

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Забезпечення ефективності системи електропостачання
виробництва покрівельного прокату в ТОВ «Євро-прокат»**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕЕМ-61
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Гейруш Г. Г.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Белякова І. В.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Вакулєнко О. О.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Тарасенко М. Г.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (прізвище та ініціали)

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)

« 01 » жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Гейрушу Гергею Гавриловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення ефективності системи електропостачання виробництва покрівельного прокату в ТОВ «Євро-прокат»

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 29 » вересня 2021 року № 4/7-807

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план виробництва покрівельного прокату ТОВ «Євро-прокат»; характеристика та перелік наявних потужностей підприємства; схема електропостачання основного виробництва; потужність трансформаторної підстанції

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. План дільниць виробництва покрівельного металопрокату

1 л. ф – А1

2. Схема однолінійна електропостачання дільниці підготування прокату

1 л. ф – А1

3. Схема однолінійна електропостачання дільниці нанесення покриття

1 л. ф – А1

4. Схема електричних з'єднань освітлювальної мережі

1 л. ф – А1

5. Пристрій підготування полімерної фарби

1 л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 04 жовтня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.10.2021	
2	Аналітичний розділ	18.10.2021	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	01.11.2021	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.11.2021	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.11.2021	
6	Висновки	29.11.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	06.12.2021	
8	Оформлення графічної частини	13.12.2021	

Студент

_____ (підпис)

Гейруш Г. Г.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Белякова І. В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гейруш Г. Г. Забезпечення ефективності системи електропостачання виробництва покрівельного прокату в ТОВ «Євро-прокат». 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. група ЕЕМ–61. -: ТНТУ, 2021.

Стор. - 73; рис. - 3; табл. - 8; креслень - 6; джерел - 29; додатків -.

В кваліфікаційній роботі розроблена модернізація ефективної системи електропостачання підприємства з технологією виробництва покрівельного прокату.

Встановлено, що підвищення ефективності систем електропостачання на підприємствах приносить вагомі результати в заощадженні коштів, збільшенні продуктивності виробничих процесів.

Проаналізований технологічний процес порошкового фарбування листового металопрокату. Встановлено, що покриття відрізняється високими показниками міцності, естетичності та економічної вигоди.

Розраховані електричні навантаження силової та освітлювальної мереж, струми короткого замикання; проведений вибір ефективних перерізів кабельно–провідникової продукції.

Проведений розрахунок ефективного схемо–технічного рішення електромережі підприємства з місцем розміщення установок компенсації реактивної потужності.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОМЕРЕЖА, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, СХЕМО–ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз енергетичної ефективності систем електропостачання	9
1.2 Аналіз методів дослідження ефективності систем електропостачання промислових підприємств	12
1.3 Аналіз технологічного процесу порошкового фарбування листового металопрокату	14
1.4 Автоматичний пристрій регенерації порошкової фарби	18
1.5 Аналіз енергетичних переваг застосування полімерних порошкових покриттів	21
1.6 Загальна характеристика електроприймачів	23
1.7 Загальна характеристика електроспоживання підприємства	24
1.8 Вибір схеми електропостачання	24
1.9 Висновки до розділу	25
2 РОЗРАХУНКОВО–ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	26
2.1 Загальна характеристика потужностей основного виробництва .	26
2.2 Розрахунок електричних навантажень основного виробництва ..	27
2.3 Розрахунок центрів електричних навантажень	28
2.4 Визначення розрахункових навантажень виробничого обладнання	30
2.5 Розрахунок електричного освітлення виробничих ділянок	33
2.6 Розрахунок навантаження щитка освітлення	35
2.7 Розрахунок потужності розподільчих пристроїв	35
2.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора	36
2.9 Схемо-технічні рішення ефективних електромереж промислових підприємств	37
2.10 Висновки до розділу	44
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	46
3.1 Вибір захисної апаратури електромережі підприємства	46

3.2 Проектне рішення	49
3.3 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора	50
3.4 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності	54
3.5 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів	56
3.6 Кабельний журнал	58
3.7 Перевірка струмовідних частин на термічну стійкість	59
3.8 Релейний захист трансформаторів підстанції	60
3.9 Висновки до розділу	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
4.1 Аналіз і заходи з усунення шкідливих факторів виробництва фарбованого покрівельного прокату	61
4.2 Електробезпека на виробництві. Технічні засоби електробезпеки	64
4.3 Стійкість виробництва фарбованого металопрокату в умовах дії надзвичайних ситуацій	66
4.4 Вимоги щодо улаштування системи електрозабезпечення виробництва у надзвичайних ситуаціях	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71

ВСТУП

Актуальність теми. Системи електропостачання - це сукупність джерел електричної енергії, силових трансформаторів, повітряних та кабельних ліній електропередачі, розподільних пристроїв, перетворювачів струму та напруги, засобів захисту та управління, допоміжних пристроїв та інших технічних засобів, призначена для забезпечення споживачів електроенергією у необхідній кількості необхідної якості.

Якість електроенергії - це сукупність властивостей електричної енергії, що відображає ступінь відповідності встановленим значенням параметрів електричної енергії, кількісно характеризує властивості електричної енергії (частоту, напругу, форму кривої напруги), є мірою електромагнітного впливу системи електропостачання на прилади, апарати, засоби управління, зв'язку та ін., проявляється у вигляді кондуктивних електромагнітних завад. Зниження якості електроенергії у системах електропостачання може призвести до зміни режимів роботи електроприймачів і в результаті – до скорочення терміну служби електрообладнання, підвищення ймовірностей аварій тощо. В реальних системах електропостачання підтримання якості електроенергії в заданих межах забезпечується автоматичним регулюванням окремих показників якості [5].

Нині з'явилися нові технології, які суттєво впливають на забезпечення надійності електроенергетичної системи. Насамперед слід зазначити: нове покоління комутаційної апаратури для всіх класів напруги з практично необмеженим ресурсом та електронні КРП, що дозволяє переглянути завдання надійності підстанцій; стрімкий розвиток силової електроніки та нових матеріалів; значний прогрес у галузі ізоляції електрообладнання [23].

Системи електропостачання промислових підприємств не повинні бути багатоступінчастими, мережі живлення не повинні бути довгими, а спосіб прокладання мережі повинен бути максимально простим. Крім того, система зобов'язана забезпечувати можливість впровадження нового обладнання, тобто повинна бути масштабованою [24].

На виробництвах з паралельними технологічними потоками електромережа має бути побудована так, щоб у разі потреби від'єднання одного елемента мережі

(у разі аварії, з метою ремонту) відключалися тільки ті механізми, що відносяться до цього потоку. Інші технологічні потоки повинні залишатися в робочому стані [27].

Одним з головних векторів розвитку сучасної електроенергетики є еволюційний перехід від централізованої генерації електричної енергії до розподілених смарт-систем генерації, що використовують відновлювані джерела енергії.

Одна з основних переваг застосування технології полімерних порошкових покриттів - відсутність розчинників. Порошкові фарби поставляються виключно в сухому, готовому вигляді, що забезпечує як економію, так і велику стабільність якості одержуваних покриттів. Досягається значна економія на відсутності дорогих розчинників.

Значна економія досягається за рахунок скорочення часу затвердіння покриттів внаслідок великих швидкостей плівкоутворення з розплавів і тому, що сушка одношарового порошкового покриття проводиться один раз. Скорочення витрат на утримання виробничих площ ділянки порошкового фарбування досягає 90% внаслідок виключення підсушування на повітрі. Автоматизація ділянки порошкового фарбування дозволяє фарбувати виробів більшої загальної площі, ніж площа, займана цією ділянкою [3, 12].

Тому, актуальними для промислових підприємств залишаються проблеми виявлення факторів з найбільшим впливом на енергоефективність.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності підприємства з технологією виробництва покрівельного прокату методом модернізації схеми електропостачання, яка відповідатиме вимогам з енергозбереження,

Поставлена в кваліфікаційній роботі мета вимагає вирішення таких задач:

- аналіз заходів, які необхідно використовувати на сучасних підприємствах, щоб підвищити їх енергоефективність й зменшити втрати електроенергії;
- аналіз ефективності схемних рішень, щоб компенсувати реактивну потужність та зменшити втрати потужності й напруги;
- розрахунок навантажень електроспоживачів підприємства, силової та освітлювальної електромережі й вибір потужності трансформаторів;

– розрахунок робочих і максимальних струмів короткого замикання та вибір відповідного електрообладнання, а також січення кабельно–провідникової продукції;

Об’єкт дослідження - процес підвищення ефективності системи електропостачання та зменшення втрат електроенергії в електромережах промислових підприємств.

Предмет дослідження - показники ефективності при використанні схемних рішень з установками компенсації реактивної потужності для зменшення втрат потужності й напруги.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Отримало подальший розвиток дослідження заходів зменшення втрат потужності та напруги шляхом підвищення ефективності схемних рішень електромереж промислових підприємств.

– Запропонована модель електромережі підприємства з високоефективним схемо-технічним рішенням місця розташування установок для компенсації реактивної потужності.

Практичне значення отриманих результатів.

Дворівнева електрична схема розташування установок КРП в електромережі підприємства суттєво знижує втрати потужності й напруги та покращує якість електроенергії.

Апробація. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на X-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя [3].

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, переліку посилань (29 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 73 стор., 8 табл., 3 рис.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз енергетичної ефективності систем електропостачання

Основною метою функціонування електроенергетичної галузі є надійне та економічне постачання споживачів електричною енергією необхідної якості. Традиційно питання якості електроенергії було переважно проблемою великих промислових підприємств, але сьогодні ця проблема стосується всіх споживачів, у тому числі й комунальної інфраструктури, населення, державних установ.

Низька якість електроенергії може призводити до скорочення терміну служби ізоляції електричних машин та апаратів, до погіршення роботи батарей конденсаторів, до збоїв у роботі систем управління, релейного захисту, автоматики, телемеханіки, зв'язку та обчислювальної техніки. Крім цього, з'являються додаткові активні втрати в електричних машинах, трансформаторах та мережах, в деяких випадках вони можуть становити до 20% споживаної потужності [24].

Останнім часом виникла низка нових вимог, які визначають розвиток електроенергетики на найближче десятиліття. До них, зокрема, відносяться збільшені вимоги споживачів до якості електроенергії та надійності електропостачання. Особливе місце при цьому має стійкість електроенергетичної системи (ЕЕС) як її властивість протистояти збуренням, не допускаючи їхнього каскадного розвитку з масовими порушеннями живлення споживачів, та забезпечувати швидке відновлення нормального або близького до нього стану системи. Забезпечення надійності ЕЕС досягається [5]:

- підвищенням надійності енергообладнання за допомогою використання досягнень науково-технічного прогресу в частині нових, більш міцних, хімічно стійких, вогнестійких, жароміцних, безпечних матеріалів та технологій, а також якісним виготовленням обладнання, вузлів, конструкцій на енергомашинобудівних підприємствах та монтажу будівельними організаціями;
- введенням обґрунтованої техніко-економічними розрахунками надмірності;

- вибором та впровадженням ефективної системи технічного обслуговування та ремонтів;
- раціональною організацією всіх видів ремонтів, реконструкції та модернізації обладнання;
- застосуванням усіх видів діагностування обладнання з метою оцінки його поточного стану, виявлення дефектів та прогнозування залишкового ресурсу;
- застосуванням ефективної системи тренажерної підготовки персоналу на базі сучасних науково-ергономічних підходів;
- використанням досягнень науково-технічного прогресу в галузі інформаційних технологій та нових технічних засобів управління, що дозволяють зробити стрибок у створенні смарт-грід-систем з високим ступенем роботоздатності як в нормальних, так і аварійних режимах.

Нині з'явилися нові технології, які суттєво впливають на забезпечення надійності ЕЕС. Насамперед слід зазначити [23]:

- нове покоління комутаційної апаратури для всіх класів напруги з практично необмеженим ресурсом та електронні КРП, що дозволяє переглянути завдання надійності підстанцій, у т. ч. зі спрощенням схем розподільних пристроїв та підвищенням ступеня автоматизації виробництва оперативних перемикачів, реконфігурації електричної мережі;
- стрімкий розвиток силової електроніки та нових матеріалів, що зумовлює нові можливості для застосування керованих передач змінного струму, у тому числі у поєднанні з електропередачами постійного струму, та широкі перспективи забезпечення якісного регулювання напруги в електричних мережах, радикального підвищення керованості, надійності та живучості ЕЕС;
- значний прогрес у галузі ізоляції електрообладнання, за рахунок якої суттєво підвищилася надійність кабельних ліній, а також розширилася сфера застосування газоізолюваного обладнання та ін.

Найчастіше існуючі системи електропостачання експлуатуються не в номінальних режимах, а електрообладнання та мережі ЕЕС виявляються недовантаженими чи перевантаженими. Це призводить до збільшення частини втрат у трансформаторах та обладнанні, зниження коефіцієнта потужності в

системах електропостачання. Причинами низької енергоефективності систем електропостачання є [24]:

- технічна зношеність електрообладнання, яке відпрацювало свій розрахунковий ресурс, що суттєво знижує безпеку обслуговування вузлів навантаження та надійність усієї системи електропостачання;

- нераціональні режими роботи основного електроустаткування;
- застарілі схемні рішення мереж та розподільних мереж;
- значні перетікання реактивної потужності в електромережах;
- стабільна нерівномірність добових графіків навантажень споживачів;
- суттєві відхилення показників якості електроенергії від нормованих.

Підвищення ефективності функціонування ЕЕС може досягатися через зниження втрат електричної енергії у системі трансформації, розподілу та перетворення (трансформатори, розподільні мережі, електрорушійний склад, системи зовнішнього та внутрішнього освітлення тощо), а також через оптимізацію режимів експлуатації обладнання. Якість електропостачання та умови використання енергії залежать від різних факторів, включаючи опір електричних мереж, а також вплив деяких видів обладнання та використання енергії на характеристики електропостачання. В енергетичних системах дуже бажані стабільність напруги, а також відсутність спотворень форми напруги та струму.

На сьогодні до основних критеріїв ефективності функціонування ЕЕС відносять такі [27]:

- кількість спожитої електричної енергії;
- втрати електроенергії в елементах систем електропостачання;
- рівень напруги, її несиметрія та несинусоїдність, а також рівень вищих гармонік.

Одним з головних векторів розвитку сучасної електроенергетики є еволюційний перехід від централізованої генерації електричної енергії до розподілених смарт-систем генерації, що використовують відновлювані джерела енергії. Їхнє застосування збільшує маневреність потоків енергії, що призводить до підвищення якості електропостачання в умовах нерівномірних графіків споживання електричної енергії. Розподілені системи генерації та накопичення

електроенергії дозволяють знизити матеріаломісткість ЕЕС, збільшити її надійність і живучість за рахунок резервної енергії, що накопичується в накопичувачах.

1.2 Аналіз методів дослідження ефективності систем електропостачання промислових підприємств

Обстеження електричного господарства промислового підприємства спрямовується на те, щоб виявляти резерви економії енергетичних ресурсів та розробляти рекомендації й технічні рішення щодо їх практичної реалізації.

Основні споживачі електроенергії на підприємстві такі [24]:

- електропривідне устаткування - споживає електроенергії до 70%;
- електротермічне устаткування – до 30%;
- освітлювальні прилади – до 10%;
- малий електричний транспорт – до 10%.

Обстеження систем електропостачання на промислових підприємствах залежать від їх глибини, тривалості, використання діагностуючого обладнання та ін. Методи обстежень умовно поділяються на 3 групи:

1. Прискорене обстеження електрообладнання промислового підприємства (цеху, дільниці).

2. Поглиблене обстеження та аналіз використання електроенергії в складі:

- складання енергобалансів на підприємстві;
- встановлення нормативних витрат електроенергії за видами обладнання.

3. Організація цільового енергетичного моніторингу реалізації заходів та технічних рішень щодо економії електричної енергії.

Енергетичний баланс є важливою характеристикою стану енергетичного господарства підприємства та відображає повну кількісну відповідність між сумарною підведеною енергією та сумарною корисною енергією й втратами.

Загальними рекомендаціями для фахівців, які проводять обстеження, є:

- дотримання регламенту технологічного обладнання, якість сировини, ступінь відлаштування системи регулювання;
- раціональний вибір енергоносіїв.

Обстеження підприємств показують, що основною причиною нерациональних витрат електроенергії є фізичне та моральне зношування електричного й технологічного обладнання. Зокрема, знос пружин клапанів компресорів дає річну нерациональну витрату dW електроенергії, що визначається за виразом: $dW = (0,02 \dots 0,05) \cdot P \cdot T$, де P - ном. потужн. компресора, kW ; T - річна тривалість роботи компресора, год.

