

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 02 » лютого 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Ребрику Василю Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання виробництва електричних кабельних елементів ПП «Прикарпаткабель», м. Коломия

Керівник роботи Мовчан Леонід Тимофійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » лютого 2022 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план дільниць виробничого корпусу підприємства; характеристика та перелік наявних потужностей виробництва; споживана потужність – не більше 300 кВт; електроживлення підприємства здійснити від існуючих потужностей КТП «Коломия»; однолінійна схема електропостачання підприємства; електроживлення технологічного обладнання здійснити згідно розташування; графік роботи – двозмінний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема розміщення потужностей виробництва 1л. ф – А1

2. Схема електричних з'єднань системи електропостачання 1л. ф – А1

3. Однолінійна схема ВРП системи електропостачання підприємства 1л. ф – А1

4. Однолінійна схема електричних з'єднань розподільчих пристроїв 1л. ф – А1

5. Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі виробництва 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., ст. викладач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	14.02.2022	
2	Аналітичний розділ	28.02.2022	
3	Проектно-конструкторський розділ	28.03.2022	
4	Розрахунковий розділ	18.04.2022	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	16.05.2022	
6	Висновки	23.05.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки	06.06.2022	
8	Оформлення графічної частини	10.06.2022	

Студент

_____ (підпис)

Ребрик В. Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Мовчан Л. Т.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ребрик В. Ю. Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2022.

Стор. 64; рис. 8; табл. 12; креслень 5; джерел 19; додатків -.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка системи електропостачання виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів ПП «Прикарпаткабель», м. Коломия».

Метою розробки системи електропостачання є модернізація комплексу обладнання підприємства для забезпечення надійної й безвідмовної роботи електроустаткування, підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості вироблюваної продукції.

Подано схемо - технічне рішення модернізації системи електропостачання для технологічного обладнання підприємства з виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів.

Проведений розрахунок електричних навантажень силової та освітлювальної мереж, пристроїв захисту та автоматики, довжини та січення кабельно-провідникової продукції, компенсуючих пристроїв реактивної потужності, схеми під'єднання до електромережі підприємства.

Ключові слова:

СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КАБЕЛЬНІ НАГРІВАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ, РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ.

ЗМІСТ

Реферат	3
Вступ	6
1 Аналітичний розділ	9
1.1 Проблеми та перспективи електротехнічної галузі України	9
1.2 Перспективи розвитку виробництва кабельно– провідникової продукції в Україні	11
1.3 Технологія виготовлення кабельної продукції	14
1.4 Вимоги до електричних мереж щодо надійності електропостачання та оцінка категорій навантажень	16
1.5 Загальна характеристика електроспоживання виробництва кабельних нагрівальних елементів	17
1.6 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів	18
2 Проектно-конструкторський розділ	20
2.1 Потужності виробництва кабельних нагрівальних елементів	20
2.2 Вибір апаратури захисту мережі електропостачання	24
2.3 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів	33
2.4 Вибір електрообладнання трансформаторної підстанції	35
2.5 Термічна стійкість струмовідних частин системи електропостачання	37
2.6 Заходи щодо захисту трансформаторів підстанції	37
3 Розрахунковий розділ	38
3.1 Вихідні дані електроприймачів для розрахунку системи електропостачання	38
3.2 Складання схеми електропостачання підприємства	38
3.3 Розрахунок електричних навантажень дільниць виробництва	39
3.4 Розрахунок центра електричних навантажень	44
3.5 Розрахунок освітлення виробництва	47
3.6 Розрахунок навантаження щитка освітлення	50
3.7 Розрахунок потужності ввідно – розподільчого пристрою	50

3.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора	51
3.9 Розрахунок та вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності підприємства	52
4 Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	54
4.1 Безпека життєдіяльності на підприємстві з виготовлення кабельних нагрівальних елементів	54
4.2 Заходи забезпечення надійної роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій	56
4.3 Заходи з охорони праці на підприємстві з виробництва кабельної продукції	57
4.4 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на підприємстві ...	58
Загальні висновки	61
Перелік посилань	63

ВСТУП

Нинішня криза на світовому ринку енергоносіїв змушує вітчизняних проєктувальників шукати всі можливі шляхи заощадження тепла. Причому довго шукати їх не приходиться – в країнах ЄС за останні 30 років, з часу першої нафтової кризи, було розроблено чимало способів економії тепла.

Дослідження конвекції теплового повітря від нагрівальних приладів у приміщенні показали, що люди в кімнаті з підлоговим опаленням почуваються тепло і комфортно при середній температурі в кімнаті (17 ... 19)⁰С, а в кімнаті з радіаторним опаленням - при середній температурі не нижче 20 градусів.

Система розподілу тепла дає змогу заощаджувати на опаленні всього приміщення завдяки зміні конвективних потоків теплового повітря та нагріву простору на висоті людського зросту, а не під стелею. Це дозволяє знизити середню температуру приміщення до (22 ... 24)⁰С. При цьому заощаджується (20 ... 40)% тепла.

Крім того, підлогова система опалення («тепла підлога») вигідніша, ніж радіаторна, з точки зору тепловіддачі і площі поверхні, яка віддає тепло, так як площа підлоги в десятки разів перевищує площу тепловідвідної поверхні радіаторів чи конвекторів. Додатковий чинник економії - обов'язкова комплектація «теплих підлог» терморегулятором у кожному приміщенні. При цьому, деякі моделі терморегуляторів можна програмувати на вмикання та вимикання в певні години, скажімо, коли господарі йдуть з дому і повертаються.

Із запровадженням диференційованих тарифів (денних і нічних) корпоративним споживачам електроенергії, яким потрібно обігрівати великі площі, стало вигідно впроваджувати системи акумулюючого опалення - створенні підлоги з великою тепловою інерцією.

До того ж, на противагу газу, як джерела енергії, електрика є високотехнологічним відновлюваним джерелом енергії. Саме це повинно бути рушієм для всебічного впровадження електроенергетики в господарському комплексі країни, а також в побуті.

Кабельний нагрівальний елемент - це промислової якості гнучка нагрівальна стрічка, яка може бути використана для підігріву або компенсації

тепловтрат як у побуті, так і в промисловому застосуванні (системи електроопалення приміщень та підігріву окремих їх ділянок, обігрів теплиць і внутрішніх салонів автомобілів, резервуарів, трубопроводів та ін. технологічного устаткування).

Перехід сучасних підприємств на електротехнології, переоснащення в цілому їх матеріально-технічної бази зумовлює до впровадження найновішого обладнання, нових підходів при проектуванні систем електропостачання як цілих підприємств, так і окремих виробництв.

В процесі проектування вирішується, як правило, ряд питань, пов'язаних із розробкою заходів зменшення втрат електроенергії в мережі, релейним захистом, розрахунком комутуючих і заземлювальних пристроїв, оптимальним вибором довжин та січення кабельно-провідникової продукції, забезпеченням надійності системи електропостачання.

Таким чином, практична значимість проблеми, що винесена в заголовок кваліфікаційної роботи на тему: «Розробка системи електропостачання виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів ПП «Прикарпаткабель», м. Коломия» зумовлює **актуальність** її дослідження і полягає в тому, що електропостачання комплексу технологічного обладнання є основою ефективності функціонування підприємства для забезпечення покупців високоякісною продукцією.

Метою кваліфікаційної роботи є: розробка системи електропостачання виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів із забезпеченням надійності й безвідмовності роботи електроустаткування, підвищенням продуктивності праці та зниженням собівартості продукції. Проектні роботи з комплексної електрифікації технологічного устаткування дозволяють підвищити ефективність системи електропостачання.

Поставлена мета передбачає вирішення таких *завдань*:

- проведення аналізу особливостей технологічного процесу;
- аналіз та вибір електроустаткування, що задовольнятиме умови експлуатації відповідно до вимог нормативів, а також комплексна модернізація електрообладнання, що експлуатується;
- розробка і компонування елементів розподільної електромережі відповідно

до задіяного технологічного устаткування та їх розміщення у виробничих приміщеннях;

- проведення розрахунку й вибору січення кабельно-провідникової продукції, типів і марок пуско–захисних апаратів;

- визначення максимальних струмових навантажень спроектованої системи електропостачання для комплексу технологічного устаткування;

- визначення потужності та проведення вибору ввідно–розподільних та силових розподільних пристроїв;

- формулювання висновків та узагальнень щодо досліджуваної проблематики.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки й графічної частини.

Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 4-х розділів, висновків та переліку посилань.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 64 арк. формату А4; графічна частина – 5 плакатів формату А1.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Проблеми та перспективи електротехнічної галузі України

Номенклатура виробів електротехнічної промисловості надзвичайно широка і включає в себе понад 70 тисяч найменувань, без неї неможлива автоматизація та механізація виробничих процесів. Споживачами продукції електротехнічної промисловості є електроенергетика, машинобудування, транспорт, сільське господарство, комунально–житлове господарство, побут.

Однак, від економічної кризи одним з найбільш постраждалих є електротехнічний комплекс. Знизився експорт електротехнічної продукції, зменшились обсяги виробництва та збільшилась кількість готової продукції на складах, погіршились фінансові результати.

Згідно досліджень О. Л. Загорянської [3], перше півріччя 2008-го року характеризувалось збільшенням виробництва в цілому на ~ 30% (в середньому по промисловості цей показник складав ~ 8%). Машинобудування почало активно виходити на зовнішні ринки. А вже січень 2009-го року характеризувався зменшенням обсягів виробництва на ~ 58%. Без приватних інвестицій не мають перспектив для розвитку такі визначальні для нашої країни галузі як сільськогосподарське машинобудування, авіаційна, ракетно-космічна.

Як свідчать дані табл. 1.1, питома вага електротехнічної продукції в загальному обсязі машинобудування протягом 2010 ... 2020 років коливалася в межах (21,1 ... 28,1)%.

Таблиця 1.1 - Частка електротехнічної продукції, %

Галузь	Рік									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
–	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Машинобудування	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Промисловість електротехніки	26,1	25,4	23,9	22,1	22,8	22,8	21,3	21,4	28,3	22,8

Таким чином, дослідник О. Л. Загорянська стосовно подолання економічної кризи в різних галузях машинобудування України зробила висновок, що поліпшення споживчих характеристик продукції згідно вимог ринку сприяє підвищенню рівня конкурентоспроможності продукції. Для цього необхідно

активізувати інноваційні процеси в машинобудуванні, провести технологічне оновлення виробничих фондів, впровадити системне стратегічно-орієнтоване управління щодо конкурентоспроможності підприємств машинобудування [3].

Щодо ринку виробів електротехнічного машинобудування то, згідно досліджень автора В. М. Кобелева найбільш знаними вітчизняними виробниками електродвигунів на українському ринку є Харківські «Електромашина» й «Укрелектромаш», Полтавський «Електромотор», Ужгородський завод електродвигунів [6].

На рис. 1.1 подана структура виробництва електротехнічної продукції України та величина сегменту ринку, який вона займає.

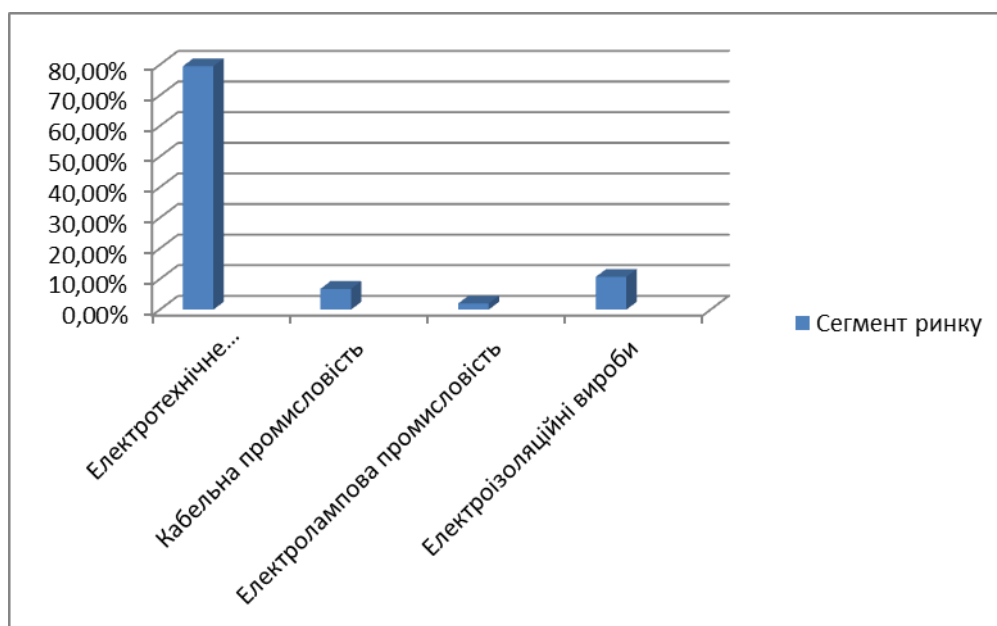


Рисунок 1.1 - Структура виробництва електротехнічної продукції України

Згідно даних рис. 1.1 на електротехнічне машинобудування припадає основна частка продукції таких потужних підприємств нашої країни як «Запорізький завод високовольтної апаратури», «Електроважмаш», «Харківський електротехнічний завод «Укрелектромаш»», «Південелектромаш», «Дніпровський електромеханічний завод», «Укрелектроапарат», «Ужгородський завод «Електродвигун»» та ін.

