

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЛЕБЕДКА

" ____ " _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи
електроспоживання»

на тему: «Проектування системи електропостачання механічного цеху
важкого машинобудування»

Здобувач групи ЕТ.м-31 Володимир Валерійович АРХІПОВ

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

(підпис)

Володимир АРХІПОВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент Михайло ПЕТРОВСЬКИЙ _____

АНОТАЦІЯ

с. 76, рис. 15, табл. 22.

Бібліографічний опис: Архіпов В. В. Проектування системи електропостачання механічного цеху важкого машинобудування: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра ; спец. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / наук. кер. М.В. Петровський. Суми : Сумський державний університет, 2024. 76 с.

Ключові слова: дільниця цеху, силова електрична мережа, електричне навантаження, комплектна трансформаторна підстанція, кабель живлення, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, силова розподільча шина, напруга workshop area, power network, electrical load, complete transformer substation, power cable, short-circuit current, circuit breaker, power distribution bus, voltage

Короткий огляд:

В даній роботі проведено розрахунок силової електричної мережі дільниці цеху важкого машинобудування. Розраховано загальну потужність цеху. Вибрано необхідну кількість та потужність трансформаторів. Розраховано потужність компенсуючих пристроїв. Визначено перерізи провідників живильної та розподільчої мережі цеху. Розраховано струми короткого замикання в найбільш характерних точках електричної мережі. Проведено вибір автоматичних вимикачів з урахуванням забезпечення комутації робочого та аварійного режимів. Розраховано заземлення комплектної трансформаторної підстанції.

У розділі охорона праці проаналізовані основні зовнішні фактори, що діють на персонал підстанції. Проведений розрахунок освітлювальної установки і визначено необхідну кількість світильників та їх розміщення.

У економічному розділі, проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації цеху.

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

ККУ – комплектні конденсаторні установки

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок

РЗ – релейний захист

РП – розподільний пункт

СЕП – система електропостачання

СРШ – силова розподільна шафа

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ШНВ – шафа низьковольтного вводу

ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОПИС ОБ'ЄКТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ	8
1.1 Загальна характеристика об'єкта	8
1.2 Основні напрями машинобудування в Україні.....	8
1.3 Перспективи розвитку машинобудівного комплексу	9
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИБІР СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ	13
2.1 Вихідні дані електричних приймачів	13
2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень	15
2.3 Вибір ТП і компенсуючих установок.....	20
2.3.1 Вибір трансформаторної підстанції	20
2.3.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності	24
2.4 Вибір перерізу струмових провідників.....	25
2.4.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ.....	25
2.4.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ	27
2.4.3 Вибір шинопроводів	31
2.5 Вибір ліній живлення системи електропостачання	33
2.6 Розрахунок струмів короткого замикання.....	36
2.6.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення	39
2.7 Вибір комутаційних апаратів.....	42
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
3.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.....	55
3.1.1 Вихідні дані до розрахунку	55
3.1.2 Розрахунок освітлювальної системи.....	56
3.1.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання	58
3.1.4 Розрахунок освітлення точковим методом.....	59

					MP 3.6.141.021 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання механічного цеху важкого машинобудування	Лит.	Аркуш	Листів
Розроб.	Архівов В.В.						5	76
Перевір.	Петровський М.В.					СумДУ ЕТ.М-31		
Реценз.								
Н. Контр.	Петровський М.В.							
Затверд.	Лебедка С.М.							

4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	63
4.1	Розрахунок економічного ефекту	63
	ВИСНОВКИ.....	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	70
	ДОДАТКИ.....	73

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Машинобудування є ключовою складовою промислового потенціалу України, визначаючи рівень технічного прогресу та конкурентоспроможності економіки. Особливу роль у цьому секторі відіграють електричні цехи, які забезпечують виробництво та обслуговування електричних систем для різноманітних машин і устаткування. Проектування таких цехів вимагає високого рівня точності, інженерного підходу та відповідності сучасним технічним стандартам.

Машинобудування та проектування електричних цехів є важливими елементами промислового комплексу України. Впровадження сучасних технологій та оптимізація виробничих процесів дозволить підвищити ефективність галузі, забезпечити її конкурентоспроможність на світовому ринку та створити основу для сталого економічного розвитку країни.

Електричні цехи є невід'ємною частиною машинобудівних підприємств. Основні функції включають: виробництво та складання електричних компонентів: двигунів, генераторів, трансформаторів, проектування та монтаж електричних систем: управління, автоматизація процесів, обслуговування та ремонт обладнання: діагностика, профілактика та модернізація систем. Особливість роботи електричних цехів полягає у необхідності дотримання жорстких стандартів безпеки та ефективності, що вимагає сучасного обладнання та кваліфікованого персоналу.

Проектування електричних цехів – це складний інженерний процес, що охоплює наступні етапи: аналіз виробничих потреб: визначення потужностей, обсягу робіт та необхідного обладнання, планування простору: оптимізація робочих зон для забезпечення безпеки та ефективності процесів, вибір обладнання: використання сучасних електротехнічних рішень, таких як автоматизовані верстати та системи управління, енергозбереження та екологічність проектування систем, що відповідають сучасним вимогам енергоефективності.

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОПИС ОБ'ЄКТА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Загальна характеристика об'єкта

У цехові силові електричні мережі закладається величезна кількість провідникового матеріалу та електричної апаратури, тому вибір схеми живлення визначає не лише якість та особливості роботи енерго системи та його техніко-економічні показники.

Цехові силові мережі можуть виконуватись як радіальні, магістральні або змішаними схемами. Кожна з даних схем відрізняється за ступнем надійності та мають свої переваги та недоліки.

1.2 Основні напрями машинобудування в Україні

Машинобудування є комплексною галуззю переробної промисловості України, яка спеціалізується на проектуванні, виробництві та експлуатації машин та інструментів, включає 27 видів економічної діяльності і охоплює такі секції: виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції; виробництво електричного устаткування; виробництво машин і устаткування, не віднесених до інших угруповань; виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів та інших транспортних засобів. Підприємства даного сектору економіки розташовані в більшості областей нашої країни. Розвиток машинобудівного комплексу повинен бути одним із пріоритетних напрямків діяльності держави, оскільки його продукція відіграє ключову роль у формуванні виробничого потенціалу інших галузей, сприяє впровадженню досягнень науково-технічного прогресу та зростанню матеріального забезпечення населення.

Наразі в Україні є нагальна потреба у оновленні та модернізації більшості секторів економіки. Так, у 2018 р. ступінь зносу основних засобів у переробній промисловості складає 64,3%, виробництві напоїв – 63,4 %, виробництві одягу – 57,2%, виробництві хімічних речовин і хімічної продукції – 51,8%, металургійному виробництві – 70,1%, виготовленні виробів із деревини – 89,7%, постачанні енергії, газу та пари – 73,7%, заборі, очищенні

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

та постачанні води – 85,3%, телекомунікаціях – 58,3%, наукових дослідженнях та розробках – 56,4%, машинобудуванні – 67%, в цілому по промисловості – 66,4%.

Машинобудівна галузь за обсягом реалізованої продукції значно поступається таким галузям: виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; добувна промисловість і розроблення кар'єрів. Частка її продукції у загальному обсязі є невтішно низькою враховуючи, що у економічно розвинених країнах світу цей показник коливається у межах 30-50%.

Машинобудівна промисловість створює індивідуальні цифрові можливості та інтелектуально поєднані продукти. Все частіше в машинобудуванні використовуються інноваційні процеси, зокрема такі як пов'язане виробництво, прогнозне обслуговування та новаторські моделі обслуговування. Використання сучасних цифрових технологій у машинобудуванні стає необхідністю, яка запобігає ризикам втрати актуальності на ринку сучасної промисловості.

1.3 Перспективи розвитку машинобудівного комплексу

Машинобудування в комплексі з сферою інформаційних технологій створює сектор економіки з найвищим рівнем потенціалу для створення та подальшої реалізації інновацій товарних, технічних і технологічних категорій, що сучасних економічних умовах є вирішальними для досягнення високого рівня та створення потенціалу для розвитку економіки та соціуму в будь якій державі. Стратегічну потребу в розвитку сектору машинобудування підтверджує його значна частка в переробній промисловості, що має тенденції до зростання в більшій частині розвинених країн Євросоюзу.

Стратегічну важливість машинобудування підтверджує його висока (із тенденцією до зростання) частка у переробній промисловості переважної

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

більшості розвинених індустріальних країн ЄС.

Україна володіє великою базою виробництва, що історично орієнтована на сектор важкої промисловості. При цьому, машинобудування залишається одним із ключових сегментів зростання національної економіки.

Сектор техніки промислового характеру представлений мережею різних підприємств машинобудування, які спеціалізуються на виробництві різного гірничого обладнання, рухомого складу залізниці, обладнання сільськогосподарського сектору, верстатів, газових турбін та турбогвинтів, двигунів для авіації, приладів для секторів легкої та харчової промисловості.

Українське машинобудування має цілу низку сприятливих факторів для розвитку:

- держава багата на запаси сировини, що в комплексі з розвитком металургійного сектору дає можливість покрити значні потреби виробництва, переважна частина компаній розміщено на сході, та біля баз постачання сировини;
- в Україні є в наявності профільні фахівці високої кваліфікації, при цьому, їх кількість щорічно поповнюється приблизно 10 тисячами випускників відповідних факультетів ВНЗ та коледжів;
- транспортна інфраструктура полегшує доступ до великих ринків експорту Європи, Азії та Близького Сходу.