Значні резерви економії електроенергії досягаються при вдосконаленні загальнопромислових систем, зокрема, за рахунок реалізації низки конструктивних, режимних та схемних рішень. Енергетичний ефект внаслідок таких вдосконалень має конкретні значення [24]:

- застосування асинхронних приводів із частотним регулюванням - (40 ... 60)%;
- застосування обмежувачів холостого ходу електроприводів - (10 ... 14)%;
- заміна електродвигунів приводів на меншу потужність через явне недовантаження за потужністю - (6 ... 24)%;
- оптимізація встановленої потужності електродвигунів з нерівномірним графіком їх навантаження протягом виробничого циклу - (8 ... 12)%;
- реконструкція електроприводів допроектної продуктивності - (8 ... 12)%;
- застосування спеціальних систем рекуперації енергії для електроприводів з циклічним характером навантаження при регулярних розгонах та уповільненнях - (4 ... 12)%;
- конденсаторна корекція коефіцієнта потужності електродвигуна - (2 ... 6)%;
- використання комутованих магнітних приводів з підвищеними динамічними характеристиками - (4 ... 6)%.

1.3 Аналіз технологічного процесу порошкового фарбування листового металопрокату

Порошкове фарбування є сучасним методом обробки металевих конструкцій та виробів з інших матеріалів, що дозволяє отримувати полімерні

покриття, які мають високі захисні та декоративні властивості. Ця технологія фарбування була придумана в середині минулого століття, і за понад 60 років вона стала чудовою альтернативою застосуванню рідких лакофарбових речовин.

Порошкова технологія не передбачає застосування рідких розчинників, які токсичні та вогнебезпечні, роблять фарбу дорожчою та обмежують вибір текстури, відтінків. Даний метод фарбування дає можливість використовувати будь-які кольори та фактури, створювати поверхневі рельєфи з різним ступенем глянце. Поставляється фарба-порошок у готовому вигляді, тому контроль в'язкості та кольорування, які дорого обходяться, виключені. Це робить фарбування економічним, стійким, довговічним та дуже якісним. Порошкове напилення забезпечує формування стійкого до ударів антикорозійного покриття, що працює при температурі від -60 до + 150°C, а також забезпечує якісну електроізоляцію. На якість фарбування впливають різкі температурні перепади.

Економічні вигоди порошкового фарбування:

- фарба майже на 100% переноситься на поверхню;
- економічна завдяки низькій частці відходів;
- надлишок фарби, що не осідає на робочій поверхні при розпиленні, можна використовувати знову;
- технологія фарбування високо автоматизована;
- немає необхідності доглядати покриття;
- можливе повторне використання близько 95% фарби, яку збирають під час чищення обладнання;
- оскільки у складі порошкової фарби немає розчинників, то не потрібно витрачати час і ресурси на їх випаровування і видалення парів.

Екологічні вигоди порошкового фарбування:

- у складі фарби немає шкідливих для здоров'я та екології органічних сполук;
- технологія фарбування екологічно чиста;
- ймовірність спалаху значно понижена;
- Запах хімічних засобів виділяється мінімально;
- технологія фарбування сприяє покращенню трудової гігієни;

– концентрація летких сполук, що виділяються при полімеризації, завжди нижча за гранично допустимий рівень.

Порошкове покриття за якістю має ряд переваг над забарвленими деталями фарбами на розчинниках:

1. Чудові оздоблювальні та фізико-хімічні характеристики, яких неможливо досягти, використовуючи традиційні методи фарбування.

2. Якість покриттів та експлуатаційні параметри вищі.

3. Для фарбування не потрібно ґрунтувати поверхню.

4. Оскільки склад порошкової фарби на 100% складається з сухої речовини, для фарбування достатньо одного шару порошку на відміну від дорогих рідких складів.

5. Пористість порошкового покриття значно менша від традиційного; порошкова фарба має вищу антикорозійну стійкість та ударостійкість.

6. Не потрібна спеціальна підготовка до фарбування, не потрібно контролювати в'язкість, оскільки фарба-порошок поставляється споживачеві готовою для використання.

7. При фарбуванні напиленням втрачається максимум 4% фарби, тоді як втрати рідких фарб досягають 40%.

8. Фарба-порошок твердне після нанесення на поверхню за 30 хвилин.

9. Не потрібні великі складські площі для зберігання.

10. Покриття порошком дуже міцне, тому пофарбовані вироби при перевезенні ушкоджуються мінімально, до того ж менші витрати на їх упаковку.

За допомогою порошкової фарби обробляють різні вироби та конструкції: велосипеди, кавомашини, банкомати, ліфти, поштові скриньки, предмети домашнього інтер'єру та ін. При цьому полімерні покриття, що отримуються, є екологічно чистими, стійкими до впливу вологи, ультрафіолету, хімічних речовин, екстремальних погодних умов.

Щоб досягти таких чудових властивостей, використовують два види фарб. Перший вид, зазвичай, наноситься на поверхні, які знаходяться просто неба і схильні до негативного впливу навколишнього середовища (дощу, снігу, ультрафіолету, холоду, спеки). Другий вид порошків застосовується для обробки

деталей, які, зазвичай, знаходяться усередині приміщень. Отримувані поверхні захищені від появи потертостей, сколів та подряпин.

Список матеріалів, які можна фарбувати порошковою фарбою, досить великий. У багатьох галузях промисловості темпи застосування такої технології безперервно зростають. Подібним прикладом є виробництво труб, що використовуються у видобутку, обробці та транспортуванні нафтопродуктів. Такі вироби зберігають свої властивості в екстремальних умовах експлуатації: при підвищеному тиску та високих температурах, при впливі агресивних середовищ, які можуть руйнувати поверхню конструкцій.

Зазвичай порошкове фарбування застосовується для обробки таких виробів: металеві поверхні; кераміка та стінове каміння; деревоволокнисті плити МДФ та скло.

1.3.1 Технологія порошкового фарбування металу.

Металеві вироби потребують покриття для захисту від корозії, а тому замість традиційного лакофарбового складу, оптимальним варіантом є нанесення полімерної порошкової фарби.

Порошкове фарбування металу - прогресивна технологія, що дозволяє надійно захистити метал від його головного ворога - корозії, і, одночасно, надати виробу красивого та стильного зовнішнього вигляду. Технологія такого фарбування передбачає рівномірне розпилення фарбника по площині. Порошкова фарба рівномірно лягає на поверхню предмета, що фарбується.

Перед початком фарбування потрібно підготувати матеріал, від цього залежить весь успіх накладання фарбування і як він виглядатиме надалі. Перед процедурою виконують знежирення виробу, фосфатування солями цинку, промивання, ґрунтування та сушіння робочої поверхні, щоб потім у кілька шарів поетапно нанести порошкову фарбу.

Фарбування порошковою фарбою проводиться у два етапи: спочатку полімерний матеріал наноситься на виріб шляхом електростатичного напилення. Далі покриття "запікається" при температурі приблизно 200 градусів. Полімерні смоли утворюють дуже міцне зчеплення із поверхнею на молекулярному рівні.

У процесі фарбування порошковою фарбою на виробництвах використовуються такі види обладнання:

- електростатичні напилювачі (фарбопульти) з під'єднанням до повітряних компресорів та електричного живлення;
- камери напилення із системами рекуперації фарби (установки типу «циклон», фільтри-уловлювачі) (див. нижче);
- печі або камери полімеризації (термічні, УФ-установки);
- камери для хімічної підготовки поверхонь до фарбування, в яких відбувається фосфатування, миття та сушіння деталей;
- системи транспортування фарбованих деталей.

На різних виробничих лініях поширення також набула порошкове фарбування металевих виробів «у киплячому шарі». Воно здійснюється методом занурення деталі в ємність, заповнену псевдозрідженим за допомогою стисненого повітря барвником.

Види обладнання для порошкового фарбування та варіанти його розміщення у певному цеху підбираються, виходячи із завдань та планованої продуктивності технологічної лінії (див. рис.1.1).

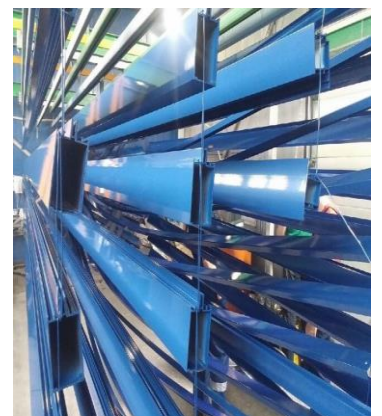


Рисунок 1.1 - Комплекс обладнання для автоматичного і ручного нанесення фарби

1.4 Автоматичний пристрій регенерації порошкової фарби

Процес нанесення порошкових покриттів має ряд експлуатаційних переваг. Одна з них - полегшене чищення розпилювального обладнання. Видаляти сухий порошок значно простіше, ніж шари рідкої фарби. Час переходу з одного кольору фарби на інший в конвеєрній лінії порошкового фарбування займає до однієї години, причому до 95% фарби, зібраної в процесі очищення обладнання, придатні для вторинного використання.

Порошкова фарба, що не осіла на виріб у процесі нанесення, збирається в рекуператорі, при цьому вона не втрачає своїх властивостей і після просіювання, і після просушування, а використовується вдруге. Порошкова технологія взагалі характеризується малими втратами порошкових фарб (1-2)% на відміну від рідких лакофарбових матеріалів (до 50%). Порошок при електростатичному нанесенні прагне розподілитися рівномірно плоскою поверхнею виробу і більш товстим шаром на гострих кутах і краях виробу, що покращує якість покриття.

В якості системи автоматичного струшування фільтрів порошкової фарби - пристрою регенерації фарби, використовується так званий фільтр-рекуператор, загальний вигляд якого поданий на листі *«Автоматичний пристрій регенерації порошкової фарби»*.

Фільтр - це рекуператор (від латинського «recuperator» - який віддає назад, повертає) камери порошкового фарбування і представляє собою агрегат, головна функція якого полягає в заборі повітря з частинками порошкової фарби, що не осіла на деталі в процесі нанесення порошку.

При фарбуванні слід уникати вдихання порошкової фарби, оскільки це може призвести до пошкодження легень і захисних мембран організму.

Основне призначення системи рекуперації полягає в уловлюванні максимально можливої кількості порошкової фарби і поверненні її у живильник. В рекуператорі відбувається фільтрація фарби, яка потім може бути використана повторно.

Найчастіше використовується двоступенева система уловлювання. На першому етапі використовується пиловідокремлювачі, а на другій стадії уловлювання фарби відбувається її фільтрація.

Фільтр-рекуператор, який поданий на рис. 1.2, складається з таких основних частин: 1 - вентиль запірний муфтовий латунний; 2 - манометр типу МТ-1-УХЛ3; 3 - фільтр вологовідстиювач типу 22-16x80; 4 - клапан 122-12 УХЛ4; 5 - пневмодросьель 10-2 УХЛ4; 6 - ежектор 9370-0009; 7 - ресівер; 8 - електропневмоклапан; 9 - форсунка 6812-0014; 10 - фільтр; 11 - верхня частина фільтра-рекуператора; 12 - уловлювач порошкової фарби; 13 - нижня частина фільтра-рекуператора; 14 - бункер з вібриситом.

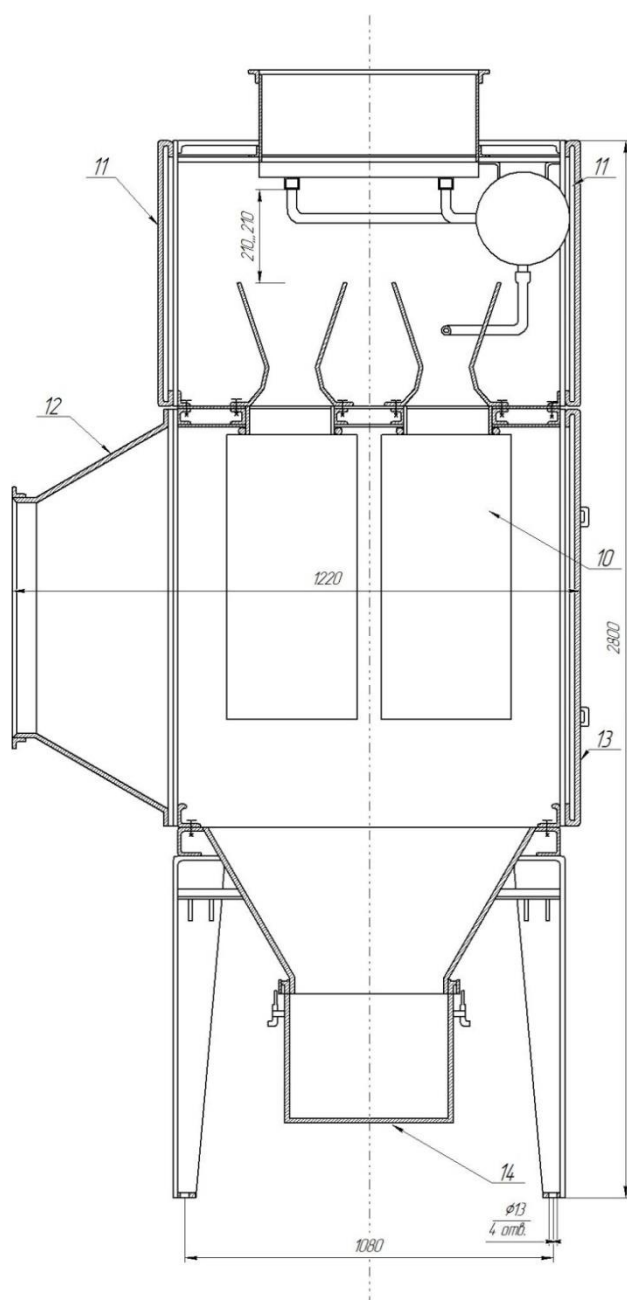


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд пристрою регенерації порошкової фарби на основі фільтра-рекуператора СФР–2

Повітря пройшовши через фільтр-патрон очищається від частинок фарби і викидається назад в приміщення цеху, а фарба осідає на поверхні, що фільтрує, звідки періодично збивається зворотним пневмоударом і падає в спеціальний бункер. З бункера фарба–порошок в міру необхідності видаляється або вручну, або за допомогою пневмоектора.

Значною перевагою застосування фільтра-рекуператора є те, що він дозволяє значно знизити розліт порошкової фарби з камери напилення, знижуючи тим самим забруднення сусідніх робочих місць, виробничого обладнання, зменшуючи зону пожежонебезпеки, знижуючи витрати на прибирання приміщення.

1.4.1 Конструкція і принцип роботи фільтра-рекуператора

Встановлений на лінії порошкового фарбування рулонного металопрокату фільтр-рекуператор типу СФР-2 з триступеневою системою очищення повітря представляє собою металевий каркас, обшитий сталевими листами з полімерним покриттям. У комплектації цього агрегату застосовані тільки якісні вузли і електроапарати.

В склад триступеневої системи входять 3 ступені очищення повітря:

- 1-а ступінь – циклон;
- 2-а ступінь – рукавні фільтри;
- 3-я ступінь – фільтр тонкого очищення.

Фільтр - рекуператор оснащений спеціальними фільтрами європейського виробництва з поліестерового спанбонду з антистатичним просоченням. Ступінь очищення повітря від порошкової фарби - 99,8%.

Очищення фільтрів здійснюється спільною дією струшувального вібратора із зворотною продувкою повітрям під тиском (0,3 0,4) МПа.

При зміні кольору фарби фільтри легко демонтуються, а робочий простір фільтра-рекуператора очищається повітряним продуваючим пістолетом. За

тривалістю зміна кольору займає не більше (20 ... 40) хвилин. Управління роботою фільтра-рекуператора здійснюється з пульта керування.

1.5 Аналіз енергетичних переваг застосування полімерних порошкових покриттів

Одна з основних переваг - відсутність розчинників. У плівці, нанесеній по рідинній технології, при інтенсивному видаленні розчинників утворюються пори, які викликають погіршення адгезії і передчасне виникнення підплівкової корозії.

В порошковому покритті менше усадження і пористість плівки. У порошкових фарбах застосовується розширений асортимент пов'язуючих речовин, не розчинних у розчинниках, наприклад, поліетилен, поліамід, фторопласт. Це дозволяє отримати *недорогі покриття з високою атмосферо- і хімістійкістю*.

У порошковій технології виключені такі складні операції, як контроль в'язкості фарби і доведення її до потрібної величини. Порошкові фарби поставляються виключно в сухому, *готовому вигляді*, що забезпечує як економію, так і велику стабільність якості одержуваних покриттів.

Досягається значна економія на *відсутності дорогих розчинників*, які в рідких фарбах грають роль лише носіїв для плівкоутворювальних речовин. Кількість розчинників в рідких лакофарбових матеріалах досягає 50%. Додаткова економія - *скорочення витрат енергії* на випаровування розчинників. Видалення парів полімерів з печей досягається при використанні дуже економічних ковпакових і вертикально-конвеєрних печей полімеризації.

