1,5	6	0,45	0,65	1,17	2,7	3,2							
Ваги електричні	4	0,5	2	0,4	0,65	1,17	0,8	0,9							
Компресор	2	16	32	0,8	0,8	0,75	25,6	19,2							
Вентилятор 1	8	7	56	0,7	0,8	0,75	39,2	29,4							
Всього по СРШ 1	26		106	0,69			72,7	58,5	12	1	1	72,7	58,5	93,3	141,8
Вентилятор 2	2	32	64	0,65	0,8	0,75	41,6	31,2							
Всього по СРШ 2	2		64	0,65			41,6	31,2	2	1	1,1	41,6	34,3	53,9	81,9
Фарбувально-сушильна камера	2	91	182	0,8	0,7	1,02	145,6	148,5							
Всього по СРШ 3	2		182	0,80			145,6	148,5	2	1	1,1	145,6	163,4	218,9	332,5
3-й рівень електропостачання	30		352	0,74			259,9	238,3	7	0,85	0,85	220,9	202,5	299,7	455,3
Робоче освітлення			8,1	0,95	0,96	0,29						7,70	2,24	8,0	12,2
Аварійне освітлення												0,77	0,22	0,8	
Усього на шинах НН ЦТП												229,4	205,0	307,6	467,4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.384

Аркуш

46

3.5 Розрахунок пікових струмів

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП напругою до 1 кВ, при активно індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом [8]:

$$I_{\text{пік}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{p,2} - k_B \cdot I_{\text{ном.макс}}), \quad (3.23)$$

де $I_{p,2}$ – розрахунковий струм усіх ЕП групи;

k_B – коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ – номінальний струм ЕД за найбільшим пусковим струмом.

Вихідні дані для розрахунку найбільших пускових струмів ЕД $I_{\text{пуск.макс}}$ для групи ЕП вибираємо з таблиці 3.1

Піковий струм ЕП №17 визначаємо за формулою (3.23):

$$I_{\text{пік}} = 151,9 + (141,8 - 0,8 \cdot 30,4) = 269,4, \text{ А}$$

Отримані результати наших розрахунків заносимо в таблицю 3.5

Таблиця 3.5 – Розрахунки пікових струмів

Найменування ПРЄ	Дані найпотужнішого ЕП		Розрахунковий струм I_p , А	Коефіцієнт використання, кВ	Піковий струм $I_{\text{пік}}$, А
	Номінальний струм $I_{\text{ном.макс}}$, А	Пусковий струм $I_{\text{пуск.макс}}$, А			
СРШ 1 - №17	30,4	151,9	141,8	0,80	269,4
СРШ 2 - №27	60,8	303,9	81,9	0,65	346,3
СРШ 3 - №29	197,5	987,6	332,5	0,80	1162,1

4 Вибір номінальної потужності трансформатора цехової підстанції та пристроїв компенсації реактивної енергії

4.1 Вибір силового трансформатора для даного цеху

Кількість трансформаторів, яку треба встановити, головним чином залежить від категорії споживачів, що підключаються до ПС та потужності необхідної для нормальної роботи всіх ЕП. На ПС, що містять споживачів I категорії, необхідна установка двох трансформаторів.

Цехові ПС з одним трансформатором, найчастіше, використовують коли:

- для електроприймачів третьої категорії надійності;
- при можливості резервування на вторинній напрузі.

Також у випадках, коли ЕП третьої категорії переважають, але мають місце і ЕП другої категорії надійності, доцільно буде здійснити взаємне резервування на стороні НН з найближчими ЦТП.

Цехові ПС з двома трансформатором, найчастіше, використовують :

- при наявності більшості ЕП з категорією надійності 1 та 2, а ще і при наявності ЕП особливої групи;
- при нерівномірних графіках навантаження
- для великого навантаження;
- економічній доцільності у порівнянні з одотрансформаторними ПС.

Цехові ПС з трьома і більше трансформаторами, найчастіше, виконують при:

- техніко-економічному обґрунтуванні;
- потужних зосереджених навантаженнях;
- встановленні для освітлювальної і силової мереж окремих трансформаторів.

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чала				«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Петровський						48	106
Реценз.								
Н. Контр.	Никифоров							
Затверд.	Лебединський							
						СумДУ ЕТм.-91		

Виходячи з вище наведеного для нашого випадку буде доцільне застосування двотрансформаторної ЦТП з первинною напругою 6 кВ.

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження трансформатора за емпіричною формулою [9]:

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.ЦТП}}}{N \cdot \beta_T} = \frac{229,4}{2 \cdot 0,7} = 163,9 \quad (4.1)$$

де $S_{\text{ном.т.р}}$ – повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$P_{\text{р.ЦТП}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження ЦТП з підрозділу 3.4;

N – кількість трансформаторів ТП;

β_T – коефіцієнт завантаження трансформатора (для двотрансформаторної ПС $\beta_T = 0,7$).

Отже, вибираємо 2КТПВ250–6/0,4–УХЛЗ, що комплектується двома трансформаторами типу ТМЗ-250/6/0,4 номінальною потужністю 250 кВА кожен.

Основні технічні дані вибраного трансформатора наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Технічні дані трансформатора

Тип	Ном. потужність, $S_{\text{ном}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	Ном. напруга, кВ		Втрата акт. потужності, кВт		Напруга КЗ $U_K, \%$	Струм ХХ, $I_x, \%$	Схема і група з'єднань обмоток	Розрахункові дані		
		ВН	НН	ΔP_K	ΔP_x				$r_T, \text{Ом}$	$x_T, \text{Ом}$	$\Delta Q_x, \text{кВар}$
ТМЗ-250/6	250	6	0,4	3,7	0,74	4,5	2,3	$\Delta/Y_{\text{н-11}}$	5,9	18	4,5

4.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ

Як відомо, зменшення споживання реактивної потужності, яка перетікає між джерелами живлення і ЕП є економічно доцільним, і, як наслідок, зумовлює зменшення величини збитків від втрат напруги та активної і реактивної потужності в складових частинах СЕП [10].

У нашому випадку $S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}}$, отже через встановлені трансформатори доцільно передавати реактивну потужність від джерела до споживачів в мережу до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження β_T . Таку реактивну потужність можна визначити за формулою :

$$Q_T = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_{\text{ном.т}})^2 - P_{\text{р.ЦТП}}^2} \quad (4.2)$$

Звідси:

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 250)^2 - 229,4^2} = 264,3 \text{ кВар,}$$

Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається як:

$$Q_{\text{н.к}} = Q_{\text{р.ЦТП}} - Q_T \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{р.ЦТП}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження ЦТП(з підрозділу 3.4).

Отже:

$$Q_{\text{н.к}} = 205 - 264,3 = -59,3$$

Якщо $Q_{\text{н.к}} \leq 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4кВ не потрібно.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Вибір перерізу провідників

При проектуванні електропостачання нам необхідно вибрати перерізи наступних провідників:

- кабельні лінії напругою 6кВ, що з'єднують між собою трансформатори цехових ПС з шинами РП;
- силової живильної мережі до 1 кВ;
- розподільних мереж від СРШ до ЕП;
- освітлювальної мережі.

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, перевантаженому і аварійному (КЗ) режимах роботи СЕП.

Вибір перерізу провідників у загальному випадку визначається за економічною густиною струму, нагріванням, втратами й відхиленнями напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю (природно, що ізоляція провідників має відповідати класу напруги) [8 , 11].

5.1 Вибір перерізу кабельної лінії напругою понад 1 кВ

В даній дипломній роботі необхідно вибрати переріз кабельної лінії напругою понад 1 кВ, а в нашому випадку 6 кВ, що здійснюється при нормальному режимі навантаження, а перевірка вибраного перерізу - за максимальним режимом навантаження і на стійкість за аварійним режимом. Перевірку на умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів проводити не потрібно, бо мінімальний переріз алюмінієвої жили для кабелів становить 2,5 мм², мідної — 1,5 мм², що відповідає мініимальному перерізу провідника[8].

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Чала</i>				<i>«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Петровський</i>						51	106
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТМ.-91		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лебединський</i>							

5.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом

При виборі перерізу кабелю, який живить ЦТП з трансформатором (трансформаторами) 6/0,4 кВ, як струм нормального режиму $I_{\text{норм}}$ при радіальній схемі незалежно від числа трансформаторів ЦТП приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається за паспортними даними трансформатора таблиці 4.1.

Виберемо кабель марки ААШв, кількість годин використання максимуму навантаження за рік $T_{\text{макс}} = 5000 \text{ ч/год}$, прокладку кабелю передбачити в одній траншеї при температурі ґрунту $T_{\text{ср}} = 20^\circ\text{C}$, коефіцієнт допустимого перевантаження кабелю $K_{\text{пер}} = 1$, початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ в максимальному режимі $I_{\text{п.о}} = 6 \text{ кА}$.

Визначимо номінальний первинний струм трансформатора:

$$I_{\text{ном.Т}} = \frac{S_{\text{ном.Т}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном.Т}}} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 6} = 24,1 \text{ А}, \quad (5.1)$$

де $S_{\text{ном.Т}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{\text{ном.Т.1}}$ - номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Для кабелів з паперовою ізоляцією з алюмінієвими жилами при $T_{\text{макс}} = 5000 \text{ ч/год}$ з довідкових матеріалів економічна щільність струму $J_{\text{ек}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$.

Далі розраховуємо економічно вигідний переріз кабелю за нормального режиму роботи як:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{ном.Т}}}{J_{\text{эк}}} = \frac{24,1}{1,2} = 20 \text{ мм}^2, \quad (5.2)$$

де $I_{\text{норм}}$ - струм нормального режиму, А;

$J_{\text{ек}}$ - нормоване значення економічно вигідної густини струму, А/мм².

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{\text{ек}}$ округляється до найближчого більшого або меншого стандартного перерізу $S_{\text{СТ}}$, мм².

Вибираємо найближчий стандартний переріз кабелю $S_{\text{ЭК}} = 25 \text{ мм}^2$.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.2 Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I_{доп}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 ПУЕ, порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_{ф}$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$.

При нормованій тривало допустимій температурі кабелю марки ААШв напругою 6 кВ $T_{ж.н} = 65^{\circ}\text{C}$, нормованій тривало допустимій температурі середовища $T_{сер.н} = 15^{\circ}\text{C}$ і фактичній температурі навколишнього середовища $T_{сер} = 20^{\circ}\text{C}$ поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища за формулою:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{T_{ж.н} - T_{сер}}{T_{ж.к} - T_{сер.н}}} \quad (5.3)$$

З таблиці 1.3.3 ПУЕ поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер} = 0,94$.

Поправковий коефіцієнт на кількість кабелів при прокладці кабелю всередині приміщення цеху приймається $K_{пр} = 1$.

Тому ми вибираємо з таблиці довідкових матеріалів для трижильних кабелів марки ААШв напругою 6 кВ і перерізом жили 25 мм^2 при прокладенні у землі допустимий тривалий струм $I_{доп} = 125 \text{ А}$ за формулою:

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot K_{пр} \cdot I_{доп} \quad (5.4)$$

Звідси : $I'_{доп} = 1 \cdot 0,9 \cdot 125 = 119 \text{ А}$.

За початковими даними передбачено резервування на стороні НН , тому приймається коефіцієнт допустимого резервування $K_{рез} = 1,4$.