На ранніх періодах виробництво техніки промислового сектору мало зв'язки з різними країнами СНД, проте останніми роки сектор переорієнтувався на інші ринки. Проте потенціал для розвитку виробництва та експорту залишається досить значним та має потенціал для подальшого розвитку. Також, такі можливості мають зв'язок з потенційною приватизацією великих підприємств державної форми власності, що спеціалізуються на виробництві важкої техніки.

Машинобудування відносять до високотехнологічних галузей, і для того, щоб відповідати сучасним трендам, вона має постійно модернізуватись.

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Серед головних напрямків реформ сектору в Україні окреслюють впровадження новітніх технологічних процесів, покращення засобів забезпечення виробництва, поповнення матеріально-технічної бази новітніми засобами.

До сфери машинобудування належить металообробка та важке машинобудування, що включають в себе велику кількість різноманітних підгалузей, які об'єднані технологіями та сировиною.

Основною сировиною для машинобудування є продукція металургійного комплексу, поряд з тим воно не може обійтися без великої кількості конструкційних матеріалів, які виробляють лісова, хімічна, легка галузі промисловості. Деякі види машинобудування (виробництво екскаваторів, устаткування для металургії тощо) потребують великої кількості металу; їх відносять до металомістких галузей комплексу.

Підприємства машинобудування в Україні споживають третину виготовленого прокату, а також 40% чавунного та 2/3 сталевого литва. Більшість галузей машинобудівного комплексу необхідно віднести до трудомістких. Особливо це характерно для приладобудування, електронного машинобудування, де металу споживається мало, але необхідно затратити багато праці для виробництва продукції. На цих підприємствах зайнята велика кількість кваліфікованих трудових ресурсів.

Для машинобудування характерні спеціалізація і кооперування підприємств. Це зумовлено тим, що для виробництва більшості сучасних машин (літаків, комп'ютерів, телевізорів) потрібно десятки тисяч різноманітних деталей. Налагодити їхній випуск на одному підприємстві просто неможливо. Тому машинобудівні заводи часто мають вузьку спеціалізацію (подетальну й предметну).

Машинобудівні підприємства повинні мати десятки, а то й сотні зв'язків з іншими підприємствами, які постачають деталі, сировину. Тобто, кооперування є необхідною формою організації виробництва у

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

машинобудівному комплексі.

Технологічні особливості підприємств машинобудівного комплексу, що випускають дуже різноманітну продукцію, мають подібну структуру. Кожен завод має чотири основні цехи: ливарний, ковальсько-пресовий, механічний та складальний. У першому цеху з металів чи сплавів відливають різні деталі. У ковальсько-пресовому відбувається штампування деталей на пресах або кування з прокату чи злитків. Виготовлені в обох цехах деталі обробляють у механічному цеху на металообробних верстатах. Складають кінцеву продукцію з виготовлених на заводі чи привезених з інших підприємств деталей у складальному цеху.

Галузевий склад, форми організації виробництва, технологічні особливості зумовлюють фактори, що визначають розміщення машинобудівельних підприємств. Основними серед них є: сировина (металургійна база), кваліфіковані трудові ресурси, транспортні шляхи і споживач. Підприємства машинобудівного комплексу побудовані переважно в містах, де є кваліфіковані трудові ресурси і перетинаються транспортні магістралі. До великих міст тяжіють особливо трудо- і наукомісткі галузі машинобудівного комплексу.

Виробництво сільськогосподарської техніки, обладнання для вугільної, нафтової, харчової промисловості орієнтується на споживача. Часто поєднуються декілька факторів розміщення машинобудівних підприємств. Дуже мала залежність від природних умов і ресурсів визначила майже рівномірне розміщення машинобудування на території України.

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВИБІР СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Вихідні дані електричних приймачів

В табл. 2.1 наведено необхідні вихідні дані номінальних параметрів електроспоживачів зварювального цеху до проектування.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до проектування

№	Найменування пристрою	P, кВт	ПВ, %
1-5	Шліфувальні верстати	65,5	100
6, 16, 18-20	Обдирні верстати типу РТ-341	45	100
7-15	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	10	100
17	Кран-мостовий	40	60
21-23, 29-31	Обдирні верстати типу РТ-250	35	100
32	Вентилятор витяжний	22	100
33	Вентилятор притяжний	25	100
24-28, 34-36	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	18,4	100

План розташування електрообладнання зварювальної ділянки цеху наведено в додатку А.

Механічний цех важкого машинобудування призначений для серійного виробництва деталей. Він являється великим допоміжним цехом машинобудівного заводу та виконує замовлення основних цехів.

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Верстатне відділення виконує підготовчі операції (обдирку) заготовок для подальшої обробки на анодно-механічних станках. Для виконання даної цілі встановлено основні прилади: шліфувальні, обдирні, анодно-механічні верстати та інші. У цехі передбачено промислові, допоміжні, службові та битові приміщення. Структура механічного цеху показана на рис. 2.1.

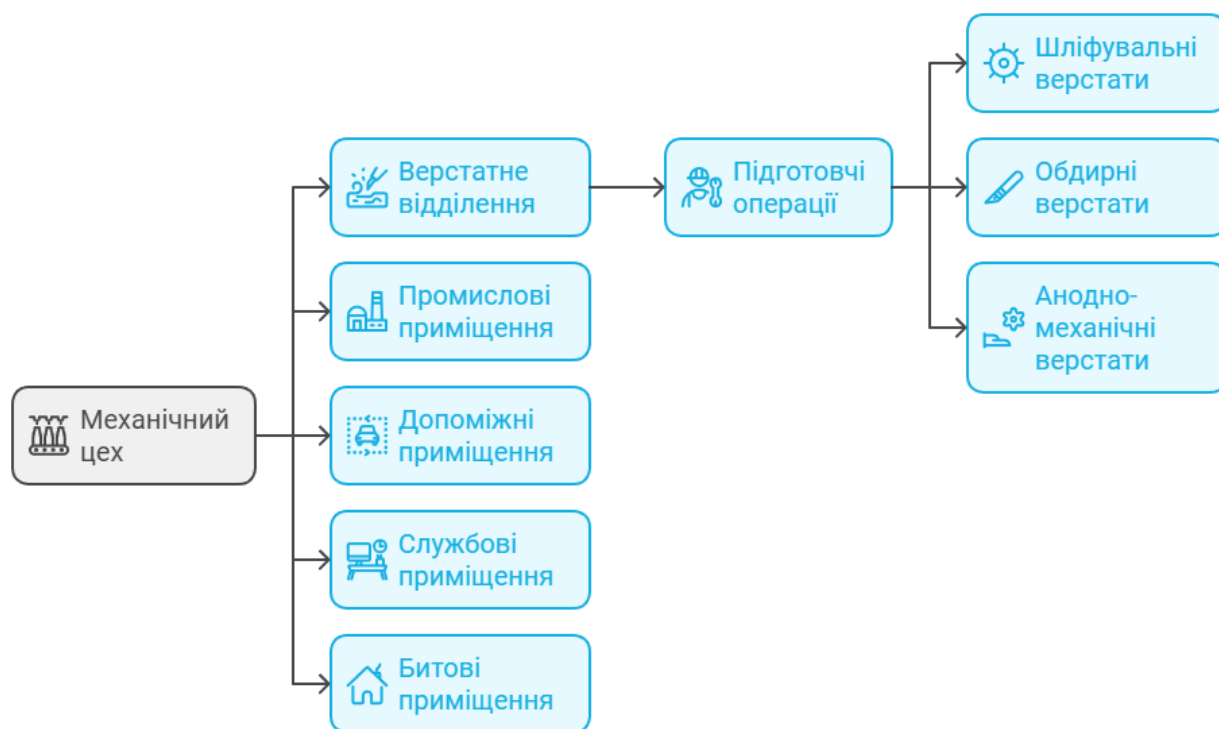


Рисунок 2.1 – Структура механічного цеху важкого машинобудування

Електропостачання забезпечується від цехової ТП 10/0,4 кВ, розташована в середині дільниці. Крім того, ще один чинник який зумовлює зовнішнє розміщення у зв'язку із неможливістю розміщення ПС усередині цехів або біля їх зовнішніх стін з міркувань виробничого характеру[2, 3].

Електроспоживачі, які забезпечують споживання приладів підтримка життєдіяльності людини відносяться до 2 категорії надійності, а інші до 3. Кількість робочих змін – 2. Ґрунт в області цеху – пісок при температурі +15 °С. Каркас будівлі складається із блоків-секції довжиною 8, 6 та 4 м кожний.

режимів роботи і близьким коефіцієнтам використання, які приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Категорії електроприймачів цеху за подібними режимами роботи

Група приймачів	Приймачі, схожі за режимом роботи
Металорізальні верстати	Обдирні верстати типу РТ-341
	Обдирні верстати типу РТ-250
	Шліфувальні верстати
	Анодно-механічні станки типу МЕ-31
	Анодно-механічні станки типу МЕ-12
Підйомне устаткування	Кран-мостовий
Вентилятори	Вентилятор витяжний
	Вентилятор притяжний

Для прикладу, проведемо подальший розрахунок для металорізальних верстатів, а інші зведемо результати до таблиць.