Значна економія досягається за рахунок *скорочення часу затвердіння покриттів* внаслідок великих швидкостей плівкоутворення з розплавів і тому, що сушка одношарового порошкового покриття проводиться один раз у порівнянні з багаторазовим сушінням у разі багатшарових звичайних рідинно-фарбових покриттів. Порошкове покриття затвердіває за час від 30 хвилин до 30 секунд, в залежності від типу фарби і способу нагрівання виробу. Після остигання виріб готовий до експлуатації або подальшої переробки.

Скорочення витрат на утримання виробничих площ ділянки порошкового фарбування досягає 90% внаслідок виключення підсушування на повітрі (виріб, покритий фарбою–порошком, може направлятися безпосередньо в піч без витримки на повітрі), малої кількості стадій попередньої обробки і меншої потреби в складських приміщеннях. Автоматизація ділянки порошкового фарбування дозволяє за одну годину фарбувати виробів більшої загальної площі, ніж площа, займана цією ділянкою. Така ефективність використання виробничих площ при рідкому фарбуванні недосяжна.

Внаслідок великої міцності порошкових покриттів зведені до мінімуму пошкодження пофарбованих виробів під час їх транспортування, а отже, *зменшуються витрати на упаковку при збереженні товарного вигляду виробів.* Іншим економічним аспектом є *підвищена хімічна стійкість і фізико-механічні показники* покриттів.

Процес нанесення порошкових покриттів має ряд *експлуатаційних переваг.* Одна з них - *полегшене чищення* запиленого обладнання. Видаляти сухий порошок значно простіше, ніж шари рідкої фарби.

Найбільшого застосування порошкова технологія знаходить при фарбуванні серійних металовиробів і конструкцій в заводських умовах. Наприклад, диски коліс та кузови автомобілів, сталевий і алюмінієвий листовий прокат і профіль, металочерепиця та ін.. Перспективні напрямки для використання технології порошкового фарбування: сільськогосподарські машини і механізми, елементи міських підземних комунікацій, будівельні машини та ін.

1.6 Загальна характеристика електроприймачів

Споживачами електроенергії є електроприймачі - промислове обладнання та устаткування, встановлене у відповідності з технологічним регламентом підприємства покрівельного прокату ТОВ «Євро - прокат» (м. Ірпінь, Київська область).

Згідно технологічного регламенту лінії порошкового фарбування рулонної сталі такі установки основного виробництва як нагрівачі установок нанесення покриттів, вентилятори, насоси та інші апарати вимагають безперервної подачі

електроенергії. Порушення технологічного процесу зумовлює псування продукції і значні збитки підприємства.

Таким чином, вказані споживачі відносимо до II-ї категорії електроспоживачів щодо надійності. Інші одиниці технологічного обладнання пов'язані в одному ланцюгу і також повинні бути віднесені до електроспоживачів II-ї категорії.

1.7 Загальна характеристика електроспоживання підприємства

Основними споживачами електричної енергії є електродвигуни технологічного устаткування, насосів, вентиляторів, компресорів та роликів, нагрівачі установок нанесення покриттів, а також зварювальне та термічне обладнання й електричне освітлення приміщень підприємства.

Електропостачання об'єктів підприємства здійснюється силовими кабелями від трансформаторів TV1, TV2 загальною потужністю 5800 кВт. Загальна встановлена потужність електроприймачів основного й допоміжного виробництва підприємства в період прокату та нанесення покриттів становить 5600 кВт, а в період проведення ремонтних робіт – 700 кВт.

Керівником енергослужби ТОВ «Євро-прокат» є старший інженер–енергетик, в підпорядкуванні якого знаходяться: майстри електродільниць, електромонтери, електрослюсарі КВПіА, а також інженер–енергетик з нормування енерговитрат.

1.8 Вибір схеми електропостачання

Згідно з проведеним аналізом загальна кількість основних електроспоживачів II-ї категорії становить 80%; споживачів, пов'язаних в одній технологічній ланці з основними споживачами – ще 10%; усі інші споживачі віднесені до III-ї категорії.

На плані основного виробництва ТОВ «Євро-прокат» (див. лист «Генеральний план виробництва фарбованого прокату») будуть відмічені місця розташування обладнання. Електропостачання основного виробництва будемо здійснювати кабелями, прокладеними від трансформатора TV2 КТП підприємства до розподільчих пристроїв (РП) дільниць в траншеях, а в заводському корпусі - на кабельних полицях вздовж стін. Електрообладнання лінії порошкового фарбування рулонної сталі буде заживлене від розподільчих пристроїв (РП19 та РП20) проводами, прокладеними у трубах. Окремий кабель електроживлення поданий на ввідний розподільний пристрій (ВРП), для подачі електроенергії на щитки освітлення (ЩО). Освітлювальні прилади лінії порошкового фарбування рулонної сталі також будуть заживлені від одного з цих ЩО.

1.9 Висновки до розділу

Проведений аналіз встановив, що на сучасному етапі розвитку країни одним з основних завдань є суттєве зменшення неефективного споживання енергетичних ресурсів. Підвищення енергоефективності систем електропостачання на підприємствах приносить вагомі результати в заощадженні коштів, збільшенні продуктивності виробничих процесів, скороченні викидів у навколишнє середовище.

Проаналізовані основні вимоги і принципи побудови систем електропостачання промислових підприємств різного типу складності виробничих процесів.

Проведений аналіз методів дослідження ефективності систем електропостачання промислових підприємств. Обстеження підприємств показують, що основною причиною нераціональних витрат електроенергії є фізичне та моральне зношування електричного й технологічного обладнання.

Проведений аналіз технологічного процесу порошкового фарбування листового металопрокату. Встановлено, що порошкове фарбування вимагає використання спеціалізованого обладнання, від якого залежить термін експлуатації та якість виконання полімерного покриття й відноситься до виробництв з доволі високим санітарно-гігієнічним рівнем. При цьому, саме

покриття відрізняється високими показниками міцності, естетичності та економічної вигоди.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальна характеристика потужностей основного виробництва

Проектування системи електропостачання проводиться для лінії фарбування рулонної сталі. В табл. 2.1 наведений перелік потужностей лінії фарбування з величинами номінальної встановленої потужності кожного електроприймача (ЕП) та його $\cos\phi$.

Таблиця 2.1 - Перелік потужностей лінії порошкового фарбування рулонної сталі

№ з/п	Тип виробу або позначення	Назва	Потужність, кВт	$\cos\phi$
Вхідна ділянка (РП 19)				
1	РЛ1-РЛ4	Ролик	1,5	0,7
2	ГЦР1-ГЦР2	Гідростанція центруючих роликів	1,1	0,6
3	ВГ1-ВГ2	Вхідна гідростанція	37,0	0,6
4	КПП1	Камера підготовки поверхні	37,0	0,7
5	РМ1-РМ2	Розмотувач	37,0	0,7
6	Н1	Ножиці	0,45	0,8
7	НС1-НС4	Натяжна станція	37,0	0,7
8	ВХН1	Вхідний накопичувач	45,0	0,7
9	ЗА1	Зварювальний апарат	0,45	0,8
10	КНПФ1	Камера нанесення порошкової фарби	2,5	0,7
11	ССФФ1	Система струшування фільтрів фарби	10,0	0,7
12	К1-К2	Компресор	15,0	0,7
Вихідна ділянка (РП 20)				
13	НС5-НС7	Натяжна станція	132,0	0,7
14	НС8	Натяжна станція	78,0	0,7
15	КП1	Камера полімеризації	37,0	0,7
16	ВН1	Вихідний накопичувач	45,0	0,7
17	Н2	Ножиці	0,45	0,8
18	НМ1	Намотувач	180,0	0,7
19	КО1	Камера охолодження	22,0	0,7
20	ГЦР3-ГЦР4	Гідростанція центруючих роликів	1,1	0,6
21	ВЦГ1-ВЦГ2	Вихідна центральна гідростанція	37,0	0,6
22	РП1	Ролик промаслювальний	2,5	0,6
23	РП2	Ролик промаслювальний	1,1	0,6

2.2 Розрахунок електричних навантажень основного виробництва

В табл. 2.2 подані основні дані для розрахунку електричних навантажень ЕП фарбувального виробництва.

Таблиця 2.2 - Характеристики навантажень лінії фарбування рулонної сталі

№ з/п	Назва	Встановл. потужн. $P_{Нi}$, кВт	Кількість один., n	Сумарн. потужн., $P_{сум}$, кВт	Коеф. використ., k_{Bi}	$\cos\phi$ обладнання	$tg\phi$ обладнання	Сума квадратів встановл. потужн., $кВт^2$
1	Ролик	1,5	4	6	0,75	0,7	1,02	9
2	Гідростанція центруючих роликів	1,1	2	2,2	0,7	0,6	1,33	4,5
3	Вхідна гідростанція	37	2	74	0,7	0,6	1,33	2738
4	Камера підготовки поверхні	37	1	37	0,7	0,7	1,02	1369
5	Розмотувач	37	2	74	0,7	0,7	1,02	2738
6	Ножиці	0,45	1	0,45	0,75	0,7	1,02	0,2
7	Натяжна станція	37	4	148	0,7	0,7	1,02	5476
8	Вхідний накопичувач	45	1	45	0,75	0,7	1,02	2025
9	Зварювальний апарат	0,45	1	0,45	0,75	0,7	1,02	0,2
10	Камера нанесення порошкової фарби	2,5	1	2,5	0,6	0,6	1,33	6,25
11	Система струшування фільтрів фарби	10	1	10	0,7	0,7	1,02	100
12	Компресор	15	2	30	0,7	0,7	1,02	450
13	Натяжна станція	132	3	396	0,7	0,7	1,02	52272
14	Натяжна станція	78	1	78	0,75	0,7	1,02	6084
15	Камера полімеризації	37	1	37	0,7	0,7	1,02	1369
16	Вихідний накопичувач	45	1	45	0,7	0,7	1,02	2025
17	Ножиці	0,45	1	0,45	0,7	0,8	0,75	0,2
18	Намотувач	180	1	180	0,7	0,7	1,02	32400
19	Камера охолодження	22	1	22	0,7	0,7	1,02	484
20	Гідростанція центруючих роликів	1,1	2	2,2	0,7	0,6	1,33	4,5
21	Вихідна центральна гідростанція	37	2	74	0,7	0,6	1,33	2738
22	Роликовий промаслювач	2,5	1	2,5	0,7	0,6	1,33	6,25
23	Роликовий промаслювач	1,1	1	1,1	0,7	0,6	1,33	1,21
-	Всього	-	-	1251,75	-	-	-	113683,2

Еквівалентна кількість ЕП дорівнює:

$$n_e = \frac{\left(\sum_i P_{Hi} \cdot n_i \right)^2}{\sum_i P_{Hi}^2 \cdot n_i} = \frac{(1251,75)^2}{113683,2} = 13,78 \approx 14.$$

Ефективна потужність ЕП:

$$p_e = \frac{\sum_i p_{Hi} \cdot n_i}{n_e} = \frac{1251,75}{14} = 89,8 \text{ [кВт]}.$$

Середньозважений коеф. використання k_B :

$$k_B = \frac{p_e}{p_n} = \frac{\sum_i p_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}}{\sum_i p_{Hi} \cdot n_i} = \frac{857,45}{1251,75} = 0,685 \approx 0,69.$$

Середній коеф. реактивної потужності $\text{tg}\varphi_c$:

$$\text{tg}\varphi_c = \frac{\sum_i p_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi} \cdot \text{tg}\varphi_i}{\sum_i p_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi}} = \frac{932,9}{857,45} = 1,088.$$

За допомогою впорядкованих діаграм $k_M = f(n_e; k_B)$ [13] для визначених значень n_e та k_B знаходимо коеф. максимуму: $k_M = 1,12$.

Активне розрах. навантаження ЕП становить:

$$P_P = k_M \cdot p_e = k_M \cdot \sum_{i=1}^{14} p_{Hi} \cdot n_i \cdot k_{Bi} = 1,12 \cdot 857,45 = 960,34 \text{ [кВт]}.$$

Реактивне розрах. навантаження дорівнює:

$$Q_P = k_M \cdot P_P \cdot \text{tg}\varphi_i = 1,12 \cdot 960,34 \cdot 1,088 = 1170,2 \text{ [кВАр]}.$$

Повна розрах. потужність виробничого обладнання:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{960,34^2 + 1170,2^2} = 1513,81 \text{ [кВА]}.$$

Повний розрах. струм основного виробництва:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1513,81 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2302,7 \text{ [А]}.$$

2.3 Розрахунок центрів електричних навантажень

Для розрахунку Центр електричних навантажень ($x_0; y_0$) використовуємо табл. 2.2 згідно плану розміщення потужностей фарбувального виробництва в координатах x - y .

Таблиця 2.3 - Розташування потужностей основного виробництва

№з/п	Назва	Встановл. потужн. P_{Hi} , кВт	Коор- дината x_i , м	Коор- дината y_i , м	$P_{Hi} \cdot x_i$	$P_{Hi} \cdot y_i$
1	2	3	4	5	6	7
Вхідна ділянка (РП 19)						
1	Ролик	1,5	4,8	13,5	7,2	20,25
2	Гідростанція центруючих роликів	1,1	4,0	13,5	4,4	14,85
3	Вхідна гідростанція	37,0	2,3	14,1	85,1	521,7
4	Камера підготовки поверхні	37,0	16,2	13,8	599,4	510,6
5	Розмотувач	37,0	3,0	14,0	111,0	518,0
6	Ножиці	0,45	7,7	13,0	3,45	5,85
7	Натяжна станція	37,0	9,2	13,2	333,0	488,4
8	Вхідний накопичувач	45,0	12,8	13,3	576,0	598,5
9	Зварювальний апарат	0,45	8,4	13,0	3,8	5,85
10	Камера нанесення порошкової фарби	2,5	21,0	14,8	52,5	37,0
11	Система струшування фільтрів фарби	10,0	21,2	10,1	212,0	101,0
12	Компресор	15,0	23,0	9,5	345,0	142,5
-	Всього:	224,0	-	-	2332,85	2964,5
Вихідна ділянка (РП 20)						
13	Натяжна станція	132,0	29,5	13,2	3894,0	1742,4
14	Натяжна станція	78,0	32,0	13,2	2496,0	1029,6
15	Камера полімеризації	37,0	24,6	13,6	910,2	503,2
16	Вихідний накопичувач	45,0	33,0	13,3	1485,0	598,5
17	Ножиці	0,45	35,5	13,0	15,0	5,85
18	Намотувач	180,0	40,1	14,0	7218,0	2520,0
19	Камера охолодження	22,0	27,7	13,8	609,4	303,6
20	Гідростанція центруючи роликів	1,1	37,0	13,5	40,7	14,3
21	Вихідна центральна гідростанція	37,0	38,5	14,1	1424,5	521,7
22	Роликовий промаслювач	2,5	33,8	13,5	84,5	33,75
23	Роликовий промаслювач	1,1	34,5	13,5	37,95	14,85
-	Всього	536,2	-	-	18215,3	7287,75

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{Hi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^9 p_{Hi}} = \frac{2332,85}{224} = 10,41 [м];$$

РП 19:

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^9 p_{Hi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^9 p_{Hi}} = \frac{2964,5}{224} = 13,23 [м];$$

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{18} p_{Hi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{18} p_{Hi}} = \frac{18215,3}{536,2} = 33,97 [м];$$

РП 20:

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{18} p_{Hi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{18} p_{Hi}} = \frac{7287,75}{536,2} = 13,59 [м].$$

Таким чином, координати центрів навантажень (x_0 ; y_0) розподільчих пристроїв РП 19 та РП 20 такі:

$x_{РП19}=21,0$ м; $y_{РП19}=1,0$ м; а РП 20: $x_{РП20}=21,0$ м; $y_{РП20}=29,0$ м.

Координати ввідного розподільчого пристрою (ВРП) такі: $x_{ВРП}=0,2$ м; $y_{ВРП}=15,1$ м.

2.4 Визначення розрахункових навантажень виробничого обладнання

2.4.1 Вхідна діляниця РП 19.

На ділянці з розподільчим пристроєм РП19 розташовано 22 одиниці виробничого обладнання, які вказано на листі «Схема однолінійна електричних з'єднань ділянки підготування РП 19».

Приклад розрахунку навантажень деяких одиниць обладнання – ЕП.

Електроприймач ЕП 1.1 Ролик (380 В; 50 Гц; 1,5 кВт):

Активна розрах. потужність:

$$P_{Р1.1} = k_{Вi} \cdot P_{Н1.1} = 0,75 \cdot 1,5 = 1,125 \text{ кВт},$$

де $k_{Вi} = 0,75$ (див. табл. 2.2).