Умова перевірки перерізу кабелю в режимі максимального навантаження повинна виконуватися за формулою:

$$I'_{доп} K_{пр} \geq K_{рез} I_{ном.Т} \quad (5.5)$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$1 \cdot 119 > 1,4 \cdot 24,1 = 119 > 33,7 \text{ А}$$

Струм форсованого режиму I_{ϕ} для двотрансформаторних ПС з резервуванням між сусідніми ПС за допомогою кабельних перемичок при напрузі до 1 кВ приймається $K_{рез} = 1,3$, при резервуванні за допомогою шинних перемичок НН — $K_{рез} = 1,4$, без резервування — $K_{рез} = 1,0$ за відсутності даних.

Якщо ж умова за формулою (5.4) не виконується, то потрібно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю, щоб дана умова виконувалась, при повторному перерахунку.

5.1.3 Перевірка перерізу кабелю на термічну стійкість

При напрузі понад 1 кВ кабелі, які захищаються запобіжниками, на термічну стійкість при КЗ не перевіряються.

Термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом кабелю (мм^2), термостійким до струмів КЗ.

З таблиці довідника для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією при напрузі 6 кВ приймається температурний коефіцієнт $C = 92 \text{ Ас}^{1/2} / \text{мм}^2$. Дійсний час КЗ приймається $t = 0,2 \text{ с}$.

Найменший переріз кабелю, який є термостійким до струмів КЗ, визначається за формулою:

$$S_{\text{мин}} = \frac{I_K \sqrt{t}}{C} \quad (5.6)$$

Звідси:

$$S_{\text{мин}} = \frac{6 \times 10^3 \sqrt{0,2}}{92} = 29,2 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, $S_{\text{ст}} = 25 \text{ мм}^2 < S_{\text{мин}} = 29,2 \text{ мм}^2$, тому візьмемо нове найближче більше значення стандартного перерізу кабелю $S'_{\text{ст}} = 35 \text{ мм}^2$. Тому, остаточно вибираємо кабель ААШв - 6 (3х35).

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз живильних мереж в основному вибирають за умовами нагрівання або за економічною густиною струму лише в разі досить великої кількості годин використання максимуму навантаження (понад 4000-5000 год), яка в цехових електричних мережах буває досить рідко.

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку (загорання ізоляції) може призвести до пожежі. Тому для всіх видів провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму й класу ізоляції.

Як критерій допустимості того чи іншого режиму за нагріванням використовують сумарний вплив на строк служби провідника максимальної температури й тривалості зносу ізоляції за розглянутий період. При різких піках навантаження більшу небезпеку становить можливість перевищення максимально допустимої температури, якщо графік навантаження рівномірний, більшу вагу має складова теплового зносу ізоляції [8].

5.2.1 Вибір перерізу кабелю

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового [8, 11]:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.2}}, \quad (5.7)$$

де $I_{\text{р.2}}$ – розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання;

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимий тривалий струм для кабелів з урахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{попр}}$ так:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}}, \text{ А}, \quad (5.8)$$

де $K_{\text{попр}} = 0,92$ [8, 11].

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості поправковий коефіцієнт $K_{\text{пр}} = 1$, нормована температура $T_{\text{сер.н}} = 25$ °С.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата.

Форсований режим в електричних машинах напругою до 1 кВ буває досить рідко.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{p.2} \cdot R_{\text{кб}} + Q_{p.2} \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \% \quad (5.9)$$

де $P_{p.2}$ і $Q_{p.2}$ – максимальні розрахункові активні і реактивні навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

$R_{\text{кб}}$ і $X_{\text{кб}}$ – активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ;

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами

$$R_{\text{кб}} = r_{\text{п}} \cdot l_{\text{кб}}, \quad (5.10)$$

$$X_{\text{кб}} = x_{\text{п}} \cdot l_{\text{кб}}, \quad (5.11)$$

де $r_{\text{п}}$ і $x_{\text{п}}$ – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;

$l_{\text{кб}}$ – довжина кабелю, км.

Якщо величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5%), то можна вважати, що переріз кабелю вибраний правильно.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі перерізу кабелю до СРШ2 попередньо вибираємо АВВГ 4х35.
Для нього: $I'_{\text{доп}} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 90 = 86,9, \text{ А}$,

$$86,9 \geq 81,9.$$

Умова виконується.

Активний і реактивний опори кабелю АВВГ 4х35 до СРШ2 обчислюють за формулами:

$$R_{\text{кб}} = 0,894 \cdot 105 = 0,094,$$

$$X_{\text{кб}} = 0,088 \cdot 105 = 0,009,$$

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{41,6 \cdot 0,094 + 34,3 \cdot 0,009}{10 \cdot 380^2} = 2,92, \%$$

Результати розрахунків вибору перерізів живильної мережі до ПРЕ цеху (СРШ1, СРШ2, СРШ3) наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вибір перерізу кабелів живильної мережі ділянок

Кабель до ПРЕ	$S_{\text{ст}}, \text{ мм}^2$	$I'_{\text{доп}}, \text{ А}$	$I_{\text{р.2}}, \text{ А}$	$\Delta U_{\text{кб}}, \%$	Тип кабелю
До СРШ1	25	144,9	141,8	2,69	АВВГ 2(3х25+1х16)
До СРШ2	35	86,9	81,9	2,92	АВВГ (4х35)
До СРШ3	50	338,8	332,5	1,73	АВВГ 3(3х50+1х25)

5.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу(кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.2}}, \quad (5.12)$$

де $I_{p.1}$ – розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання (номінальний струм ЕП);

Допустимий тривалий струм для проводів $I_{доп}$ з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться в табл 1.3.5 ПУЕ.

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається як

$$\Delta U_{кб} = \frac{p_{p.1} \cdot R_{пр} + q_{p.1} \cdot X_{пр}}{10 \cdot U_{ном}^2}, \% \quad (5.13)$$

де $p_{p.1}$ і $q_{p.1}$ – максимальні розрахункові активні і реактивні навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і квар;

$R_{кб}$ і $X_{кб}$ – активний і реактивний опори проводів відповідно, Ом;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ;

Активний і реактивний опори проводів обчислюють за формулами

$$R_{пр} = r_{п} \cdot l_{пр}, \quad (5.14)$$

$$X_{пр} = x_{п} \cdot l_{пр}, \quad (5.15)$$

де $r_{п}$ і $x_{п}$ – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;

$l_{кб}$ – довжина проводу, км [8].

При виборі перерізу кабелю до СРШ2 попередньо вибираємо АВВГ 4х35.

Для нього: $I'_{доп} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 19 = 18,4$, А,

$$18,4 \geq 13,3.$$

Умова виконується.

Активний і реактивний опори кабелю АВВГ 4х35 до СРШ2 обчислюють за формулами:

$$R_{кб} = 12,3 \cdot 15 = 0,185,$$

$$X_{кб} = 0,126 \cdot 15 = 0,002,$$

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{кб} = \frac{7 \cdot 0,185 + 5,3 \cdot 0,002}{10 \cdot 380^2} = 0,9 \%,$$

Результати розрахунків для вибору перерізу кабелів розподільчої мережі, аналогічно як до ЕП №19, наводяться в таблиці 5.2.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема підключення обладнання наведена в додатку Б.

Таблиця 5.2 – Вибрані перерізи проводів розподільчої мережі від СРШ до електроприймачів

Провід до ЕП	$S_{ст}, мм^2$	$I'_{доп}, А$	$I_{р.1}, А$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип кабелю
1-4	1,5	20,3	2,6	0,04	ВБВнг(А) (3x1,5)
5-8	1,5	20,3	8,1	0,18	ВБВнг(А) (3x1,5)
9-12	1,5	20,3	6,1	0,13	ВБВнг(А) (3x1,5)
13-16	1,5	20,3	2,0	0,04	ВБВнг(А) (3x1,5)
17-18	4	31,9	30,4	0,63	ВБВнг(А) (4x4)
19-26	1,5	18,4	13,3	0,9	ВБВнг(А) (4x1,5)
27-28	16	75,3	60,8	0,13	ВБВнг(А) (4x16)
29-30	95	233,8	197,5	0,16	ВБВнг(А) (4x95)

5.4 Електротехнічний розрахунок освітлювальної мережі робочого та аварійного освітлення за втратою напруги

Провідники освітлювальних мереж, обрані за конструктивним виконанням, повинні задовольняти вимогам механічної міцності, умовам нагрівання і допустимих втрат напруги.

З огляду на велику довжину мереж електричного освітлення і незначного струмового навантаження на них відносно довгостроково припустимого струму, основним при виборі перетинів провідників є розрахунок їх за втратами напруги.

Допустимі втрати напруги в освітлювальних мережах визначаються, виходячи з необхідності мати у джерел світла величини напруги не нижче певних значень.

Згідно ПУЕ зниження напруги в найбільш віддалених ламп повинно бути не більше 5 %. Підвищення напруги у ламп повинно бути не більше 105 % від номінального. Таким чином, перетини проводів освітлювальної мережі повинні бути вибрані з урахуванням вищесказаного.

Існує метод розрахунку перетинів на мінімум провідникового матеріалу, що одночасно враховує як умови втрат напруги, так і умови мінімуму наведених витрат на створення мережі освітлення.

Величина передбачених (допустимих) втрат напруги в мережі визначається з виразу:

$$\Delta U_{Д} = U_{\max} - \Delta U_{Т} - U_{\min}, \quad (5.16)$$

де $U_{x.x}$ – максимально допустиме значення напруги при холостому ході трансформатора у відсотках від номінального, приймається таким, що дорівнює 105 %;

U_{\min} – мінімальне допустиме значення напруги у самого віддаленого світильника у відсотках від номінального, приймається таким, що дорівнює 97.5 %;

$\Delta U_{Т}$ – втрата напруги у трансформатора, що живить мережу, приведена до вторинної напруги, %.

Втрата напруги $\Delta U_{Т}$ залежить від потужності трансформатора, його завантаження, коефіцієнта потужності електроприймачів живлення і визначається з достатнім наближенням за формулою:

$$\Delta U_{Т} = \beta (U_{a.m} \cos \varphi + U_{p.m} \sin \varphi), \quad (5.17)$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформатора;

$U_{a.т}$ і $U_{p.т}$ – активна й реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора, %;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності на затискачах вторинної обмотки трансформатора.

Значення $U_{a.т}$ та $U_{p.т}$ визначаються такими рівняннями:

$$U_{a.m} = (\Delta P_{к} / S_{н}) \cdot 100\%, \quad (5.18)$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{p.m} = \sqrt{U_k^2 - U_{a.m}^2}, \quad (5.19)$$

де P_k – втрати короткого замикання, кВт;

S_n – номінальна потужність трансформатора, кВ·А;

U_k – напруга короткого замикання, %.

Для кожної ділянки мережі розраховуємо момент навантаження за формулою:

$$M_i = P_i \cdot L_i, \text{ кВт} \cdot \text{м} \quad (5.20)$$

Розрахуємо переріз кабелю для ОП до кімнати начальника цеху.