- Відповідно [1–3], спочатку визначаємо сумарні номінальні активні та реактивні потужності кожної характерної категорії за формулою (2.1) [1–3]:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \quad (2.1)$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \operatorname{tg} \varphi_i$$

де $P_{номі}$ – активна номінальна потужність електроприймача, кВт;

$P_{ном}$, $Q_{ном}$ – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и кВАр;

$\operatorname{tg} \varphi_i$ - паспортне або довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності електроприймача.

Для металорізальних верстатів проведемо підстановку даних згідно формули (2.1):

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i = 45 \cdot 5 + 35 \cdot 6 + 75 \cdot 5 + 21 \cdot 8 + 12 \cdot 9 = 1086 \text{ кВт}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i \cdot \text{tg} \varphi_i =$$

$$= 45 \cdot 5 \cdot 1,17 + 35 \cdot 6 \cdot 1,17 + 75 \cdot 5 \cdot 1,17 + 21 \cdot 8 \cdot 1,17 + 12 \cdot 9 \cdot 1,17 = 1269 \text{ кВАр}$$

- Наступним етапом визначається середня потужність навантажень кожної категорії електроприймачів за виразом (1.2):

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{спі} \text{tg} \varphi_i$$
(1.2)

де P_{cp} , Q_{cp} – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и кВАр.

Знайдемо значення середньої потужності для металорізальних верстатів за формулою (1.2):

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi} = 225 \cdot 0,2 + 210 \cdot 0,2 + 375 \cdot 0,17 + 168 \cdot 0,18 + 108 \cdot 0,18 = 200,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{спі} \text{tg} \varphi_i =$$

$$= 225 \cdot 0,2 \cdot 1,17 + 210 \cdot 0,2 \cdot 1,17 + 375 \cdot 0,17 \cdot 1,17 + 168 \cdot 0,18 \cdot 1,17 + 108 \cdot 0,18 \cdot 1,17 =$$

$$= 234,3 \text{ кВАр}$$

Середньозважені коефіцієнти використання и потужності розраховуються за формулами (1.3) [1, 2]:

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}}; \quad tg\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} \quad (1.3)$$

де k_{Bi} , k_{Bcp} відповідно коефіцієнти використання і-го електроприймача и середнє зважений коефіцієнт використання;
 $tg\varphi_i$ - середньозважений коефіцієнт реактивної потужності.

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{200,4}{1086} = 0,185$$

$$tg\varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{1269}{1086} = 1,17$$

- Ефективне число електроприймачів за характерною категорією визначається за формулою (1.4) [1, 2]:

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} \quad (1.4)$$

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} = \frac{1086^2}{275238} = 4,3 шт.$$

На основі розрахованих параметрів і табличних даних представленої в [2, 3] визначається розрахунковий коефіцієнт за формулою (1.5):

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$k_p = f(n_{ef}; k_{B.cp}) \quad (1.5)$$

$$k_p = f(n_{ef}; k_{B.cp}) = f(4,3; 0,19) = 1,235$$

- Визначаємо розрахункову потужність по кожній характерній категорії за формулою (1.6):

$$\begin{aligned} P_p &= P_{cpi} \cdot k_p \\ Q_p &= Q_{cpi} \cdot k_p \end{aligned} \quad (1.6)$$

де P_p , Q_p – відповідно розрахункові активна і реактивна потужності, кВт и кВАр.

$$P_p = P_{cpi} \cdot k_p = 200,4 \cdot 5,3 = 1058,5 \text{ кВт}$$

$$Q_p = Q_{cpi} \cdot k_p = 234,3 \cdot 5,3 = 1237 \text{ кВАр}$$

- Повне розрахункове навантаження визначається за наступним виразом (1.7):

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.7)$$

$$S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{1059^2 + 1237^2} = 1628 \text{ кВА}$$

Розрахунковий струм визначається за виразом (1.8):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (1.8)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1628}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2474 \text{ А}$$

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Аналогічним шляхом визначаємо для інших груп.

Результати розрахунків по даному підрозділі показано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

Група ЕП	$P_{ном}$, кВт	$Q_{ном}$, кВАр	$P_{ср}$, кВт	$Q_{ср}$, кВАр	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А
Металорізальні верстати	1086,0	1269,5	200,4	234,3	1058,5	1237	1628	2474
Підйомне устаткування	35,6	61,7	12,5	21,6	28,5	49	57	87
Вентилятори	54,0	55,1	35,1	35,8	43,3	44	62	94
Освітлення	30,0	30,0	30,0	15,0	135,0	180	225	342
Разом по цеху	1205,6	1416,3	278,0	306,7	1265,4	1511	1971	2994

2.3 Вибір ТП і компенсуючих установок

2.3.1 Вибір трансформаторної підстанції

Під час проектування компенсуючі пристрої вибирають одночасно з усіма елементами СЕП. Найбільш економічним є розташування засобів компенсації реактивної потужності поблизу ЕП з найбільшим споживанням реактивної потужності. Живлення ЕП I-ї та II-ї категорії передбачають від двотрансформаторних підстанцій [5]. Однотрансформаторні підстанції рекомендується застосовувати для живлення ЕП III категорії, якщо перерва електропостачання, необхідна для заміни пошкодженого трансформатора, не перевищує 1 доби. ЕП III категорії замість двох однотрансформаторних підстанцій може бути встановлена одна двотрансформаторна підстанція без облаштування АВР, з повним навантаженням трансформаторів в нормальному режимі [4].

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

трансформаторів для живлення силових та освітлювальних навантажень. При трьох і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою (1.9) [2, 3]:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_m} \quad (1.9)$$

де $S_{ном_т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;
 P_p - розрахункове активне навантаження;
 N - Кількість трансформаторів;
 β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора.

Оскільки значну частину навантаження становлять ЕП 2-ї та 3-ї категорії надійності, плануємо двотрансформаторну підстанцію з можливістю резервування на низькій стороні електропостачання. Приймаємо коефіцієнт завантаження трансформатора: $\beta_m = 0,7$.

Потужність трансформатора ТП підбираємо з врахуванням сумарної активної розрахункової потужності P_p , що живляться від даної підстанції.

$$P_p = 904 \text{ кВт}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора ПС становить:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{\sqrt{(1265)^2 + (1511)^2}}{2 \cdot 0,7} = 1970 \text{ кВт}$$

Згідно з розрахунком для ТП вибирається трансформатор типу ТМ-1000-10/0,4. Каталожні дані показано в табл. 2.4 [5–7]. Згідно умови,

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

електроприлади відносяться до 2 та 3 категорії споживачів. Тому, обираємо 2 трансформатора типу ТМ-1000-10/0,4.

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	<small>Арк.</small>
<small>Змін.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>		23

Таблиця 2.4 – Каталожні дані трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	Каталожні дані					Розрахункові дані				
		U _{ном} , кВ		U _к , %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	R _т , Ом	X _т , Ом	ΔQ _х , кВАр	пТ
		ВН	НН								
ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	10,6	1,4	1,8	1,22	5,35	26	14,5

2.3.2 Вибір компенсуючих пристроїв реактивної потужності

Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 6(10)/0,4 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження $\beta_m = 0,7$, визначається за формулою 3.2 (1.10) [2, 3]:

$$Q_m = \sqrt{(N \cdot \beta_m \cdot S_{ном_т.р})^2 - P_p^2} \quad (1.10)$$

де $S_{ном_т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора

Якщо під квадратним коренем в результаті обчислень отримаємо величину зі знаком “мінус”, то приймаємо $Q_m = 0$.

Потужність конденсаторної установки (КУ) із конденсаторами на розрахункову реактивну потужність напругою 0,4 кВ визначається за (1.11):

$$Q_{Н.К} = Q_P - Q_T \quad (1.11)$$

$$Q_P = \sum Q_{P_i}$$

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності комплектної (КУ) $Q_{H.K.CT}$, що вибирається з інформаційних джерел. Якщо $Q_{H.K} \leq 0$ то встановлювати конденсатори не потрібно. Визначаємо орієнтовну потужність компенсуючих пристроїв.

$$Q_m = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 1265^2} = 599 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = 1511 \text{ кВАр}$$

$$Q_{H.K} = 1510 - 599 = 912 \text{ кВАр}$$

У зв'язку з тим, що трансформатор даної ПС не пропускає всю необхідну реактивну потужність у мережу напругою до 1 кВ, необхідно встановити конденсаторну установку. Вибираємо дві комплектні (КУ), найближча стандартна величина потужності яких становить 440 кВАр.

Вибираємо установку типу УКРМ-0,4-440-20 УЗ з кроком зміни реактивної потужності 20 кВАр [8].

2.4 Вибір перерізу струмових провідників

2.4.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ

При виборі перерізу кабелю, який живить ТП з трансформатором 10/0,4 кВ, як струм нормального режиму $I_{норм}$ незалежно від числа трансформаторів ТП приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається за паспортними даними трансформатора за формулою (1.12) [2, 3]:

$$I_{норм} = I_{ном.Т} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.Т}}, \text{ А} \quad (1.12)$$

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$I_{норм} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ A}$$

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

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

Для кабелів із полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами при $T_{макс} = 3500 \text{ год/рік}$ економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи визначається за формулою (1.13):

$$S_{ек} = \frac{I_{НОРМ}}{J_{ек}}, \text{ мм}^2 \tag{1.13}$$

$$S_{ек} = \frac{92,4}{2,5} = 23,1 \text{ мм}^2$$

де $I_{НОРМ}$ - струм нормального режиму, А.