Реактивна розрах. потужність ($\cos\varphi_1 = 0,7$):

$$Q_{P1.1} = P_{P1.1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{1.1} = 1,5 \cdot 1,02 = 1,53 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

Повна розрах. потужність:

$$S_{P1.1} = \sqrt{P_{P1.1}^2 + Q_{P1.1}^2} = \sqrt{1,125^2 + 1,53^2} = 1,9 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

Розрах. струм:

$$I_{P1.1} = \frac{S_{P1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1}} = \frac{1,9}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2,88 \text{ А.}$$

Ном. струм:

$$I_{H1.1} = \frac{P_{H1.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1.1} \cdot \cos\varphi_{1.1}} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 3,25 \text{ А.}$$

Електроприймач ЕП 2.1 Гідростанція центруючих роликів (380 В; 50 Гц; 1,1 кВт):

$$P_{P2.1} = k_{Ві} \cdot P_{H2.1} = 0,7 \cdot 1,1 = 0,77 \text{ кВт.}$$

$$Q_{P2.1} = P_{P2.1} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{2.1} = 0,77 \cdot 1,33 = 1,02 \text{ кВ}\cdot\text{Ар.}$$

$$S_{P2.1} = \sqrt{P_{P2.1}^2 + Q_{P2.1}^2} = \sqrt{0,77^2 + 1,02^2} = 1,28 \text{ кВ}\cdot\text{А.}$$

$$I_{P2.1} = \frac{S_{P2.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.1}} = \frac{1,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,94 \text{ А}$$

$$I_{H2.1} = \frac{P_{H2.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2.1} \cdot \cos\varphi_{2.1}} = \frac{1,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 2,78 \text{ А.}$$

Розрах. потужності ЕП зводимо у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахункові навантаження устаткування основного виробництва

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, В	По-туж- ність, кВт	cos φ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _р , кВт	Q _р , кВ·Ар	S _р , кВ·А	I _р , А	I _н , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вхідна дільниця (РП 19)										
1.1	Ролик	380	1,5	0,7	1,02	1,125	1,53	1,9	2,88	3,25
1.2	Ролик	380	1,5	0,7	1,02	1,125	1,53	1,9	2,88	3,25
1.3	Ролик	380	1,5	0,7	1,02	1,125	1,53	1,9	2,88	3,25
1.4	Ролик	380	1,5	0,7	1,02	1,125	1,53	1,9	2,88	3,25

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.1	Гідростанція центруючі роликів	380	1,1	0,6	1,33	0,77	1,02	1,28	1,94	2,78
2.2	Гідростанція центруючі роликів	380	1,1	0,6	1,33	0,77	1,02	1,28	1,94	2,78
3.1	Вхідна гідростанція	380	37	0,6	1,33	26	34,6	43,3	65,8	93,7
3.2	Вхідна гідростанція	380	37	0,6	1,33	26	34,6	43,3	65,8	93,7
4.1	Камера підготовки поверхні	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
5.1	Розмотувач	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
5.2	Розмотувач	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
6.1	Ножиці	380	0,45	0,7	1,02	0,34	0,34	0,48	0,73	0,97
7.1	Натяжна станція	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
7.2	Натяжна станція	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
7.3	Натяжна станція	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
7.4	Натяжна станція	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
8.1	Вхідний накопичувач	380	45	0,7	1,02	33,75	34,42	48,21	73,25	97,67
9.1	Зварювальний апарат	380	0,45	0,7	1,02	0,34	0,34	0,48	0,73	0,97
10.1	Камера нанесення порошкової фарби	380	2,5	0,6	1,33	1,5	2,1	2,58	3,92	6,54
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11.1	Система струшування фільтрів фарби	380	10	0,7	1,02	7,0	7,22	10,1	15,36	21,96
12.1	Компресор	380	15	0,7	1,02	10,5	10,81	15,1	22,97	32,82
12.2	Компресор	380	15	0,7	1,02	10,5	10,81	15,1	22,97	32,82
Всього:		–	428,1	–	–	311,1	338,6	420,2	699,95	982,4
Вихідна ділянка (РП 20)										
13.1	Натяжна станція	380	132	0,7	1,02	92,4	94,2	132	200,5	286,5
13.2	Натяжна станція	380	132	0,7	1,02	92,4	94,2	132	200,5	286,5
13.3	Натяжна станція	380	132	0,7	1,02	92,4	94,2	132	200,5	286,5
14.1	Натяжна станція	380	78	0,7	1,02	58,5	59,7	83,6	127	169,3
15.1	Камера полімеризації	380	37	0,7	1,02	26	26,52	37,14	56,43	80,31
16.1	Вихідний накопичувач	380	45	0,7	1,02	31,5	32,13	45	68,4	97,7
17.1	Ножиці	380	0,45	0,8	0,75	0,31	0,31	0,44	0,67	0,85

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18.1	Намотувач	380	180	0,7	1,02	126	128,5	180	273,5	390,7
19.1	Камера охолодження	380	22,0	0,7	1,02	15,4	15,81	15,9	24,18	34,57
20.1	Гідростанція центруючі роликів	380	1,1	0,6	1,33	0,77	1,02	1,28	1,94	2,78
20.2	Гідростанція центруючі роликів	380	1,1	0,6	1,33	0,77	1,02	1,28	1,94	2,78
21.1	Вихідна центральна гідростанція	380	37	0,6	1,33	26	34,6	43,3	65,8	93,7
21.2	Вихідна центральна гідростанція	380	37	0,6	1,33	26	34,6	43,3	65,8	93,7
22.1	Роликовий промаслювач	380	2,5	0,6	1,33	1,5	2,0	2,5	3,8	5,4
23.1	Роликовий промаслювач	380	1,1	0,6	1,33	0,66	0,87	1,2	1,8	2,4
	Всього:	–	823,65	–	–	646,5	556,1	823,7	1474,7	1995,2

2.5 Розрахунок електричного освітлення виробничих дільниць

Робоче освітлення необхідне для забезпечення нормальних умов роботи, необхідної освітленості робочих місць. Створюється за допомогою люмінесцентних ламп, ламп високого тиску чи розжарення.

Розрахунок освітлення полягає у визначенні необхідної потужності, кількості й типу ламп та світильників, їх розподілення на дільницях.

Для освітлення виробничих дільниць будемо використовувати стельові світильники типу ГСП 04В–400–512 з лампами високого тиску ДРІ–400–6.

Розміри виробничого приміщення лінії фарбування рулонної сталі:

$H = 7,0$ м – висота; $b_1 = 30$ м; $l_1 = 42$ м – розміри дільниці; $h_C = 1,0$ м – відстань св-ка від перекриття; $h_{\Pi} = 6,0$ м - відстань св-ка над підлогою; $h_P = 1,0$ м – висота розрах. поверхні над підлогою; $h = h_{\Pi} - h_P = 5,0$ м – розрах. висота від св-ка до розрах. поверхні.

Розміщення світильників однорядне з відстанню 6,0 м від стіни та 6,0 м між собою.

Згідно таблиці 4.4 [26] для дільниць цеху покрить рекомендована освітленість: $E_1 = 250$ лк. Коеф. запасу: $K_3 = 1,5$.

Індекс дільниці:

$$i_1 = \frac{b_1 \cdot l_1}{h(b_1 + l_1)} = \frac{30 \cdot 42}{5,0(30 + 42)} = 3,5.$$

Коеф. використання η св-ка оцінюємо з коеф. відбивання поверхонь приміщення [26]: $\rho_C = 90\%$ - для стелі; $\rho_{CT} = 30\%$ - для стін; $\rho_{П} = 10\%$ - для підлоги.

Тоді, згідно табл. 5.10 [26] $\eta_1 = 0,75$.

Світловий потік ламп:

$$\Phi_1 = \frac{E_1 \cdot K_3 \cdot S_1 \cdot z}{\eta_1} = \frac{250 \cdot 1,5 \cdot 1260 \cdot 1,15}{0,75} = 724500 \text{ Лм,}$$

де S_1 – площа дільниці, м;

$$z = 1,15.$$

З таблиці 2.15 [26] - лампи високого тиску типу ДРІ-400-6: $P_L = 400$ Вт; $U_H = 220$ В; $\cos\varphi = 0,85$; $\text{tg}\varphi = 0,62$; $\Phi_L = 33000$ Лм; $K_B = 0,75$; строк служби – 10000 год.

Для $N_1 = 24$ шт. св-ків їх загальний потік рівний:

$$\Phi_{C1} = 24 \cdot 33000 = 792000 \text{ Лм.}$$

Запас світлового потоку ($\delta = (-10 \dots +20)\%$):

$$\delta_1 = \frac{\Phi_{C1} - \Phi_1}{\Phi_{C1}} = \frac{792000 - 724500}{792000} \cdot 100\% = +8,5\%.$$

Таким чином, розрахунок для дільниці фарбування рулонної сталі з 24 шт. св-ків типу ГСП 04В-400-512 з лампами ДРІ-400-6 проведений вірно.

$$P_{H1} = N_1 \cdot P_L = 24 \cdot 400 = 9600 \text{ Вт,}$$

$$P_{P1} = K_B \cdot P_{H1} = 0,75 \cdot 9600 = 7200 \text{ Вт.}$$

$$Q_{P1} = P_{P1} \cdot \text{tg}\varphi = 7200 \cdot 0,62 = 4464 \text{ ват.}$$

$$S_{P1} = \sqrt{P_{P1}^2 + Q_{P1}^2} = \sqrt{7200^2 + 4464^2} = 8540 \text{ ват.}$$

$$I_{P1} = \frac{S_{P1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1}} = \frac{8540}{\sqrt{3} \cdot 220} = 21,2 \text{ А.}$$

Ном. струм:

$$I_{H1} = \frac{P_{H1}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1} \cdot \cos \varphi_1} = \frac{10,4}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,70} = 39,0 \text{ A.}$$

Для комутації освітлення на ділянці фарбування рулонної сталі біля входу встановлюємо щиток освітлення (ЩО).

2.6 Розрахунок навантаження щитка освітлення

Сумарна активна потужн. освітлення ділянки:

$$P_{O\Sigma} = 10,4 \text{ кВт.}$$

Сумарна активна потужн. розеток ділянки:

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

Загальна активна потужн.:

$$P_{\Sigma} = 10,4 + 2,4 = 12,8 \text{ кВт.}$$

Розраховану активну потужність розподіляємо між трьома фазами:

- фаза "А" (ЕП (осв): лінія фарбування рулонної сталі): $P_A = 5,2 \text{ кВт}$;
- фаза "В" (ЕП (осв): лінія фарбування рулонної сталі): $P_B = 5,2 \text{ кВт}$;
- фаза "С" (ЕП (розетки): $P_C = 2,40 \text{ кВт}$.

2.7 Розрахунок потужності розподільчих пристроїв

Розраховані у пункті 2.4 потужності ЕП порошкового фарбувального виробництва та у пункті 2.5 потужності освітлювального устаткування зводимо у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахункові навантаження розподільчих пристроїв

№з/п позиц.	Назва електро- приймача	Нап- руга, В	Потуж- ність, кВт	cos φ	tgφ	Розрахункові навантаження				
						P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВ·А	I _p , А	I _n , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РП19	Розподільчий пристрій 19	380	428,1	–	–	311,1	338,6	420,2	699,95	982,4

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РП20	Розподільчий пристрій 20	380	823,65	–	–	646,5	556,1	823,7	1474,7	1995,2
ЩО (р)	Щиток освітлення (розетки)	220	2,40	–	–	1,80	1,12	2,12	5,56	7,41
ЩО (осв)	Щиток освітлення (світильники)	220	10,4	–	–	7,8	7,95	11,14	29,2	39,0
РП	Розподільний пристрій КТП	380	1364,2	–	–	967,2	903,8	1324	2209,4	3024,0

2.8 Розрахунок навантаження силового трансформатора

Оскільки виробниче обладнання лінії порошкового фарбування рулонної сталі належить до II-ї категорії з електроспоживання, застосовуємо однострансформаторну схему живлення з можливістю під'єднання ще одного. Комірки РУ 0,4кВ трансформатора КТП щодо навантажувальної здатності будуть вибрані з врахуванням повної розрах. потужності технологічного устаткування - ЕП, розеток цеху, а також освітлювального навантаження.

Сумарна активна розрах. потужн. виробничого електроустаткування, освітлення та розеток:

$$P_{P_{\Sigma}} = P_{P_E} + P_{P_p} + P_{P_o}; \quad P_{P_{\Sigma}} = 311,1 + 646,5 + 1,8 + 7,8 = 967,2 \text{ [кВт]}.$$

Сумарна реактивна розрах. потужн.:

$$Q_{P_{\Sigma}} = Q_{P_E} + Q_{P_o} + Q_{P_p}; \quad Q_{P_{\Sigma}} = 338,6 + 556,1 + 1,12 + 7,95 = 903,8 \text{ [кВ} \cdot \text{Ар]}.$$

Повна розрах. потужн. виробництва:

$$S_P = \sqrt{P_{P_{\Sigma}}^2 + Q_{P_{\Sigma}}^2}; \quad S_P = \sqrt{967,2^2 + 903,8^2} = 1323,76 \approx 1324 \text{ [кВ} \cdot \text{А]}.$$

На КТП вибираємо дві комірки трансформатора TV2 для електропостачання лінії порошкового фарбування рулонної сталі потужністю:

$$S_{T1.1к} = 1,2 \cdot S_{P_{III9}}; \quad S_{T1.1к} = 1,2 \cdot 420,2 = 504,2 \approx 550 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{T1.2к} = 1,2 \cdot S_{P_{PII20}}; \quad S_{T1.2к} = 1,2 \cdot 823,7 = 988,4 \approx 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

пропускна здатність струму яких рівна:

$$I_{T1.1K} = 1,2 \cdot I_{P_{PI19}}; \quad I_{T1.1K} = 1,2 \cdot 699,95 = 839,9 \approx 1000 \text{ A};$$

$$I_{T1.2K} = 1,2 \cdot I_{P_{PI20}}; \quad I_{T1.2K} = 1,2 \cdot 1474,7 = 1769,6 \approx 2000 \text{ A}.$$

2.9 Схемо-технічні рішення ефективних електромереж промислових підприємств

Реактивна потужність - частина повної потужності, що витрачається на електромагнітні процеси в навантаженні, має ємнісну та індуктивну складові. Не виконує корисної роботи, зумовлює додаткове нагрівання провідників і вимагає застосування джерела енергії підвищеної потужності.

Більшість споживачів електроенергії є електричними машинами (трансформатори, асинхронні двигуни, обладнання для дугового зварювання), в яких змінний магнітний потік пов'язаний з обвитками. Внаслідок цього в обвитках при перебігу змінного струму індуються реактивні е.р.с., що зумовлює зсув по фазі між напругою і струмом. Цей зсув по фазі, зазвичай, збільшується, а \cos при малому навантаженні зменшується. Наприклад, якщо $\cos\phi$ двигунів змінного струму при повному навантаженні становить (0,75 ... 0,80), то при малому навантаженні він зменшиться до (0,20 ... 0,40).

Малозавантажені трансформатори мають низький $\cos\phi$. Відповідно при компенсації реактивної потужності струм, що споживається з мережі, знижується залежно від $\cos \phi$ на (30 ... 50) %, відповідно зменшується нагрівання провідних проводів та старіння ізоляції.

2.9.1 Дослідження схемо-технічного рішення електромережі з установкою КРП на високій стороні трансформаторної підстанції.

Електромережа навантаження промислового підприємства представлена на рис. 2.1 трифазними асинхронними двигунами (АД) з короткозамкненим ротором та з низьким коефіцієнтом потужності ($\cos \phi = 0,7$ або $\operatorname{tg} \phi = 1$). Оскільки АД мають однакову потужність, то навантаження кожної з 8-и ліній рівні $S = P + jQ = 200 + j200 [\text{kB} \cdot \text{A}]$. В розрахунку не враховуємо втрати потужності і

напруги від трансформаторів ТП-3, ..., ТП-10 до щитка РЩ-1. Ном. напруга розподільчої мережі рівна $U_{ном} = 6 \text{ кВ}$. Графік навантаження даної мережі є неперервним.

Загальні втрати активної і реактивної потужн. $\Delta P_{сум}$ і $\Delta Q_{сум}$ в електромережі з i -тих ділянок (лінія чи трансформатор):

$$\Delta P_{сум} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \quad \text{та} \quad \Delta Q_{сум} = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i$$

Загальні втрати напруги радіальної ділянки електромережі $\Delta U_{сум}$ з i -тих ділянок (лінія чи трансформатор):

$$\Delta U_{сум} = \sum_{i=1}^n \Delta U_i$$

В електромережі на рис. 2.1 установка КРП має потужність $1600 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$. Під'єднання установки здійснене до секції шин 6 кВ ГПП1 (1 с. ш.).