Момент навантаження визначаємо за формулою (5.20):

$$M_1 = 0,312 \cdot 35 = 10,9, \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Аналогічно проводимо розрахунки до інших ОП. Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.3

Таблиця 5.3 – Моменти навантаження окремих ділянок

i	Кабінет начальника	Туалети	Роздягальні	Освітлення цеху	Склад готової продукції	Вентиляційна	Коридор	Кімната відпочинку	Склад красок	ЩО1	ЩО2	ЩО3	ЩРО
P_i , кВт	0,31	0,1	0,1	6,3	0,46	0,04	0,2	0,26	0,33	0,52	7,58	0,78	8,1
L_i , м	35	32	56	487	143	24	51	63	85	16	93	5	10
M_i , кВт·м	10,9	3,3	5,8	3068,1	65,1	1,0	9,9	16,4	27,6	8,3	704,7	3,9	80,9

Приведений момент навантаження для ділянки:

$$M_{пр,i} = \sum M + \sum \alpha t, \quad (5.21)$$

де α – коефіцієнт приведення моментів (з довідникових матеріалів).

Потрібний переріз жил кабелю для ділянки:

$$S_i = M_{пр,i} / (C_i \cdot \Delta U_i), \quad (5.22)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідника, номінальної

напруги і кількості проводів на ділянці мережі(з довідникових матеріалів).

Дійсна втрата напруги на ділянці:

$$\Delta U_i = M_i / (C_i \cdot S_i), \quad (5.23)$$

Розрахункові втрати напруги для наступних ділянок

$$\Delta U_i = \Delta U_{i-1} - \Delta U_{ii}, \quad (5.24)$$

Визначаємо дійсні втрати напруги на цехових ділянках

Формула для розрахунку:

$$\Delta U_i = M_i / (C_i \cdot S_i), \quad (5.25)$$

Приведений момент навантаження для ділянки до кімнати начальника цеху:

$$M_{пр,1} = 8,32 + 10,9 + 3,3 + 5,8 = 28,4,$$

Потрібний переріз жил кабелю для ділянки:

$$S'_1 = \frac{28,4}{(7,4 \cdot 4,76)} = 0,32,$$

Обираємо ближчий найбільший допустимий переріз $S_1 = 2,5$

Дійсна втрата напруги на ділянці:

$$\Delta U_1 = \frac{10,9}{(7,4 \cdot 2,5)} = 1,10,$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги

<i>i</i>	Кабінет начальника	Туалети	Роздягальні	Освітлення цеху	Склад готової продукції	Вент-на	Коридор	Кімната відпочинку	Склад красок
$M_i, \text{кВт}\cdot\text{м}$	10,9	3,3	5,8	3068,1	65,1	1,0	9,9	16,4	27,6
C_i	7,4	7,4	7,4	44	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
$\Delta U_{роз,i}, \%$	4,76	4,76	4,76	4,75	4,75	4,75	4,54	4,54	4,54
$S'_i, \text{мм}^2$	0,31	0,09	0,17	14,68	1,9	0,03	0,31	0,51	0,86
$S_i, \text{мм}^2$	2,5	2,5	2,5	95	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$\Delta U_i, \%$	1,10	0,34	0,59	51,1	6,57	0,10	1,01	1,66	2,79

Для визначення розрахункових струмів окремих ділянок використовуємо формули (5.25) та (5.26):

- для чотирипровідних мереж

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi}, \text{ А} \quad (5.26)$$

- для двопровідних мереж:

$$I_p = \frac{P}{U_\phi \cos \varphi}, \text{ А} \quad (5.27)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахункові значення струмів окремих ділянок

<i>i</i>	Кабінет начальника	Туалети	Роздягальні	Освітлення цеху	Склад готової продукції	Вентиляційна	Коридор	Кімната відпочинку	Склад красок	ЩО1	ЩО2	ЩО3	ЩРО
P_i , кВт	0,31	0,1	0,1	6,3	0,46	0,04	0,2	0,26	0,33	0,52	7,58	0,78	8,1
I_{pi} , А	1,77	0,59	0,59	20,67	2,59	0,24	1,11	1,48	1,85	2,96	24,86	4,43	15,38

При виборі допустимих значень струмів використовуємо додаток Г [10].

Результати вибору заносимо в таблицю 5.6 та таблицю 5.7.

Таблиця 5.6 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для ділянок до ЩО та ЩРО

<i>i</i>	ЩРО	ЩО1	ЩО2	ЩО3
Вид провідника	Кабель чотири- жильний з алюмінієвими жилами	Кабель двожильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири- жильний з алюмінієвими жилами	Кабель двожильний з алюмінієвими жилами
Спосіб прокладення	В повітрі	В повітрі	В повітрі	В повітрі
S_i , мм ²	35	4	25	2,5
I_{pi} , А	15,38	2,96	24,86	4,43
I_{don} , А	81	29	68	21

Таблиця 5.7 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для цехових ділянок і приміщень

<i>i</i>	Кабінет начальника	Туалети	Роздягальні	Освітлення цеху	Склад готової продукції	Вентиляційна	Коридор	Кімната відпочинку	Склад красок
Вид провідника	провід з полівінілхлоридною ізоляцією								
Спосіб прокладення	відкрито								
$S_i, \text{мм}^2$	2,5	2,5	2,5	16	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$I_{pi}, \text{А}$	1,77	0,59	0,59	20,6	2,59	0,24	1,11	1,48	1,85
$I_{дон}, \text{А}$	21	21	21	67	21	21	21	21	21

Умова $I_{дон} \geq I_p$ для всіх ділянок освітлювальної мережі виконується – перевірка вибраних перерізів провідників за допустимим нагріванням є задовільною.

6 Розрахунок струмів короткого замикання

Елементи СЕП, які потрапили в короткозамкнутий ланцюг, зазнають термічного й електродинамічного впливу струмів. Якщо величина цього впливу перевищує допустиму, елемент ушкоджується і завдає СЕП збитків. Щоб запобігти цьому, треба:

а) визначити величину струмів КЗ;

б) перевірити допустимість цих струмів для вибраних ЕА і струмопровідних частин (якщо струми виявляться більші за допустимі, то потрібно вибрати елемент, що має більшу стійкість або обмежити струми шляхом збільшення індуктивного опору ланцюга);

в) розрахувати захист для селективного вимикання пошкодженої ділянки.

Згідно з вимогами ПУЕ щодо режиму КЗ на стійкість до впливу струмів КЗ в ЕУ до 1 кВ повинні перевірятися розподільні щити, струмопроводи та силові шафи.

Для вибору і перевірки стійкості ЕА і струмопровідних частин до струмів КЗ розрахунку підлягають:

- найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$;

- ударний струм i_y трифазного КЗ.

При виборі й перевірці апаратури щодо її стійкості до струмів КЗ розрахунковим вважається максимальний режим, за якого струми КЗ мають максимальні значення.

При розв'язанні завдань захисту розрахункові умови залежать від цілей розрахунку, яких існує дві: вибір параметрів спрацьовування захистів; перевірка чутливості.

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Чала</i>			«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петровський</i>					65	106
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТм.-91		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Для перевірки чутливості розрахункові умови відповідають найменшим значенням струмів КЗ у місці установлення захисту (мінімальний режим роботи живильної енергосистеми, найбільша кількість послідовно ввімкнених елементів між джерелами генерації і точкою КЗ).

Унаслідок цього для цілей вибору параметрів спрацьовування захисту визначають найбільші $I_{к.макс}$ і для перевірки чутливості найменші $I_{к.мін}$ значення періодичної складової струму в місці КЗ в елементах мережі, для якої проектується захист. Розрахунок здійснюється для початкового моменту часу.

Таким чином, розрахунковим видом КЗ є:

- при виборі ЕА і провідників за їх стійкістю до дії струмів КЗ - трифазне КЗ;
- при виборі захисту - трьох- і однофазні КЗ [8].

6.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію шинопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні опори дуги не враховують [8].

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{к(0)}$ визначається за формулою:

$$I_{к(0)} = \frac{U_{ном.сер}}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\Sigma ki}^2 + X_{\Sigma ki}^2}}, \quad (6.1)$$

де $U_{ном.сер}$ – середня номінальна напруга мережі, де відбулося КЗ;

$R_{\Sigma ki}$ і $X_{\Sigma ki}$ – сумарні активні й індуктивні опори прямої послідовності відповідно усіх елементів мережі, якими протікає струм КЗ.

Ударний струм КЗ визначається для моменту часу $t=0.01с$. У радіальній лінії при $i_{п(0,01)} = \sqrt{2}I_{п(0)}$ ударний струм дорівнює:

$$i_{yki} = k_{yki} \sqrt{2} I_{ki(0)}, \text{ кА}, \quad (6.2)$$

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де k_y – ударний коефіцієнт, який залежить від постійної часу .

У [10] допускається приймати значення ударного коефіцієнта , при КЗ у розподільних пристроях НН ЦТП та в місцях приєднання кабелів і шинопроводів до них і для всіх інших випадків.

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до точки КЗ короткими відгалуженнями, ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як:

$$i_{y,d} = \sqrt{2}k_{\text{пуск}}I_{\text{ном.д.}\Sigma}, \text{ кА}, \quad (6.3)$$

де $k_{\text{пуск}}$ – коефіцієнт пуску;

$I_{\text{ном.д.}\Sigma}$ – номінальний струм одночасно працюючих ЕД.

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударних струмів від енергосистеми і від ЕД за формулою

$$i_y = \sqrt{2}k_{\text{пуск}}I_{\text{ном.д.}\Sigma} + k_{yKi}\sqrt{2}I_{ki(0)}, \text{ кА}, \quad (6.4)$$

Розрахунок струму трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми зображеної на рисунку 6.1. Однолінійна схема живлення обладнання цеху наведена у додатку В.

Вихідні данні:

Система: $I_{k(0)C} = 6\text{кА}$, $U_{\text{ном.ВН}} = 6\text{кВ}$;

Силовий трансформатор типу: ТМЗ–250/6/0,4;

Автомати:

- QF1 ВА88-40: $I_{\text{ном.а}} = 630\text{А}$;

- QF2 ВА88-40: $I_{\text{ном.а}} = 400\text{А}$;

- QF3 ВА88-35: $I_{\text{ном.а}} = 250\text{А}$,

Трансформатори струму :

- ТА1 з коефіцієнтом трансформації 500/5;

Кабельні лінії і проводи:

- К61: ААШВ-6 (3х35) – 100 м;

- К62 : 3хАВВГ- (4х50) – 72 м;

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- КБ3 : ВБВНГ (А) (4х95) – 10 м.