$J_{ек}$ - нормоване значення економічного густини струму, А/мм^2 .

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{ек}$ округляється до найближчого стандартного перерізу. Обираємо кабель типу АВВГ 4х35.

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{дон}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в [2, 3], порівнюють зі струмом його форсованого режиму I_{ϕ} з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$ за формулою (1.14):

$$K_{рез} I'_{дон} \geq K_{пер} I_{норм}, \text{ A} \tag{1.14}$$

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де коефіцієнт допустимого перевантаження приймаємо $K_{пер} = 1,4$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 10 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається за формулою (1.15) [2, 3]:

$$I'_{дон} = K_{сер} K_{пр} I_{дон}, A$$
$$I'_{дон} = 0,94 \cdot 1 \cdot 81 = 76,14$$
(1.15)

де $K_{сер}$ - поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної, відповідно ПУЕ дане значення становить +25 для повітря та +15 для землі [9];

$K_{пр}$ - поправковий коефіцієнт на кількість кабелів;

$I_{дон}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу, А.

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер}$ можна також обчислити за формулою (1.16):

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{60 - 25}{60 - 15}} = 0,88$$
(1.16)

Оскільки рівність (1.14) виконується, то переріз кабелю обрано правильно.

2.4.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового за формулою (1.17):

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{норм}}, A \quad (1.17)$$

де, $I_{\text{норм}}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

$I'_{\text{доп}}$ - допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері. Визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{нопр}} = 0,925$, за формулою (1.18):

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{доп}}, A \quad (1.18)$$

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості, поправковий коефіцієнт $K_{\text{пр}} = 1$, згідно вимог правил та улаштувань електроустановок (ПУЕ) [9].

Схема вибору відповідного перетину кабелю показано на рис. 2.4.

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Вибір відповідного перетину кабелю

Розгляньте нагрівання

Цей вибір може призвести до значних втрат потужності та напруги, якщо не управляти ним належним чином.

Забезпечте втрату напруги

Цей вибір забезпечує відповідність стандартам втрати напруги, підтримуючи ефективність системи.

Дотримуйтесь стандартів захисних пристроїв

Цей вибір забезпечує відповідність кабелю вимогам захисних пристроїв, підвищуючи безпеку.

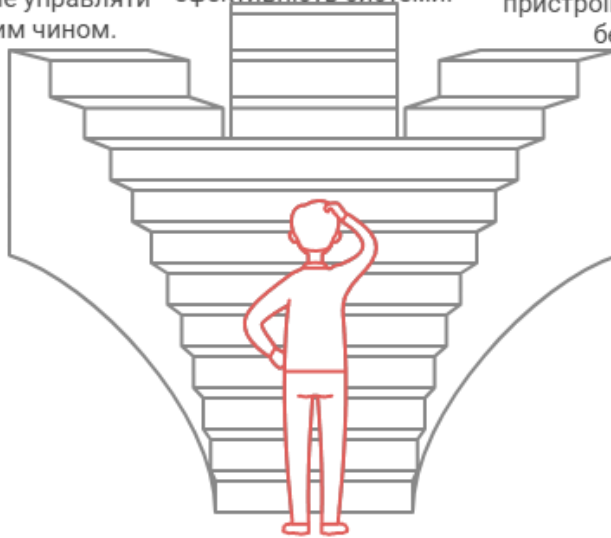


Рисунок 2.4 – Вибір відповідного перетину кабелю

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.021 ПЗ

Арк.

29

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається за формулою (1.19):

$$\Delta U = \frac{P_p R_{кб} + Q_p X_{кб}}{10 \cdot U_{ном}^2} \quad (1.19)$$

де P_p та Q_p - максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

$R_{кб}$, $X_{кб}$ - активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{ном}$ - номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами (1.20):

$$\begin{aligned} R_{кб} &= r_0 \cdot l_{кб} \\ X_{кб} &= x_0 \cdot l_{кб} \end{aligned} \quad (1.20)$$

де r_0 , x_0 - активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;

$l_{кб}$ - довжина кабелю, км.

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку вибору кабелів до СРШ

Кабель до ПЕ	$S_{ст}$ мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
СРШ1	1×50	101	117	0,082	3,20	1×АВВГ 4×50
СРШ2	1×25	69	51	0,213	8,00	1×АВВГ 4×25
СРШ3	2×150	488	393	1,325	41,00	2×АВВГ 4×150

2.4.3 Вибір шинопроводів

Шинопроводи до шин підстанцій приєднують кабелем або проводом, який підводиться до ввідної коробки, що встановлюється в місці з'єднання двох секцій шинопроводу. До магістральних шинопроводів, їх, як правило, приєднують через ввідну коробку, що встановлена на розподільчому шинопроводі, і з'єднується з відгалужувальною секцією магістрального шинопроводу кабельною перемичкою.

Розподілений шинопровід серії ШРА застосовується всередині приміщень в розподільчих електричних мережах трифазного струму частотою 50 і 60 Гц напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Шинопроводи ШРА4-250-32-1У3 та ШРА4-630-32-1У3 застосовують у приміщеннях з нормальним навколишнім середовищем.

Шинопроводи типу ШРПУЗ призначені для використання в приміщеннях з пильним середовищем, а також у пожежонебезпечних приміщеннях П-11 та П-11а). Це захищені від пилу шинопроводи виконання IP54.

Електроприймачі підключаються до розподільчого шинопроводу спеціальними відгалужувальними коробками на 100 А, автоматичними вимикачами та роз'єднувачами на різні струми [10].

За вимогами техніки безпеки, при відкриванні кришки відгалужувальної коробки електроприймач вимикається. Якщо відгалуження до електроприймача не потребує захисту, тоді на кришці коробки встановлюють ножі, які при закритій кришці входять в губки патроноприймача. Керування установочним апаратом, змонтованим всередині відгалужувальної коробки, виконується рукояткою, що закріплена на стінці коробки.

Шинопроводи встановлюють на спеціальних стояках, на стінах, на кронштейнах, на колонах будівель та ін. Комплектні шинопроводи типу ШМА вибирають за струмом форсованого режиму силового трансформатора, до якого вони приєднані, за формулою (1.21) [2, 3]:

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$I_{\text{ном.ШМА}} \geq I_{\Phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} \quad (1.21)$$

де $K_{\text{рез}}$ - коефіцієнт резервування, який враховує тривале перевантаження трансформатора залежно від кількості трансформаторів на ПС і умов резервування на стороні НН.

Номінальний вторинний струм трансформатора визначається за формулою (1.22) [2, 3]:

$$I_{\text{ном.т}} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.т}}} \quad (1.22)$$

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

$U_{\text{ном.т}}$ - номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ.

Розрахунок номінального вторинного струму трансформатора наведений нижче

$$I_{\text{ном.т}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1520 \text{ A}$$

Втрату напруги в ШМА обчислюємо за формулою (1.23):

$$U_{\text{ШМА}} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{ном}}^2} \quad (1.23)$$

де r_n, x_n - питомі активний та індуктивний опори ШМА, відповідно;

I_p - розрахунковий струм ШМА, А;

l - довжина ШМА, км;

Приклад розрахунку втрати напруги у проводі наведено нижче

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
						32
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{сршп1} = \frac{964 \cdot 0,02 \cdot 0,041 + 677 \cdot 0,035 \cdot 0,041}{0,38} = 1,22 \%$$

Номінальний струм комплектних шинопроводів типу ШРА $I_{ном.ШРА}$ і вибирають за розрахунковим струмом рівня електропостачання за формулою (1.24):

$$I_{ном.ШРА} \geq I_p \quad (1.24)$$

Площа перерізу та втрата напруги в ШРА визначається так як і для ШМА. Отримані дані заносимо в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахункових шинопроводів по шинних розподільних пунктах

РП	$I_{дон}, A$	I_p, A	$\Delta U, \%$	Тип шинопроводу
ШРА1	2500	1790	1,221	ШМА-68Н

2.5 Вибір ліній живлення системи електропостачання

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою (1.25):

$$I'_{дон} \geq I_p \quad (1.25)$$

де I_p - розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання (номінальний струм електроприймача (ЕП)).