Розрахунок втрат потужності і напруги у силовому трансформаторі ТМ-1000/6 поданий нижче. Для кожного з 8-и трансформаторів, які мають постійний графік навантаження та коеф. завантаження K_3 отримаємо:

$$K_3 = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{S_{ном}}; \quad K_3 = \frac{\sqrt{200^2 + 200^2}}{1000} = 0,28;$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_{хх} + K_3^2 \cdot \Delta P_{к.з.}; \quad \Delta P_1 = 2,44 + 0,28^2 \cdot 12,2 = 3,4 \text{ [кВт]},$$

$$\Delta Q_1 = S_{ном} \cdot \frac{I_{хх}}{100} + S_{ном} \cdot \frac{U_{кз}}{100} K_3^2;$$

$$\Delta Q_1 = 1000 \cdot \frac{1,4}{100} + 1000 \cdot \frac{5,5}{100} \cdot 0,28^2 = 18,3 \text{ [кВ}\cdot\text{Ар]}$$

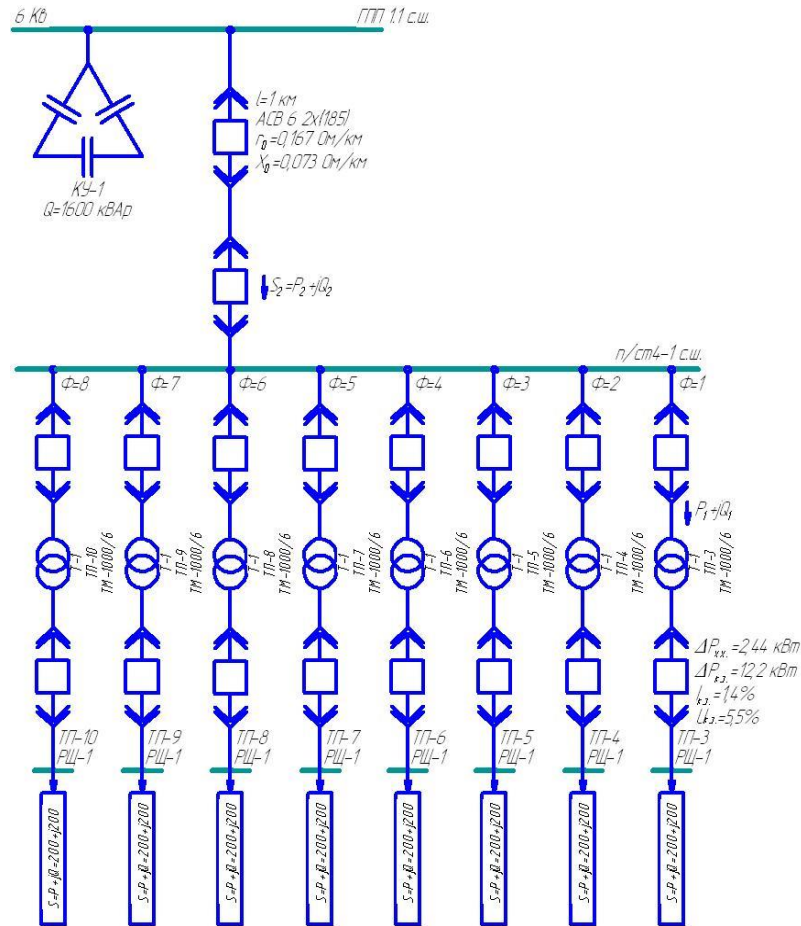


Рисунок 2.1 - Схема однолінійна електромережі з установкою КРП на стороні 6 кВ ГПП

Тоді, загальні втрати на 8-и трансформаторах рівні:

$$\Delta P_{8Tr} = 8 \cdot 3,4 = 27,2 \text{ кВт}; \quad \Delta Q_{8Tr} = 8 \cdot 18,3 = 146,5 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Навантаження \dot{S}_1 на кінці ділянки ПС 4–Т-1 рівне:

$$\dot{S}_1 = \dot{S} + \Delta P_1 + j\Delta Q_1;$$

$$\dot{S}_1 = 200 + j200 + 3,4 + j18,3 = 203,4 + j218,3 [\text{кВ} \cdot \text{А}]$$

Втрати потужності на цій ділянці електромережі з активним опором 1 км кабелю r_0 , Ом/км, реактивним опором x_0 1 км кабелю, Ом/км, та довжиною ділянки l , км:

$$\Delta P_{ПС4-Т-1} = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{ном}^2} \cdot R; \quad R = r_0 \cdot l,$$

$$\Delta Q_{ПС4-Т-1} = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_{ном}^2} \cdot X; \quad X = x_0 \cdot l,$$

$$\Delta P_{ПС4-Т-1} = \frac{203,4^2}{6^2} \cdot 0,167 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta Q_{ПС4-Т-1} = \frac{203,4^2 + 218,3^2}{6^2} \cdot 0,073 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Загальні втрати у 8-и лініях рівні:

$$\Delta P_8 = 8 \cdot 0,2 = 1,6 \text{ кВт} ; \quad \Delta Q_8 = 8 \cdot 0,09 = 0,72 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Тоді для кінця ділянки лінії електромережі ГПП1-ПС4 повна потужність

$\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2$ рівна:

$$\dot{S}_2 = 8(200 + j200) + 27,2 + j146,5 + 1,6 + j0,72 = 1628,8 + j1747,2 [\text{кВ} \cdot \text{А}]$$

Втрати активної та реактивної потужн. у лінії ГПП1-ПС4 рівні:

$$\Delta P = \frac{1628,8^2 + 1747,2^2}{6^2} \cdot 0,17 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 13,47 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta Q = \frac{1628,8^2 + 1747,2^2}{6^2} \cdot 0,073 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 5,78 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Сумарні втрати потужності в електромережі з установкою КРП на стороні 6 кВ складають:

$$\Delta P_{\text{сум}} = 27,2 + 1,6 + 13,47 = 42,27 \text{ кВт} \text{ або } 2,59\% \text{ від } P_2 ;$$

$$\Delta Q_{\text{сум}} = 146,5 + 0,72 + 5,78 = 153 \text{ кВ} \cdot \text{Ар} \text{ або } 8,74\% \text{ від } Q_2 .$$

Визначимо загальні втрати напруги у цій електромережі.

Втрати напруги у тр-рі типу ТМ-1000/6 кВ рівні:

$$\Delta U_{1Tp} = \frac{P \cdot R_{Tp} + Q \cdot X_{Tp}}{U_{ном}} ; \quad R_{Tp} = \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} \cdot \Delta P_{к.з.} ; \quad X_{Tp} = \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} \cdot \sqrt{\frac{U_{к.з.}^2}{1000} - \frac{\Delta P_{к.з.}^2}{S_{ном}^2}} ;$$

$$\Delta U_{1Tp} = 200 \cdot (6/1000)^2 \cdot 12,2 + 200 \cdot (6/1000)^2 \cdot \sqrt{\frac{5,5^2}{1000^2} - \frac{12,2^2}{1000^2}} = 0,088 \text{ В}$$

Втрати напруги на ділянці ПС4-Т-1 рівні:

$$\Delta U = \frac{203,4 \cdot 0,167 \cdot 0,5 + 218,3 \cdot 0,073 \cdot 0,5}{6} = 4,1 \text{ В}$$

Втрати напруги від ГПП1 (1 с.ш.) до ПС4 (1 с.ш.) рівні:

$$\Delta U = \frac{1628,8 \cdot 0,167 \cdot 0,5 + 1747,2 \cdot 0,073 \cdot 0,5}{6} = 33,7 \text{ В}$$

Сумарні втрати напруги від ГПП1 (1с.ш.) до РЩ1 складуть $\Delta U_{\text{сум}} = 0,088 + 4,15 + 33,7 = 37,88 \text{ В}$ або 0,62% від ном. напруги 6 кВ.

Висновки щодо результатів досліджень. сумарні втрати активної й реактивної потужн. та напруги в електромережі з установкою КРП на стороні напруги 6 кВ ГПП становлять до 3%, 9% й 1%, відповідно.

2.9.2 Дослідження схемо-технічного рішення з установками КРП на стороні 0,4 кВ розподільчої електромережі.

Проведемо розрахунок втрат потужності і напруги в електромережі згідно рис. 2.2 з конденсаторними установками КРП на шинах РЩ-1 понижувальних трансформаторів споживачів ТП-3 ... ТП-10 потужністю по 200 кВ·Ар кожна.

Реактивна потужність, яка протікає трансформаторами згідно такої схеми, рівна нулю. Графіки навантаження приймемо незмінними в часі.

Втрати потужності в одному тр-рі типу ТМ-1000/6 з його коефіцієнтом завантаження $K_z = 200 / 1000 = 0,2$ будуть рівні:

$$\Delta P_{1Tp} = 2,44 \cdot 0,2^2 \cdot 12,2 = 2,93 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{1Tp} = 1000 \cdot 1,4 / 100 + 1000 \cdot 5,5 / 100 \cdot 0,2^2 = 16,2 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Тоді, для 8-и тр-рів матимемо:

$$\Delta P_{8Tp} = 8 \cdot 2,93 = 23,44 \text{ кВт}; \quad \Delta Q_{8Tp} = 8 \cdot 16,2 = 129,6 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

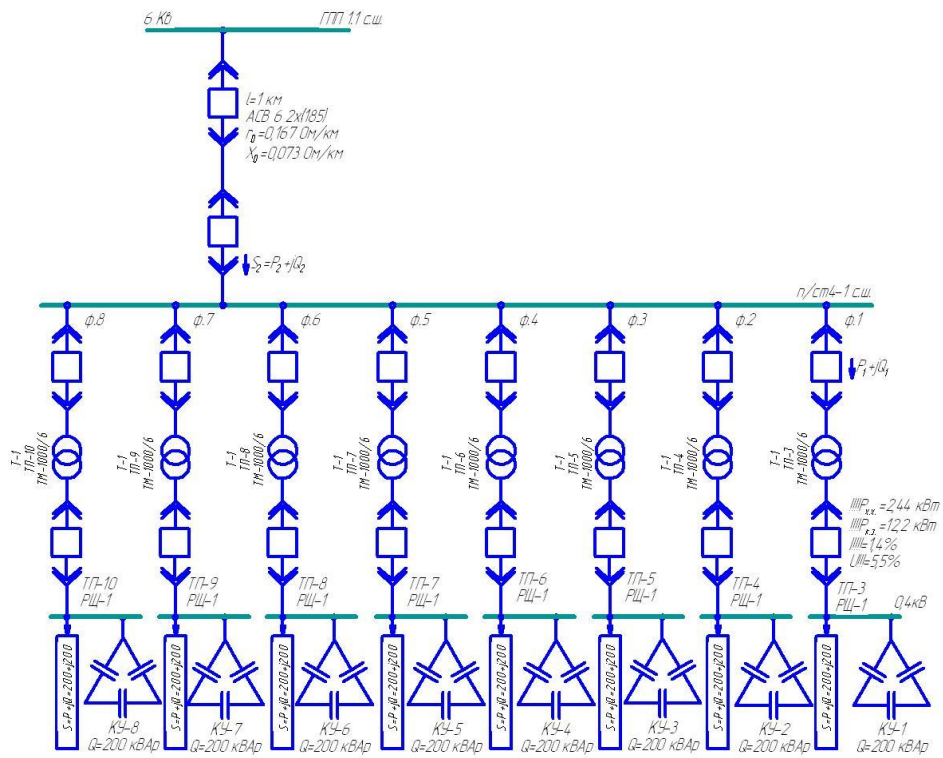


Рисунок 2.2 - Схема однолінійна електромережі з установками КРП на шинах споживачів (РЩ-1)

Повна потужн. на кінці ділянки лінії ПС4-Тр-1 $\dot{S}_1 = P_1 + jQ_1$ рівна:

$$\dot{S}_1 = 200 + 2,93 + j16,2 = 202,93 + j16,2 \text{ [кВ} \cdot \text{А]}$$

Тоді

$$\Delta P_{ПС4-Тр-1} = \frac{202,93^2 + 16,2^2}{6^2} \cdot 0,017 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta Q_{ПС4-Тр-1} = \frac{202,93^2 + 16,2^2}{6^2} \cdot 0,073 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,042 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Для 8-и ліній:

$$\Delta P_8 = 8 \cdot 0,09 = 0,72 \text{ кВт} ; \quad \Delta Q_8 = 8 \cdot 0,042 = 0,34 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Активна і реактивна потужн. у кінці ділянки ГПП1-ПС4 $\dot{S}_2 = P_2 + jQ_2$ матимуть значення:

$$P_2 = 1600 + 23,44 + 0,72 = 1624,161 \text{ кВт} ;$$

$$Q_2 = 0 + 129,6 + 0,34 = 129,94 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Втрати активної та реактивної потужн. на ділянці ГПП1–ПС4 матимуть значення:

$$\Delta P = \frac{1624,2^2 + 129,94^2}{6^2} \cdot 0,17 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 6,27 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta Q = \frac{1624,2^2 + 129,94^2}{6^2} \cdot 0,073 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 2,69 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$$

Сумарні втрати потужності в електромережі згідно рис. 2.2 матимуть значення:

$$\Delta P_{\text{сум}} = 23,44 + 0,72 + 6,27 = 30,43 \text{ кВт} \text{ або } 1,86\% \text{ від значення } P_2$$

та

$$\Delta Q_{\text{сум}} = 129,6 + 0,34 + 2,69 = 132,63 \text{ кВ} \cdot \text{Ар} \text{ або } 2,11 \% \text{ від значення}$$

$(\Delta Q_{\text{сум}} - Q_2)$. Тобто, втрати в трансформаторах переважно визначають сумарні втрати реактивної потужності в цій мережі.

Додаткові втрати активної та реактивної потужн. при порівнянні схематичних рішень, поданих на рис. 2.1 з реактивною потужністю не скомпенсованою в розподільчій мережі та на рис. 2.2 з реактивною потужністю скомпенсованою в розподільчій мережі, рівні різницям сумарних втрат потужн.:

$$\Delta P_{\text{од}} = (\Delta P_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1} - \Delta P_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2})$$

Тоді

$$\Delta P_{\text{од}} = 42,27 - 30,49 = 11,78 \text{ кВт} \text{ або } 27,79\% \text{ від } \Delta P_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1,}$$

$$\text{або } 38,58\% \text{ від } \Delta P_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2,}$$

$$\text{або } 0,73\% \text{ від потужності } P_2 \text{ згідно рис. 2.2;}$$

$$\Delta Q_{\text{од}} = (\Delta Q_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1} - \Delta Q_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2})$$

Тоді

$$\Delta Q_{\text{од}} = 153 - 132,63 = 20,37 \text{ кВ} \cdot \text{Ар} \text{ або } 13,28\% \text{ від } \Delta Q_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1,}$$

$$\text{або } 15,31\% \text{ від } \Delta Q_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2,}$$

$$\text{або } 9,11\% \text{ від потужності } Q_2 \text{ згідно рис. 2.2.}$$

Визначимо втрати напруги в електромережі згідно рис. 2.2.

Втрата напруги в одному з тр-рів ТМ-1000/6 кВ:

$$\Delta U_{1Tp} = 200 \cdot \left(\frac{6}{1000} \right)^2 \cdot 12,2 = 0,015 \text{ В}$$

Втрата напруги на ділянці ПС4-Тр-1:

$$\Delta U_{ПС4-Тр-1} = \frac{202,93 \cdot 0,167 \cdot 0,5 + 16,2 \cdot 0,071 \cdot 0,5}{6} = 2,92 \text{ В}$$

Втрата напруги на ділянці ГПП–ПС4:

$$\Delta U_{ГПП-ПС4} = \frac{1624,22 \cdot 0,167 \cdot 0,5 + 129,94 \cdot 0,073 \cdot 0,5}{6} = 23,39 \text{ В}$$

Сумарна втрата напруги від шини 1 с.ш. ГПП до РЩ1 рівна:
 $\Delta U_{\text{сум}} = 23,39 + 0,05 + 2,92 = 26,33 \text{ В}$ або 0,43% від номінальної напруги 6 кВ.

Додаткові втрати напруги внаслідок передачі в електромережі підприємства реактивної потужності, матимуть значення:

$$\Delta U_{\text{дод}} = (\Delta U_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1} - \Delta U_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2})$$

Тоді

$$\Delta U_{\text{дод}} = 37,94 - 26,33 = 11,61 \text{ В} \text{ або } 30,5\% \text{ від } \Delta U_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.1,}$$

$$\text{або } 44,1\% \text{ від } \Delta U_{\text{сум}} \text{ згідно рис. 2.2,}$$

$$\text{або } 0,18\% \text{ від } \Delta U_{\text{ном}}.$$

Висновки щодо результатів досліджень. Якщо батареї конденсаторів КРП встановлені на стороні напруги 0,4 кВ понижувальних трансформаторів для повної компенсації індуктивних реактивних навантажень, то сумарні втрати активної та реактивної потужн., а також втрати напруги внаслідок передачі реактивної потужності в електромережі підприємства складуть не більше 2%, 3% й 0,5%, відповідно.