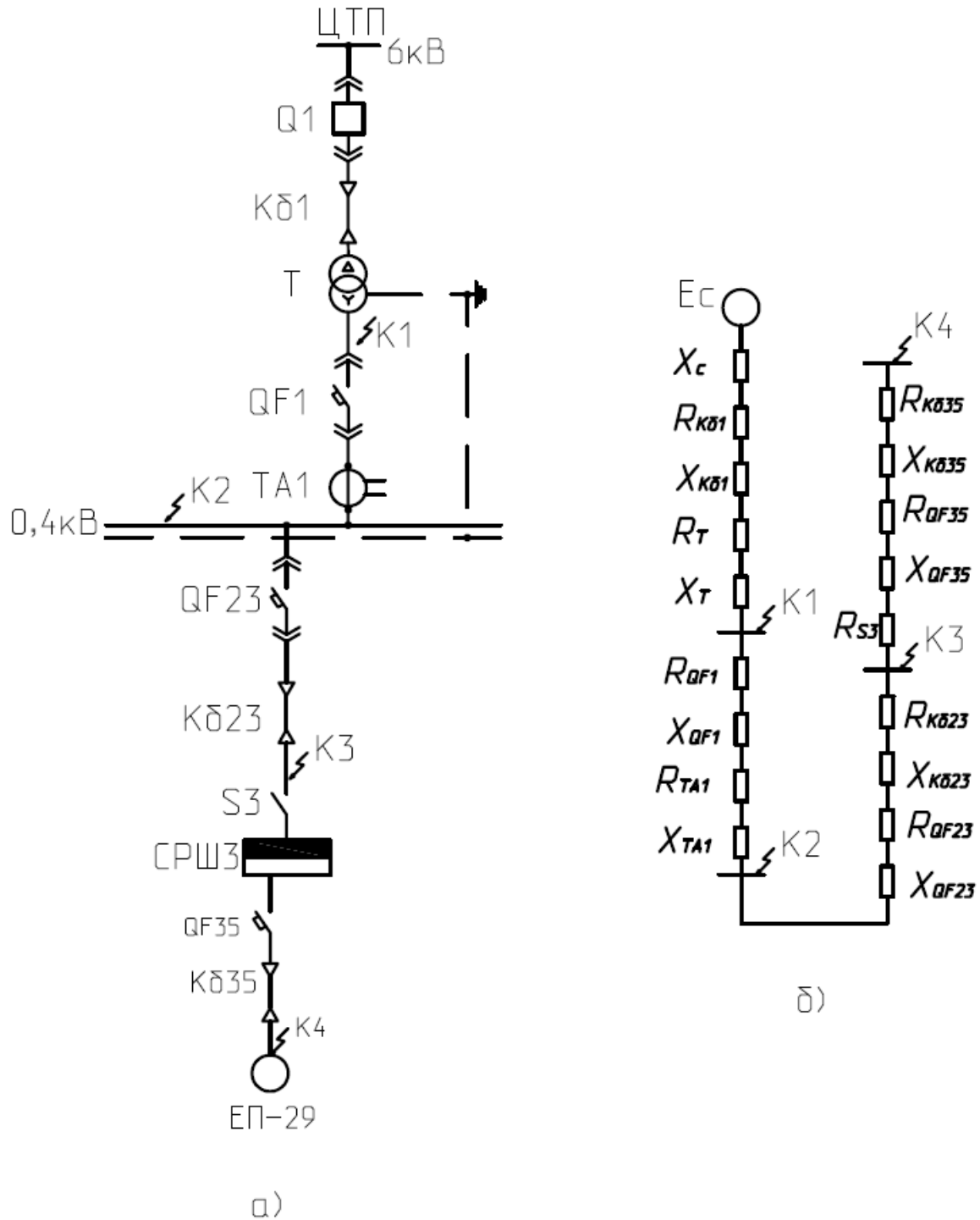


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів трифазного КЗ

Еквівалентний індуктивний опір джерела , що приведений до ступеня НН, розраховується як:

$$X_c = \frac{U_{\text{ном.ср.НН}}^2}{\sqrt{3} I_{\text{к(0)C}} U_{\text{ном.ср.ВН}}}; \quad (6.5)$$

де $U_{\text{ном.ср.НН}}$ - середня номінальна напруга мережі, яка приєднана до обмотки НН трансформатора, В;

$U_{\text{ном.ср.ВН}}$ - середня номінальна напруга мережі, до якої приєднана обмотка ВН трансформатора, В;

$I_{\text{к.ВН}} = I_{n(0)\text{ВН}}$ - діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у виводів обмотки ВН трансформатора, кА.

Активний і індуктивний опір кабельної лінії, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_{\text{кбл}} = r_{\text{уд}} I_{\text{кбл}} \frac{U_{\text{ном.ср.НН}}}{U_{\text{ном.ср.ВН}}}, \text{ мОм} \quad (6.6)$$

$$X_{\text{кбл}} = x_{\text{уд}} I_{\text{кбл}} \frac{U_{\text{ном.ср.НН}}}{U_{\text{ном.ср.ВН}}}, \text{ мОм} \quad (6.7)$$

Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН розраховуються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{\text{к.ном.}} U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}^2} 10^6 \quad (6.8)$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 P_{\text{к.ном.}}}{S_{\text{ном.Т}}} \right)^2} \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}} 10^4 ; \quad (6.9)$$

де $P_{\text{к.ном.}}$ - номінальні втрати КЗ в трансформаторі, кВт;

$U_{\text{ном.НН}}$ - номінальна напруга обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{\text{ном.Т}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

При обчисленні струмів КЗ урахується сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужність до 1600 кВА включно згідно з такими рекомендаціями [12, 13]:

- на розподільних пристроях НН трансформаторів $R_{\text{к}}=15$ мОм;
- на первинних цехових РП (СРШ, ШРА), які живляться від розподільних пристроїв НН ЦТП $R_{\text{к}}=20$ мОм;
- на затискачах ЕА, які живляться від первинних РП $R_{\text{к}}=25$ мОм;
- на затискачах ЕА, які встановлено безпосередньо в ЕП $R_{\text{к}}=30$ мОм.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів трифазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 6.1 та 6.2 відповідно.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елем. схеми заміщення	R, мОм	X, мОм	Елем. схеми заміщення	R, мОм	X, мОм
Система	0,0	1,5	К623	45,0	6,1
К61	6,0	0,6	К635	2,0	0,6
Т	9,5	27,2	К1	15	–
QF1	0,3	0,1	К2	20	–
QF23	4,0	1,3	К3	25	–
QF35	1,1	0,5	К4	30	–
ТА1	0,05	0,07			

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент $I_{k(0)}$, кА	Ударний струм i_y , кА
К1	6,81	12,52
К2	4,93	6,97
К3	1,77	2,51
К4	1,44	2,04

6.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Розрахунок струму однофазного КЗ в початковий момент часу в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми на рисунку 6.2.

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності відключення лінії у разі пробою ізоляції і появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес складає мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде у кінці ділянки, яка захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування

захисту (запобіжника, розчеплювача, автоматичного вимикача або вимикача або запобіжника в ланцюзі 6 (10) кВ, якщо захист в ланцюзі 0,38 кВ нечутлива).

Якщо потужність живлячої енергосистеми значна, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендується визначати за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{nm}} \quad (6.10)$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі, В;

Z_{nm} – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора до точки КЗ;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ значення якого можна обчислити за формулою:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2} \quad (6.11)$$

де R_{1T} і X_{1T} - активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності, мОм;

$R_{2T} = R_{1T}$ і $X_{2T} = X_{1T}$ - те саме зворотної послідовності, мОм;

R_{0T} і X_{0T} — те саме нульової послідовності, мОм.

Опір петлі «фаза-нуль» для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок визначається за формулою:

$$Z_{пт} = \sum_{i=1}^n z_{n,nm,i} \cdot l_i \quad (6.12)$$

де $z_{n,nm,i}$ - питомий опір петлі "фаза - нуль" кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ;

l_i - довжина i -ї ділянки, м.

Отже, за формулами (6.10)-(6.12) визначаємо струм однофазного КЗ у точках К1, К2 і К3. Схема наведена на рисунку 6.2.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

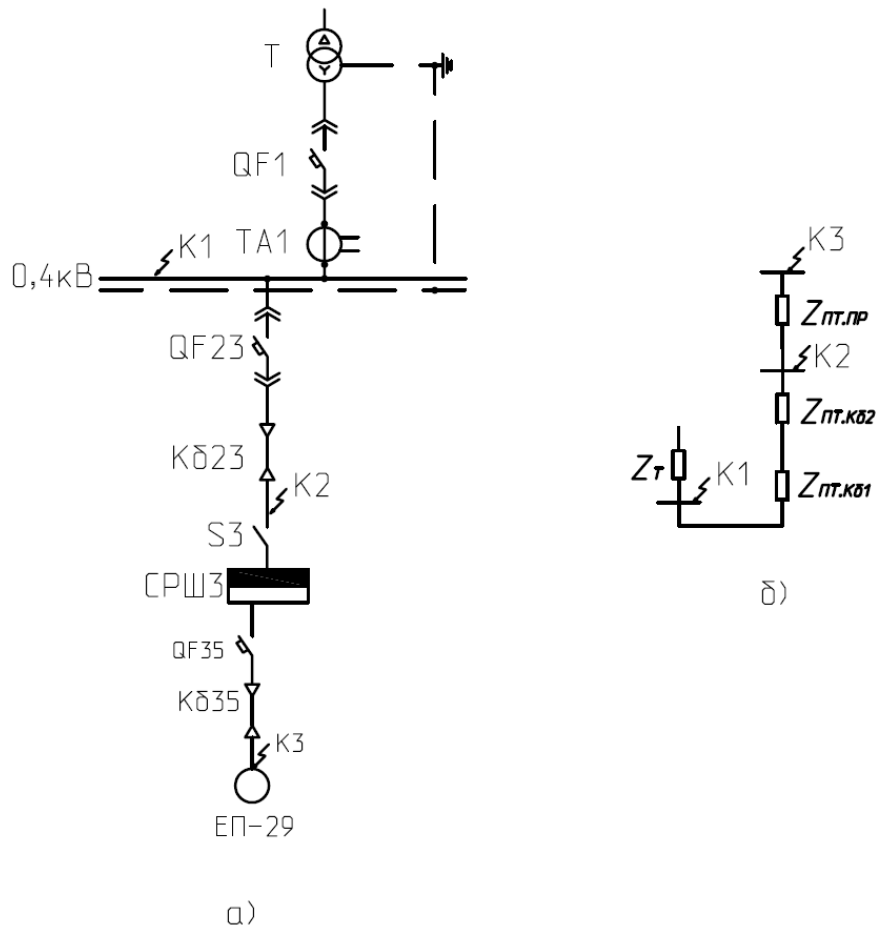


Рисунок 6.2 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів однофазного КЗ

Трансформатор типу ТМЗ–250/6/0,4, схема з'єднання обмоток трансформатора "трикутник - зірка з нейтраллю" (Δ/Y_n).

Кабельні лінії:

- К623 : 3хАВВГ-0,4 (4х50) – 72 м;
- К635 : ВБВнг (А) (4х95) – 10 м.

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К2, К3 наводяться в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі напругою до 1 кВ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
К1	7,65
К2	1,83
К3	1,66

7 Вибір електричних апаратів

В даному розділі ми будемо вибирати комутаційні та захисні ЕА для електричної мережі до 1 кВ. Вибирати комутаційні та захисні ЕА необхідно для:

- шафи вводу НН ЦТП;
- секційної шафи ЦТП;
- лінійних шаф ЦТП для усіх живлячих ліній цехової мережі;
- ділянок розподільної мережі.

Вибір і перевірка всіх ЕА напругою до 1 кВ мають відповідати таким вимогам [8]:

1) міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.с}; \quad (7.1)$$

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі

$$I_{ном.а} > I_{ф}; \quad (7.2)$$

де $I_{ном.а}$ – номінальний струм ЕА ;

$I_{ф}$; – струм форсованого режиму

відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

3) відповідності навколишньому середовищу, роду установки і конструктивному виконанню та ін.;

4) відповідність параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА або ЕА захисту;

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатності при наскрізних струмах КЗ, тому мають виконуватися такі умови:

5) струм електродинамічної стійкості ЕА

					МР 3.8.141.384 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Чала				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Петровський				73	106	
Реценз.					СумДУ ЕТм.-91		
Н. Контр.	Никифоров						
Затверд.	Лебединський						
					«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»		

$$i_{\text{дин}} \geq i_y \quad (7.3)$$

де i_y - розрахунковий ударний струм;

б) допустимий струм термічної стійкості апарата I_T за допустимий час термічної стійкості t_T

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t \quad (7.4)$$

де I_K - розрахункові параметри струму КЗ.

t - розрахункові параметри дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

7.1 Вибір автоматичних вимикачів

Для захисту електричних мереж до 1 кВ застосовують автоматичні вимикачі і плавкі запобіжники.