За В. М. Кобелевим вітчизняним підприємствам для підвищення конкурентоспроможності своєї продукції та зниження її собівартості необхідно робити реальні вклади в науково-дослідницькі та проектно-конструкторські розробки, а також інтенсивно займатися кооперацією всередині країни [6].

Основними сегментами ринку електротехнічних виробів є: виробі–споживачі електроенергії – 58,9%; виробы для передачі та розподілу електроенергії – 31,2%; генератори електроенергії різноманітних типів – 8,1%; засоби зв’язку – 2,6%.

Внаслідок відсутності привабливих умов для залучення інвестицій в електротехнічну галузь їх сума в порівнянні з обсягами інвестицій в економіку держави становить лише 0,8%. При цьому, основні фонди електротехнічних підприємств зношені на понад 70%. Відсутні також бюджетні кошти на розвиток науково-дослідницьких й дослідно-конструкторських розробок, а також на виготовлення нової техніки.

Таким чином, можна зробити висновок, що електротехнічна промисловість України вимагає вжиття екстрених заходів щодо її відновлення. Адже наявність висококваліфікованих кадрів на кожному з провідних підприємств галузі сприяє забезпеченню конкурентоспроможності вітчизняної продукції (електродвигуни, трансформатори, кабелі і проводи та ін.). Необхідно також зменшити податкове навантаження на підприємства галузі, вкладати бюджетні кошти в їх модернізацію, спростити митні процедури для підприємств-експортерів готової продукції та підприємств-імпортерів напівфабрикатів високої якості.

1.2 Перспективи розвитку виробництва кабельно–провідникової продукції в Україні

Електротехнічна галузь промисловості України спеціалізується на виробництві електричних машин і апаратів, електропобутових приладів і промислового устаткування і щороку випускає близько 5 млн. од. різного електротехнічного устаткування.

Згідно досліджень і аналізу, проведених І. В. Нападовською [8], в кабельній промисловості, до прикладу, наявні підприємства різної виробничої потужності та спеціалізацій; використовується різноманітне технологічне обладнання. Підприємства цієї галузі характерні своїм широким асортиментом та незначною взаємозамінністю, а тому - оптимальним співвідношенням попиту і рентабельності; високою сегментацією ринку та значною кількістю товарних

груп; постійним розширенням асортименту за рахунок сучасної високотехнологічної продукції.

Провівши відповідний аналіз, автор І. В. Нападовська стверджує, що сучасному ринку кабельно-провідникової продукції притаманна насиченість за асортиментом, що дозволяє йому випускати до 95 % відомої в світі кабельної продукції: 41 товарну групу та тисячі марко-розмірів. З 2000 року підприємства галузі збільшують обсяг виробництва високотехнологічних видів кабелю: оптико-волоконного, кабелю типу “скрученої пари” та ін. [8].

Проте, дослідники зазначають, що існує низка проблем і в цій галузі промисловості. Вони характеризуються неналежною підтримкою вітчизняного виробника з боку державних органів; зростанням собівартості продукції через ріст цін на сировину, матеріали, енергоресурси; необхідністю постійного впровадження інноваційних розробок; практично відсутністю інвестування.

До найбільших споживачів кабельної продукції слід віднести операторів зв'язку, атомні електростанції, залізницю, будівельну галузь, автомобілебудування та ін. Перелік найбільших постачальників міді та матеріалів для підприємств кабельної галузі поданий у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні постачальники підприємств кабельної галузі

№ з/п	Назва постачальника	Країна постачальника
1.	Repsol Quimica S. A.	Іспанія
2.	IPT (Innovative Pultrusions Technologie)	Австрія
3.	Roblon A / S	Данія
4.	Borealis A / S	Данія
5.	Du Pont de Nemours Internatinal S. A.	Швейцарія
6.	Lenzing Plastics GmbH	Австрія
7.	KGHM - Polska Miedz S. A. Польща	Польща
8.	Basell Polyolefins Company BVBA	Бельгія
9.	Resinoplast	Франція
10.	Teijin Twaron BV	Нідерланди
11.	Rasselstein GmbH	Німеччина
12.	Kanematsu Corporation	Японія

Однією з основних перспектив розвитку кабельної промисловості є впровадження інновацій, оскільки при розробці продукції виробники нерідко базуються на традиційних технологіях, що не завжди задовольняють сучасним вимогам. Такими інноваціями в кабельній галузі сьогодні є гібридні кабелі, в конструкції яких об'єднані електричний силовий кабель і кабель зв'язку. Подібні гібридні кабелі необхідні для створення об'єднаних в одну систему мереж енергопостачання і зв'язку, що, безумовно, є сучасним «трендом» в електроенергетиці. До того ж, у зв'язку із збільшенням попиту на волоконно-оптичні кабелі, що прокладаються безпосередньо в будинках, створенні спеціалізованих матеріалів і комплектуючих, які надають гнучкість, міцність і термічну стабільність оптичним кабелям, а також спрощують їх монтаж і процес монтажу [12].

Таким чином, для розвитку галузі виробництва електротехнічної продукції необхідно підвищувати конкурентоздатність за рахунок поліпшення якості вихідних матеріалів, проводити постійне маркетингове дослідження попиту і корегування асортименту, а також створювати мережу власних сервісних центрів для обслуговування високотехнологічного устаткування.

1.3 Технологія виготовлення кабельної продукції

Характеристики кабелів залежать від їх призначення: кабелі для надвисокої напруги, кабелі загального призначення, гнучкі кабелі та силові кабелі. Крім того, існує безліч спеціалізованих кабелів, таких як кабелі з мінеральною ізоляцією (захист від загоряння), емальовані проводи (застосовуються в електрообмотках двигунів), проводи з металевої фольги (застосовуються в мікротелефонних трубках), проводи для електронагрівних систем і т. ін.

1.3.1 Матеріали і технологічні процеси.

Найбільш поширеним матеріалом, використовуваним в якості провідника в кабелях, через його високу електропровідність завжди була мідь. Перед застосуванням у якості провідника мідь повинна бути рафінована до високого ступеня чистоти. Рафінування міді з руди чи брухту здійснюється у дві стадії:

1. Рафінування випалюванням у великих печах для видалення небажаних домішок і виливки мідного анода.

2. Електролітичне рафінування в гальванічному елементі, що містить сірчану кислоту, завдяки чому на катоді осідає абсолютно чиста мідь.

На сучасних заводах мідні катоди плавляться в шахтних печах, відливаються методом безперервного розливання і прокочуються в мідні катанки. Подібна катанка витягується до необхідного розміру перерізу на дротяно-волочильному стані за допомогою протягування міді через ряд прецизійних фільтер.

У деяких випадках в металевих провідниках застосовуються спеціальні сплави (кадмію з міддю, берилію з міддю).

Кабельний нагрівальний елемент - це промислової якості гнучка нагрівальна стрічка, яка може бути використана для підігріву або компенсації тепловтрат як у побуті, так і в промисловому застосуванні (системи електроопалення приміщень та підігріву окремих їх ділянок, обігрів теплиць, резервуарів, трубопроводів та ін. технологічного устаткування). Наприклад, нагрівальний елемент типу ЕНГЛУ-400 - це стрічка з скловолокна, просочена органосилікатною композицією із ПВХ-композицією у зовнішньому шарі, в основі якої знаходяться вісім нагрівальних жил з нікель-хромового сплаву.

У кабелях різного типу застосовуються різноманітні ізоляційні матеріали. Найбільш поширені пластики, такі як ПВХ, поліетилен, політетрафторетилен (ПТФЕ) і поліаміди. У кожному окремому випадку пластик підбирається відповідно з технічними умовами, а «одягається» він на провідник за допомогою екструдера. У деяких випадках до пластикового складу додаються модифікуючі речовини для виготовлення кабелю спеціального призначення. Іноді силові кабелі, наприклад, містять кремнійорганічну добавку для структурування пластику. У тих випадках, коли кабель прокладається під землею, додаються пестициди для запобігання пошкодження ізоляції термітами.

Провідник всередині кабелю може бути обгорнений ізолятором, наприклад, електротехнічним папером (просоченим мінеральною або синтетичною оливою) чи слюдою. Потім наноситься зовнішнє покриття, зазвичай методом екструзії пластику.

Розроблено два методи виготовлення мінеральної ізоляції (МІ) кабелю. Перший полягає в тому, що мідна трубка з безліччю твердих мідних провідників всередині, ущільнена порошком оксиду магнію, протягується через ряд фільтер, стискаючись до необхідного розміру. Другий метод полягає в безперервному зварюванні мідної спіралі навколо провідників, відокремлених від трубки порошком. При використанні зовнішня мідна оболонка МІ кабелю замикається на землю, а внутрішні провідники проводять струм.

В останні роки до запальної здатності кабелів при пожежі проявлено підвищену увагу з двох причин:

1. Більшість гум та пластиків, традиційних ізолюючих матеріалів, виділяють при загорянні значні кількості диму та токсичних газів. При виникненні пожежі на верхніх поверхах будівель це якраз стає основною причиною загибелі людей.

2. Якщо кабель прогорів наскрізь, провідники стикаються і замикають ланцюг, що призводить до втрат електроенергії.

Все це зумовило розробку бездимних і стійких до загоряння складів (МД або LSF) як для пластиків, так і для гум. Однак слід зауважити, що найкращі характеристики при пожежі завжди будуть у МІ-кабелів.

Деякі кабелі необхідно захищати від механічних пошкоджень. Це часто робиться за допомогою обплетення, де матеріал переплетений навколо зовнішньої ізоляції гнучкого кабелю так, що всі стрічки перехрещуються одна з одною, утворюючи спіраль. Прикладом такого обплетеного кабелю може служити кабель, який використовується в електричних прасках, де в якості матеріалу обплетення застосовується текстильне волокно. В інших випадках для обплетення використовується сталевий дріт і операція називається бронюванням.

1.4 Вимоги до електричних мереж щодо надійності електропостачання та оцінка категорій навантажень

Системи електроспоживання спільного призначення, які здатні до виконання заданих функцій в заданому обсязі та за певних умов функціонування характеризуються своєю надійністю.

Для електроприймачів I категорії характерне забезпечення електроенергією

від двох незалежних джерел живлення; електроприймачів II категорії - рекомендоване також забезпечення електроенергією від двох незалежних джерел живлення, однак допустимі перерви в електропостачанні на деякий час; електроприймачів III категорії - допустиме живлення від одного джерела живлення.

На підприємстві з виробництвом виготовлення кабельних нагрівальних елементів нанесення електроізоляційних покриттів і шлангів методом екструзії, а також маркування, скручування жил, волочіння катанки чи дроту з відпалом пов'язане з тепловою пластифікацією полімерних матеріалів. Перерва в електропостачанні веде до застигання полімеру в технологічному устаткуванні, приводить до його втрат, вимагає стабільності і безперервності технологічного процесу, а тому весь комплекс виробничого обладнання слід віднести до II-ї категорії споживачів електроенергії.

1.5 Загальна характеристика електроспоживання виробництва кабельних нагрівальних елементів

Основними споживачами електричної енергії є електродвигуни виробничого устаткування, насосів, вентиляторів, електронагрівачі та термічне обладнання й електричне освітлення діляниць виробництва.