2.10 Висновки до розділу

Проведений аналіз потужностей лінії фарбування рулонної сталі та визначені розрахункові навантаження виробничого обладнання.

У відповідності до норм освітлення проведений розрахунок електричного освітлення виробничих ділянок.

Проведений розрахунок потужності розподільчих пристроїв, щитка освітлення й навантаження силового трансформатора.

Досліджені два схемо-технічні рішення підвищення ефективності електромереж промислових підприємств. Встановлення установок компенсації реактивної потужності на низькій стороні трансформаторів навантаження на протипагу до високої сторони трансформаторів живлення значно зменшує втрати потужності та напруги в таких мережах.

3 ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір захисної апаратури електромережі підприємства

Автоматичні вимикачі (АВ) вибираємо з умови:

$$I_{НОМ} > (1,1 \dots 1,3) \cdot I_H,$$

де $I_{НОМ}$ – ном. струм АВ, А;

I_H – ном. струм ел-приймача, А.

Струм відсічки електромагн. роз'єдн. перевіряємо щодо макс. пікового струму:

$$I_{ВДС} \geq (1,25 \dots 1,35) \cdot I_{ПК},$$

де $I_{ПК}$ – піковий струм ел-приймача, А.

Вставка тепл. розчіплювача:

$$I_T \geq (1,1 \dots 1,2) \cdot I_H.$$

Таким чином, типи АВ та їх роз'єднувачі такі:

РП19: ЕП1.1 – 1.4: $I_H = 3,25$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 9,75$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 4,23$ А;

$I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 12,2$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,9$ А;

АВ: С60L 1P С; $I_{НОМ}$, А: 63; I_p , А: 10;

ЕП2.1 – 2.2: $I_H = 2,78$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 8,34$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 3,62$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 10,43$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,34$ А;

АВ:С60L 1P С; $I_{НОМ}$, А: 63; I_p , А: 10;

ЕП3.1 – 3.2: $I_H = 93,7$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 281,1$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 121,8$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 351,4$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 112,4$ А;

АВ:ВА 88–40; $I_{НОМ}$, А: 800; I_p , А: 400;

ЕП4.1: $I_H = 80,31$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 241,0$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 104,4$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 301,3$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 96,4$ А;

АВ:ВА 88–40; $I_{НОМ}$, А: 800; I_p , А: 320;

ЕП5.1 – 5.2: $I_H = 80,31$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 241,0$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 104,4$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 301,3$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 96,4$ А;

АВ:ВА 88–40; $I_{НОМ}$, А: 800; I_p , А: 320;

ЕП6.1: $I_H = 0,97$ А; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 2,9$ А; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 1,3$ А; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 3,6$ А; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 1,16$ А;

AB: C60L 1P C; I_{HOM} , A: 63; I_p , A: 10;

ЕП7.1 – 7.4: $I_H = 80,31$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 241,0$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 104,4$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 301,3$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 96,4$ A;

AB: BA 88–40; I_{HOM} , A: 800; I_p , A: 400;

ЕП8.1: $I_H = 97,67$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 293,0$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 127,0$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 366,25$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 117,2$ A;

AB: BA 88–40; I_{HOM} , A: 800; I_p , A: 400;

ЕП9.1: $I_H = 0,97$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 2,9$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 1,3$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 3,6$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 1,16$ A;

AB: C60L 1P C; I_{HOM} , A: 63; I_p , A: 10;

ЕП 10.1: $I_H = 6,54$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 19,6$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 8,5$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 24,5$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 7,9$ A;

AB: C60L 1P C; I_{HOM} , A: 63; I_p , A: 10;

ЕП11.1: $I_H = 21,96$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 65,9$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 28,6$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 82,4$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 26,4$ A;

AB: BA 88–35; I_{HOM} , A: 250; I_p , A: 160;

ЕП12.1 – 12.2: $I_H = 32,82$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 98,5$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 42,7$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 123,1$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 38,6$ A;

AB: BA 88–35; I_{HOM} , A: 250; I_p , A: 160;

РУ 0,4 – РП19: $I_H = 982,4$ A; $I_{ПК} = I_H = 982,4$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 1277,1$ A;
 $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 1228,0$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 1178,9$ A;

AB: BA 88–43; I_{HOM} , A: 1600; I_p , A: 1600;

РП20: ЕП13.1 – 13.3: $I_H = 286,5$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 859,5$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 372,4$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 1074,4$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 343,8$ A;

AB: BA 88–43; I_{HOM} , A: 1600; I_p , A: 1250;

ЕП14.1: $I_H = 169,3$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 508$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 221$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 635$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 204$ A;

AB: BA 88–40; I_{HOM} , A: 800; I_p , A: 800;

ЕП15.1: $I_H = 80,31$ A; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 241,0$ A; $I_{HOM} = 1,3 \cdot I_H = 104,4$ A; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 301,3$ A; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 96,4$ A;

AB: BA 88–40; I_{HOM} , A: 800; I_p , A: 400;

ЕП16.1: $I_H = 97,7 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 293,1 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 127 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 366,4$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 117,2 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–40; $I_{НОМ}, \text{ A}: 800$; $I_P, \text{ A}: 400$;

ЕП17.1: $I_H = 0,85 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 2,43 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 1,05 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 3,04 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 0,97 \text{ A}$;

АВ: С60L 1P C; $I_{НОМ}, \text{ A}: 63$; $I_P, \text{ A}: 10$;

ЕП18.1: $I_H = 390,7 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 1172,1 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 127 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 1465,1 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 468,8 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–43; $I_{НОМ}, \text{ A}: 1600$; $I_P, \text{ A}: 1600$;

ЕП19.1: $I_H = 34,57 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 103,7 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 44,9 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 129,6 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 41,5 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–35; $I_{НОМ}, \text{ A}: 250$; $I_P, \text{ A}: 160$;

ЕП20.1 – 21.2: $I_H = 2,78 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 8,34 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 3,62 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 10,43 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 3,34 \text{ A}$;

АВ: С60L 1P C; $I_{НОМ}, \text{ A}: 63$; $I_P, \text{ A}: 10$;

ЕП21.1 – 21.2: $I_H = 93,7 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 293,1 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 127 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 366,4 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 117,2 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–40; $I_{НОМ}, \text{ A}: 800$; $I_P, \text{ A}: 400$;

ЕП22.1: $I_H = 5,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 16,2 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 7,02 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 20,2 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 6,5 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–26; $I_{НОМ}, \text{ A}: 100$; $I_P, \text{ A}: 30$;

ЕП23.1: $I_H = 2,4 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 7,2 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 3,1 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 9 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 2,88 \text{ A}$;

АВ: С60L 1P C; $I_{НОМ}, \text{ A}: 63$; $I_P, \text{ A}: 10$;

РУ 0,4 – РП20: $I_H = 1995,2 \text{ A}$; $I_{ПК} = I_H = 1995,2 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 2593,8 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,25 \cdot I_{ПК} = 2494,0 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 2394,2 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–45; $I_{НОМ}, \text{ A}: 4000$; $I_P, \text{ A}: 4000$;

ЩО: ЕП (осв. 24 шт.): $I_H = 39,0 \text{ A}$; $I_{ПК} = 5 \cdot I_H = 195 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 50,7 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 263,3 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 46,8 \text{ A}$;

АВ: ВА 88–40; $I_{НОМ}, \text{ A}: 800$; $I_P, \text{ A}: 320$;

ЕП (розетки): $I_H = 7,41 \text{ A}$; $I_{ПК} = 3 \cdot I_H = 22,2 \text{ A}$; $I_{НОМ} = 1,3 \cdot I_H = 9,6 \text{ A}$; $I_{ВДС} \geq 1,35 \cdot I_{ПК} = 30,0 \text{ A}$; $I_T = 1,2 \cdot I_H = 8,9 \text{ A}$;

AB: C60L 2P 10A C; $I_{НОМ}$, A: 63; I_p , A: 30;

3.2 Проектне рішення

Після проведення необхідних розрахунків прийняте проектне рішення:

– розподільчі пристрої РП19 та РП20 порошкового фарбувального виробництва під'єднати роздільно до двох комірок тр-ра TV2, за допомогою АВ: типу ВА 88–43 (габарит – 1600 А; розчіпл. – 1600 А) та ВА 88–45 (габарит – 4000 А; розчіпл. – 4000 А);

– на щитку освітлення встановити АВ: один триполюсний вхідний типу ВА 88–40 (габарит – 800 А; розчіпл. – 320 А); два однополюсних для св-ків на дільниці фарбування рулонної сталі (один – в резерві), а також один двополюсний для розеток з розчіпл. струму в нульовому проводі й фазі типу C60L 2P 10A C (габарит – 63 А; розчіпл. – 30 А);

– проводку для св-ків - в сталевих трубах марки 15 всередині приміщень дільниці проводом марки ПВС-3х4 в кількості 144 м; коробки протяжні з'єдн. типу У 994М під'єднати до щитка освітлення проводом ПСВГ 3х4 в кількості 14 м;

– для освітлення виробн. дільниці - св-ки в кількості 24 шт. типу ГСП 04В–400–512 з лампами високого тиску типу ДРІ–400–6;

– до ВРП та розподільчих пристрів РП19 та РП20 від тр-ра КТП - кабелі силові броньовані з ПВХ-ізоляцією типів АВБбШв3х240+1х120 .

– на тр-рі TV2 КТП роздільно - дві комірки для живлення розподільчого пристрою РП19 та РП20 обладнання фарбувального виробництва потужністю 550 кВ·А та 1000 кВ·А з пропускнуою здатністю по струму 1000 А та 2000 А, відповідно.

3.3 Розрахунок максимальних струмів кіл навантаження силового трансформатора

У вторинних колах силових трансформаторів номінальною потужністю $S_{НОМ} = 1000$ кВ·А чи 1600 кВ·А можуть протікати струми коротких замикань різної величини.

Розрах. точка трифазного к.з. в уст-ках напругою до 1 кВ – безпосередньо за автомат. вимикачем силового тр-ра.

При визначенні струмів к.з. в т. К1 визначаємо відн. опори елементів схеми. Однолінійна схема для розрах. коротких замикань подана на рис. 3.1.

Повний опір силового трансформатора з напругою к.з.,%, $u_{к.з.}$; ном. потужністю тр-ра, $S_{ном.Т}$ та напругою мережі U :

$$Z_T = \frac{(u_{к.з.} / 100)U^2}{S_{ном.Т}}$$

$$Z_T = \frac{(5,5 / 100) \cdot 380^2}{1600 \cdot 10^3} = 0,00496 \text{ Ом} = 4,96 \text{ мОм}.$$

Опір тр-ра активний з втратами активної потужності від струмів КЗ, кВт, $\Delta P_{к.з.}$:

$$R_T = \frac{\Delta P_{к.з.} \cdot U^2}{(S_{ном.Т})^2}$$

$$R_T = \frac{18 \cdot 10^3 \cdot 380^2}{(1600 \cdot 10^3)^2} = 0,00102 \text{ Ом} = 1,02 \text{ мОм}.$$

Опір тр-ра реактивний:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2};$$

$$X_T = \sqrt{4,96^2 - 1,02^2} = 4,85 \text{ мОм}.$$

Для сумарних опорів кола трифазного КЗ в т. К1 маємо:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma}^{(3)})^2};$$

$$(R_{\Sigma}^{(3)}) = R_T + R_{ш} + R_a + R_K + R_{Т.Т};$$

$$(X_{\Sigma}^{(3)}) = X_T + X_{ш} + X_a + X_{Т.Т},$$

де R_T, X_T - опори тр-ра;

$R_{ш}, X_{ш}$ - опори шин від тр-ра до автомат. вимикача ($R_{ш} = 0,5 \text{ мОм}$; $X_{ш} = 2,25 \text{ мОм}$);

R_a, X_a - опори котушок розчіплювачів макс. струму автомат. вимикачів (див. табл. 3.1);

R_k - перехідні опори контактів (див.табл. 3.2);

$R_{TC}; X_{TC}$ - первинні опори обвиток тр-ра струму(табл. 3.3);

$$R_{\Sigma 1}^{(3)} = 1,02 + 0,5 + 0,25 + 0,12 + 0,2 = 2,09 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 1}^{(3)} = 4,85 + 2,25 + 0,094 + 0,3 = 7,50 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 1}^{(3)} = \sqrt{2,09^2 + 7,50^2} = 7,79 \text{ мОм}.$$

Для струму трифазного КЗ діюче значення:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}^{(3)}};$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7,79 \cdot 10^{-3}} = 28,2 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 28 \text{ кА}$$

Для ударного струму КЗ від системи:

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{у.с.}} \cdot I_{к.з.}^{(3)},$$

де $k_{\text{у.с.}}$ - ударн. коеф., (для тр-ра 1600 кВА $k_{\text{у.с.}} = 1,4$);

$I_{к.з.}^{(3)}$ - діючий струм трифазного КЗ.

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 28 = 55,4 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 55 \text{ кА}$$

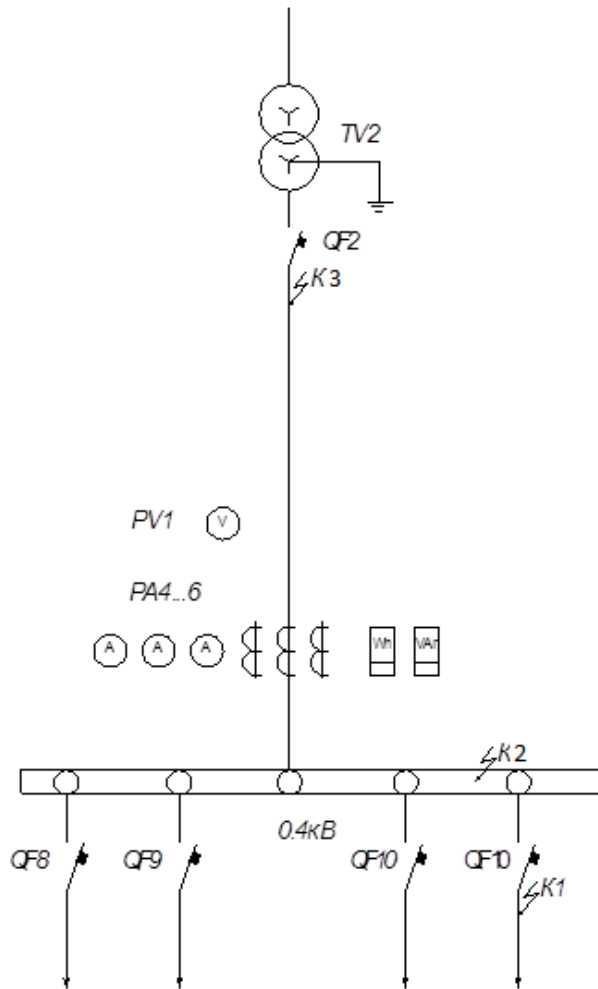


Рисунок 3.1 – Однолінійна схема для розрахунку струмів к. з.

Сумарний ударний струм визначається з струмів КЗ від всіх асинхронних двигунів, приєднаних до шини тр-ра TV2:

$$\Sigma i_{y.Д.} \approx 6,5 \Sigma I_{ном.Д.},$$

де $\Sigma I_{ном.Д.}$ - сума ном. струмів АД.

$$\Sigma i_{y.Д.} \approx 6,5 \cdot (0,95 \cdot 300 + 0,95 \cdot 500 + 0,60 \cdot 450 + 0,80 \cdot 150) = 7475 \text{ A} \approx 7,48 \text{ кА}$$

Ударний струм сумарний:

$$i_{y.Σ}^{(3)} = i_{y.c}^{(3)} + \Sigma i_{y.Д.};$$

$$i_{y.Σ}^{(3)} = 55,4 + 7,48 = 62,88 \text{ кА}$$

При визначенні струмів КЗ в т. К2 проводимо аналогічні розрахунки.

$$Z_{Σ2}^{(3)} = \sqrt{(R_{Σ2}^{(3)})^2 + (X_{Σ2}^{(3)})^2};$$

$$R_{Σ2}^{(3)} = R_{Σ1}^{(3)} + R_{ш} + R_{л};$$

$$X_{\Sigma 2}^{(3)} = X_{\Sigma 1}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 2}^{(3)} = 2,09 + 0,5 + 0,1 = 2,60 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 2}^{(3)} = 7,5 + 2,25 + 0,05 = 9,80 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 2}^{(3)} = \sqrt{2,60^2 + 9,80^2} = 10,14 \text{ мОм};$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 10,14 \cdot 10^{-3}} = 21,64 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 22 \text{ кА}$$

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 22 = 43,6 \text{ кА}$$

$$\Sigma i_{y.д.} \approx 6,5 \cdot 1150 \approx 7,48 \text{ кА}$$

$$i_{y.д.}^{(3)} = 43,6 + 7,48 = 51,08 \text{ кА}$$

При визначенні струмів КЗ в т. КЗ проводимо аналогічні розрахунки.