Автоматичний вимикач - контактний комутаційний апарат, здатний вмикати, проводити електричну енергію та вимикати струми за нормальних умов у колі, а також вмикати, проводити протягом заданого часу та вимикати струми за обумовлених аномальних умов у колі, наприклад коротке замикання.

Плавкий запобіжник - апарат, який плавленням одного або кількох спеціально спроектованих і каліброваних елементів розмикає коло, в яке його увімкнено, і вимикає струм, який перевищує задане значення протягом достатнього часу. Плавкий запобіжник має всі частини, що створюють укомплектований апарат .

Комутаційний апарат - апарат, призначений для вмикання або вимикання струму в одному або декількох електричних колах.

Захист електричної мережі напругою до 1 кВ змінного струму необхідно улаштувати так, щоб одночасно виконувалися такі вимоги:

- електрична мережа має проводити струм повного розрахункового навантаження протягом необмеженого часу;
- електрична мережа має проводити передбачений струм короткочасного перевантаження (пуск електродвигунів, вмикання трансформаторів і електронагрівальних пристроїв тощо) протягом часу, за який струмовідні частини та ізоляція не нагріваються понад допустимі температури;

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– електрична мережа повністю або її частина мають вимикатися за визначений проміжок часу, якщо вона може створювати загрозу для майна або здоров'я людей і свійських тварин [16].

Обрана до встановлення в цеху промислового підприємства ЦТП типу 2КТПВ250–6/0,4–УХЛЗ, комплектується шафою введення типу ШНВ-2УЗ. Розглянемо встановлення в шафі автоматичного вимикача *QF1* типу ВА88-40[17].

Результат вибору автоматичного вимикача вводу наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Каталогні та розрахункові дані автомата вводу *QF1*

Умови вибору вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача ВА88-40	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а} = 400 \text{ В}$	$U_{ном.с} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 800 \text{ А}$	$I_{\phi} = 505,4 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 630 \text{ А}$	$I_{\phi} = 505,4 \text{ А}$
За номінальним струмом його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 800 \text{ А}$	$I_{ном.р} = 630 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н} = 800 \text{ А}$	$I_{с.н} = 555,9 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq (6-10)I_{ном.т}$	$I_{с.в} = 6000 \text{ А}$	$I_{с.о} = 3610 \text{ А};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.с.в} \geq I_{н.0}$	$I_{ном.с.в} = 35 \text{ кА.}$	$I_{к(0)} = 6,81 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.в}$	$I_{с.в} = 1,25 \times 6 = 7,5 \text{ кА}$	$I_{к}^{(1)} = 7,65 \text{ кА}$

Отже, порівнявши каталожні і розрахункові дані остаточно вибираємо автоматичний вимикач вводу *QF1* - ВА88-40.

Розглянемо встановлення в шафі АВР із подвійним секціонуванням автоматичного вимикача *QF2* вводу типу ВА88- 37.

Порівняння результатів вибору автоматичного вимикача наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Каталожні та розрахункові дані автомата вводу QF21

Умови вибору вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача ВА88-37	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а} = 400 \text{ В}$	$U_{ном.с} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$	$I_{\phi} = 252 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 315 \text{ А}$	$I_{\phi} = 252 \text{ А}$
За номінальним струмом його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$	$I_{ном.р} = 315 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н} = 400 \text{ А}$	$I_{с.н} = 277 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq (6-10)I_{ном.т}$	$I_{с.в} = 3150 \text{ А}$	$I_{с.о} = 2520 \text{ А};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.с.в} \geq I_{н.0}$	$I_{ном.с.в} = 35 \text{ кА.}$	$I_{к(0)} = 7,48 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.в}$	$1,25 I_{с.в} = 3,94 \text{ кА.}$	$I_{к}^{(1)} = 7,65 \text{ кА}$

Отже, порівнявши каталожні і розрахункові дані остаточно вибираємо секційний автоматичний вимикач QF21 - ВА88-37.

7.1.1 Вибір автоматів живильної мережі цеху

На цьому етапі ми вибираємо автоматичні вимикачі QF21- QF25, які будуть захищати живлячі лінії до СРШ1, СРШ2, СРШ3, ЩРО та ЩАО. Розрахункові струми беремо з попередніх пунктів. Попередньо вибираємо автоматичні вимикачі типу ВА88-37 - ВА88-32. Аналогічно з попереднім пунктом проводимо розрахунок для вибору автоматів живильної мережі. Результатів вибору автоматичних вимикачів наведено в таблиці 7.3.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 – Результати вибору автоматів живильної мережі QF21- QF25

Живильна лінія	Познач. на схемі	Тип автомата	$U_{\text{ном.а, В}}$	$I_{\text{н.а, А}}$	$I_{\text{ном.т.р, А}}$	$I_{\text{у.т.р, А}}$	$I_{\text{у.с.р, А}}$	$I_{\text{ном.в.а, кА}}$
До СРШ1	QF21	ВА88-35	400	200	160	200	1600	25
До СРШ2	QF22	ВА88-32	400	125	100	125	1000	17,5
До СРШ3	QF23	ВА88-37	400	800	400	500	4000	35
До ЩРО	QF24	ВА88-32	400	16	12,5	16	500	12,5
До ЩАО	QF25	ВА88-32	400	16	12,5	16	500	12,5

7.1.2 Вибір автоматів розподільної мережі цеху

Далі ми вибираємо автоматичні вимикачі, які будуть захищати розподільчі лінії до ЕП. Розрахункові струми беремо з попередніх пунктів. Попередньо вибираємо автоматичні вимикачі типу ВА88 та ВА47. Аналогічно з попереднім пунктом проводимо розрахунок для вибору автоматів живильної мережі. Результатів вибору автоматичних вимикачів наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 –Результати вибору автоматів розподільчої мережі

Розподільча лінія	Тип автомата	$U_{\text{ном.а, В}}$	$I_{\text{ном.а, А}}$	$I_{\text{ном.т.р, А}}$	$I_{\text{у.т.р, А}}$	$I_{\text{у.с.р, А}}$	$I_{\text{ном.в.а, кА}}$
До ЕП 1	ВА47-29	400	25	16	25	500	10
До ЕП 5	ВА47-29	400	25	16	25	500	10
До ЕП 9	ВА47-29	400	25	16	25	500	10
До ЕП 13	ВА47-29	400	25	16	25	500	10
До ЕП 17	ВА47-100	400	50	40	50	500	10
До ЕП 19	ВА47-100	400	25	16	25	500	10
До ЕП 27	ВА47-100	400	100	80	100	800	10
До ЕП 29	ВА88-35	400	200	160	200	1600	25

7.1.3 Вибір автоматичних вимикачів освітлювальної мережі

Також ми вибираємо автоматичні вимикачі, які будуть захищати розподільчі лінії до освітлювальних установок. Розрахункові струми беремо з попередніх пунктів. Попередньо вибираємо автоматичні вимикачі типу ВА47. Розрахунки проводимо аналогічно з попереднім пунктом.

Для освітлювального щита вибираю ввідний автоматичний вимикач: ВА 47-100 3Р [17] на номінальну напругу 380 В зі струмом електромагнітного розчіплювача 25 А. Результатів вибору автоматичних вимикачів заносимо до таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 –Результати вибору автоматів освітлювальної мережі

№ групи	Автоматичний вимикач	Номінальна напруга, В.	Номінальний струм групи, А.	Номінальний струм автоматичного вимикача, А.
1	ВА 47-29 2Р	220	1,77	2
2	ВА 47-29 2Р	220	0,59	1
3	ВА 47-29 2Р	220	0,59	1
4	ВА 47-100 3Р	380	20,67	25
5	ВА 47-29 2Р	220	2,59	5
6	ВА 47-29 2Р	220	0,24	1
7	ВА 47-29 2Р	220	1,11	2
8	ВА 47-29 2Р	220	1,48	2
9	ВА 47-29 2Р	220	1,85	2

7.2 Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі з вибраними апаратами захисту

Переріз проводів і кабелів, які вибиралися за нагріванням допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов , перевіряють

за умовою узгодження відповідності вибраним апаратам захисту за формулою:

$$I'_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}, \quad (7.5)$$

де $K_{\text{зах}}$ – нормована ПУЕ кратність допустимого струмового навантаження на провідники щодо параметрів захисних апаратів;

$I_{\text{зах}}$ – струм апарата захисту.

При невиконанні умов узгодження вибраного перерізу провідників відповідності вибраним апаратам захисту вибирається нове найближче більше значення стандартного перерізу за допустимим тривалим струмом.

Результати узгодження перерізу кабелів розподільчої мережі з електричними апаратами захисту наведено у таблиці 7.6. Однолінійна схема живлення наведена в додатку Г.

Таблиця 7.6 – Результати узгодження перерізу проводів розподільчої мережі

Живильна лінія	Вибраний переріз кабелю, мм ²	$I'_{\text{доп}}$, А	$K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}$, А	Остаточний вибраний переріз кабелю, мм ²	$I'_{\text{доп}}$, А
До ЕП16	ВБВнг(А) (3x1,5)	20,3	5,28	ВБВнг(А) (3x1,5)	-
До ЕП17	ВБВнг(А) (4x4)	31,9	13,2	ВБВнг(А) (4x4)	-
До ЕП19	ВБВнг(А) (4x1,5)	18,4	5,28	ВБВнг(А) (4x1,5)	-
До ЕП27	ВБВнг(А) (4x16)	75,3	26,4	ВБВнг(А) (4x16)	-
До ЕП29	ВБВнг(А) (4x95)	233,8	52,8	ВБВнг(А) (4x95)	-

Умова виконується для всіх провідників, тому залишаємо попередньо вибрані типи та перерізи кабелів.

8 Наукова частина

Для промислових підприємств питання нормалізації показників якості електричної енергії є досить важливим, але йому не завжди приділяється достатньо уваги при організації роботи підприємства. У проектах електропостачання не завжди враховуються вимоги, пов'язані із забезпеченням якості електричної енергії. Необхідно широко застосовувати експлуатаційні заходи, спрямовані на поліпшення якості електричної енергії.

Промислове навантаження формується за допомогою силових загальнопромислових установок, електродвигунів виробничих механізмів, електричними печами, електротермічними, електрозварювальними, електричними освітлювальними і перетворюючими установками.

Кожне промислове підприємство споживає електроенергію виходячи з інтересів своєї виробничої діяльності, і вони не завжди враховують оптимальний режим електропостачальної системи. Коливання між максимальним і мінімальним навантаженням складають від 15 до 60%.

Наприклад, при нафтовидобутку є можливість половину насосних агрегатів зупиняти протягом однієї зміни, а в інші дві зміни - працювати у форсованому режимі повним складом насосних агрегатів. Підприємство, що має велику кількість синхронних електродвигунів, що працює з безперервним графіком, може бути регулятором реактивної потужності як в мережах самого підприємства, так і в мережах енергосистеми.

На сьогодні у всіх розвинених країнах світу приділяється велика увага системам електроенергетики, що використовують найсучасніше обладнання та технології, засоби вимірювання і управління, які дозволяють на більш високому рівні забезпечити надійність і економічність функціонування електроенергетичних систем.