Обрані провідники типу АВВГ та параметри за якими перевірено правильність вибору показано в табл. 2.7-2.10.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку проводів по СРІІ 1

№	Назва ЕП	S_{cm} мм2	$I_{доп}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
1	Вентилятор витяжний	1×25	69	54	0,014	0,60	1×АВВГ 4×-25
2	Вентилятор притяжний	1×25	69	63	0,122	4,60	1×АВВГ 4×-25

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку проводів по СРІІ 2

№	Назва ЕП	S_{cm} мм2	$I_{доп}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
1	Освітлення	1×25	69	51	0,400	15,00	1×АВВГ 4×- 25

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку проводів по СРІІ 3

№	Назва ЕП	S_{cm} мм2	$I_{доп}$, А	I_p ,А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
1	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,354	12,00	1×АВВГ 4×- 16
2	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,280	9,50	1×АВВГ 4×- 16
3	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,251	8,50	1×АВВГ 4×- 16
4	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,325	11,00	1×АВВГ 4×- 16
5	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,443	15,00	1×АВВГ 4×- 16
6	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,044	1,50	1×АВВГ 4×- 16
7	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,162	5,50	1×АВВГ 4×- 16
8	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	1×16	55	49	0,286	9,70	1×АВВГ 4×- 16

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку параметрів проводів по ШРА

№	Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{дон}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шліфувальні верстати	1×120	184	175	0,103	6,00	1×АВВГ 4×-120
2	Шліфувальні верстати	1×120	184	175	0,103	6,00	1×АВВГ 4×-120
3	Шліфувальні верстати	1×120	184	175	0,103	6,00	1×АВВГ 4×-120
4	Шліфувальні верстати	1×120	184	175	0,103	6,00	1×АВВГ 4×-120
5	Шліфувальні верстати	1×120	184	175	0,103	6,00	1×АВВГ 4×-120
6	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
7	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
8	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
9	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
10	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
11	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
12	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
13	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
14	Аодно-механічні станки типу МЕ-12	1×10	39	28	0,013	0,50	1×АВВГ 4×-10
15	Обдирні верстати типу РТ-341	1×50	101	105	0,185	8,50	1×АВВГ 4×-50
16	Обдирні верстати типу РТ-341	1×50	101	105	0,011	0,50	1×АВВГ 4×-50
17	Обдирні верстати типу РТ-341	1×50	101	105	0,087	4,00	1×АВВГ 4×-50
18	Обдирні верстати типу РТ-341	1×50	101	105	0,087	4,00	1×АВВГ 4×-50

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.14.1.021 ПЗ

Арк.

35

Продовження табл. 2.10

№	Назва ЕП	S_{cm} мм ²	$I_{доп}$, А	I_p , А	ΔU , %	L, м	Тип кабелю
1	2	3	4	5	6	7	8
19	Обдирні верстати типу РТ-341	1×50	101	105	0,087	4,00	1×АВВГ 4×-50
20	Кран-мостовий	1×70	129	140	0,053	3,00	1×АВВГ 4×-70
21	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,171	7,30	1×АВВГ 4×-35
22	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,171	7,30	1×АВВГ 4×-35
23	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,171	7,30	1×АВВГ 4×-35
24	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,242	10,30	1×АВВГ 4×-35
25	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,242	10,30	1×АВВГ 4×-35
26	Обдирні верстати типу РТ-250	1×35	83	82	0,242	10,30	1×АВВГ 4×-35

2.6 Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньо цехового електропостачання слід виконати достовірні розрахунки КЗ.

Проведені дослідження струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ свідчать, що фактичні струми КЗ значно нижчі за розрахункові.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗК при цьому враховують усі перехідні опори

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

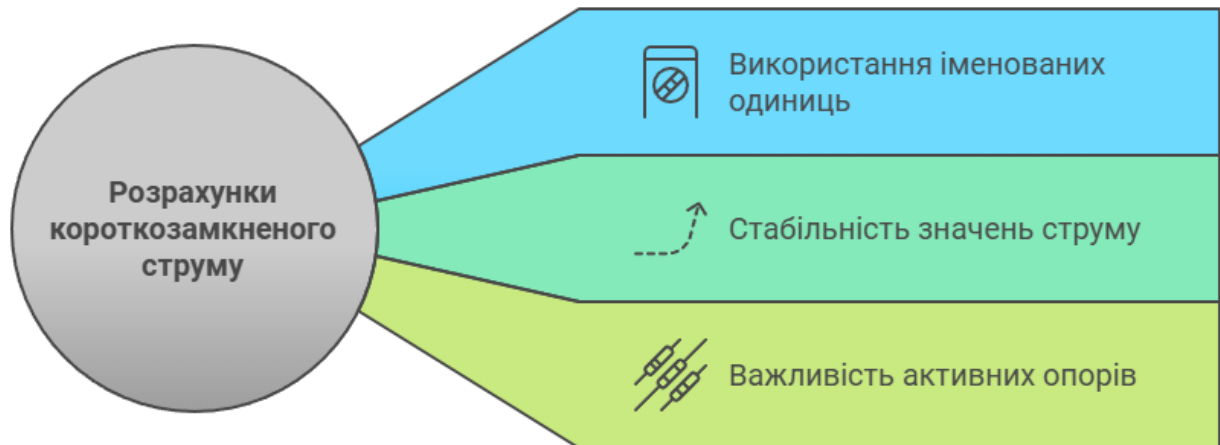


Рисунок 2.6 – Ключові аспекти в розрахунках короткозамкнутого струму

Вихідна схема наведена на рис. 2.7.

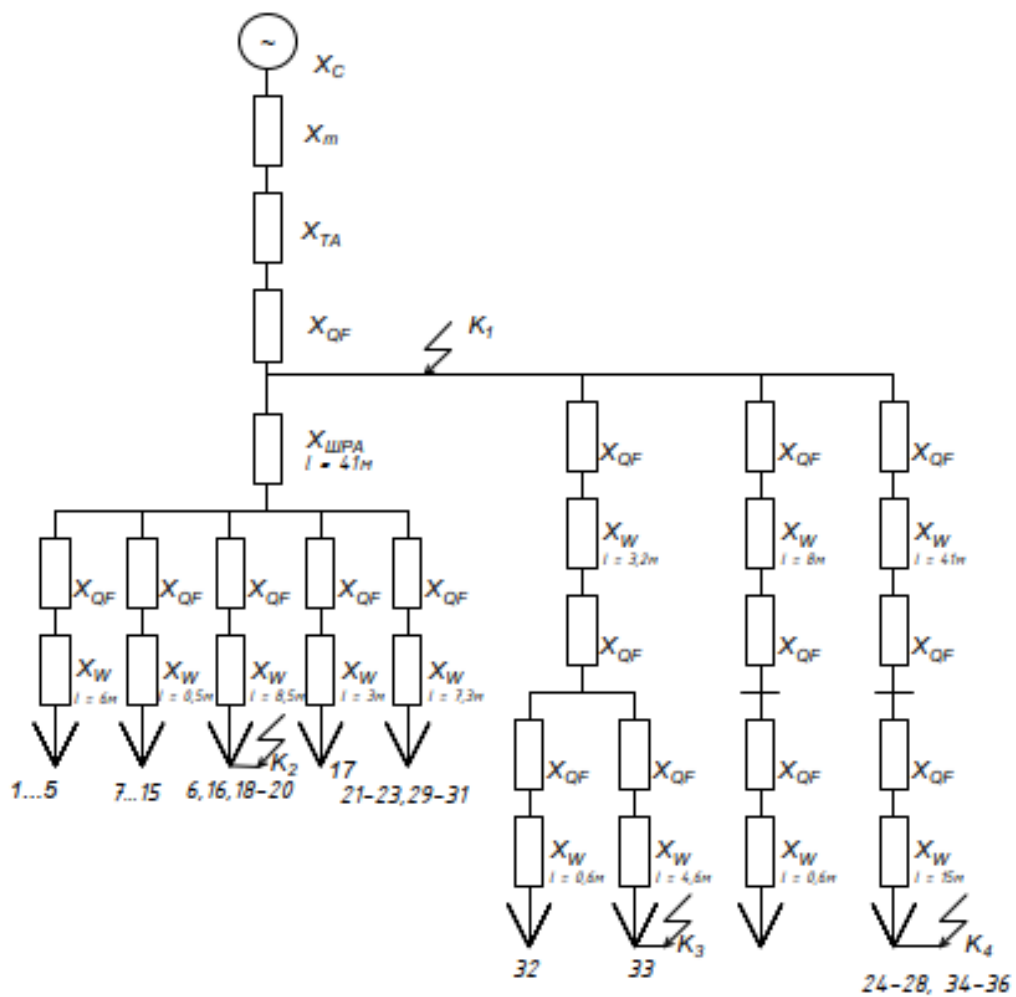


Рисунок 2.7 – Схема заміщення електричної мережі для визначення КЗ

2.6.1 Розрахунок параметрів схеми заміщення

Для початку розрахуємо параметри елементів схеми заміщення за наступними виразами.

Визначимо індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН:

$$X_C = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10500} = 1,46 \text{ мОм}$$

Опори трансформатора визначаємо за формулами (1.26), (1.27):

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}^2} 10^6 \quad (1.26)$$

$$R_T = \frac{2,27 \cdot 0,4^2}{100^2} \cdot 10^6 = 36,32 \text{ мОм}$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}} 10^4 \quad (1.27)$$

$$X_T = \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 2,27}{100} \right)^2} \frac{0,4^2}{100} 10^4 = 80,16 \text{ мОм}$$

де $P_{к.ном}$ - номінальні втрати КЗ у трансформаторі, кВт

$U_{ном.НН}^2$ - номінальна напруги обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Другим етапом визначається діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент у різних точках схеми.

Для цього знаходять сумарні активні та реактивні опори. Далі знаходять повний опір точки КЗ за формулою (1.28).