Електропостачання обладнання виробництва здійснюється силовим кабелем від комплектної двотрансформаторної підстанції 6/0,4 кВ потужністю 1000 кВ·А, розташованої на території заготівельної ділянки ПП «Прикарпаткабель». Джерелом електропостачання підприємства є комплектна підстанція «Коломия» 110/35/10 кВ потужністю (25+25) кВ·А.

Загальна встановлена потужність електроприймачів основного й допоміжного обладнання виробництва кабельних нагрівальних елементів становить 80 кВт.

Обслуговування електроприймачів та електрообладнання системи електропостачання підприємства, в тому числі й виробництва кабельних нагрівальних елементів здійснюється енергетичною службою цього підприємства. Керівником служби є старший інженер-енергетик, в підпорядкуванні якого

знаходяться: майстер електродільниці, два електромонтери, електрослюсар КВПіА.

1.6 Аналіз вихідних даних на проектування та загальна характеристика електроприймачів

Згідно вихідних даних для проектування системи електропостачання, які наведені в Завданні, підприємство з виробництва кабельних нагрівальних елементів у відповідності до напрямків своєї основної діяльності складається з таких дільниць:

- дільниця виготовлення профільних кабельних нагрівальних виробів на обладнанні з мікропроцесорним керуванням (основна);
- дільниця півфабрикатів (допоміжна);
- дільниця контролю нагрівних елементів та ін. кабельної продукції.

В табл. 1.3 наведений перелік потужностей підприємства з величинами номінальної потужності кожного електроприймача та його $\cos\phi$.

Таблиця 1.3 - Перелік потужностей підприємства

№ з/п	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	$\cos\phi$
1.	Е-150	Екструдер термопласт. з МП-керуван.	11,0	0,5
2.	VAL-150	Лінія екструзії оболонки і шлангів	6,0	0,5
3.	ИКШ-П-90	Лінія екструзії армованих шлангів	14,0	0,5
4.	ХМ-65/25	Лінія екструзії ізоляції	14,0	0,5
5.	Е-45	Екструдер для маркування	4,5	0,8
6.	M88/150 R3	Вальці для змішування компонентів ПВХ	6,0	0,8
7.	HKS-100/50/26-B	Екструдер для вторинної грануляції	5,0	0,8
8.	РЕОКСАМ	Екструдер двошнековий вимірювальний	1,5	0,8
9.	DT-14	Машина д/середн. волочиння з відпалом	3,0	0,8
10.	DSU-40	Машина для скручування провідників	11,9	0,8
11.	DT-24	Машина д/тонкого. волочин. з відпалом	3,0	0,8
12.	–	Робочий стіл майстра	0,4	0,9
Всього:			80,3	–

Основними споживачами електричної енергії є електроприводи обладнання

для переробки полімерних матеріалів, комплекси спеціалізованого обладнання з мікропроцесорним керуванням, розетки та освітлювальна мережа.

На ділянках підприємства встановлені *11 шт.* технологічного обладнання. Для них характерний нерегульований електропривод на основі асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Сумарна ном. активна потужність електродвигунів - *53 кВт*. Оскільки електродвигуни споживають реактивну потужність, то її значення також підлягає розрахунку.

У відповідності зі схемою освітлювальної мережі підлягають розрахунку витрати на активну потужність для загального освітлення виробничих ділянок підприємства та ділянки контролю.

2 ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Потужності виробництва кабельних нагрівальних елементів

На листі креслення «Схема розміщення потужностей виробництва кабельних нагрівальних елементів» подана відповідна схема у складі таких ділянок:

- ділянка основного виробництва;
- ділянка допоміжного виробництва;
- ділянка контролю кабельної продукції.

На ділянці основного виробництва розміщується *4 одиниці* обладнання, за допомогою якого проводиться нанесення різних типів ізоляційних покриттів на підготовлені напівфабрикати продукції. А саме (деякі з них):

- екструдер для термопластів Е–150 (поз. 1.1): призначений для нанесення ізоляційних покриттів кабелів, а також в якості спів–екструдера - для нанесення кольорових смуг при виробництві кабелів, профілів, труб;

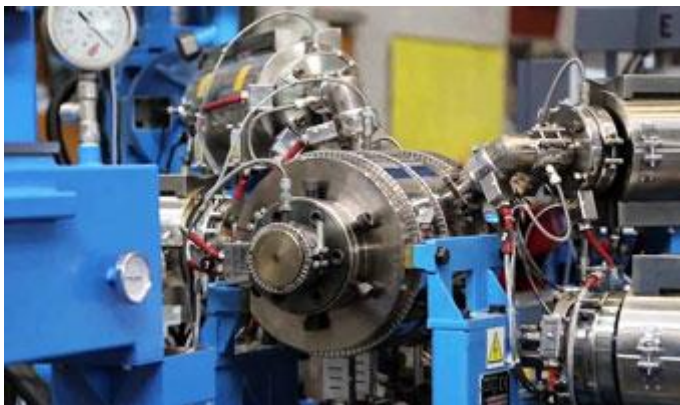


Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд та операційний блок екструдера для термопластів типу Е–150

- лінія екструзійна ИКШ–П–90 (поз. 1.3): призначена для нанесення додаткових шлангів на круглий або плоский кабелі;



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд екструзійної лінії типу ИКЩ–П–90

– лінія екструзії ізоляції ХМ–65/25 (поз. 1.4): призначена для нанесення ізоляції з пластику на струмопровідну мідну (алюмінієву) чи ніхромову жилу при виготовленні кабельно–провідникової продукції типу кабельних нагрівних елементів та ін.



Рисунок 2.3 - Зовнішній вигляд лінії екструзії ізоляції типу ХМ–65/25

На дільниці допоміжного виробництва розміщується 7 одиниць обладнання, за допомогою якого проводиться підготування різних типів і конфігурацій напівфабрикатів кабелів і провідників. А саме (деякі з них):

– машина середнього волочіння мідної (алюмінієвої) чи ніхромової катанки з відпалом типу ДТ–14 для виготовлення провідникових півфабрикатів під заданий розмір (поз. 2.5):



Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд машини середнього волочіння з відпалом типу DT-14

– машина для скручування провідників у жилу типу DSU-40 (поз. 2.6):



Рисунок 2.5 - Зовнішній вигляд машини для скручування провідників типу DSU-40

На дільниці контролю кабельної продукції розміщується 5 одиниць обладнання, за допомогою якого проводяться контрольні випробування кабельних нагрівних елементів та іншої провідникової продукції. А саме (деякі з них):

– установка для виявлення пошкоджень ізоляції кабельно-провідникових виробів типу УПК-01Н (поз. 3.2):



Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд випробувальної установки типу УПК–01Н

- високовольтна установка для випробування оболонок кабельних нагрівних елементів чи іншої кабельно–провідникової продукції напругою до 28 кВ з інтегрованим модулем заміру тангенса кута діелектричних втрат HVA28TD (поз. 3.5):



Рисунок 2.7 - Зовнішній вигляд високовольтної випробувальної установки типу HVA28TD

Для підтримання заходів з охорони праці на робочих місцях з шкідливими викидами встановлені місцеві витяжні вводи, об'єднані в єдину витяжну систему з приточно-витяжним пристроєм типу W4E350-CP06-31 та кнопками управління - постами кнопковими ПКЕ 222-2У2.

Всі одиниці обладнання, які потребують місцевого освітлення оснащені світильниками освітлення робочого місця типу НКП 03–60.

Заземлення підведене до всіх одиниць виробничого і контрольного обладнання.

2.2 Вибір апаратури захисту мережі електропостачання

Автоматичні вимикачі (АВ) вибираємо з таких умов:

$$I_{ном} > 1,3 \cdot I_n,$$

де $I_{ном}$ – ном. струм АВ, А;

I_n – ном. струм електроприймача (ЕП), А.

За допомогою максимального пікового струму I_n визначаємо струм спрацювання відсічки $I_{відс}$ електромагнітного роз'єднувача:

$$I_{відс} > 1,25 I_n,$$

Для вибору вставки теплового розчіплювача використовуємо умову:

$$I_T > (1,1 \dots 1,2) \cdot I_n.$$

Величину пікового струму визначає тип навантаження ($k = 1, \dots, 6$):

$$I_{п} = I_{ном} \cdot k.$$

Ном. струм ЕП:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi},$$

де P_n та U_n – ном. потужність, кВт та ном. напруга, кВ.

2.2.1 Вибір захисту для РП1.

Захист технологічних верстатів виконуємо автоматичними вимикачами.

Захист екструдера для маркування типу Е-45.

$$I_n = \frac{4,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 8,55 \text{ А.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 8,55 = 11,11 \text{ А.}$$

$$I_{п} = 8,55 \cdot 5 = 42,75 \text{ А.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 42,75 = 53,43 \text{ А.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 8,55 = 10,26 \text{ А.}$$

Для захисту даного верстату вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном} = 15 \text{ А}$, розчіплювач – 12 А).

Захист вальців для змішування типу M88/150R3.

$$I_H = \frac{6,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 11,40 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 11,40 = 14,82 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 11,40 \cdot 5 = 57 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 I_{II} = 71,25 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 11,40 = 13,68 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{ном} - 15 \text{ A}$, розчіплювач – 15 A).

Захист екструдера для вторинної грануляції типу HKS-100/50/26-B.

$$I_H = \frac{5,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 9,50 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 9,50 = 12,35 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 9,50 \cdot 5 = 47,5 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 47,5 = 59,375 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 9,5 = 11,40 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{ном} - 15 \text{ A}$, розчіплювач – 12 A).

Захист екструдера двошнекового вимірювального типу РЕОСКАМ.

$$I_H = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 2,80 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 2,80 = 3,64 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 2,80 \cdot 5 = 14 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 14,0 = 17,5 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 2,8 = 3,36 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{ном} - 4 \text{ A}$, розчіплювач – 4 A).

Вибір ввідного автоматичного вимикача РПІ.

Згідно попередніх розрахунків для РПІ $I_H = 32,32 \text{ A.}$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 32,32 = 42 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 32,32 \cdot 5 = 161,6 \text{ A.}$$

$$I_{\text{відс}} = 1,25 \cdot 161,6 = 202 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 32,32 = 38,78 \text{ A.}$$

АВ типу XS50NB ($I_{\text{ном}} - 50 \text{ A}$, розчіплювач – 40 А).

2.2.2 Вибір захисту для РП2.

Захист верстатів для РП2 виконуємо аналогічно.

Захист машини для середнього волочіння з відпалом типу ДТ–14.

$$I_H = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 5,70 \text{ A.}$$

$$I_{\text{ном}} = 1,3 \cdot 5,70 = 7,41 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 8,55 \cdot 5 = 28,5 \text{ A.}$$

$$I_{\text{відс}} = 1,25 \cdot 28,5 = 35,6 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 5,70 = 6,84 \text{ A}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{\text{ном}} - 10 \text{ A}$, розчіплювач – 8 А).

Захист машини для скручування провідників типу DSU–40.

$$I_H = \frac{11,875 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 22,57 \text{ A.}$$

$$I_{\text{ном}} = 1,3 \cdot 22,57 = 29,3 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 22,57 \cdot 5 = 112,8 \text{ A.}$$

$$I_{\text{відс}} = 1,25 \cdot 112,8 = 141 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 22,57 = 27,08 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{\text{ном}} - 32 \text{ A}$, розчіплювач – 30 А).

Захист машини для тонкого волочіння з відпалом типу ДТ–24.

$$I_H = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 5,70 \text{ A.}$$

$$I_{\text{ном}} = 1,3 \cdot 5,70 = 7,41 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 8,55 \cdot 5 = 28,5 \text{ A.}$$

$$I_{\text{відс}} = 1,25 \cdot 28,5 = 35,6 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 5,70 = 6,84 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 10 А, розчіплювач - 8 А).

Вибір ввідного автоматичного вимикача РП2.

Згідно попередніх розрахунків для РП2 $I_H = 33,90 \text{ A.}$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 33,90 = 44,07 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 33,9 \cdot 5 = 169,5 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 169,5 = 212 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 33,9 = 40,68 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу XS50NB ($I_{ном}$ - 50 А, розчіплювач – 45А).

2.2.3 Вибір захисту для РПЗ.

Захист верстатів виконуємо аналогічно за допомогою АВ.