					МР 3.8.141.384 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Чала</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Петровський</i>						80	106
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТм.-91		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лебединський</i>							

Що ж стосується України, то не всі промислові підприємства нашої країни можуть дозволити собі енергоефективне, але високовартісне обладнання та технології, що так популярні закордоном. Але проблемі оптимізації режиму електроспоживання в нашій країні в даний час приділяється значна увага. Розробка теоретичних аспектів, практичні рекомендації, пропозиції, методики з питань регулювання режимів електроспоживання в години максимуму енергосистеми на промислових підприємств на сьогоднішній день повністю не вирішені і знаходяться на дослідницькій стадії. Особливу увагу цьому питанню приділяє І.В. Жежеленко, він є основоположником наукового напрямку «Ефективність та якість електропостачання промислових підприємств». В своїх роботах: «Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий» [20], «Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях» [21], «Оптимізація режимів електроенергетичних систем» [22] та інших, він розкриває основні питання даної проблеми.

Сучасна ситуація в українській енергетиці визначається надзвичайно високим рівнем втрат електроенергії під час передачі (до 20%). У порівнянні з розвиненими країнами цей показник набагато вищий (для західноєвропейських країн втрати становлять 4-5%, а для США близько 6%). Високий рівень втрат в електричних мережах України зумовлений низьким рівнем компенсації реактивної потужності, застарілими основними фондами об'єктів електроенергетики, недостатнім використанням засобів для оптимізації режимів роботи та регулювання напруги, невирішеними питаннями якості електроенергії. Низький рівень якості електроенергії призводить до значного зниження енергоефективності електричних мереж за низкою показників.

Проблема якості електроенергії є складовою складної концепції електромагнітної сумісності системи електропостачання (ЕЕС). Він визнаний провідними світовими вченими і є однією з найважливіших проблем сучасної

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроенергетики та є частиною проблеми підвищення енергоефективності електричних мереж.

У одній з монографій І. В. Жежеленка[18], розглянуто питання забезпечення енергетично ефективних режимів роботи систем електропостачання. Подано комплексне вирішення проблем енергоефективності, враховуючи фактори надійності, електромагнітної сумісності та якості напруги. Окрему главу присвячено деяким аспектам концепції Smart Grid і перспективам її застосування в умовах електроенергетики сучасної України. Під час написання монографії використано багато унікальних експериментальних результатів, отриманих авторами в ході виконання наукових досліджень з електромагнітної сумісності систем електропостачання. Значна частина досліджень виконувалася спільно із закордонними вченими на території Польщі та Німеччини.

Підвищення енергетичної ефективності виробництва, передача та розподіл електроенергії було і залишається однією з найважливіших проблем сучасної енергетики. Для вирішення цієї складної проблеми підходять такі засоби, як зниження технологічних втрат, підвищення якості електроенергетики та надійності функціонування електричних мереж та систем, аналіз та корекція існуючих нормативів. Ефект вирішення цієї проблеми полягає не лише в скороченні споживання енергоресурсів, а також у впровадженні нових інноваційних процесів у системах електропостачання та енергетичних систем.

Сказане значною мірою пов'язане з недоліками сучасної енергетики України. Так, відносні втрати електроенергії у мережах України у 2016 році досягли 20%. Значення відносних втрат електроенергії в мережах промислово розвинених країн, відповідно до загальнодержавних даних за 2013–2015 роки, знаходиться у межах 4-7%. Таким чином, фактичні втрати в електричних мережах України в 1,5-2,5 рази більше, ніж в електричних мережах промислово розвинених країн світу.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Очевидно існує досить щільний зв'язок значної втрати електроенергії в електричних мережах різних країн з їх економікою. У країнах із більш розвиненою економікою, як правило, вища технічна культура виробництва, передачі та розподілу електроенергії, використовуються більше сучасних систем управління режимами роботи електричних мереж, контролю та обліку електроенергетики, дія нормативно-правової бази та системи тарифного регулювання.

Високий рівень втрати в електричних мережах, пов'язаних також з невирішеністю таких проблем: низький рівень компенсацій реактивної потужності; недостатнє використання засобів оптимізації режимів роботи та регулювання напружень; низька якість електричної енергії.

Немає необхідності доводити важливі проблеми якості електроенергії. Вона відноситься до числа найважливіших у сучасній електроенергетиці, що є частиною проблем підвищення енергоефективності електричних мереж. Низький рівень якості енергетичної енергії призводить до значного зниження енергетичної ефективності електромережі за рахунок втрати активної та реактивної потужностей, технологічних витрат електроенергії на її транспортування, зменшення термін служби електрообладнання, створення капітальних вкладень у електричні мережі, внаслідок нормального функціонування енергетичної системи.

Безперервне збільшення встановленої потужності нелінійних, несиметричних та різкозмінних навантажень не завжди забезпечується власним впровадженням рішень, спрямованих на корекцію якості електроенергетики, навіть у промислово розвинених країнах Західної Європи. Вимоги стандартів до якості електроенергії у промислових електричних мережах європейських країн підтримуються у 30-40% випадків.

Найбільшою мірою негативно впливає на енергоефективність несинусоїдальність напруги, обумовлена інтенсивним впровадженням нелінійних навантажень в електричних мережах. При цьому виникає викривлення синусоїдальної форми напруги і струму не тільки у самого

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживача, але і в зовнішній мережі. У разі перевищення нормованих рівнів ці перешкоди можуть призвести до порушення завадостійкості технічних засобів (зокрема, пристроїв мікропроцесорного релейного захисту) в енергосистемі, на електростанціях і підстанціях. Вони впливають на технологічний процес в системах електропостачання.

На сьогодні більше ніж 60% електричної енергії в промисловості використовується в перетвореному вигляді (в металургії та на деяких виробництвах - до 100%). В значній мірі цьому сприяє впровадження в системах електроприводу частотних перетворювачів. При цьому не тільки істотно зростає рівень канонічних вищих гармонік, а й з'являється широкий спектр так званих інтергармонік - міжгармонік.

В останні роки в результаті пошкодження ізоляції помітно зросла кількість виходів з ладу електродвигунів через значне збільшення еквівалентного рівня несинусоїдальності. Так, чинне значення інтергармонік безпосередніх перетворювачів частоти в залежності від режиму роботи може в кілька разів перевищувати їх номінальні значення (на основній частоті). Практика і різні лабораторні дослідження показують, що в цьому випадку вартість заходів по компенсації рівнів вищих гармонік може бути сувимірною або більше вартості збитку від впливу вищих гармонік і інтергармонік. Високі рівні гармонік істотно ускладнюють вирішення низки питань концепції Smart Grid.

В останні десятиліття питання якості електроенергії розглядаються в контексті електромагнітної сумісності. Необхідно докорінно вивчити і вирішити питання електромагнітної сумісності.

Одним з найважливіших показників енергетичної ефективності є надійність електропостачання та індекс надійності електропостачання. У ряді енергооб'єднань СНД значення індексу надійності знаходиться в діапазоні 0,95-0,96 (норматив - 0,966). Зарубіжні нормативи надійності, що відповідають сучасному стану енергетики, досить високі. Наприклад, у Франції - 0,9997, скандинавських країнах - 0,999. Перехід на більш високий рівень надійності в Україні вимагає витрат в розмірі 0,1-0,2 млн. дол./рік на 1

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МВт навантаження. Такі значні капіталовкладення повинні забезпечити підвищення надійності всіх компонентів електроенергетичних систем[18].

Підвищення енергетичної ефективності - це комплексна, багатогранна проблема як теоретичного, так і прикладного плану. Її рішення дозволить забезпечити нормування (оптимізацію) рівня показників якості електроенергії в вузлах електричних мереж, зменшення втрат електричної енергії, зокрема, коректне рішення проблеми реактивної потужності, в першу чергу, шляхом забезпечення економічно обґрунтованих значень $\text{tg}\varphi$ і впровадження регульованих пристроїв, що компенсують, а також вирішення питань оптимальної надійності електричних мереж і систем.

Проведені дослідження якості електроенергії в системі електропостачання промислових підприємств показало, що наявність великої кількості споживачів з нелінійними вольт-амперної характеристики сприяє викиду параметрів показників якості електроенергії за гранично допустимі значення, що викликає прискорене старіння ізоляції електрообладнання, його нагрівання, зниження ККД елементів системи і втрати в мережі.

Регулювання електроспоживання промислового підприємства, спрямоване на вирівнювання графіка навантаження енергосистеми, вимагає підвищення рівня організації виробництва, сприяє зниженню питомих норм витрат електроспоживання на випуск продукції. Однак регулювання електроспоживання вимагає розробки і виконання додаткових організаційно-технічних заходів (перенесення роботи в години провалу споживання потужності, зупинка агрегатів в години максимального споживання потужності в енергосистемі).

Отже, можемо представити деякі способи регулювання навантаження на промислових підприємствах:

- збільшення продуктивності агрегатів і відділів виробництва. Це дозволяє зупиняти агрегати в години максимального навантаження енергосистеми і використовувати наявний запас електроенергії;

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відключення допоміжного обладнання в години максимального навантаження;
- зміщення початку роботи зміни і перенесення вихідних;
- зміна режиму роботи енергоємного обладнання протягом доби;
- почергове завантаження і зупинка однотипних агрегатів в період максимальних навантажень;
- виконання капітальних і середніх ремонтів основного технологічного обладнання в зимовий період - під час максимального споживання потужності.

Остаточного не вирішено залишається питання розробки алгоритмів вибору оптимальної потужності і місць установки джерел реактивної потужності, завантаження пристроїв компенсації і симетрування на основі всієї сукупності станів мережі, визначається фактором багаторежимності і стохастичним характером вихідної інформації, на основі їх інтегральних характеристик.

Серед організаційно-технічних заходів зменшення втрат ЕЕ поширені такі:

- правильний вибір електродвигунів за потужністю і за типом;
- заміна недовантажених асинхронних двигунів (АД) двигунами меншої потужності;
- зниження напруги в обмотках АД, що систематично працюють з малим завантаженням;
- обмеження струмів холостого ходу трансформаторів.

Рішення проблеми зменшення втрат на кожному конкретному промисловому підприємстві вимагає власних досліджень і аналізу режиму його системи електропостачання та проведення оптимізаційних розрахунків з урахуванням розглянутих факторів впливу на втрати електричної енергії[19].

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 Охорона праці

9.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Небезпека від шкідливого впливу лакофарбових матеріалів, більшою мірою залежить від токсикологічної характеристики і кількості речовин, що входять в фарбу, умов їх застосування, часу впливу на працюючих. Знання цих особливостей при нанесенні лакофарбових матеріалів особливо важливо в сучасних умовах швидкого зростання виробництва нових полімерних матеріалів і устаткування забарвлення. Від цього залежить успіх проведення профілактичних заходів і забезпечення безпечних умов праці.

Лакофарбові матеріали являють собою багатокомпонентні суміші, що включають різні інгредієнти, основними з яких є плівкоутворювальні речовини, пігменти, розчинники і різні добавки.

Найбільше зростання виробництва різних лакофарбових матеріалів буде здійснюватися на основі конденсаційних смол за рахунок алкідних смол, їх модифікацій стиролом, акрилатами, епоксидними, аміноформальдегідних і силіконовими смолами, а також поліефірних лаків; на основі полімеризаційних смол - за рахунок сополімерів хлорвінілу, перхлорвінілової смоли, органодисперсій полівінілхлориду. Зростання виробництва епоксидних і поліефірних лакофарбових матеріалів буде відбуватися за рахунок порошкових фарб і матеріалів з високим сухим залишком.