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

Ділянка и лінії	Тип	Вид	Довжина , м	$r_{\text{нит}}$ Ом/к м	$x_{\text{в.нит}}$ Ом/км	r , Ом	$x_{\text{в}} + x_{\text{н}}$, Ом
1	ТМ	ТМ-100	-	36,32	80,16	36,32	80,16
2	Q_F	400S.400	-	0,65	0,17	260,0 0	68,00
3	ШР А	ШМА-68Н	41	0,024	0,015	0,98	0,62
4	X_W	1×АВВГ 4×-50	8,5	0,625	0,085	5,31	0,72
5	Q_F	e.mcb.pro.60.3.К 125	-	1,5	0,9	1,50	0,90
6	X_W	1×АВВГ 4×-50	3,2	0,625	0,085	2,00	0,27
7	Q_F	e.mcb.pro.60.3.К 125	-	1,5	0,9	1,50	0,90
8	Q_F	e.mcb. stand.45.3.CS 63	-	3,5	2	3,50	2,00
9	X_W	1×АВВГ 4×-25	4,6	1,25	0,091	5,75	0,42
10	Q_F	e.industrial.ukm.400S.S.40 0	-	0,65	0,17	0,65	0,17
11	X_W	2×АВВГ 4×-150	41	0,208	0,079	8,53	3,24
12	Q_F	e.industrial.ukm.400S.S.40 0	-	0,65	0,17	0,65	0,17
13	Q_F	e.mcb.stand.45.3.CS 50	-	7	4,5	7,00	4,50
14	X_W	1×АВВГ 4×-16	15	1,95	0,095	29,25	1,43

Запишемо вираз для визначення опору кожної точки короткого замикання:

$$r_1 = r_{TM} + r_{QF}$$

$$x_1 = x_C + x_{TM} + x_{QF}$$

$$r_2 = r_{TM} + r_{QF} + r_{ШРА} + r_{XW}$$

$$x_2 = x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{ШРА} + x_{XW}$$

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$r_3 = r_{TM} + r_{QF} + r_{QF} + r_{XW} + r_{QF} + r_{QF} + r_{XW}$$

$$x_3 = x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{QF} + x_{XW} + x_{QF} + x_{QF} + x_{XW}$$

$$r_4 = r_{TM} + r_{QF} + r_{QF} + r_{XW} + r_{QF} + r_{QF} + r_{XW}$$

$$x_4 = x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{QF} + x_{XW} + x_{QF} + x_{QF} + x_{XW}$$

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (1.28)$$

Далі знаходять початкове діюче значення періодичної трифазного струму при металевому КЗ за формулою (1.29):

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} \quad (1.29)$$

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 89,04} = 2,59 \text{ кА}$$

Наступним пунктом визначається ударний струм у точці КЗ за формулою (1.30) :

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} \quad (1.30)$$

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,59 = 5,5 \text{ кА}$$

Розрахунки приведені в табл. 2.12:

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

Точка КЗ	$r_{кз}, мОм$	$x_{кз}, мОм$	$z_{кз}, мОм$	$I^{(3)}_{ПО}, кА$	$I^{(3)}_y, кА$
K_1	38,43	80,33	89,04	2,59	5,50
K_2	43,27	83,12	93,71	2,46	5,23

K_3	51,22	86,27	100,33	2,30	4,88
K_4	83,05	91,29	123,41	1,87	3,97

2.7 Вибір комутаційних апаратів

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються теплові, електромагнітні, комбіновані, напівпровідникові, мікропроцесорні роз'єднувачі. Теплові роз'єднувачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні - від струмів коротких замикань (КЗ). Напівпровідниковий роз'єднувач має канал захисту в зоні струмів перевантаження, який видає команду на вимкнення автомату з витримкою часу, а канал захисту в зоні КЗ спрацьовує з витримкою часу, яка не залежить від струму, і вихідний сигнал діє на котушку незалежного роз'єднувача, що викликає спрацювання автомата. Комутаційні апарати слід обирати з урахуванням таких критеріїв [1–3]:

- номінальна напруга автомата $U_{ном.а}$ - вказана в паспорті напруга, яка відповідає напрузі електричної мережі, де цей автомат може працювати;
- номінальний струм автомата $I_{ном.а}$ - найбільший струм, при протіканні якого автомат працює протягом тривалого часу без ушкоджень;
- номінальний струм роз'єднувача автомата $I_{ном.р}$ - це струм, який зазначений у паспорті, при протіканні якого протягом тривалого часу не відбувається спрацювання роз'єднувача. Струм уставки роз'єднувача - це найменший струм, при протіканні якого роз'єднувач спрацьовує. Вибір автоматів здійснюється як описано нижче. Номінальна напруга цих автоматів вибирається так за формулою (1.31):

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad (1.31)$$

де $U_{ном.м}$ - напруга електричної мережі.

Номинальний струм автоматів і номінальні струми роз'єднувачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму, формула (1.32):

$$\begin{aligned} I_{ном.а} &\geq I_{\phi} \\ I_{ном.р} &\geq I_{\phi} \end{aligned} \quad (1.32)$$

Найбільше значення номінального струму роз'єднувача дорівнює номінальному струму автомата, формула (1.33):

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.р} \quad (1.33)$$

Струм форсованого режиму визначається за формулою (1.34):

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p \quad (1.34)$$

де $K_{рез}$ - коефіцієнт резервування;

I_p - розрахунковий струм.

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$ вибирається за умови (1.35):

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq K \cdot I_p \quad (1.35)$$

де K - коефіцієнт, який приймається рівним 1,1 для автомата вводу і для автомата другого рівня, 1,25 - для автомата 3-го рівня системи електропостачання, або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для розподілу електричної енергії на низькій напрузі використовуються шафи рис. 2.8 [11]. Окремо стоячі шафи пропонують більше місця для зберігання та використовуються для більшого електричного обладнання, такого як трансформатори, розподільні щити, генератори та інші компоненти розподілу електроенергії. Вони досить великі, щоб розмістити обладнання, яке не можна встановити на стіні та вимагає площі на підлозі. Окремо стоячі шафи забезпечують більшу гнучкість, оскільки їх можна розмістити майже в будь-якому місці будівлі, і тому вони зазвичай використовуються в центрах обробки даних, лікарнях, музеях та інших великих комерційних приміщеннях.



					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Рисунок 2.8 – Конструкції стоячої шафи для розподілу електроенергії на низькій напрузі

Для комутації електричного навантаження використовуються промислові вимикачі, шафові автоматичні вимикачі UKM серії S INDUSTRIAL фірми E-NEXT [13, 14]. В асортименті фірми E-NEXT представлені автоматичні вимикачі e.industrial.ukm серій S, SL і Re. Всі вони мають литий корпус із термостійкого негорючого матеріалу – скло наповненого поліаміди рис. 2.9 [13]:

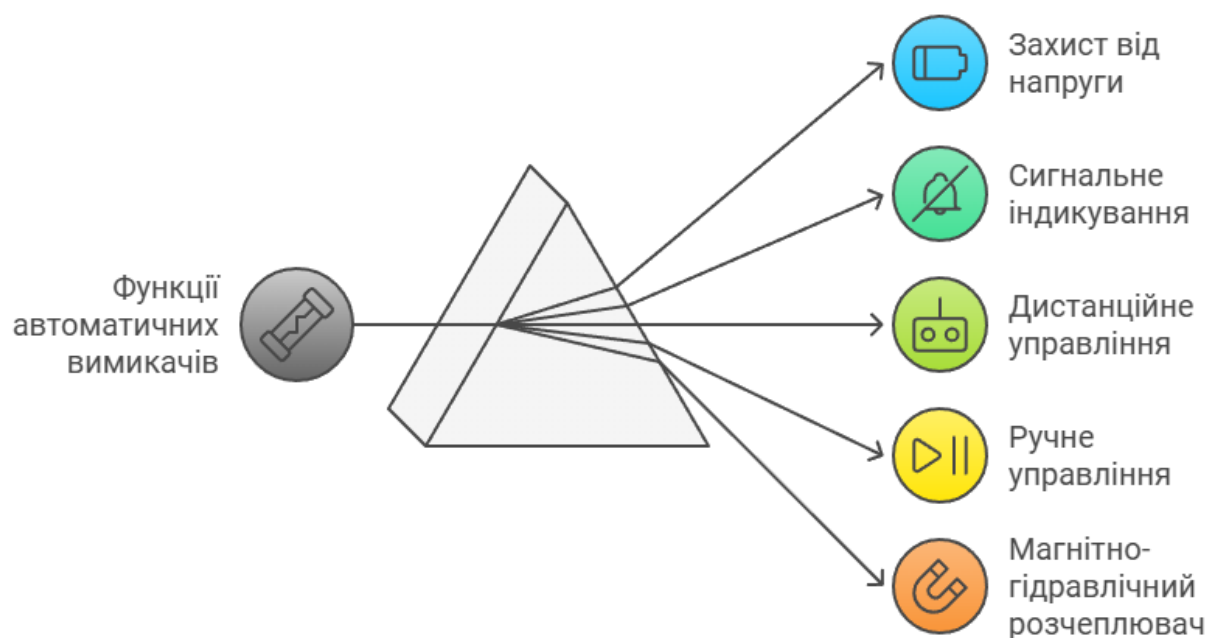


Рисунок 2.9 – Дослідження багатогранних функцій автоматичних вимикачів

1. Комбінація з розчіпувачем мінімальної напруги забезпечує захист силового автоматичного вимикача від негативної дії напруги відключенням при його падінні нижче допустимого значення. При включенні силового автоматичного вимикача в мережу з неприпустимо низьким рівнем напруги розчіпувач мінімального відключення не допустить увімкнення до тих пір, поки мережева напруга не нормалізується.