Захист екструдера для термопластів з мікропроцесорним керуванням типу Е-150.

$$I_H = \frac{11 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 33,4 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 33,4 = 43,42 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 33,4 \cdot 5 = 167 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 167 = 208,7 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 33,4 = 40,08 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 50 А, розчіплювач - 45 А).

Захист лінії екструзії оболонок і шлангів типу VAL-150.

$$I_H = \frac{6,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 18,25 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 18,25 = 23,7 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 18,25 \cdot 5 = 91,25 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 91,25 = 114 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 11,40 = 21,9 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{ном}$ - 25 А, розчіплювач - 25 А).

Захист лінії екструзії армованих шлангів типу ИКШ-П-90.

$$I_H = \frac{14,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 42,59 \text{ А.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 42,59 = 55,36 \text{ А.}$$

$$I_{II} = 55,36 \cdot 5 = 276,8 \text{ А.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 276,8 = 346 \text{ А.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 42,59 = 51,1 \text{ А.}$$

Вибираємо АВ типу XS125NJ ($I_{ном}$ - 63 А, розчіплювач - 55 А).

Захист лінії екструзії ізоляції типу ХМ-65/25.

$$I_H = \frac{14,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 42,59 \text{ А.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 42,59 = 55,36 \text{ А.}$$

$$I_{II} = 55,36 \cdot 5 = 276,8 \text{ А.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 276,8 = 346 \text{ А.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 42,59 = 51,1 \text{ А.}$$

Вибираємо АВ типу XS125NJ ($I_{ном}$ - 63 А, розчіплювач - 55 А).

Захист приточно-втяжного пристрою типу W4E370-CP06-31.

$$I_H = \frac{2,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot \cos \varphi} = 4,18 \text{ А.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 4,18 = 5,43 \text{ А.}$$

$$I_{II} = 5,43 \cdot 5 = 27,2 \text{ А.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 27,2 = 33,9 \text{ А.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 4,18 = 5 \text{ А.}$$

Вибираємо АВ типу DS06 ($I_{ном}$ - 6 А, розчіплювач - 5 А).

Вибір ввідного автоматичного вимикача РПЗ.

Згідно попередніх розрахунків для РПЗ $I_H = 143,9 \text{ А.}$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 143,9 = 187 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 143,9 \cdot 5 = 719,5 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 899,37 = 1124,2 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 143,9 = 172,6 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу XS250NJ ($I_{ном}$ - 160 А, розчіплювач – 175 А).

2.2.4 Вибір захисту для щитка освітлення (ЩО).

Захист освітлювальної мережі виконуємо за допомогою АВ.

Розрахунок автоматичного вимикача QF18.

$$I_H = \frac{2,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \cos \varphi} = 7,22 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 7,22 = 9,38 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 7,22 \cdot 2 = 14,44 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 18,76 = 18,05 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 7,22 = 8,66 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 10 А, розчіплювач - 9 А).

Розрахунок автоматичного вимикача QF19.

$$I_H = \frac{2,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \cos \varphi} = 5,77 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 5,77 = 7,5 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 5,77 \cdot 2 = 11,54 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 11,54 = 14,42 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 5,77 = 6,9 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 10 А, розчіплювач - 8 А).

Розрахунок автоматичного вимикача QF20:

$$I_H = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \cos \varphi} = 4,33 \text{ A.}$$

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 4,33 = 5,6 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 4,33 \cdot 2 = 8,66 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 8,66 = 10,8 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 4,33 = 5,2 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 6 А, розчіплювач - 6 А).

Вибір ввідного автоматичного вимикача щитка ЩО.

Ном. струм щитка ЩО $I_n = 17,32 \text{ A}$.

$$I_{ном} = 1,3 \cdot 17,32 = 22,5 \text{ A.}$$

$$I_{II} = 22,5 \cdot 2 = 45 \text{ A.}$$

$$I_{відс} = 1,25 \cdot 45 = 56,25 \text{ A.}$$

$$I_T = 1,2 \cdot 17,32 = 20,78 \text{ A.}$$

Вибираємо АВ типу DPE06 ($I_{ном}$ - 25 А, розчіплювач – 22 А).

2.2.5 Розрахунок та вибір запобіжників.

Для забезпечення надійності спрацювання захисту ввід розподільних пристроїв згідно [10] рекомендовано захищати додатково до автоматичних вимикачів встановленням запобіжників.

Розрахунок плавкої вставки запобіжника для РП1:

$$I_{\epsilon} = \frac{I_{ник}}{\alpha},$$

де α - коефіцієнт умов пуску ЕП:

$$I_{\epsilon} = \frac{161,6}{2,5} = 64,64 \text{ A.}$$

Вибір запобіжника - тип ПР2 100-200 А 500 В (струм плавкої вставки - 80 А).

Розрахунок плавкої вставки запобіжника для РП2:

$$I_{\epsilon} = \frac{169,5}{2,5} = 67,8 \text{ A.}$$

Вибір запобіжника - тип ПР2 100-200 А 500 В (струм плавкої вставки -

80 А).

Розрахунок плавкої вставки запобіжника для РПЗ:

$$I_{\epsilon} = \frac{719,5}{2,5} = 287,8 \text{ А.}$$

Вибір запобіжника - тип ПР2 100-350 А 500 В (струм плавкої вставки - 300 А).

Розрахунок плавкої вставки запобіжника для ЩО:

$$I_p = \frac{6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91} = 10 \text{ А.}$$

Вибір запобіжника - тип ПР2 100-200 А 500 В (струм плавкої вставки - 10 А).

Отримані результати записуємо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Захист електромережі розподільчими пристроями

Ном. струм електричних споживачів I_n , А	$I_{пк}$, А	Вибраний автоматичний вимикач		
		Тип	Струм вставки сповільненого спрацювання $I_{відс}$, А	Струм вставки теплового розчіплювача I_t , А
1	2	3	4	5
РП 1				
8,55	42,75	DPE06	53,43	10,26
11,40	57	DS06	71,25	13,68
9,50	47,5	DS06	59,37	11,40
2,80	14	DS06	17,5	3,36

РП 2				
1	2	3	4	5
5,70	28,5	DPE06	35,6	6,84
22,57	112,8	DS06	141	27,08
5,70	28,5	DPE06	35,6	6,84

РП 3				
1	2	3	4	5
33,4	167	DPE06	208,7	40,08
18,25	91,25	DS06	114	21,9
42,59	276,8	XS125NJ	346	51,1
42,59	276,8	XS125NJ	346	51,1
4,18	27,2	DS06	33,9	5,0

Щиток освітлення				
7,22	14,44	DPE06	18,05	8,66
5,77	11,54	DPE06	14,42	6,9
4,33	8,66	DPE06	10,8	5,2

Продовження таблиці 2.1

Номінальний струм усіх електричних споживачів I_n , А	$I_{пк}$, А	Тип запобіжника	Вибраний автоматичний вимикач		
			Тип	Струм вставки сповільненого спрацювання $I_{вдс}$, А	Струм вставки теплового розчіплювача I_t , А
Ввідний розподільчий пристрій					
32,32	161,6	ПР2-100	XS50NB	202	38,78
33,90	169,5	ПР2-100	XS50NB	212	40,68
143,9	719,5	ПР2-350	XS250NJ	1124,2	172,6
17,32	45	ПР2-15	DPE06	56,25	20,78

2.3 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів

Площа перерізу кабельно-провідникової продукції визначається з відгалужень до окремих (ЕП) напрямку до джерела живлення. Критерієм вибору площі перерізу проводів є відповідність допустимому нагріванню провідників згідно [7].

Ном. струм для ЕП визначаємо згідно виразу:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \text{ А.}$$

Кабель живлення РП1:

$$I_p = I_{p1.} + I_{p2.} + I_{p3.} + I_{p4.} = 32,24 \text{ А.}$$

Умова $I_n < I_{\text{доп}}$ згідно [10] виконується для кабелю типу ВВГ-3х8+1х6, з $I_{\text{доп}} = 37A$.

Кабель живлення РП2:

$$I_p = I_{p1.} + I_{p2.} + I_{p3.} = 33,7 A.$$

Умова $I_n < I_{\text{доп}}$ згідно [10] виконується для кабелю типу ВВГ-3х8+1х6, з $I_{\text{доп}} = 37A$.

Кабель живлення РП3:

$$I_p = I_{p1.} + I_{p2.} + I_{p3.} + I_{p4.} + I_{p5.} = 142,4 A.$$

Умова $I_n < I_{\text{доп}}$ згідно [10] виконується для кабелю типу ВВГ-3х70+1х50, $I_{\text{доп}} = 165 A$.

Кабель живлення ЩО:

$$I_{\text{ЩО1}} = \frac{P_{\text{ЩО1}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,89} = 11,04 A.$$

Умова $I_n < I_{\text{доп}}$ згідно [10] виконується для кабелю типу ВВГ-4-1х2,5.

$$I_{\text{доп}} = 19 \cdot 0,93 = 17,6 A.$$

Результати розрахунків та перевірки заносимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Тип і січення кабелів

Ном. струм ЕП I_n, A	Тип і січення кабелів згідно допустимого нагріву, mm^2	Доп. струм ЕП $I_{\text{доп}}, A$
РП1		
8,6	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
11,38	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
9,52	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
2,79	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
РП2		
5,68	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
22,53	ВВГ 3×5+1×2,5	27
5,68	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
РП3		
33,42	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
18,23	ВВГ 3×5+1×2,5	27
42,61	ВВГ 3×10+1×8	39
42,61	ВВГ 3×10+1×8	39
4,20	ВВГ 3×2,5+1×1,5	19
ЩО		
7,24	ВВГ -4-1×2,5	19

5,76	ВВГ -4-1×2,5	19
4,31	ВВГ -4-1×2,5	19
ВРП		
32,36	ВВГ 3×8+1×6	37
33,87	ВВГ 3×8+1×6	37
143,84	ВВГ 3×70+1×50	165
17,36	ВВГ -4-1×2,5	19
КТП		
227,68	АВББШв 3x120+1x70	230

2.4 Вибір електрообладнання трансформаторної підстанції

Проводимо вибір встановленого на стороні 10кВ трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ високовольтного вимикача:

1. Ном. напруга ($U_{HB} \geq U_{HV}$), кВ: 10 (ном. 10);
2. Довготривал. струм ($I_{HB} \geq I_{PY}$), А: 362 (ном. 630);
3. Струм відмикання ($I_{Відм} \geq I_{\infty}$), кА: 8,4 (ном. 15);
4. Потужн. відмикання ($S_{відм} \geq S_{K3}$), МВ·А: 138 (ном. 150);
5. Ударн. струм к.з. ($i_{У.В} \geq i_{У}$), кА: 23,4 (ном. 26);
6. Струм термічн. стійкості ($I_{Н.Т.С.} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{П}}{t_{HTC}}}$), кА: 5,2 (ном. 12).

Тут застосовані такі скорочення: U_{HB} - ном. напруга; U_{HV} - ном. напруга уставки; I_{HB} - ном. струм; I_{PY} - розрах. струм уставки; I_{∞} - устал. струм к.з. в місці встановлення; $S_{відм}$ - потужн. відмикання; S_{K3} - потужн. к.з. в місці встановлення; $i_{У.В}$ - доп. ударн. струм; $i_{У}$ - ударний струм к.з.; $I_{Н.Т.С.}$ - ном. струм термічн. стійкості; $t_{П}$ - приведений час дії струму к.з.; t_{HTC} - ном. час дії струму к.з.

Згідно[10] вибираємо високовольтний вакуумний вимикач типу ВВ/ЕL-10 кВ.

Вибір вимикача навантаження і запобіжника на високій стороні трансформаторної підстанції:

1. Ном. напруга ($U_{HB} \geq U_{HV}$), кВ: 10 (ном. 10);
2. Довготрив. струм вимикача ($I_{HB} \geq I_{P}$), А: 35,6 (ном. 50);

3. Довготрив. струм запобіжн. ($I_{HB} \geq I_p$), A : 37,8 (ном. 50);
4. Струм відмикання запобіжн. ($I_{Відм} \geq I_\infty$), $кА$: 7,4 (ном. 10);
5. Потужн. відмикання запобіжн. ($S_{відм} \geq S_{Кз}$), $МВ \cdot А$: 121 (ном. 150);
6. Ударн. струм к.з. ($i_{y.B} \geq i_y$), $кА$: 18,4 (ном. 25).