Витрати на фарбувальні роботи в машинобудуванні складають 1-5% собівартості різних виробів, іноді до 20%, в тому числі витрати на лакофарбові матеріали становлять до 90% собівартості. Тому велике значення має економія лакофарбових матеріалів при їх правильному використанні з метою зниження собівартості фарбування продукції.

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Чала					87	106
Перевір.		Петровський						
Реценз.								
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						
						СумДУ ЕТМ.-91		

Гігієнічна оцінка лакофарбових матеріалів виконується шляхом розгляду рецептури готового матеріалу і визначення шкідливості окремих складових їх компонентів. Основні речовини, що містяться в лакофарбових матеріалах, які можуть зробити шкідливий вплив на працюючих при фарбуванні

Шкідливі речовини, що входять до складу лакофарбових матеріалів, можуть впливати на організм людини через дихальні шляхи, шкіру і травний тракт. Через дихальні шляхи разом з повітрям потрапляють в організм пари і барвистий аерозоль, в який входять як тверді частинки, так і рідка частина фарби. Поступаючи в організм через дихальні шляхи, шкідливі речовини надають більший токсичну дію, ніж при надходженні їх через шлунково-кишковий тракт, так як в першому випадку вони потрапляють безпосередньо у велике коло кровообігу, минаючи печінковий бар'єр, який відіграє велику роль у затримці і знешкодженні отрут .

Всі ці приміщення повинні бути обладнаними припливно-витяжною, самостійною, чи не сполученою з іншими, вентиляцією, яка в обов'язковому порядку включається під час роботи.

Виходи труб вентиляційної системи виводять вище даху не менше ніж на 2,0 м.

При проведенні робіт вентиляційна система приміщення повинна забезпечити концентрацію лакофарбових матеріалів в робочій зоні нижче вибухонебезпечного рівня. Провід переносних джерел світла не повинні мати оголених ділянок, здатних до короткого замикання. Електропроводку у всіх приміщеннях виконують внутрішньої (прихованої) з надійною електро- і гідроізоляцією. Пускову і розподільну електроапаратуру (вимикачі, розетки, роз'єднувальні коробки) встановлюють поза зонами для фарбування і поза фарбувальними камерами.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для відводу статичної електрики гумові шланги, що вживаються для промивання деталей розчинниками, повинні мати заземлення наконечники з кольорового металу (для виключення іскроутворення).

Необхідно також заземлити і все інше обладнання для фарбувальних робіт (установки для нанесення лакофарбових матеріалів, для мийки, очищення деталей, компресори, столи, конвеєри, драбини, забарвлюється виробу та ін.).

Всі партії надходять вихідних компонентів і готових забарвлень, в тому числі імпортованих, повинні мати аналітичний паспорт із зазначенням наявності шкідливих речовин, параметрів, що характеризують вибухопожежонебезпеку; термінів і умов зберігання, рекомендованого методу нанесення, способу і регламенту безпечного виробництва фарбувальних робіт, рекомендацій по засобів колективного та індивідуального захисту. На робочі місця фарбувальні склади повинні надходити готовими до вживання.

Забарвлення деталей, агрегатів методом занурення механізуються. Пневматичне розпилення лакофарбових матеріалів в приміщеннях заборонено. Забороняється також наносити методом розпилення лакофарбових матеріалів, що містять сполуки сурми, свинцю, миш'яку, міді, хрому, дихлоретан і метанолу. Їх наносять на поверхню тільки пензлем або валиком.

Зважаючи на особливу небезпеку, можливості швидкого гострого отруєння і з метою надання взаємодопомоги фарбувальні роботи і приготування фарб доручають одночасно не менше ніж двом працівникам.

Фарбувальне обладнання щодня очищають від фарби, промивають розчинником.

Після закінчення роботи слід ретельно вимити руки і обличчя теплою водою з милом, а ще краще - прийняти теплий душ.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2 Розрахунок заземлюючого пристрою цеху

Захисний заземлюючий пристрій, призначений для захисту людей від ураження електричним струмом при потраплянні напруги на металеві частини електрообладнання, являє собою спеціально виконане з'єднання конструктивних металевих частин електрообладнання (обчислювальна техніка, приладобудівні комплекси, випробувальні стенди, верстати, апарати, світильники, щити управління, шафи та інше), що в нормальному режимі роботи не знаходяться під напругою, з заземлювачами, розташованими безпосередньо в землі.

Контурним захисним заземленням називається система, що складається з труб, що забиваються навколо будівлі цеху, в якому розташовані електроустановки[15].

Розрахунок захисного заземлення має на меті визначення основних параметрів заземлення - кількість, розміри та порядок розміщення одиночних заземлювачів та заземлюючих провідників, при яких напруга дотику та кроку в період замикання фази на заземлений корпус не перевищує допустимих значень.

Розрахунок захисного заземлення здійснюється для випадку розташування заземлювача в однорідній землі. При цьому враховується опір верхнього шару землі (шар сезонних змін), який обумовлений замерзанням або засухою ґрунту. Розрахунок, який заснований на коефіцієнтах використання провідності заземлювача називається способом коефіцієнтів використання. Його виконують, як при простих, так і при складних конструкціях групових заземлювачів[8].

Початкові дані:

Заземленню підлягає виробниче обладнання цеху; напруга — 380 В, ґрунт - суглинок, $\rho_{\text{таб}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Для заземлення застосовуються: вертикальні електроди — пруток $\varnothing 12$ мм, довжиною $L_c = 3$ м; з'єднуюча полоса — 40x4 мм. Природний заземлювач: $R_{\text{пр}} = 10 \text{ Ом}$. Глибина закладення контура заземлення $t' = 0,5$ м.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спочатку визначаємо нормований опір розтіканню струму заземлюючого пристрою:

$$R_3^H = 4 \text{ Ом.}$$

Потім визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунта:

для вертикального заземлювача за формулою:

$$\rho_1 = \rho_{\text{таб}} \cdot \psi_1 = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ Ом}\cdot\text{м}, \quad (9.1)$$

для з'єднуючої полоси за формулою:

$$\rho_2 = \rho_{\text{таб}} \cdot \psi_2 = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}, \quad (9.2)$$

Визначимо необхідний опір розтіканню струму штучного заземлювача по формулі:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{пп}} \cdot R_3^H}{R_{\text{пп}} - R_3^H} = \frac{12 \cdot 4}{12 - 4} = 6 \text{ Ом}, \quad (9.3)$$

Далі ми визначаємо опір одиночного вертикального заземлювача за формулою:

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{\rho_1}{2 \cdot \pi \cdot L_c} \left(\ln \frac{2 \cdot L_c}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + L_c}{4 \cdot t - L_c} \right) = \\ &= \frac{140}{2 \cdot \pi \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 49,1 \text{ Ом}, \end{aligned} \quad (9.4)$$

де t – глибина до центру стержня заземлювача, і визначається за формулою:

$$t = t' + \frac{L_c}{2} = 0,5 + \frac{3}{2} = 2 \text{ м.} \quad (9.5)$$

Отже приблизне число вертикальних заземлювачів n , визначаємо за формулою:

$$n = \frac{R_c}{R_{\text{ш}} \cdot \eta_c} \quad (9.6)$$

$$\text{або} \quad n \cdot \eta_c = \frac{R_c}{R_{\text{ш}}} = \frac{49,1}{6} = 8,18.$$

Виходячи з розмірів цеху, в якому необхідно розташувати заземлення, приймаємо $A:L = 1$. Для $x = 8,18$ та $A:L = 1$ із таблиці 3. [15], визначаємо: $\eta_c = 0,58$.

Звідси:

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{R_c}{R_{ш} \cdot \eta_c} = \frac{49,1}{6 \cdot 0,58} = 14,11 \approx 14.$$

Тепер ми можемо визначити довжину з'єднуючої полоси за формулою:

$$L_{пол} = 1,05 \cdot A \cdot n = 1,05 \cdot 3 \cdot 14 = 44,1 \text{ м.} \quad (9.7)$$

Визначаємо опір з'єднуючої полоси по формулі:

$$\begin{aligned} R_{пол} &= \frac{\rho_2}{2 \cdot \pi \cdot L_{пол}} \ln \left(\frac{2 \cdot L_{пол}^2}{b \cdot t} \right) = \\ &= \frac{200}{2 \cdot \pi \cdot 44,1} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 44,1^2}{0,04 \cdot 0,5} \right) = 8,79 \text{ Ом.} \end{aligned} \quad (9.8)$$

де b – ширина полоски ($b = 0,04 \text{ м}$).

З урахуванням екранування полоси:

$$R_{пол.е} = \frac{R_{пол}}{\eta_{п}} = \frac{8,79}{0,31} = 28,35 \text{ Ом} \quad (9.9)$$

де $\eta_{п}$ – коефіцієнт з таблиці 4, [15], для полоси при $q=1$, $n=14$, і становить $\eta_{п} = 0,31$.

Визначаємо необхідний опір вертикальних заземлювачів, за формулою:

$$R_{в} = \frac{R_{пол.е} \cdot R_{ш}}{R_{пол.е} - R_{ш}} = \frac{28,35 \cdot 6}{28,35 - 6} = 7,61 \text{ Ом.} \quad (9.10)$$

Визначаємо остаточну кількість заземлювачів, за формулою

$$N = \frac{R_c}{R_{в} \cdot \eta_c} \quad (9.11)$$

$$\text{або} \quad N \cdot \eta_c = \frac{R_c}{R_{в}} = \frac{49,1}{7,61} = 6,45.$$

Для $x = 6,45$ та $A:L = 1$ із таблиці 3[15], визначаємо: $\eta_c = 0,6$.

Звідси:

$$N = \frac{R_c}{R_{в} \cdot \eta_c} = \frac{49,1}{7,61 \cdot 0,6} = 10,75 \approx 11.$$

Потім проводимо уточнення:

$$R_{в}' = \frac{R_c}{N \cdot \eta_c} = \frac{49,1}{11 \cdot 0,6} = 7,44 \text{ Ом} \quad (9.12)$$

$$R'_{пол.е} = \frac{R_{пол}}{\eta'_{п}} = \frac{8,79}{0,33} = 26,64 \text{ Ом} \quad (9.13)$$

де $\eta'_{п}$ і η'_c — коефіцієнти використання стержня (табл. 3.) та полоси (табл. 4.) [15] для $N=11$ та $q = A:L=1$.

Далі проводимо перевірку:

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{R_c \cdot R_{\text{пол}}}{R_c \cdot \eta'_{\text{II}} + R_{\text{пол}} \cdot \eta'_c \cdot N} \leq R_{\text{ш}}, \quad (9.14)$$

$$R = \frac{49,1 \cdot 7,44}{49,1 \cdot 0,33 + 7,44 \cdot 0,6 \cdot 11} = 5,59 \leq 6$$

Перевірка виконується, отже остаточно вибираємо кількість стержнів 11.