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

2. Сигнальний контакт сигналізує про спрацювання силового автоматичного вимикача через аварію.

3. Додатковий контакт сигналізує про стан силового автоматичного вимикача - включений він або вимкнений - незалежно від причини, що спричинила цей стан (ручне включення, дистанційне включення-вимкнення в штатному режимі, автоматичне спрацювання та відключення з причини аварії). Інформація про поточний стан вимикача відобразатиметься у всіх режимах.

4. Незалежний розчеплювача забезпечує дистанційне відключення силового автоматичного вимикача за командою управління диспетчером або від захисного реле.

5. Мотор-привід дозволяє реалізувати дистанційне увімкнення та вимкнення силового автоматичного вимикача.

6. Поворотна (виносна) ручка дозволяє керувати силовим автоматичним вимикачем без необхідності відкриття дверей щита.

7. Функцію захисту в силових автоматичних вимикачах габариту 60S виконує магнітно-гідролічний розчеплювача, що є циліндричною трубкою, розміщеною всередині котушки електромагніту і заповненою кремнійорганічною рідиною. У трубці знаходиться плунжер з пружиною, при виникненні пікових значень струму, що починає рухатися і впливає на механізм вільного розчеплення вимикача.

Переваги вимикачів зі специфічним роздільником показано на рис 2.10 [14, 15]:

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

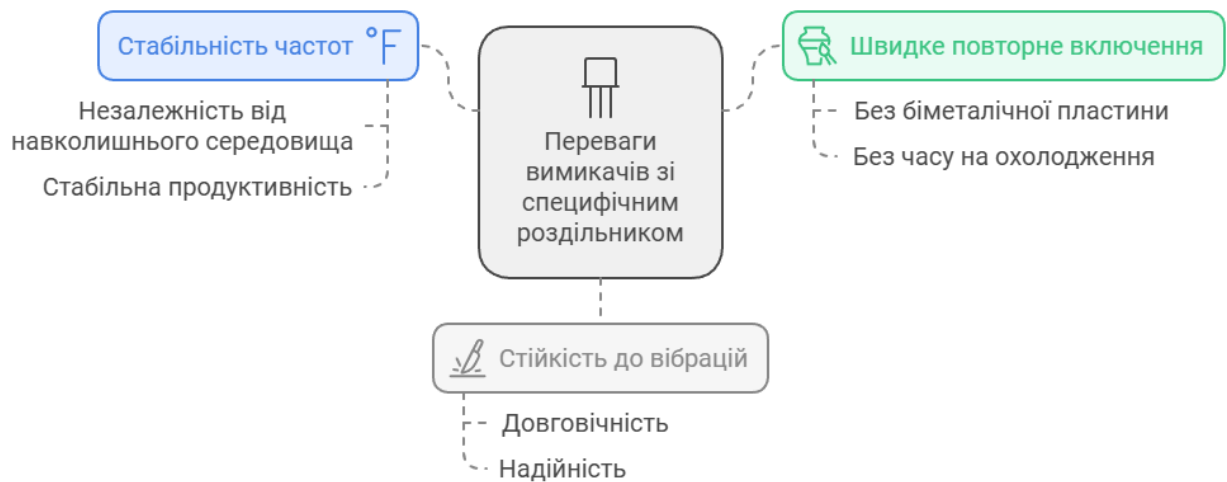


Рисунок 2.10 – Переваги вимикачів зі специфічним роздільником

Тепловий розчеплювач – це біметалічна пластина з металів із різними коефіцієнтами температурного розширення. При проходженні по пластині струму перевантаження вона нагрівається і згинається, впливаючи на механізм вільного розчеплення та виконуючи тим самим вимкнення [14, 15].

Електромагнітний розчеплювача електродинамічного типу спрацьовує наступним чином [13,14]: при проходженні струму короткого замикання металева пластина, що є в ньому, притягується до рамки розчеплювача, впливаючи на механізм вільного розчеплювача і тим самим відключаючи вимикач.

Переваги електронного розчеплювача показано на рис 2.11 [14, 15]:

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

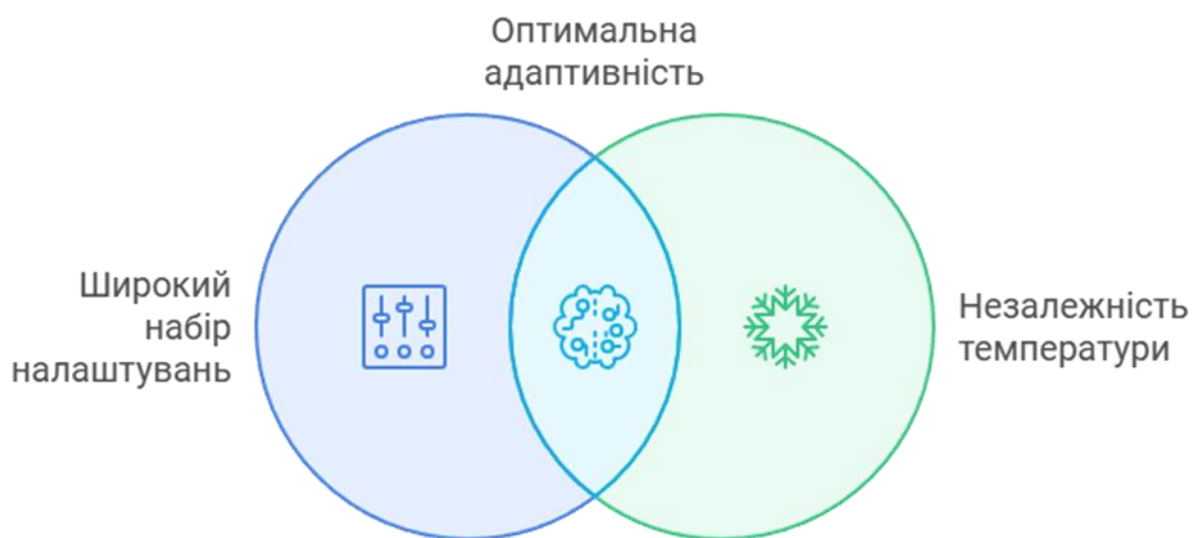


Рисунок 2.11 – Переваги електронного розчеплювача

Результати розрахунків та вибір належного вимикача наведено в табл. 2.13 – 2.17.

Таблиця 2.13 – Результати розрахунку та вибору комутаційних апаратів СРШ 1

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а} \text{A}$	$I_{пуск}, \text{A}$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
1	Вентилятор витяжний	54,257	63	339,10	5	378	e.mcb.stand.45.3.C63
2	Вентилятор притяжний	62,938	63	393,36	5	378	e.mcb.stand.45.3.C63

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку та вибору комутаційних апаратів СРШ 2

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а} \text{A}$	$I_{пуск}, \text{A}$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
1	Освітлення	50,960	63	318,50	5	378	e.mcb.stand.45.3.C63

Таблиця 2.15 – Результати розрахунку та вибору комутаційних апаратів СРШ 3

№	Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$, А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
1	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
2	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
3	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
4	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
5	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
6	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
7	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50
8	Анодно-механічні станки типу МЕ-31	49,083	50	306,77	5	300	e.mcb.stand.45.3.C50

Таблиця 2.16 – Результати розрахунку та вибору комутаційних апаратів

ШРА

№	Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$,А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
1	Шліфувальні верстати	175,2	200	1095	5	1200	e.industrial.ukm.250S.200
2	Шліфувальні верстати	175,2	200	1095	5	1200	e.industrial.ukm.250S.200
3	Шліфувальні верстати	175,2	200	1095	5	1200	e.industrial.ukm.250S.200

Продовження табл. 2.16

№	Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$,А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
4	Шліфувальні верстати	175,2	200	1095	5	1200	e.industrial.ukm.250S.200
5	Шліфувальні верстати	175,2	200	109	5	1200	e.industrial.ukm.250S.200
6	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32

7	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
8	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
9	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
10	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
11	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
12	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
13	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
14	Анодно-механічні станки типу МЕ-12	28	32	175	5	192	e.mcb.stand.45.3.C32
15	Обдирні верстати типу РТ-341	105	125	657	5	750	e.mcb.pro.60.3.K 125
16	Обдирні верстати типу РТ-341	105	125	657	5	750	e.mcb.pro.60.3.K 125
17	Обдирні верстати типу РТ-341	105	125	657	5	750	e.mcb.pro.60.3.K 125
18	Обдирні верстати типу РТ-341	105	125	657	5	750	e.mcb.pro.60.3.K 125

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>		Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			50

Продовження табл. 2.16

№	Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$, А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
19	Обдирні верстати типу РТ-341	105	125	657	5	750	e.mcb.pro.60.3.K125
20	Кран-мостовий	139	150	873	5	900	e.mcb.pro.60.3.K150
21	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100
22	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100
23	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100
24	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100
25	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100
26	Обдирні верстати типу РТ-250	82	100	511	5	600	e.mcb.pro.60.3.K100

Таблиця 2.17 – Результати розрахунку та вибору комутаційних апаратів по ділянці СРШ

№	Назва ЕП	I_p , А	$I_{ном.а}$ А	$I_{пуск}$, А	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Назва приладу
1	СРШ1	117	125	732	5	750	e.industrial.ukm.250S.S.125
2	СРШ2	51	63	318	5	378	e.mcb.stand.45.3.CS.63
3	СРШ3	392	400	3435	7	3500	e.industrial.ukm.400S.S.400
4	ШРА	1790	2500	15666	7	16000	2500S.2500

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Освітлювальні установки промислових підприємств України споживають більше 40% електроенергії, що витрачається на штучне освітлення. Умови штучного освітлення на промислових підприємствах відчутно впливають на зорову роботу, фізичний і нервово-психологічний стан людей, а отже, на продуктивність праці, якість продукції і рівень виробничого травматизму. Чим точніша і напруженіша виконувана зорова робота, тим більший цей вплив. Численними дослідженнями встановлені залежності функцій зору від умов штучного освітлення. Ними керуються при нормуванні кількісних і якісних характеристик промислових освітлювальних установок і при виробленні рекомендацій з вибору джерел світла, систем і способів штучного освітлення.