Згідно [10] вибираємо автоматичний вимикач навантаження автогазовий з пружинно-важільним приводом типу ВНПРЗ-10/630 У2 і запобіжник типу ПКТ 113-10-100-31.5 для ТП 1000 кВ·А.

Вибір трансформаторів струму на стороні низької напруги трансформаторної підстанції проводимо з врахуванням допустимого навантаження вторинного кола згідно виразу:

$$S_2 = S_p + I_{H2}^2 \left(\frac{\sqrt{3} \cdot 1}{j \cdot S_{пров}} + R_K \right) [B \cdot A],$$

де $S_p = 1 B \cdot A$; $I_{H2} = 5,0 A$; $j = 32 A \cdot мм^{-2}$; $S_{пров} = 2,5 мм^2$; $R_K = 0,1 Ом$.

Тоді:

$$S_2 = 1 + 5^2 \left(\frac{\sqrt{3}}{32 \cdot 2,5} + 0,1 \right) = 4,85 B \cdot A.$$

Результати розрахунку:

1. Ном. напруга ($U_{HB} \geq U_{HV}$), $кВ$: 0,38 (ном. 0,66);
2. Струм первин. обвитки ($I_{HB} \geq I_{PV}$), A : 918 (ном. 1600).
3. Навантаж. на вторин. обвитку ($S_{2н} \geq S_2$), $кА$: 4,83 (ном. 25).
4. Кратн. доп. струму електродинам. стійк. $K_{дин} \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} \cdot I_{HT}}$: 28,2 (ном. 40).
5. Кратн. струму термічн. стійк. ($I_{HT.C.} \geq I_\infty \sqrt{\frac{t_{II}}{t_{HTC}}}$), $кА$: 4,79 (ном. 20).

Згідно [10] вибираємо трансформатори струму типу ТШ-0,66-2 1500/5 А.

Вибір автоматичного вимикача на стороні 0,4 кВ підстанції:

1. Ном. напруга ($U_{HA} \geq U_{HV}$), $кВ$: 0,38 (ном. 0,66).

2. Довготривал. струм ($I_{HA} \geq I_p$), А: 978 (1600).

3. Струм відмикан. ($I_{відм} \geq I_\infty$), кА: 18 (25).

Згідно [10] вибираємо автоматичний вимикач типу АВМ-10 НВ-1000 А.

2.5 Термічна стійкість струмовідних частин системи електропостачання

Умова перевірки кабельної лінії 0,4 кВ щодо термічної стійкості:

$$S_{\min} \leq S_n \text{ мм}^2, \quad S_{\min} = \frac{I_\infty \cdot \sqrt{t_n}}{C} \text{ мм}^2.$$

$C = 85$ - коеф. для кабелю з алюмінієвою жилою.

Отримаємо:

$$S_{\min} = \frac{18280 \cdot \sqrt{0,24}}{85} = 106,4 \text{ мм}^2.$$

Згідно результатів обчислень $S_{\min} = 106,4 \text{ мм}^2 \leq S_n = 120 \text{ мм}^2$. Таким чином, січення кабелю живлення (кабель силовий броньований з ПВХ-ізоляцією та ПВХ-шлангом типу АВБШв $3 \times 120 + 1 \times 70$) вибране вірно.

2.6 Заходи щодо захисту трансформаторів підстанції

Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ на стороні вищої напруги (10 кВ) захищена від струмів к. з. і перенавантажень автоматичними вимикачами навантаження й запобіжниками, а саме: автоматичним вимикачем навантаження автогазовим з пружинно-важільним приводом типу ВНПРз-10/630 У2 і запобіжником типу ПКТ 113-10-100-31.5 для ТП 1000 кВ·А.

Силові трансформатори підстанції захищені від внутрішніх пошкоджень та аварійних ситуацій газовим реле типу РГЧЗ-66, яке реагує як на сигнал і відключення вимикача навантаження, так і на порушення роботи трансформатора.

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вихідні дані електроприймачів для розрахунку системи електропостачання

Вихідні дані для розрахунку системи електропостачання наведені в розділі 1.

В табл. 3.1 наведений перелік потужностей підприємства з величинами номінальної потужності кожного електроприймача та його $\cos\varphi$.

Таблиця 3.1 - Перелік потужностей підприємства

№ з/п	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	$\cos\varphi$
1.	E-150	Екструдер термопласт. з МП-керуван.	11,1	0,5
2.	VAL-150	Лінія екструзії оболонки і шлангів	6,2	0,5
3.	ИКШ-П-90	Лінія екструзії армованих шлангів	14,1	0,5
4.	ХМ-65/25	Лінія екструзії ізоляції	14,1	0,5
5.	E-45	Екструдер для маркування	4,7	0,8
6.	M88/150 R3	Вальці для змішування компонентів ПВХ	6,2	0,8
7.	HKS-100/50/26-B	Екструдер для вторинної грануляції	5,1	0,8
8.	PEOKSAM	Екструдер двошнековий вимірювальний	1,6	0,8
9.	DT-14	Машина д/середн. волочіння з відпалом	3,2	0,8
10.	DSU-40	Машина для скручування провідників	11,8	0,8
11.	DT-24	Машина д/тонкого. волочін. з відпалом	3,2	0,8
12.	-	Робочий стіл майстра	0,6	0,9
Всього:			80,3	-

Споживачі електричної енергії складаються з електроприводів технологічного обладнання, що переробляє полімерні матеріали, комплексів обладнання з мікропроцесорним керуванням, розеток та освітлювальної мережі.

3.2 Складання схеми електропостачання підприємства

На плані виробництва з виготовлення кабельних нагрівальних елементів відмічаємо місця розташування обладнання. Електричне живлення виробництва буде здійснюватись кабелем, прокладеним від комплектної трансформаторної підстанції (КТП) до ввідно-розподільчого пристрою (ВРП) виробництва вздовж стін на кабельних полицях. З ВРП електроенергія буде поступати на три розподільчі пристрої (РП1, РП2 та РП3), а також на щиток освітлення (ЩО), з

якого будуть заживлені освітлювальні прилади обох діляниць, діляниці контролю готової продукції та її розетки.

Електроприймачі діляниць виробництва будуть заживлені від відповідних розподільчих пристроїв (РП1, РП2 та РП3) проводами, прокладеними у трубах.

В табл.3.2 подані номінальні струми електроприймачів згідно їх встановленої потужності.

Таблиця 3.2 – Номінальні струми електроприймачів

№ на плані	Назва виробничого обладнання	Встановл. потужн. один. обладн. P_n , кВт	Кількість обладн. n , один.	Сумарн. потужн. $P_{\text{сум}}$, кВт	Коеф. використ. k_g	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	Сума квадрат. встановл. потужн. $P_n^2 \cdot n$, кВт	Ном. струм I_n , А
2.1	Екструдер для нанесення маркуван.	4,5	1	4,5	0,65	0,8	0,75	20,25	8,55
2.2	Вальці для змішування ПВХ	6,0	1	6,0	0,65	0,8	0,75	36,0	11,40
2.3	Екструдер для вторин. грануляції	5,0	1	5,0	0,65	0,8	0,75	25,0	9,50
2.4	Екструдер двошнековий вимірюв.	1,5	1	1,5	0,65	0,8	0,75	2,25	2,80
2.5	Машина д/середн. волочін. з відпал.	3,0	1	3,0	0,65	0,8	0,75	9,0	5,70
2.6	Машина д/скручув. провідників	11,875	1	11,875	0,65	0,8	0,75	23,75	22,57
2.7	Машина д/тонкого. волочін. з відп.	3,0	1	3,0	0,65	0,8	0,75	9,0	5,70
1.1	Екструдер термопл. з МП-керуван.	11	1	11	0,14	0,5	1,73	121,0	33,40
1.2	Лінія екструзії оболон. і шлангів	6	1	6	0,14	0,5	1,73	36,0	18,25
1.3	Лінія екструзії армован. шлангів	14	1	14	0,14	0,5	1,73	196,0	42,59
1.4	Лінія екструзії ізоляції кабелів	14	1	14	0,14	0,5	1,73	196,0	42,59
1.5	Робочий стіл майстра (ПЕОМ)	0,1	1	0,1	0,14	0,5	1,73	0,01	0,3
1.6	Приточно-втяжний пристрій	4,5	1	4,5	0,65	0,8	0,75	20,25	8,55
	Всього		12	79,875				674,25	203,05

3.3 Розрахунок електричних навантажень діляниць виробництва

Визначаємо груповий коеф. використ. технологічного обладнання згідно виразу:

$$K_g = \frac{\sum_{i=1}^{13} p_{ni} \cdot k_{gi}}{\sum_{i=1}^{13} p_{ni}};$$

$$K_g = \frac{4,5 \cdot 0,65 + 6,0 \cdot 0,65 + 1,5 \cdot 0,65 + 3,0 \cdot 0,65 + 11,875 \cdot 0,65 + 3,0 \cdot 0,65}{79,875} + \frac{11 \cdot 0,14 + 6 \cdot 0,14 + 14 \cdot 0,14 + 14 \cdot 0,14}{79,875} = 0,36.$$

Середн. активн. потужн. навантаж. 1-ї діляниці:

$$P_c = K_g \cdot \sum_{i=1}^{13} p_{ni}; \quad P_c = 0,36 \cdot 79,875 = 28,96 \text{ кВт.}$$

Ефективн. к-сть ЕП n_e 1-ї ділянки:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^{13} p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^{13} p_{ni}^2}; \quad n_e = \frac{(79,875)^2}{674,25} = 10.$$

Згідно графіка [7] при $n_e=30$ і $K_g=0,21$ коеф. макс. $K_{\max}=1,46$.

Активн. розрах. потужн. ділянки:

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = K_g \cdot \sum_{i=1}^{13} p_{ni} \cdot K_{\max}; \quad P_p = 0,36 \cdot 79,875 \cdot 1,46 = 41,98 \text{ кВт.}$$

Реактивн. розрах. потужн. ділянки:

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{13} p_{ni} \cdot k_{gi} \cdot \text{tg} \varphi_i;$$

$$Q_p = 1,46 \cdot (2,925 \cdot 0,75 + 3,9 \cdot 0,75 + 3,25 \cdot 0,75 + 3,25 \cdot 0,75 + 0,975 \cdot 0,75 +$$

$$+ 1,95 \cdot 0,75 + 7,718 \cdot 0,75 + 1,95 \cdot 0,75 +$$

$$1,75 \cdot 1,73 + 0,84 \cdot 1,73 + 1,96 \cdot 1,73 + 1,96 \cdot 1,73) = 42,17 \text{ [кВ} \cdot \text{Ар]}$$

Повна розрах. потужн.:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad S_p = \sqrt{41,98^2 + 42,17^2} = 59,5 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

3.3.1 Розрахунок потужності РПІ.

Розрахунок потужності розподільчих пристроїв проводимо аналогічно.

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^4 p_{ni} \cdot k_{gi}}{\sum_{i=1}^4 p_{ni}}; \quad K_B = \frac{(4,5 + 6,0 + 5,0 + 1,5) \cdot 0,65}{17} = 0,65.$$

$$P_c = K_B \cdot \sum_{i=1}^4 p_{ni}; \quad P_c = 0,65 \cdot 17 = 11,05 \text{ кВт.}$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^4 p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^4 p_{ni}^2}; \quad n_e = \frac{(17)^2}{1559,865} = 3.$$

$$K_{\max}=2,64.$$

Продовження таблиці 3.3

№ на плані	Назва електричного споживача	К- сть	P_{ni} , кВт	$\sum P$, кВт	k_{ei}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	K_B	P_c , кВт	n_e	K_{max} x	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А	I_H , А
2.2	Вальці для змішування компонентів ПВХ	1	6,0	6,0	0,65	0,8	0,75									
2.3	Екструдер для вторинної грануляції полімерів	1	5,0	5,0	0,65	0,8	0,75									
2.4	Екструдер двошнековий вимірвальний	1	1,5	1,5	0,65	0,8	0,75									
	Всього	4		17				0,65	11,0 5	3	2,64	29,17	21,88	36,46	55,46	32,32

3.3.2 Розрахунок потужності РП2.