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{(R_{\Sigma 3}^{(3)})^2 + (X_{\Sigma 3}^{(3)})^2};$$

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = R_{\Sigma 2}^{(3)} + R_{III} + R_{II};$$

$$X_{\Sigma 3}^{(3)} = X_{\Sigma 2}^{(3)} + X_{III} + X_{II};$$

$$R_{\Sigma 3}^{(3)} = 1,67 + 1,8 + 1,3 = 5,70 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma 3}^{(3)} = 9,80 + 0,86 + 0,14 = 10,80 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma 3}^{(3)} = \sqrt{5,70^2 + 10,80^2} = 12,21 \text{ мОм};$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 12,21 \cdot 10^{-3}} = 17,97 \cdot 10^3 \text{ А} \approx 18,0 \text{ кА}$$

$$i_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 18,0 = 35,6 \text{ кА}$$

$$\Sigma i_{y.д.} \approx 6,5 \cdot 478,4 = 3109,7 \text{ А} \approx 3110 \text{ А} = 3,11 \text{ кА}$$

$$i_{y.д.}^{(3)} = 35,6 + 3,11 = 38,71 [\text{кА}] \approx 39 \text{ кА}$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку опорів котушок розчіплювачів макс. струму АВ

Ном. струм AB, А	100	140	200	400	600
X _a , мОм	0,87	0,56	0,29	0,11	0,09
R _a , мОм	1,91	0,75	0,37	0,16	0,13

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку перехідних опорів контактів

Ном. струм, А	50	100	200	400	600	1000	1600
Автомат. вимикач: R _к , мОм	1,32	0,74	0,62	0,43	0,24	-	-
Рубильник: R _к , мОм	-	0,48	0,37	0,18	0,14	0,06	-

Таблиця 3.3 – Первинні опори обвиток трансформатора струму

Коеф. трансформації і тр-ра струму	100/5	150/5	200/5	300/5	400/5
X _{тт} , мОм	2,68	1,19	0,66	0,28	0,18
R _{тт} , мОм	1,68	0,74	0,43	0,21	0,18

3.4 Вибір компенсувальних пристроїв реактивної потужності

Проводимо попередній розрахунок потужності пристрою для компенсації реактивної потужності на даному виробництві:

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

де $tg\varphi_H = 0,328$ – норматив енергосистеми, що відповідає значенню $\cos\varphi=0,96$;
 $tg\varphi_\phi = tg\varphi_C = 1,504$ – факт. розрах. значення коеф. реактивної потужн. даного виробництва;

$P_p = 960,29$ кВт – розрах. активна потужн. ел-приймачів.

Тоді маємо:

$$Q_{кпн} = 960,34 \cdot (1,506 - 0,329) = 1130,3 кВ \cdot Ар.$$

Доцільна для даного в-цтва оптимальна величина РП НВ конденсаторів:

$$Q_{KH_{OPT}} = \frac{P_P}{2} - \frac{M}{r_{E_T} \cdot (1 + \lambda)} \text{кВ} \cdot \text{Ар},$$

де $r_{E_T} = 0,0022 \text{ Ом}$ – опір тр-ра ПС, що приводиться до сторони НВ (0,38 кВ) [19];

$\lambda = 0,6$ – коеф. для врахув. опору НВ мережі [19];

$$M = U_H^2 \cdot \left(\frac{P_P \cdot K_{DK_H}}{C_{O_E} \cdot T_B} + 0,5 \right) \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом},$$

де $K_{DK_H} = 6,0 \frac{\text{грн}}{\text{кВ} \cdot \text{Ар}}$ – пит. варт. різниці генерації 1 кВ·А РП НВ і ВВ конденсаторами;

$T_B = 8760 \text{ год.}$ – тривалість роботи КУ;

$$C_{O_E} = \frac{A}{T_{МАКС}} + B \cdot 10^{-3} \quad \text{– вартість 1 кВт·год. втраченої в КУ електроенергії;}$$

$$\left. \begin{aligned} A &= 437 \frac{\text{грн}}{\text{кВт}}, \\ B &= 77 \frac{\text{коп}}{10 \text{ кВт} \cdot \text{год}} \end{aligned} \right\} \text{– складові двоставк. тарифу на електроенергію;}$$

$T_{МАКС} = 4239 \text{ год.}$ – тривалість макс. навантажень на рік згідно графіка;

$$C_{O_E} = \frac{431}{4239} + 77 \cdot 10^{-3} = 0,18 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год.}}$$

$$M = 0,38^2 \cdot \left(\frac{960,34 \cdot 6,0}{0,18 \cdot 8760} + 0,5 \right) = 0,599 \text{кВ} \cdot \text{Ар} \cdot \text{Ом}.$$

Тоді маємо:

$$Q_{KH_{OPT}} = \frac{960,34}{2} - \frac{0,601}{0,0022 \cdot (1 + 0,6)} = 308,5 \text{кВ} \cdot \text{Ар}.$$

За таблицею 2–38 [10] підлягає вибору стандартна НВ КУ типу УКЛ (П) Н-0,38-324-108 в кількості 1 шт. потужністю 324 кВ·Ар.

Залишок реактивн. потужності необхідно скомпенсувати за допомогою високовольтної конденсаторної установки, потужність якої визначимо з виразу:

$$Q_{КП_B} = Q_{KH_{OPT}} - Q_{КВ}; \quad Q_{КП_B} = 324 - 308,5 = 16 [\text{кВ} \cdot \text{Ар}].$$

Утворений залишок після компенсації реактивн. потужності в кількості 16 кВ·Ар буде реалізований при компенсації високовольтної напруги 10,5 кВ.

3.5 Вибір площі перерізу проводів і жил кабелів

Площа перерізу провідникової продукції підлягає вибору у відповідності з рекомендаціями ПУЕ [19], врахувавши допустимий нагрів провідників, які прокладені у металічних трубах, ввівши коефіцієнт зменшення ном. струму $k_H = 0,8$.

Таким чином, після розрахунку січення провідників, марки проводів чи кабелів, а також їх довжини матимуть такі значення:

– ЕП1.1 – 1.4: $I_H = 3,25$ А; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8$ А; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 60 м;

марка кабелю – ПВС 5х1,5;

– ЕП2.1 – 2.2: $I_H = 2,78$ А; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8$ А; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 40 м;

марка проводу – ПВС 5х1,5;

– ЕП3.1 – 3.2: $I_H = 93,7$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120,0$ А; січен. провідн. – $50,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 40 м;

марка проводу – ПВГ 4х50-1;

– ЕП4.1: $I_H = 80,31$ А; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0$ А; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 10 м;

марка проводу – ПВГ 4х35-1;

– ЕП5.1 – 5.2: $I_H = 80,31$ А; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0$ А; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 40 м;

марка проводу – ПВГ 4х35-1;

– ЕП6.1: $I_H = 0,97$ А; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8$ А; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 18 м;

марка проводу – ПВС 5х1,5;

– ЕП7.1 – 7.4: $I_H = 80,31$ А; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0$ А; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 40 м;

марка проводу – ПВГ 4х35-1;

- ЕП8.1: $I_H = 97,67 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 292,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 15 м;
марка проводу – ПВГ 4х35-1;
- ЕП9.1: $I_H = 0,97 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$; довж.
відр. лінії – 16 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
- ЕП 10.1: $I_H = 6,54 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 10 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
- ЕП11.1: $I_H = 21,96 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 25 \cdot 0,8 = 20 \text{ А}$; січен. провідн. – $2,5 \text{ мм}^2$; довж.
відр. лінії – 6 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
- ЕП12.1 – 12.2: $I_H = 32,82 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 40 \cdot 0,8 = 32,0 \text{ А}$; січен. провідн. –
 $6,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 20 м;
марка проводу – ПВГ 4х6;
РУ 0,4 – РП19 (ЕП1.1...ЕП12.2): $I_H = 982,4 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 1400 \cdot 0,8 = 1120 \text{ А}$;
січен. провідн. – 240 мм^2 ; довж. відр. лінії – 45 м; марка кабелю – АВББШв
3х240+1х120;
- ЕП13.1 – 13.3: $I_H = 286,5 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 365 \cdot 0,8 = 292,0 \text{ А}$; січен. провідн. –
 $240,0 \text{ мм}^2$; довж. відр. лінії – 40 м; марка проводу – ПВГ 4х240-1;
- ЕП14.1: $I_H = 169,3 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 225 \cdot 0,8 = 180,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $95,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 20 м;
марка проводу – ПВГ 4х95-1;
- ЕП15.1: $I_H = 80,31 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 10 м;
марка проводу – ПВГ 4х35-1;
- ЕП16.1: $I_H = 97,7 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 115 \cdot 0,8 = 92,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $35,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 16 м;
марка проводу – ПВГ 4х35-1;
- ЕП17.1: $I_H = 0,85 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 18 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;

– ЕП18.1: $I_H = 390,7 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 500 \cdot 0,8 = 400 \text{ А}$; січен. провідн. – 150 мм^2 ;
довж. відр. лінії – 25 м;
марка кабелю – АВБбШв 3х150+1х50;
– ЕП19.1: $I_H = 34,57 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 40 \cdot 0,8 = 32,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $6,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 12 м;
марка проводу – ПВГ 4х6;
– ЕП20.1 – 20.2: $I_H = 2,78 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 40 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
– ЕП21.1 – 21.2: $I_H = 93,7 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 150 \cdot 0,8 = 120,0 \text{ А}$; січен. провідн. – $50,0 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 40 м; марка проводу – ПВГ 4х50-1;
– ЕП22.1: $I_H = 5,4 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 16 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
– ЕП23.1: $I_H = 2,4 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ А}$; січен. провідн. – $1,5 \text{ мм}^2$;
довж. відр. лінії – 18 м;
марка проводу – ПВС 5х1,5;
РУ 0,4 – РП20 (ЕП13.1...ЕП23.1): $I_H = 1995,2 \text{ А}$; $I_{\text{доп}} = 2500 \cdot 0,8 = 2000 \text{ А}$;
січен. провідн. – 240 мм^2 ; довж. відр. лінії – 45 м;
марка кабелю – АВБбШв_3х240+1х120;

3.6 Кабельний журнал

Кабель з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВГ–4х6–1 ГОСТ 16442–80 – 32 м.

Те ж, марки ПВГ–4х35–1 ГОСТ 16442–80 – 131 м.

Те ж марки ПВГ–4х50–1 ГОСТ 16442–80 – 80 м.

Те ж марки ПВГ–4х95–1 ГОСТ 16442–80 – 20 м.

Те ж марки ПВГ–4х240–1 ГОСТ 16442–80 – 40 м.

Провід з мідною жилою в ПВХ–оболонці, підвищеної гнучкості марки ПВС–5х1,5 ГОСТ 16442–80– 242м.

Кабель силовий броньований з ПВХ-ізоляцією та шлангом марки АВББШВ-3х240+1х120 ГОСТ 16442-80 – 90 м.

Те ж марки АВББШВ-3х150+1х50 ГОСТ 16442-80 – 25 м.

3.7 Перевірка струмовідних частин на термічну стійкість

Кабельну лінію перевіряємо розрахунком на термічну стійкість.

Необхідне виконання умови:

$$S_{\min} \leq S_n \text{ мм}^2,$$

де S_n - ном. січення кабелю, мм^2 .

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

де I_{∞} - струм к.з. усталений на початку лінії, що піддається перевірці, А;

t_n - приведена тривалість дії струму к.з., с;

$C = 85$ - коеф. для кабелю з алюмінієвими провідниками.

Отримаємо:

$$S_{\min} = \frac{25100 \cdot \sqrt{0,25}}{85} = 147,6 \text{ мм}^2.$$

Оскільки $S_{\min} = 147,6 \text{ мм}^2 \leq S_n = 240 \text{ мм}^2$, маємо висновок, що кабель живлення виробництва (кабель силовий броньований з ПВХ-ізоляцією та ПВХ-шлангом типу АВББШВ 3×240+1×70) вибраний правильно.

3.8 Релейний захист трансформаторів підстанції

Сторона ВН (10 кВ) трансформаторної підстанції укомплектована автоматичними вимикачами навантаження типу ВВП-17 УЗ і запобіжниками типу ПК-101.40 для захисту від струмів КЗ і перенавантажень.

Газове реле типу ПГЗ-22 служить для захисту від внутр. пошкоджень силових тр-рів; діє на сигнал і відключення вимикача навантаження.

3.9 Висновки до розділу

Проведений вибір захисної апаратури електромережі підприємства та січення проводів і жил кабелів; сформований кабельний журнал; здійснений розрахунок січення кабелів живлення на термічну стійкість.

Прийняте проєктне рішення щодо укомплектування автоматичними вимикачами розподільчих пристроїв, щитків освітлення, а також кабельно-провідниковою продукцією освітлювальної проводки й силової мережі.

Проведений розрахунок струмів к. з. в мережі ВН 10 кВ та макс. струмів кіл навантаження силового тр-ра в мережі 0,4 кВ. Аналіз розрахунків підтвердив, що АВ вибраного типу на всіх рівнях дослідж. електромережі витримують дію ударних струмів к. з.

Проведений розрахунок та вибрані установки КРП на ВВ та НВ стороні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці з урахуванням напрямків економічної та соціальної політики, досягнень в галузі науки та техніки, охорони навколишнього середовища;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, що потерпіли від нещасних випадків на виробництві чи професійних захворювань;
- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форм власності та видів їх діяльності.

4.1 Аналіз і заходи з усунення шкідливих факторів виробництва фарбованого покрівельного прокату

Розроблення, організація та проведення робіт із застосуванням лакофарбових матеріалів та порошкових полімерних фарб проводяться відповідно до ГОСТ 12.3.002-75 "Система стандартів безпеки праці. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки", а також ГОСТ 12.3.005-75 "Роботи фарбувальні. Загальні вимоги безпеки".

Фарбувальні роботи небезпечні на всіх стадіях: під час підготування поверхонь виробів для фарбування (видалення іржі, окалини, старого покриття, знежирення); підготування робочого складу лакофарбового матеріалу; їхнього нанесення; сушіння та оплавлення покриття із порошкових полімерних фарб;

обробки поверхонь лакофарбових покриттів шліфуванням або поліруванням; очищення і миття ємності, тари, виробничого обладнання, інструменту й захисних засобів.

Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, характерні для процесу фарбування виробів, зумовлені застосуванням токсичних лакофарбових матеріалів, утворенням у повітрі робочої зони лакофарбових аерозолів (пилу і туману) та виділенням парів розчинників під час підготування фарб, нанесення і сушіння покриттів [24].

Лакофарбові матеріали є сумішшю плівкотвірних речовин, розчинників, пігментів та різноманітних добавок (пластифікаторів, затверджувачів). Широко застосовують лаки й емалі на конденсаційних смолах, терті фарби, ефіроцелюлозні лаки і емалі, водоемульсійні фарби, оліфи, спиртові лаки. В повітря робочої зони плівкотвірні речовини потрапляють у складі лакофарбового аерозолу. Їхня шкідлива дія зумовлена наявністю в складі токсичних речовин (стиролу, фенолу, формальдегіду). Як розчинники і розбавлювачі заборонено використовувати бензол, піробензол, метанол, хлоровані вуглеводні; обмежувати застосування толуолу, ксилолу, сольвенту.

Пігменти - сухі фарбувальні речовини неорганічного (титан, цинк, свинець, хром) і органічного походження (моностирол, азокпігменти). Найшкідливішим пігментом є свинець та його неорганічні сполуки, які в суміші з хромовими похідними входять до складу всіх кольорових пігментів. У повітря робочої зони свинець та його сполуки під час фарбування надходять у вигляді аерозолу. Свинець та його сполуки надзвичайно токсичні.

Останнім часом застосовують покриття із порошкових фарб, які належать до пожежобезпечних і нетоксичних речовин, однак процес нанесення порошкових полімерних фарб пов'язаний з утворенням органічного пилу, в певних концентраціях шкідливих і вибухо– пожежонебезпечних.

Під час фарбувальних робіт необхідно передбачати заходи запобігання вибухам та пожежам у технологічному обладнанні, виробничих приміщеннях і на виробничих майданчиках поза приміщеннями [1].