До даного заземлюючого контура цеху через заземлюючі провідники у виді металевих стержнів Ø12 мм, заземляється все технологічне і електротехнічне обладнання цеху, яке забезпечує при пошкодженні ізоляції в обладнання до відключення його від мережі плавкою вставкою запобіжника або автоматичним вимикачем за рахунок великих однофазних струмів КЗ.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

10 Економічна частина

10.1 Економічна ефективність вибору системи освітлення

Вибір та розрахунок освітлення приміщень є техніко-економічною задачею. Розраховуючи освітлення, потрібно керуватися не тільки вимогами достатності освітлення, але й намагатися забезпечити максимально рівномірне освітлення. Надлишкова освітленість призведе до збільшення витрат як на світильники, так і на електроенергію. При розрахунках важливо враховувати не тільки яскравість світильника і площу приміщення, а використовувати програмне забезпечення, що дозволяє зробити розрахунок з використанням профілю світильника, створеного його виробником, і параметрів приміщення. Профіль світильника містить діаграму спрямованості світла, світлового потоку і інші важливі параметри. Використовуючи програмне забезпечення, можна підібрати і розставити світильники для забезпечення рівномірного освітлення, з параметрами, що забезпечують вимоги нормативів, не створюючи при цьому зайвої освітленості.

Вивчаючи профілі світильників, можна побачити, що світильники з однаковим типом джерела світла і однаковою електричною потужністю можуть мати різний світловий потік. За рахунок різних діаграм спрямованості для різних світильників з однаковим світловим потоком можна отримати різну освітленість. Це ще раз підтверджує той факт, що, орієнтуючись тільки на потужність і тип джерела світла, в світильнику неможливо забезпечити якісне і при цьому економічне освітлення.

Заощадити на освітленості допоможе максимальне використання природного освітлення і можливість регулювання яскравості світильників або роздільне включення груп світильників.

					MP 3.8.141.384 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чала				«Проектування системи електропостачання фарбувально-обробного цеху»	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Маценко						94	106
Реценз.						СумДУ ЕТМ.-91		
Н. Контр.	Никифоров							
Затверд.	Лебединський							

Важливо використання адаптивних систем освітлення. Наприклад, не освітлювати приміщення тоді, коли в них немає людей. Світло на сходових клітках або складах об'єктивно потрібне кілька хвилин, рідко годин на добу, а горить він там зазвичай 24 години. Сюди ж можна віднести зонування освітлення - освітлення в робочій зоні повинне бути вище, ніж в коридорі.

Окремо потрібно відзначити економію, не пов'язану з економією електроенергії і ціною джерел світла. Будь-яке джерело світла вимагає обслуговування і заміни в кінці терміну експлуатації. Люмінесцентні лампи вимагають спеціальної утилізації після завершення використання. Витрати на заміну і утилізацію ламп часто перевищують їх вартість. Крім того, часто заміну джерела світла, що вийшло з ладу, не завжди можливо зробити оперативно, збиток від такої ситуації важко розрахувати, так як це відноситься до безпеки, охорони праці, іміджу та іншого.

Освітлення внутрішнє і зовнішнє є важливою інженерно-технічної системою. Параметри освітлення чітко визначені в стандартах [7]. Для того щоб освітлення відповідало стандартам, його потрібно розраховувати в проекті.

Найбільш популярним програмним забезпеченням для розрахунку штучного освітлення є DIALux. Ця програма безкоштовна для користувачів, більшість виробників світильників створюють для неї профілі своїх світильників.

При проектуванні необхідно врахувати дизайн приміщення, ергономіку, виконати норми освітленості, при цьому забезпечити мінімум вартості володіння системою освітлення.

Економічна модель системи освітлення залежить від проектних рішень і призначення освітлення: офісне, комерційне, комунальне, житлове, тому не можна дати універсальну методику розрахунку.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

10.2 Розрахунок економічної ефективності різних джерел світла

При виборі освітлювального обладнання ми часто стикаємося з тим, що складно зробити вибір на користь якого-небудь джерела освітлення. В даному розділі ми проведемо порівняльні розрахунки економічної ефективності використання різних джерел світла: люмінесцентних та світлодіодних. Як об'єкт для розрахунку буде використовуватися основна виробнича ділянка цеху, загальною площею 2160 м².

Розрахуємо вартість використання освітленням за 1 рік. Врахуємо: вартість світильників та споживану енергію з розрахунку 8 годин роботи в день при п'ятиденному тижні.

У прикладі розглянуто два варіанти вибору джерела світла:

- світильник НВТ 400 з лампою ДРЛ - 400;
- світлодіодні прожектори MANTA PL4L120VP потужністю 42Вт.

Технічні характеристики ОП наведені в таблиці 10.1, а час використання світильників в таблиці 10.2.

Для розрахунків приймемо діючий тариф електроенергії 1 класу– 1,928грн/кВт·год з ПДВ.

Таблиця 10.1 - Характеристики ОП

Найменування ОП	Кількість світильників	Потужність, кВт	Світловий потік, Лм	Вартість 1 лампи, грн.
Manta PL4L90VP	120	42	4662	654
Світильник НВТ 400 з лампою ДРЛ - 400	54	400	24200	3250

Таблиця 10.2 - Час використання світильників

Години роботи, год		Дні роботи, дні	
Літній період	Зимовий період	Літній період	Зимовий період
3	6	100	150

Розрахунок споживання в рік електроенергії, при використанні світильників НВТ 400 з лампою ДРЛ – 400, розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{ДРЛ}} = (P_{\text{л}} + P_{\text{пра}}) \cdot \cos \varphi \cdot n \cdot F, \quad (10.1)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність лампи, кВт;

$P_{\text{пра}}$ – потужність пускорегулюючої апаратури, кВт;

$\cos \varphi = 0,98$;

n – кількість ламп, шт;

F – річний фонд часу роботи світильника, год.

Розрахунок споживання в рік електроенергії, при використанні світлодіодних прожекторів MANTA PL4L120VP потужністю 42Вт, розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{LED}} = P_{\text{л}} \cdot n \cdot F, \quad (10.2)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність лампи, кВт;

n – кількість ламп, шт;

F – річний фонд часу роботи світильника, год.

Розрахунок вартості споживання в рік електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_i = P_i \cdot c, \quad (10.3)$$

де P_i – споживання різними ОП електроенергії в рік, кВт·год;

c – тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

Результат розрахунків заносимо в таблицю 10.3.

Таблиця 10.3 - Характеристики ОП

Найменування ОП	Кількість світильників, шт	Потужність, кВт	Споживання електроенергії за рік, кВт	Вартість споживання електроенергії, грн. в рік
Manta PL4L90VP	120	42	6048	11663,4
Світильник НВТ 400 з лампою ДРЛ - 400	45	400	25666,2	49496,5

Різниця у вартості володіння освітленням в одному приміщенні більше ніж дворазова. Крім того, чим більше час роботи світильників (в нашому розрахунку 8 годин на добу), тим масштабніше стає перевага світлодіодного освітлення, а чим більший об'єкт, тим більше економія: при впровадженні на великих об'єктах, ефект обчислюється економією тисяч гривень на рік.

У разі використання систем управління освітленням (в даному розрахунку ми це не враховували), економічний ефект від застосування світлодіодного освітлення може бути збільшений ще на кілька десятків відсотків.

У даному розрахунку, також, не враховуються організаційні витрати на обслуговування систем освітлення, які в разі зі світлодіодним освітленням значно нижче. Зокрема, можуть бути істотно знижені витрати на технічний персонал, що обслуговує системи освітлення, оскільки світлодіодне освітлення за своїми експлуатаційними параметрами практично не потребує обслуговування і всі поточні витрати пов'язані тільки з оплатою електроенергії.

В умовах зростання цін на електроенергію, економічна ефективність світлодіодного освітлення також зростає.

Природно, на кожному об'єкті є своя специфіка побудови систем освітлення, однак, за нашим досвідом масштаб економічного ефекту від об'єкта до об'єкта принципово не змінюється.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було досліджено і розроблено систему електропостачання цеху на підприємстві АТ «СМНВО-Інжиніринг» .

Під час виконання роботи було здійснено розробку та вибір принципової електричної схеми електропостачання фарбувально-обробного цеху при цьому було розглянуто порядок вибору системи електропостачання обладнання та освітлення.

Сучасний стан цифрової та комп'ютерної техніки та програмного забезпечення дає можливість використання автоматизованих пакетів розрахунку рівнів освітленості. Тому в роботі було використано програму «DIALux» для моделювання заданих ділянок освітленості.

Також в роботі виконаний розрахунок електричних навантажень, струмів короткого замикання, вибрали кількість і потужність трансформаторів з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії електроприймачів, на основі даних розрахунків було обрано:

- 2КТПВ250–6/0,4–УХЛЗ, що комплектується двома трансформаторами типу ТМЗ-250/6/0,4;
- варіант перетину проводів та кабелів:
 - живильних ліній – кабелі марки АВВГ;
 - розподільчих ліній – кабелі марки ВВВнг(А);
- автоматичні вимикачі серії ВА-88 та ВА47 для живильної та розподільчої мережі відповідно.

Також було визначено, що для нашого об'єкту немає необхідності у встановленні компенсуючих пристроїв.

Приведені розрахунки показують максимальне забезпечення надійності електропостачання проектного підприємства. При цьому гарантується також забезпечення нормальних економічних і технічних показників системи освітлення.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спеціальна частина дипломної роботи присвячена проблемі якості електроенергії в системах електропостачання промислових підприємств. У проектах електропостачання промислових підприємств не завжди враховуються вимоги, пов'язані із забезпеченням якості електричної енергії. Необхідно широко застосовувати експлуатаційні заходи, спрямовані на поліпшення якості електричної енергії.

У економічній частині диплома були виконанні розрахунки економічної ефективності використання світлодіодного освітлення в перевагу над лампами ДРЛ.

Отже, можна зробити висновок, що система електропостачання відповідає всім вимогам ПУЕ, ДБН та ГОСТів і може забезпечити надійне та безперебійне електропостачання фарбувально-обробного цеху промислового підприємства.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. snpo.ua/uk/pro-kompaniyu/pidpriyemstvo-sogodni
2. НАПБ Б.03.002-2007 “ Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою ”
3. Василега П. О. Електротехнологічні установки : навч. посіб. / П.О. Василега. –Суми : СумДУ, 2010. –548 с.
4. Дослідження характеристик сучасних електричних джерел світла / М.О.Гошко, С. М. Хімка, К. М. Василів, І. М. Дробот // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. –2012. – № 16. –С. 390-394
5. НПАОП 40.1.32-01 Правила будови електроустановок.
6. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла»/ Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. -132с.
7. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
8. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007.- 280 с.
9. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
10. Василега, П.О. Електропостачання : підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
11. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с
12. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

13. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
14. Правила улаштування електроустановок. - Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
15. Грищук М.В. Основи охорони праці: Підруч./ М.В.Грищук. - К.: Кондор, 2007. - 240 с.
16. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид., переробл. і допов. –Дніпро: НТУ «ДП» , 2018. – 148 с.
17. Каталог електротехнічної продукції ІЕК, 2014. – 656
18. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид., переробл. і допов. –Дніпро: НТУ «ДП» , 2018. – 148 с.
19. Семейко, В., Охріменко, В. (2020). Огляд шляхів зменшення втрат у системах електропостачання промислових підприємств. Матеріали конференцій Молодіжної наукової ліги, с.39-40.
20. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. - 6-е изд., перераб. и доп. - М: Энерго-атомиздат, 2010. - 375 с, ил.
21. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, М. Л. Рабинович, В. М. Божко.— 1981.
22. Журахівський, А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем : навч. посібник для вузів / А. В. Журахівський, І. В. Жежеленко ; Держ. ун-т "Львівська політехніка"; ПДТУ. КАф. електропостачання пром. підприємств .. - Львів ; Маріуполь, 2000. - 109 с.

					MP 3.8.141.384 ПЗ	Арку
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102