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^3 p_{ni} \cdot k_{ei}}{\sum_{i=1}^3 P_{ni}}; \quad K_B = \frac{(3,0 + 11,875 + 3,0) \cdot 0,65}{17,875} = 0,65.$$

$$P_c = K_B \cdot \sum_{i=1}^3 P_{ni}; \quad P_c = 0,65 \cdot 17,875 = 11,61 \text{ кВт}.$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^3 P_{ni})^2}{\sum_{i=1}^3 P_{ni}^2}; \quad n_e = \frac{(17,875)^2}{1559,865} = 2.$$

$$K_{max} = 2,34.$$

$$P_p = P_c \cdot K_{max}; \quad P_p = 11,61 \cdot 2,34 = 27,16 \text{ кВт}.$$

$$Q_p = K_{max} \cdot \sum_{i=1}^3 (p_{ni} \cdot k_{ei} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i); \quad Q_p = 2,34 \cdot 8,26 = 19,33 \text{ кВАр}.$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad S_p = \sqrt{27,16^2 + 19,33^2} = 33,3 \text{ кВА}.$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad I_p = \frac{33,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 50,65 \text{ А}.$$

$$I_H = \frac{P_\Sigma}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi}; \quad I_H = \frac{17,875 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 33,98 \text{ А}.$$

Згідно результатів розрахунку формуємо табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розподільчий пристрій №2

№ на плані	Назва електричного споживача	К-сть	Потужність		k_{ϕ}	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	K_B	P_c , кВт	n_e	K_{\max}	Розрахункові навантаження			I_p , А	I_n , А
			P_n , кВт	$\sum P$, кВт								P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА		
2.5	Машина д/середнього волочиння з відпалом	1	3,0	3,0	0,65	0,8	0,75									
2.6	Машина д/скручування провідників у жилу	1	11,875	11,875	0,65	0,8	0,75									
2.7	Машина д/тонкого волочиння з відпалом	1	3,0	3,0	0,65	0,8	0,75									
	Всього	3	17,9	17,9	0,65	0,8	0,75	0,65	11,61	2	2,34	27,16	19,33	33,3	50,65	33,90

3.3.3 Розрахунок потужності РПЗ.

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^6 p_{ni} \cdot k_{\phi i}}{\sum_{i=1}^6 p_{ni}}; \quad K_B = \frac{(0,1 + 2,2 + 11 + 6 + 14 + 14) \cdot 0,65}{47,3} = 0,65.$$

$$P_c = K_B \cdot \sum_{i=1}^6 p_{ni}; \quad P_c = 0,65 \cdot 47,3 = 30,74 \text{ кВт}.$$

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^3 p_{ni})^2}{\sum_{i=1}^3 p_{ni}^2}; \quad n_e = \frac{(47,3)^2}{553,8} = 4.$$

$$K_{\max} = 2,31.$$

$$P_p = P_c \cdot K_{\max}; \quad P_p = 30,74 \cdot 2,34 = 71,93 \text{ кВт}.$$

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^6 (p_{ni} \cdot k_{\phi i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i); \quad Q_p = 2,34 \cdot 11,98 = 28,04 \text{ кВАр}.$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad S_p = \sqrt{71,93^2 + 28,04^2} = 77,2 \text{ кВА}.$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad I_p = \frac{77,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 117,4 \text{ А}.$$

$$I_n = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi}; \quad I_n = \frac{47,3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,5} = 89,9 \text{ А}.$$

Згідно результатів розрахунку формуємо табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Розподільчий пристрій №3

№ на плані	Назва електричного споживача	К-сть	Потужність		k_e	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	K_B	P_c , кВт	n_e	K_{\max}	Розрахункові навантаження			I_p , А	I_n , А
			P_n , кВт	$\sum P$, кВт								P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА		
1.5	Робочий стіл майстра (ПЕОМ)	1	0,1	0,1	0,14	0,5	1,73									
1.6	Пристрій приточно-втяжний	1	2,2	2,2	0,65	0,8	0,75									
1.1	Екструдер для термопласт. з МП	1	11	11	0,14	0,5	1,73									
1.2	Лінія екструзії оболонок і шлангів	1	6	6	0,14	0,5	1,73									
1.3	Лінія екструзії армованих шлангів	1	14	14	0,14	0,5	1,73									
1.4	Лінія екструзії ізоляції кабелів	1	14	14	0,14	0,5	1,73									
	Всього	6		47,3				0,65	30,7 4	4	2,31	71,9 3	28,0 4	77,2	117, 4	143, 9

3.4 Розрахунок центра електричних навантажень

Розподільчий пристрій розміщуємо в центрі електричних навантажень $(x_0; y_0)$. Для цього використаємо дані табл. 3.6 з місцезнаходженням потужностей виробництва. В лівому куті приміщення підприємства з виробництва кабельних нагрівальних елементів розміщуємо точку з координатою $x=0; y=0$.

Таблиця 3.6 - Розташування потужностей виробництва

№ з/п на плані	Назва	Встановлена потужн. P_{Hi} , кВт	Координата x_i , м	Координата y_i , м	$P_{Hi} \cdot x_i$	$P_{Hi} \cdot y_i$
Розподільчий пристрій 3 (РП 3)						
1.1	Екструдер для термопласт. з ЧПУ	11,0	21,4	3,8	235,4	41,8
1.2	Лінія екструзії оболонок і шлангів з ЧПУ	6,0	21,4	9,0	128,4	54,0
1.3	Лінія екструзії армованих шлангів з ЧПУ	14,0	21,4	14,8	299,6	207,2

1.4	Лінія екструзії ізоляції кабелів з ЧПУ	14,0	21,4	20,1	299,6	281,4
1.5	Робочий стіл майстра (ПЕОМ)	0,1	17,3	12,6	1,7	1,3
1.6	Пристрій приточно-втяжний	2,2	17,3	12,6	38,1	27,7
–	Всього:	47,3	–	–	1002,8	613,4
Розподільчий пристрій 1 (РП 1)						
2.1	Екструдер для нанесення маркування	4,5	7,7	12,3	34,7	55,4
2.2	Вальці для змішування компонентів ПВХ	6,0	8,2	15,1	49,2	90,6
2.3	Екструдер для вторинної грануляції полімерів	5,0	4,8	15,1	24,0	75,5
2.4	Екструдер двошнековий вимірювальний	1,5	8,2	19,7	12,3	29,6
–	Всього:	16,7	–	–	120,2	251,1
Розподільчий пристрій 2 (РП 2)						
2.5	Машина для середнього волочіння з відпалом	3,0	1,4	15,1	4,2	45,3
2.6	Машина для скручування провідників у жилу	11,9	1,4	19,7	16,7	234,4
2.7	Машина для тонкого волочіння з відпалом	3,0	4,8	19,7	14,4	59,2
–	Всього:	17,9	–	–	35,3	338,9

$$\text{РП1: } x_0 = \frac{\sum_{i=1}^4 (p_{Hi} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^4 (p_{Hi})} = \frac{120,6}{16,8} = 7,18 [м];$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^4 (p_{Hi} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^4 (p_{Hi})} = \frac{252,3}{16,8} = 14,86 [м];$$

$$\text{РП2: } x_0 = \frac{\sum_{i=1}^3 (p_{Hi} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^3 (p_{Hi})} = \frac{35,8}{18,3} = 1,86 [м];$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^3 (p_{Hi} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^3 (p_{Hi})} = \frac{336,8}{18,3} = 18,46 [м];$$

$$\text{РПЗ: } x_0 = \frac{\sum_{i=1}^6 (p_{Hi} \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^6 (p_{Hi})} = \frac{1003,2}{46,8} = 20,9 \text{ [м];}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^6 (p_{Hi} \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^6 (p_{Hi})} = \frac{612,8}{46,8} = 13,2 \text{ [м]}.$$

Розраховані координати центрів навантажень розподільчих пристроїв РП1, РП2 та РПЗ знаходяться посеред відповідних ділянок; зміщуємо їх до найближчих стін.

Тоді координати розміщення розподільчих пристроїв будуть такі:

- РП1: $x_{РП1} = 4,5 \text{ м}; y_{РП1} = 11,6 \text{ м};$

- РП2: $x_{РП2} = 0 \text{ м}; y_{РП2} = 17,9 \text{ м};$

- РП3: $x_{РП3} = 23,8 \text{ м}; y_{РП3} = 10,9 \text{ м}.$

Ввідний розподільчий пристрій (ВРП) буде розміщений біля вводу силового кабеля 0,4 кВ від КТП і матиме координати

- ВРП: $x_{ВРП} = 23,8 \text{ м}; y_{ВРП} = 0,4 \text{ м}.$

Щиток освітлення (ЩО) розміщуємо якнайближче до ВРП і заживлюємо від нього:

- ЩО: $x_{ЩО} = 15,8 \text{ м}; y_{ЩО} = 0 \text{ м}.$

3.5 Розрахунок освітлення виробництва

3.5.1 Ділянки основного виробництва.

Розміри приміщення, що підлягає освітленню:

$H = 7 \text{ м}$ – висота приміщення;

$h_c = 1 \text{ м}$ – віддаль світильника від перекриття;

$h_{п} = 6 \text{ м}$ – висота світильника над підлогою;

$h_p = 1 \text{ м}$ – висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{п} - h_p = 5 \text{ м}$ – розрахункова висота від світильника до розрахункової поверхні;

$B = 24 \text{ м}$ – ширина приміщення;

$l_1 = 24$ м – довжина приміщення;

Плануємо на обох ділянках виробництва кабельних нагрівальних елементів 12 світильників.

Згідно таблиці 4.4 [14] приймаємо освітлення ділянок $E = 300$ лк, а коефіцієнт запасу $K_3=1,5$.

Розрахунок ділянки екструзії.

Індекс приміщення:

$$i_{el} = \frac{B \cdot l}{h \cdot (B + l)}; \quad i_{el} = \frac{24 \cdot 24}{5 \cdot (24 + 24)} = 2,4.$$

Світловий потік ламп для даної ділянки:

$$\Phi_{el} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N},$$

де S_{el} – площа ділянки, $S_1 = 354$ м²;

z – поправка на мінімальну освітленість ($z = 1,15$ [14]);

η – коеф. використання світлового потоку.

Для визначення η_1 задаємося коеф. відбивання поверхні приміщення:

стеля $\rho_c = 50$ %; стіни $\rho_{cm} = 30$ %; підлога $\rho_{nl} = 10$ %. Згідно [14] $\eta_1 = 0,5$.

Тоді

$$\Phi_{el} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 354 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 12} = 30532 \text{ Лм.}$$

Аналогічним чином знаходимо, що $\eta_2 = 0,22$.

Даний світловий потік можна забезпечити як лампами типу ДРЛ-500 ($P_n = 500$ Вт), так і відповідними їм аналогами - стельовими світлодіодними світильниками.

Відхилення від розрахункового світлового потоку:

$$\delta = \frac{30000 - 30532}{30000} \cdot 100\% = 1,77\% \text{ - в допустимих межах.}$$

Ном. потужність усіх ламп даної ділянки:

$$P_n = n \cdot P; \quad P_n = 6 \cdot 0,5 = 3 \text{ кВт.}$$

Аналогічним чином розраховуємо освітлення ще однієї ділянки.

Розрахункові величини потужностей освітлення:

$$P_p = K_u \cdot P_n; \quad P_p = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad Q_p = 5,4 \cdot 0,46 = 2,49 \text{ кВ}\cdot\text{Ар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad S_p = \sqrt{5,4^2 + 2,49^2} = 5,86 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}; \quad I_p = \frac{5,86}{\sqrt{3} \cdot 0,220} = 15,48 \text{ А}.$$

3.5.2 Дільниця випробувань.

Розміри приміщення, що підлягає освітленню:

$$H_3 = 3,5 \text{ м}; \quad b_3 = 6 \text{ м}; \quad l_3 = 6 \text{ м}; \quad h_C = 0,2 \text{ м}; \quad h_{II} = 3,5 - 0,2 = 3,3 \text{ м}; \quad h_P = 1,0 \text{ м};$$

$$h = h_{II} - h_P = 2,3 \text{ м}.$$

Спосіб монтування світильників: в один ряд на відстані 2,0 м від стін та 2,0 м між собою.