Для нанесення лакофарбових покриттів на вироби застосовують такі способи: ручне фарбування (пензлями, валиками); ручне механічне фарбування

розпилюванням (пневматичним, безповітряним, в електричному полі високої напруги); автоматизоване фарбування (обливом, окунанням, електроосадженням). При цьому шкідливу дію на працівників чинять лакофарбувальні матеріали та пари розчинників, що утворюються при нанесенні покриттів і висиханні пофарбованого виробу. Аналогічно шкідливо діє на працівників і фарбування валиками.

Найпоширенішим у промисловості є ручне механізоване фарбування пневматичним розпиленням, при якому у повітря робочої зони надходить фарбувальний аерозоль і пари розчинників.

Під час пневматичного фарбування у приміщеннях без організованого повітрообміну фарбувальний аерозоль від місць фарбування поширюється приміщенням. При використанні електростатичних розпилювачів у повітрі робочої зони виникає велика кількість заряджених іонів, а на поверхні одягу і рук потенціал електростатичних зарядів може сягати 12 кВ [16].

Після фарбування вироби сушать безпосередньо у виробничому приміщенні (природна сушка), сушильних камерах (гаряча сушка) різними методами (конвективним, терморадіаційним, терморадіаційно-конвективним, індукційним). Фарбувальні і сушильні камери, установки струменевого обливу і окунання, дільниці для безкамерного фарбування обладнуються засобами автоматичного пожежогасіння. Установки, всередині яких знаходяться працівники при проведенні технологічного процесу фарбування, також оснащуються первинними засобами пожежогасіння незалежно від наявності засобів автоматичного повідомлення і гасіння пожеж, первинних засобів пожежогасіння у цеху.

4.2 Електробезпека на виробництві. Технічні засоби електробезпеки

Електробезпека - це система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Електротравматизм - це явище, що характеризується сукупністю електротравм. Електротравма - це травма, що викликана впливом електричного

струму або електричної дуги.

Електротравматизм порівняно до інших видів травматизму має деякі відмінні особливості. Тому на виробництві повинна бути створена належна електробезпека. Аналіз нещасних випадків на виробництві свідчить, що електротравматизм складає близько 1% від їх загальної кількості, але серед нещасних випадків із смертельними наслідками електротравми складають до 40%, посідаючи одне з перших місць, причому близько 90% смертельних уражень електричним струмом трапляється в електроустановках напругою 127–380 В [29].

Часто нещасні випадки супроводжуються застосуванням в особливо небезпечних приміщеннях підвищеної небезпеки напруги понад 42 В.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо або в поєднанні один з одним такі технічні способи та засоби: захисне заземлення; занулення; вирівнювання потенціалів; мала напруга; захисне відімкнення; ізоляція струмопроводів; огорожувальні пристрої; попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки; засоби захисту та запобіжні пристрої.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою. Заземлення здійснюється за допомогою природних, штучних або змішаних заземлювачів.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть опинитися під напругою (корпуси електроустаткування, кабельні конструкції, сталеві труби тощо).

Заземлення і занулення забезпечують спрацювання приладів захисту, швидке автоматичне вимикання пошкодженої установки від мережі [19].

Малі номінали напруги (не більше 42 В) застосовують для живлення електроприймачів невеликої потужності: ручного електрифікованого інструменту, переносних ламп, ламп місцевого освітлення, сигналізації.

Захисне відімкнення - це захист швидкої дії, що забезпечує автоматичне відімкнення електроустановки під час виникнення в ній небезпеки ураження людини струмом.

Огорожувальні переносні засоби призначені для тимчасового огороження

струмоведучих частин і запобігання помилкових операцій з комутаційною апаратурою. До них належать: ізоляційні накладки, ковпаки, переносні заземлення (заземлювачі) та плакати, переносні щити, клітки. Часто використовується звукова та світлова сигналізація, надписи, плакати та інші засоби інформації, що попереджують про небезпеку.

Блокування застосовується в електроустановках напругою вище 220 В, в яких часто ведуться роботи на струмоведучих частинах, що огорожуються. Блокування забезпечує зняття напруги зі струмоведучої частини електроустановки під час проникнення до них без зняття напруги.

Запобіжні надписи, плакати та пристрої призначені для привернення уваги працюючих до безпосередньої небезпеки, наказу й дозволу певних дій з метою забезпечення безпеки, а також одержання необхідної інформації. Зміст надписів: «Стій - висока наруга», «Не залазь - уб'є», «Не вмикати - працюють люди» [19].

Електрозахисні засоби призначені для захисту персоналу, що обслуговує електроустановки. За призначенням електрозахисні засоби поділяються на ізолювальні (діелектричні рукавиці, боти, калоші, інструмент з ізолюючими ручками тощо), огорожувальні (переносні огороження, заземлення тощо) та запобіжні (пояси, захисні окуляри тощо). Ізолювальні засоби під час експлуатації періодично випробовують.

4.3 Стійкість виробництва фарбованого металопрокату в умовах дії надзвичайних ситуацій

Під стійкістю роботи об'єкта промисловості розуміють його здатність в умовах надзвичайних ситуацій випускати продукцію в запланованому об'ємі, а при отриманні слабких і середніх руйнувань, при пожежах, повенях, зараженні місцевості, а також, при порушенні зв'язків по кооперації і постачанню відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

На стійкість роботи промислового об'єкта впливають такі фактори [14]:

- захищеність робітників та службовців від уражаючих факторів надзвичайних ситуацій;
- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта (будівель, споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем) протистояти руйнуючій дії

уражаючих факторів аварій, катастроф, стихійного лиха та сучасної зброї;

- надійність постачання об'єкта електроенергією, водою, паливом, комплектуючими та сировиною;

- підготовленість об'єкта до проведення аварійно-рятувальних та відбудовних робіт;

- оперативність управління виробництвом та здійсненням заходів цивільного захисту (ЦЗ) в надзвичайних ситуаціях.

Способи підвищення стійкості (надійності) роботи об'єктів промисловості в умовах надзвичайних ситуацій такі [7]: нагромадження фонду захисних споруд ЦЗ і засобів індивідуального захисту; будівництво важливих підприємств за межами зон можливих руйнувань, а також будівництво підприємств–дублерів; розширення шляхів сполучення і розвиток всіх видів транспорту; підсилення і дублювання енергетичних потужностей; створення матеріально–технічних резервів; підтримання сил ЦЗ в постійній готовності.

Захист робітників і службовців (населення) досягається трьома основними способами: застосуванням засобів індивідуального захисту; укриттям людей в захисних спорудах; проведенням евакуаційних заходів для робітників і службовців та членів їх сімей.

Засоби індивідуального захисту забезпечують захист людей при знаходженні на виробничих місцях і на місцевості, яка заражена радіоактивними, отруйними, хіміко–бактеріологічними засобами.

Укриття в захисних спорудах - найбільш ефективний спосіб захисту виробничого персоналу працюючої зміни. Захисні споруди повинні будуватися на об'єкті своєчасно і забезпечувати укриття найбільшої працюючої зміни.

Евакуаційні заходи забезпечують захист членів сімей робітників, службовців і виробничого персоналу непрацюючих змін.

Забезпечення стійкого постачання досягається проведенням заходів щодо захисту комунально-енергетичних мереж, транспортних комунікацій і джерел постачання, а також створенням необхідних запасів палива, сировини, напівфабрикатів і комплектуючих виробів.

Підготування до відновлення порушеного виробництва повинно здійснюватися повсякчасно. Воно передбачає планування відновних робіт у

різних варіантах, підготування ремонтних бригад, створення необхідного запасу матеріалів, обладнання і направлена на поновлення випуску необхідної продукції в мінімальні терміни [14].

Підвищення надійності і оперативності управління виробництвом досягається створенням на об'єкті стійкої системи зв'язку, високою професійною підготовкою керівного складу до виконання функціональних обов'язків щодо керівництва виробництвом і заходами ЦЗ.

4.4 Вимоги щодо улаштування системи електрозабезпечення виробництва у надзвичайних ситуаціях

Електрозабезпечення є основою будь-якого виробництва. Порухення нормальної подачі електроенергії на об'єкт або окремі ділянки виробництва може призвести до повної зупинки роботи об'єкту.

Для надійного електрозабезпечення в умовах надзвичайних ситуації при його проектуванні і будівництві повинні бути враховані основні вимоги, які впливають із завдань цивільного захисту [29].

Електрозабезпечення повинно здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції потрібно розташовувати одну від одної і від великих міст на відстані, не меншій двох радіусів зон можливих зруйнувань. Районні понижувальні електростанції, диспетчерські пункти енергосистем і мережі електропередачі належить розташовувати за межами зон можливих сильних зруйнувань.

Постачання електроенергією великих міст і об'єктів, які не перестають працювати в надзвичайних умовах, необхідно передбачати від двох незалежних джерел. Трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їх стійкість повинна бути не нижчою від стійкості самого об'єкту. Електроенергію на ділянки виробництва належить подавати електрокабелями, прокладеними в землі на глибині (0,8 ... 1,2) м. Крім цього, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати пересувні електростанції на залізничних платформах, автопричепках та інші електростанції,

які не увімкнені в енергосистему [7].

Система енергопостачання повинна мати захист від впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) ядерного вибуху. Для цього проводиться аналіз і оцінка стійкості всіх видів апаратури електропостачання, електричних систем, радіотехнічних засобів і засобів зв'язку, які є на об'єкті. Стійкість апаратури до дії ЕМІ у значній мірі залежить також від правильної експлуатації ліній і ретельного контролю справності засобів захисту.

Таким чином, підвищення стійкості роботи об'єктів промисловості в умовах надзвичайних ситуацій досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних і організаційних заходів, спрямованих на максимальне зниження впливу уражаючих чинників і створення умов для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведена модернізація системи електропостачання підприємства з вироблення покрівельного прокату в ТОВ «Євро-прокат», що забезпечить ефективність електропостачання з мінімальними втратами електроенергії.

Отримані такі результати:

1. Проведений аналіз підвищення енергоефективності систем електропостачання на підприємствах, що приносить вагомі результати в заощадженні коштів, збільшенні продуктивності виробничих процесів, скороченні викидів у навколишнє середовище.

2. Проведений аналіз основних вимог і принципів побудови систем електропостачання промислових підприємств різного типу складності виробничих процесів.

3. Проведений аналіз методів дослідження ефективності систем електропостачання промислових підприємств, в якому встановлено, що основною причиною нераціональних витрат електроенергії є фізичне та моральне зношування електричного й технологічного обладнання.

4. Проведений аналіз технологічного процесу порошкового фарбування листового металопрокату. При цьому, саме покриття відрізняється високими показниками міцності, естетичності та економічної вигоди.

5. Проведений аналіз потужностей лінії порошкового фарбування рулонної сталі та визначені розрахункові навантаження виробничого обладнання.

6. Проведений розрахунок електричного освітлення виробничих ділянок, потужності розподільчих пристроїв, щитка освітлення й навантаження силового трансформатора.

7. Досліджені два схемо-технічних рішення підвищення ефективності електромереж промислових підприємств. Встановлення установок компенсації реактивної потужності на низькій стороні трансформаторів навантаження на протиположну до високої сторони трансформаторів живлення значно зменшує втрати потужності та напруги в таких мережах.

8. Проведений вибір захисної апаратури електромережі підприємства та січення проводів і жил кабелів; сформований кабельний журнал; здійснений розрахунок січення кабелів живлення на термічну стійкість.

9. Прийняте проектне рішення щодо укомплектування автоматичними вимикачами розподільчих пристроїв, щитків освітлення, а також кабельно-провідниковою продукцією освітлювальної проводки й силової мережі.

10. Розраховані струми к. з. в мережі вищої напруги та макси. струмів кіл навантаження силового тр-ра та зроблений підбір автоматичних вимикачів, які витримують дію ударних струмів к. з.

11. Проведений розрахунок та вибрані установки компенсації реактивної потужності на високій та низькій стороні.

Модернізована система електропостачання виробництва покрівельного прокату в ТОВ «Євро-прокат» відповідає вимогам щодо енергоефективності, надійності електропостачання та забезпечення безпеки персоналу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Батлук В. А. Охорона праці. Підручник / В. А. Батлук, М. П. Кулик, Р. А. Яцюк. – Львів : Вид-цтво НУ «Львівська політехніка», 2009, 360 с.
2. Бедерак Я. С. Об эффективности компенсации реактивной мощности и поддержания оптимальных уровней напряжения 6 (10) и 0,4 кВ в электрических сетях промышленных предприятий // Промэлектрo. - 2005. - №3. - С. 29–35.
3. Бемякова І. В. Забезпечення ефективності електричних мереж металопрокатних підприємств / І. В. Бемякова, О. О. Вакуленко, Г. Г. Гейруш // Матеріали Х МНТК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (24–25 листопада 2021 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. II.– Тернопіль, 2021. – С. 11–12.
4. Гашо Е. Г. Развитие регионов через повышение энергоэффективности / Е. Г. Гашо, М. В. Степанова // Региональная энергетика: новые тенденции и подходы. – 2015. – Вып. 3. – С. 59–65.
5. Зайцев Є. О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустаткування : монографія / Є. О. Зайцев, В. В. Кучанський, І. О. Гунько. - Вінниця : ГО «Європейська наукова платформа», 2021. - 156 с.
6. Закон України «Про енергозбереження». – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>.
7. Євдін О. М. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. Посібник / За заг. ред. В. В. Могильниченка. – К. : КІМ, 2007. – 636 с.
8. Євтух П. С. Електричні втрати в освітлювальних мережах / П. С. Євтух, О. О. Вакуленко // Матеріали МНТК «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи» : ФОП «Паляниця В. А.», 2018. - С. 77–78.
9. Коваль В. П. Енергоефективність суміщеного освітлення // Матеріали III Всеукраїнської НТК «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування» (8-9 червня 2017 р.). - Т. : ТНТУ, 2017. - С. 211–212.
10. Князевский Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. – М. : Высшая школа, 1979. – 340 с.

11. Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. - М. : Высшая школа, 1975. – 320 с.
12. Маслікевич М. Р. Сутність оцінки енергоефективності підприємства / М. Р. Маслікевич, Б. М. Сердюк // Актуальні проблеми економіки та управління. – 2011. – Вип. 5. – С. 110–114.
13. Мілих В. І. Електропостачання промислових підприємств : Підручн. для студ. електромех. спец. / В. І. Мілих, Т. П. Павленко. - Харків : ФОП Панов А. М., 2016. - 272 с.
14. Національний інститут стратегічних досліджень. «Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України. Аналітична записка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://od.niss.gov.ua/articles/437/>.
15. Ниник Л. Р. Стійкість роботи промислових об'єктів у надзвичайних ситуаціях. – Рівне : Вид-во УДАВГ, 1998. – 162 с.
16. Овчаренко Т. І. Оцінка ефективності статичних компенсуючих пристроїв на промислових підприємствах // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2013. – №8. – С. 25–30.
17. Охорона праці в галузі. Метод. вказівки / Укл. І. Г. Ткаченко. – Тернопіль, ТДТУ, 2001. – 32 с.
18. Пантелеев Е. Г. Монтаж и ремонт кабельных линий. Справочник электромонтажника / Под ред. А. Д. Смирнова и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с. : ил.
19. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок : ДНАОП 0.00-1.32-2001. – К.: Київпромелектропроект, 2001.– 80 с.
20. Правила улаштування електроустановок. - Вид. 3-є, перероб. і доп. - Х. : Форт, 2010. - 732 с.
21. Русаловський А. В. Правові та організаційні питання охорони праці : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. - Вид. 6-є, допов. та переробл. - К. : Університет «Україна», 2013. - 283 с.
22. Русаловський А. В. Цивільна оборона : навч. посіб. для дистанц. навч. / А. В. Русаловський, В. М. Заплатинський. - К. : Університет «Україна», 2007. – 227 с.

23. Севастьянов Р. В. Энергоефективність промислових підприємств України та бар'єри з її впровадження / Р. В. Севастьянов, Я. Ю. Калітіна // Екон. вісник Запорізької держ. інж. акад. - 2016. - Вип. 1. - С. 28-35. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evzdia_2016_1_6.

24. Сергеев Н. Н. Оценка факторов, влияющих на энергетическую эффективность промышленных предприятий // Вестник Удмуртского ун-та. Экономика и право. – 2013. – Вип. 2. – С. 94-99.

25. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов. – К. : Техніка, 1991. – 192 с.

26. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Энергоатомиздат. Санкт–Петербург. отд., 1992. – 448 с. : ил.

27. Тарасов А. В. Оценка значимости влияющих на энергоэффективность промышленного предприятия организационно-экономических факторов / А. В. Тарасов, И. Д. Гайнуллин // Проблемы экономики и менеджмента. – 2013. – №8. – С. 89-93.

28. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посібн. - Д. : Нац. гірн. ун-т, 2015. - 540 с.

29. Электробезопасность на промышленных предприятиях. Справочник / Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харламов. – К. : Техніка, 1985. – 288с., : ил.