Згідно [14] освітленість дільниці випробувань: $E_3 = 300 \text{ лк}$; $K_3 = 1,5$.

$$i_3 = \frac{b_3 \cdot l_3}{h(b_3 + l_3)} = \frac{6,0 \cdot 6,0}{2,4(6,0 + 6,0)} = 1,29.$$

Коеф. використання η св-ка: $\rho_C = 75\%$ - для стелі; $\rho_{CT} = 30\%$ - для стін; $\rho_{II} = 15\%$ - для підлоги. Таким чином, згідно [14] $\eta_3 = 0,48$.

Світловий потік ламп для даного приміщення:

$$\Phi_3 = \frac{E_3 \cdot K_3 \cdot S_3 \cdot z}{\eta_3}; \quad \Phi_3 = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 35 \cdot 1,15}{0,48} = 35940 [\text{Лм}].$$

Даний світловий потік можна забезпечити як люмінесцентними лампами типу ЛБР-65 ($P_H = 65 \text{ Вт}$), так і відповідними їм аналогами - стельовими світлодіодними світильниками.

Світловий потік дволампового світильника:

$$\Phi_C = 2 \cdot 4800 = 9600 \text{ Лм}.$$

Загальний світловий потік при $N_3 = 4 \text{ шт.}$:

$$\Phi_{C3} = 4 \cdot 9600 = 38400 \text{ Лм}.$$

Відхилення від розрахункового світлового потоку:

$$\delta_3 = \frac{\Phi_{C3} - \Phi_3}{\Phi_{C3}}; \quad \delta_3 = \frac{38400 - 35940}{38400} \cdot 100\% = +6,72\% \text{ - в доп. межах.}$$

Таким чином, дільницю випробувань освітлюватиме 4 шт. світильників типу ЛПО 21-2x65 з лампами ЛБР-65. Можливе встановлення більш енергоефективних і більш довговічних світлодіодних світильників стельових типу

ДПО–01–НСП–4А (8 Вт) в такій же кількості.

Розрахункові величини потужностей освітлення:

$$P_{H3} = 4 \cdot 2 \cdot 0,065 = 0,518 \text{ [кВт]}.$$

$$P_{P3} = k_B \cdot P_{H3} = 0,74 \cdot 0,518 = 0,36 \text{ кВт},$$

де $k_B = 0,74$, $\cos\varphi_2 = 0,86$.

$$Q_{P3} = P_{P3} \cdot \operatorname{tg}\varphi_3 = 0,36 \cdot 0,64 = 0,238 \text{ кВ}\cdot\text{А}\cdot\text{р}.$$

$$S_{P3} = \sqrt{P_{P3}^2 + Q_{P3}^2}; \quad S_{P3} = \sqrt{0,386^2 + 0,238^2} = 0,464 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

$$I_{P3} = \frac{S_{P3}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3}}; \quad I_{P3} = \frac{0,464}{\sqrt{3} \cdot 220} = 1,186 \text{ А}.$$

$$I_{H3} = \frac{P_{H3}}{\sqrt{3} \cdot U_{H3} \cdot \cos\varphi_3}; \quad I_{H3} = \frac{0,518}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,84} = 1,596 \text{ А}.$$

Для комутації освітлення на ділянках виробництва кабельних нагрівальних елементів біля входу у приміщення цеху встановлюємо щиток освітлення (ЩО).

3.6 Розрахунок навантаження щитка освітлення

Потужність освітлення діляниць:

$$P_{O\Sigma} = 3,0 + 3,0 + 0,48 = 6,48 \text{ кВт}.$$

Потужність розеток діляниці контролю:

$$P_{P\Sigma} = 4 \cdot 0,60 = 2,40 \text{ кВт}.$$

Загальна активна потужність:

$$P_{\Sigma} = 6,48 + 2,40 = 8,88 \text{ кВт}.$$

Розподіляємо активну потужність між трьома фазами:

– фаза "А" (ЕП(осв): діляниця профільних виробів з ЧПУ): $P_A = 3,0 \text{ кВт}$;

– фаза "В" (ЕП(осв): діляниця півфабрикатів): $P_B = 3,0 \text{ кВт}$;

– фаза "С" (ЕП(р): 3.1...3.4 + ЕП(осв): діляниця контролю): $P_C = 0,48 + 2,40 = 2,88 \text{ кВт}$.

Оскільки фаза "А" (фаза "В") є найбільш завантаженою, розраховуємо навантаження з освітлення та розеток саме для цієї фази:

$$P_{OP} = 3,0 \cdot 3 = 9,0 \text{ кВт}.$$

3.7 Розрахунок потужності ввідно – розподільчого пристрою

Розраховані потужності ЕП в РП та потужності освітлювального устаткування зводимо у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 Розрахункові навантаження ввідно – розподільчого пристрою

№ з/п позиц.	Назва електро-приймача	Напруга, В	Потужність, кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВ·А	I _p , А	I _н , А
3	Розподільчий пристрій 1 (РП1)	380	16,68	–	–	29,16	21,86	36,42	55,38	32,29
2	Розподільчий пристрій 2 (РП2)	380	17,86	–	–	27,14	19,34	33,28	50,59	33,88
4	Розподільчий пристрій 3 (РП3)	380	47,28	–	–	71,92	28,06	77,18	117,38	143,86
5	Щиток освітлення (світильники)	220	6,56	–	–	5,81	2,74	6,39	16,79	24,14
5	Щиток освітлення (розетки)	220	2,38	–	–	1,86	1,21	2,16	5,58	7,48
1	Ввідно-розподільчий пристрій	380	90,76	–	–	135,78	73,08	155,36	246,1	241,76

3.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора

Оскільки підприємство з виробництвом виготовлення кабельних нагрівальних елементів має складне технологічне обладнання комп'ютеризованого типу, його необхідно віднести до II-ї категорії з електроспоживання і передбачити двотрансформаторну схему електроживлення (див. розділ 1).

Враховуємо розраховані потужності:

– активна розрах. потужність силового обладнання виробництва:

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} = K_{\varepsilon} \cdot \sum_{i=1}^{13} p_{ni} \cdot K_{\max}; \quad P_p = 0,358 \cdot 79,869 \cdot 1,51 = 43,18 \text{ кВт};$$

– реактивна розрах. потужність:

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{13} p_{ni} \cdot k_{\varepsilon i} \cdot \text{tg}\varphi_i; \quad Q_p = 1,42 \cdot 28,91 = 42,21 \text{ кВАр};$$

– повна розрах. потужність:

$$S_{p1} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad S_{p1} = \sqrt{43,18^2 + 42,21^2} = 59,48 \text{ кВ·А}.$$

Розрахункові потужності освітлення і розеток:

$$P_p = (5,38 + 0,39 + 1,78) = 7,55 \text{ кВт};$$

$$Q_p = (2,47 + 0,23 + 1,14) = 3,84 \text{ кВ}\cdot\text{Ар};$$

$$S_{p2} = 8,48 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Повна розрах. потужність виробництва підприємства:

$$S_p = S_{p1} + S_{p2} = 59,48 + 8,48 = 67,96 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

На КТП ПП «Прикарпаткабель» з силовим трансформатором марки ТМЗ 1000–10/0,4 кВ виділяємо комірку для електропостачання виробництва кабельних нагрівних елементів потужністю:

$$S_{ТПл} = 1,2 S_p = 1,2 \cdot 67,96 = 81,55 \text{ кВ}\cdot\text{А} \approx 82 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

з пропускною здатністю по струму:

$$\begin{aligned} I_{ТПк} &= 1,2 \cdot (I_{PE} + I_{PO} + I_{PP}) = 1,2 \cdot (223,49 + 16,78 + 5,71) = \\ &= 1,2 \cdot 245,8 = 295,26 \approx 300 [A]. \end{aligned}$$

Для резервного живлення підприємства передбачена друга лінія електропостачання від КТП №115, що живиться від ПС/110/35/10 кВ потужністю (25 + 25) МВт «Коломия; РП-1» з аналогічним силовим трансформатором.

3.9 Розрахунок та вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності підприємства

Орієнтовна потужність пристроїв для компенсування реактивної потужності на даному виробництві розраховується згідно виразу:

$$Q_{КБН} = P_p \cdot (tg\varphi_\phi - tg\varphi_H), \text{ кВ}\cdot\text{Ар},$$

де $tg\varphi_H = 0,332$ відповідає значенню $\cos\varphi = 0,96$;

$$tg\varphi_\phi = tg\varphi_C = 1,498;$$

$$P_p = 43,18 \text{ кВт}.$$

Тоді маємо:

$$Q_{КБН} = 43,18 \cdot (1,498 - 0,332) = 50,35 [\text{кВ}\cdot\text{Ар}].$$

Оптимальна величина реактивної потужності НВ конденсаторів розраховується згідно виразу:

$$Q_{КН\text{опт}} = Q_{КБН} - \frac{M}{r_{E_T} \cdot (1 + \lambda)}, \text{ кВ}\cdot\text{Ар},$$

де $r_{E_T} = 0,0022 \text{ Ом}$ [7];

$$\lambda = 0,6.$$

$$M = U_H^2 \cdot \left(\frac{112,49 \cdot K_{ДКН}}{C_{O_E} \cdot T_B} + 0,48 \right), \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом},$$

де $T_B = 8760 \text{ год.}; C_{O_E} = \frac{A}{T_{МАКС}} + B \cdot 10^{-3}; T_{МАКС} = 4239 \text{ год.}$

$$C_{O_E} = \frac{429}{4242} + 77 \cdot 10^{-3} = 0,24 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год.}};$$

$$M = 0,38^2 \cdot \left(\frac{112,48 \cdot 1,9}{0,18 \cdot 8760} + 0,49 \right) = 0,083 [\text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом}].$$

Тоді отримаємо:

$$Q_{KH_{опт}} = 50,35 - \frac{0,095}{0,0018 \cdot (1 + 0,58)} = 31,86 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

Згідно результатів розрахунку найбільш придатною є стандартна НВ автоматична конденсаторна установка типу *КРМ-0,4-100-25* в к-сті 1 шт. потужністю $100 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$ з можливістю ступеневого регулювання через $25 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$.

Залишок реактивної потужності буде компенсувати ВВ конденсаторна установка потужністю:

$$Q_{КБВ} = Q_{КБН} - Q_{ККВ} = 2 \cdot 25 - 31,86 = 18,14 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

За допомогою установки компенсувальних пристроїв у мережах промислових підприємств можна досягти зниження втрат електроенергії.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Безпека життєдіяльності на підприємстві з виготовлення кабельних нагрівальних елементів

Типовий технологічний процес на підприємстві з виготовлення кабельних нагрівальних елементів організовують таким чином, щоб уникати операцій і робіт, які супроводжуються виділенням в повітря робочої зони пилу, вологи, шкідливих газів і т. ін. При неможливості такого уникнення передбачають заходи щодо зниження цих виділень до нормального рівня, забезпечуючи вимоги ДСТУ 3273-95 «Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги».

При цьому машини й устаткування для механізації технологічних процесів і систем інженерного забезпечення на такому підприємстві повинні відповідати вимогам безпеки згідно ДСТУ 7234:2011 «Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки». З метою скорочення ручної праці віддають перевагу використанню засобів малої механізації.

При розміщенні стаціонарного технологічного та інженерного обладнання необхідно передбачати:

- основні проходи в місцях постійного перебування працюючих - шириною 1,2 - 1,5 м; проходи між стіною і обладнанням - не менше 0,8 м, а між машинами і стіною при необхідності кругового обслуговування - не менше 1 м;
- обладнання, що не має рухомих частин і не потребує обслуговування з одного і більше сторін - на відстані 0,15 м від стіни;
- проходи від електрощитів до виступаючих частин обладнання - не менше 1,25 м;
- всі рухомі частини стаціонарних агрегатів повинні мати огорожі.

Низ віконних прорізів повинен бути на висоті не менше 1 м від рівня підлоги.

При розташуванні майданчиків та інших конструктивних елементів будівель, обладнання та інженерних мереж на висоті менше 2,2 м від підлоги бічні поверхні повинні бути пофарбовані в сигнальний колір згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки.

Зареєстровані знаки безпеки».

Для запобігання або зменшення шкідливих викидів в повітря робочих приміщень до нормативних рівнів згідно гігієнічних нормативів ГН 2.2.5.686-98 «Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони» при експлуатації технологічного обладнання повинні бути передбачені відповідні заходи.

При неможливості повного усунення шкідливих викидів в повітря робочої зони слід шляхом використання раціональних засобів захисту працюючих згідно ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» максимально обмежити їх поширення в робочих зонах даних і суміжних приміщень до величин, що не перевищують гранично допустимі.

Волого–температурний режим в приміщеннях з регульованим мікрокліматом слід підтримувати на рівні вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», а допустимі параметри шуму в приміщеннях і рівні - у відповідності з вимогами ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги».

Номенклатура і площі санітарно-побутових приміщень на підприємстві повинні передбачатися з урахуванням облікової чисельності працюючих, групи виробничих процесів. При цьому слід враховувати співвідношення чоловіків і жінок у штаті працівників.

Всі працівники виробничого комплексу зобов'язані проходити попередні і періодичні медичні огляди. Адміністрація комплексу зобов'язана ознайомити всіх працюючих з правилами охорони здоров'я.

Усі працюючі на виробництві забезпечуються спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту згідно з «Типовими галузевими нормами безоплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту для працівників агропромислового комплексу».

4.2 Заходи забезпечення надійної роботи підприємства в умовах надзвичайних ситуацій

Забезпечення роботи підприємства, орієнтованого на технологію виготовлення електричних кабельних нагрівальних елементів, в умовах надзвичайних ситуацій полягає у створенні надійних систем електро-, водо- та теплозабезпечення:

а) підвищення стійкості електрозабезпечення:

- розподіл схеми електромереж на незалежно працюючі частини;
- закілювання електромереж та підключення їх до декількох джерел енергозабезпечення;

- створення резерву дизельних електростанцій;

б) підвищення стійкості систем водопостачання:

- водопостачання від двох незалежних джерел, одне з яких підземне;
- захист вододжерел та резервуарів чистої води;
- створення обвідних (байпасних) ліній навколо водонапірних мереж;

в) підвищення стійкості систем газо-, тепло-, та паливозабезпечення:

- розподільні газопроводи робити підземними та передбачити їх кільцювання;

- газорозподільні станції та опорні пункти обвідних газопроводів передбачити в підземному варіанті;

- встановлювати в основних вузлових точках системи газозабезпечення, автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацюють при аварії.

Підвищення протипожежної стійкості підприємства:

- максимальне скорочення запасів палива та вибухонебезпечних речовин;
- проведення профілактичних протипожежних заходів;
- підготовка сил і засобів пожежогашіння.

На підприємстві створюють запаси сировини, палива, комплектуючих вузлів і деталей, обладнання, які дозволяють продовжувати роботу на випадок дезорганізації постачання.

Підвищення стійкості роботи підприємства досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дій уражаючих факторів і створення умов для ліквідації їх наслідків. Окрім цього, необхідно проводити

комплекс інженерно-технічних заходів щодо підвищення стійкості роботи підприємства та надійності його споруд на випадок повторної дії руйнівних катастроф або профілактичні роботи для відвернення (недопущення) їх руйнування у подальшому, включаючи посилення (зміцнення) існуючих конструкцій, підготовку до негайної евакуації унікального обладнання, технічної документації.

4.3 Заходи з охорони праці на підприємстві з виробництва кабельної продукції

Безпека трудового процесу характеризується параметрами безпеки трудових операцій при виконанні нормованих завдань. Порушенням параметрів безпеки трудових операцій є виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, якщо їх прояв не пов'язаний з порушенням параметрів безпеки обладнання і виробничих процесів.

Фізичні роботи на підприємстві відносяться до категорії П₆ (середньої важкості), охоплює види діяльності, при яких витрата енергії складає від 200 до 250 ккал/год. (232-293 Дж/с). До цієї категорії відносять роботи, які виконуються стоячи, пов'язані з рухом, перенесенням невеликих (до 10 кг) вантажів, що супроводжуються помірним фізичним навантаженням.

Для підвищення освітленості робочої поверхні необхідно слідкувати за тим, щоб усі джерела світла були у належному стані та збільшувати їх потужність. Роботи, які виконуються на підприємстві, відносяться до розряду зорових робіт IV (III) класу у відповідності з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Таким чином, розробляються заходи, які максимально покращать умови роботи та самопочуття працюючих. Для запобігання погіршення зору застосовуються такі заходи і засоби: своєчасна заміна відпрацьованих ламп, регулярне миття світильників, відслідковування норми освітленості (для кожного приміщення вона визначена за технологією та довідниками).

Також у кожній будівлі встановлені санітарно-гігієнічні приміщення. Вони обладнані туалетом, душовою кабіною, шафами для передягання. Кожний

працюючий у кінці дня приймає душ. Один раз на 3 зміни випирається робочий одяг.

4.4 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на підприємстві

На підприємстві з виготовлення кабельно-провідникової продукції використовується електрообладнання, вибір якого і встановлення виконані у відповідності до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок». Під час роботи в пожежонебезпечних зонах виконуються вимоги відповідних розділів цих правил в частині організаційних та технічних заходів, що забезпечують безпеку робіт.

На дільниці екструзії ізоляції кабелів для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу застосовуються кришки, а місце вводу кабелів ущільнюється за допомогою гумових прокладок. Переносний електричний інструмент має відповідний ступінь захисту.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах мають апарати, які відключають повністю або частково технологічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Для цього передбачені автоматичні вимикачі. Обсяг вимикання визначається технологією у відповідності з проектом на підприємство.

На підприємстві використовуються силові і освітлювальні розподільчі пристрої, що мають необхідну ступінь захисту оболонок. Трансформаторна підстанція розміщена в пожежобезпечній зоні. Електрообладнання в інкуляційному цеху має ступінь захисту оболонок згідно ДНАОП 0.00- 1.32-01.

Складські приміщення мають апарати для відключення ззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині ввідного пристрою світильника. В складах не застосовуються електронагрівальні прилади. В освітлювальній мережі складів провідники захищаються від перевантажень. Крім того, від перевантажень захищаються силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складів.

Кабелі і проводи мають оболонку і покриття з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

Ступінь вогнестійкості та мінімальні межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій визначаються нормами ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». У відповідності з ними припинення пожежі досягається такими методами:

- припиненням доступу в зону горіння кисню або горючої речовини, при яких горіння неможливе;
- охолодження зони горіння нижче температури самого загорання або пониження температури горючої речовини нижче температури горіння;
- розбавлення горючих речовин негорючими.

Для ліквідації пожежі на території підприємства використовуються первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, відра, сокири, лопати, пожежні щити). Передбачена така комплектація пожежного щита: вогнегасники (3шт.), кошма (1шт.), відра (2шт.), сокири (2шт.), лопати (2шт.), лом (2шт.), гак (1шт.), багор (1шт.). Гасіння пожеж передбачається за допомогою спеціально навчених робітників та чергового персоналу.

Засоби пожежогасіння обмежують розмір пожежі та забезпечують його гасіння. При цьому потрібно визначати види засобів пожежогасіння, кількість, розміщення і склад первинних засобів пожежогасіння у відповідності з НТД. Кожна будівля повинна мати план евакуації персоналу під час пожежі.

Система протипожежного захисту забезпечує незадимлення шляхів евакуації. Також повинні бути встановлені системи пожежооповіщення.

Пожежобезпечність представляє собою такий стан об'єкту або виробничого процесу, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення запобігається дія на людей і забезпечується захист матеріалів та обладнання. Система пожежобезпечності є складовою частиною заходів безпечних умов праці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи на тему «Розробка системи електропостачання виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів ПП «Прикарпаткабель», м. Коломия» виконано таке:

- спроектована внутрішня силова електрична мережа для електропостачання комплексу технологічного обладнання підприємства з виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів;

- визначені: категорія виробництва підприємства, класи вибухо - і пожежної небезпеки діляниць, відповідно до яких прийнято загальну схему електропостачання, спосіб прокладання електропроводок, вимоги до комутуючих і захисних пристроїв;

- вибрані перерізи жил електропроводок, марки і номінальні параметри захисної апаратури електроспоживачів виробництва з виготовлення кабельних нагрівальних елементів;

- визначена розрахункова потужність на вводі електромережі, складена специфікація на електроустаткування і елементи внутрішніх кабельних ліній;

- подано схемо - технічне рішення надійного забезпечення енергією електроприймачів підприємства, розраховані електричні навантаження силової та освітлювальної мереж, визначальні характеристики пристроїв захисту та автоматики, довжини та січення кабельно-провідникових матеріалів.

Виробничі приміщення освітлюються світильниками з напрямленим світловим потоком, який забезпечує нормативну освітленість на рівні робочої поверхні; на щитку освітлювальному встановлені сучасні автоматичні вимикачі: однополюсні - для комутації електричних кіл освітлювальної мережі виробничих діляниць й діляниці контролю продукції та двополюсні вимикачі з розчіпленням фазного й нульового проводу - для вимкнення розеток.

Захист ввідно-розподільчого пристрою (ВРП) від струмів к .з. зі сторони розподільчих пристроїв та щитка освітлювального здійснюється як автоматичними вимикачами, так і запобіжниками. ВРП вимикається рубильником, розрахованим на номінальний струм електроустаткування підприємства $\sim 300 \text{ A}$ при роботі у звичному режимі та захищений автоматичним

вимикачем при виникненні перенавантаження.

На щитку збірному КТП для живлення обладнання підприємства виділена комірка з автоматичним вимикачем та розмикачем–рубильником - для всіх комірок споживачів. Від цієї комірки до потужностей підприємства електроенергія подається броньованим кабелем закритою проводкою.

Сумарне розрахункове навантаження споживачів підприємства з виготовлення кабельних нагрівних елементів: активне - 51 кВт ; реактивне – $46 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$; повне - $68 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Пропускна здатність комірки для підприємства на щитку збірному КТП - 300 А .

В межах кваліфікаційної роботи розроблені заходи, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я, працездатності працівників під час праці, а також зменшення або запобігання впливу на людину шкідливих факторів.

Сучасні елементи системи електропостачання комплексу обладнання виробництва електричних кабельних нагрівальних елементів дозволяють підвищити надійність електропостачання й зменшити втрати електроенергії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В 2.5-23–2003 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2004. – 210 с.
2. ДНАОП 0.00-1.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 56 с.
3. Загорянська О. Л. Проблеми становлення конкурентоспроможності машинобудівних підприємств в сучасних умовах розвитку // Ефективна економіка. Електронне наукове фахове видання. – 2011. - №6. – С. 1-7.
4. Кабышев А. В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: уч. пособие / А. В. Кабышев. - Томск : Изд-во ТПУ, 2006. - 124 с.
5. Князевский Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. – М. : Высшая школа, 1979. – 340 с.
6. Кобелев В. М. Сучасний стан та перспективи розвитку українського ринку електротехнічних виробів // Науковий журнал “Економіка розвитку”. – Харків : ХНЕУ. - 2006. - С. 72-75.
7. Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. - М. : Высшая школа, 1975. – 320 с.
8. Нападовська І. В. Проблемні аспекти інформаційного забезпечення оцінювання підприємств кабельної промисловості України // Вісник ЖДТУ. – 2010. - №3 (53). – С. 68–72.
9. Охорона праці в галузі : методичні вказівки / Укладач к.т.н., доц. каф. ТМ І. Г. Ткаченко. – Тернопіль, ТДТУ, 2001. – 32 с.
10. Правила улаштування електроустановок. - 3-є вид., перероб. і доп. - Х.: Форт, 2010. - 732 с.
11. Пантелеев Е. Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник / Под ред. А. Д. Смирнова и др. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с. : ил.
12. Семенова В. Г. Напрямки ефективного розвитку підприємств кабельної промисловості // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. - №2/6

(22). – С. 54–57.

13. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов. – К. : Техніка, 1991. – 192 с.
14. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Энергоатомиздат, 1992. - 448 с. : ил.
15. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 368 с. : ил.
16. Цивільна оборона: навч. посібн. / М. А. Кулаков, В. О. Ляпун та ін.; за ред. проф. В. В. Березуцького. - Х.: НТУ «ХПІ», 2005. - 363 с.
17. Цивилев М. П. Инженерно-спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очаге ядерного поражения / М. П. Цивилев, А. А. Никаров, В. М. Суслин. – М. : Воениздат, 1975. – 286 с.
18. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник / Р. Б. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харламов. – К. : Техніка, 1985. – 288с. : ил.
19. Електроустановочне обладнання. Довідникові матеріали // Промислова електроенергетика та електротехніка.– 2006.– №5.– С. 5–27.