Збільшення освітленості у виробничих приміщеннях і в місцях проведення зовнішніх робіт позитивно впливає на такі функції зору, як гострота, стійкість ясного бачення, швидкість розрізнення, контрастна чутливість. При підвищенні контрасту між об'єктом розрізнення і фоном, на якому об'єкт розглядається, зорова працездатність збільшується. Вона також залежить від співвідношення яскравостей робочої зони і навколишнього фону, що попадає в поле зору працюючого: із збільшенням цього співвідношення працездатність знижується. Більш сприятливе співвідношення яскравостей має місце при системі загального освітлення, менш сприятливе - при комбінованому освітленні. В останньому випадку умови зорової роботи поліпшуються при підвищенні яскравості фону, що досягається підвищенням коефіцієнтів відбивання поверхонь приміщень (стін, стелі, підлоги) і виробничого устаткування. Однак занадто світлі поверхні стін, підлоги й устаткування можуть негативно впливати, а в ряді випадків неприпустимі [15].

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Негативний вплив на зір чинять пульсації освітленості при живленні люмінесцентних ламп струмом промислової частоти 50 Гц, що викликають зорову втому. При освітленні предметів, які швидко рухаються або обертаються, може з'явитися явище стробоскопічного ефекту, що підвищує небезпеку травматизму. В освітлювальних установках повинні вживатись заходи для зниження пульсації до рівня, встановленого нормами.

Електричне освітлення сприяє успішному виконанню робіт у випадку відповідності багатьом вимогам, найбільш важливі з яких показано нижче. Вимоги до промислового освітлення:

1. Робітник повинен добре бачити місце своєї роботи, оброблювану деталь і розташовані навколо робочого місця частини приміщення. Для різних робіт і приміщень спеціальними нормами встановлені мінімальні значення освітленості.

2. Світильники, що освітлюють приміщення і робочі місця, не повинні чинити на очі робітників сліпучої дії, що може відбуватись при неправильному виборі типів світильників, недостатній висоті їхнього підвісу або невдалому розміщенні світильників у приміщенні.

3. Вирішальне значення для багатьох виробництв має правильний вибір типів джерел світла; це відноситься до цехів, де потрібно таке електричне освітлення, при якому різні кольори та їх відтінки розрізнялися б настільки добре, як при природному (денному) освітленні.

4. Для багатьох робіт важливо, щоб світло спрямувалося на робоче місце. Крім того, одні роботи вимагають м'якого, розсіяного світла, інші – чітко направленою освітлення, іноді під цілком визначеним кутом. Отримання необхідного напрямку світла досягається застосуванням світильників різних типів і правильним їхнім розташуванням у приміщенні.

5. Світильники у виробничих приміщеннях повинні бути розташовані так, щоб вони створювали рівномірну освітленість всього приміщення. Велика нерівномірність освітлення приводить до освітлення деяких ділянок приміщення зі значно більшою освітленістю, ніж потрібно, що порушує м'який

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

характер освітлення і викликає перевитрату енергії.

6. Протягом усього часу роботи освітлення величина освітленості не повинна часто і різко змінюватися. Зовсім неприпустимі коливання освітленості від перепадів напруги в освітлювальній мережі.

7. Типи світильників, встановлюваних у приміщеннях, повинні відповідати не тільки світлотехнічним вимогам, відзначеним раніше, але також відповідати умовам середовища у приміщенні.

8. Необхідно створювати умови зручного обслуговування електричного освітлення, зокрема, подбати про вільний доступ до світильників для зміни перегорілих ламп і очищення відбивачів і скла від пилу і бруду.

Порядок світлотехнічного розрахунку показано на рис. 3.1.

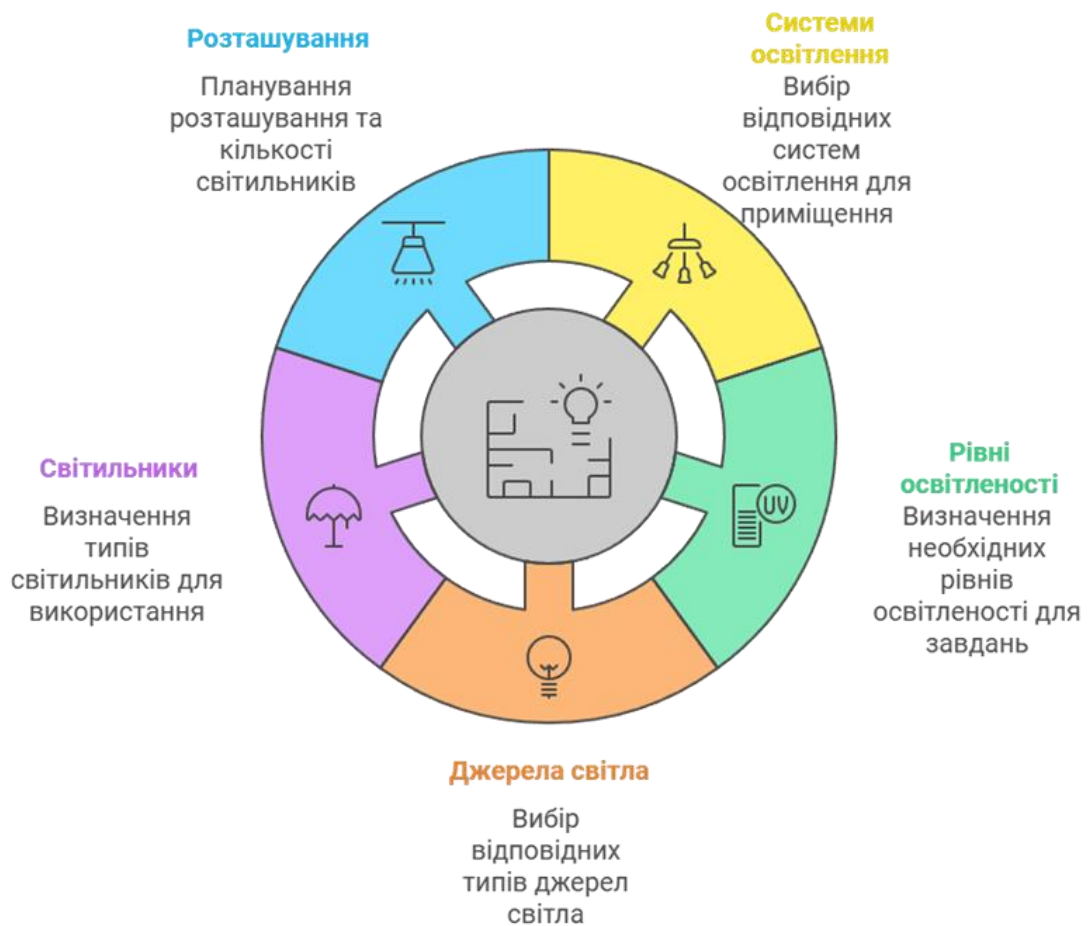


Рисунок 3.1 – Процес проектування освітлення

Разом з тим при проектуванні освітлення важливо знати зв'язок між

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

віком працюючих і вимогами до освітлення, вікові зміни коефіцієнтів пропускання середовищ очей, взаємозв'язок між відносною зорової працездатністю (%) і освітленістю для вирішення задач різної важкості людьми різного віку табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Залежність кількості нещасних випадків від рівня освітленості

Вид промисловості	Рівень освітлення, лк		Зниження кількості нещасних випадків, %
	До	Після	
Металургійна промисловість	300	2000	52
Складні зорові задачі в металургійній промисловості	500	1600-2500	50

3.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B = 48 \times 30$ (м) і висотою $H = 9$ (м) робоча поверхня перебуває на висоті $h_p = 0,8$ (м) стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c = 0,2$ (м). Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання та точковим методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Порівняти отримані результати.

3.1.1 Вихідні дані до розрахунку

1. Тип використовуваних світильників ГСП17В із металогалогенною лампою [16];
2. Коефіцієнт запасу $k = 1,5$;
3. Інші параметри зазначені в табл. 2.1.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для проведення розрахунку

$A \times B, м^2$	$H, м$	$E_{min}, лк$	$\rho_{ст}, \rho_c, \rho_p, \%$
48×30	9	150	30, 10, 10

3.1.2 Розрахунок освітлювальної системи

Для визначення розміщення світильників необхідно визначити наступні параметри:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою, м (якщо невідомо, приймається висота умовної робочої поверхні 0,8 м);

h_c – відстань від світильника до перекриття, м (приймається в діапазоні 0 – 1,5 м);

h – розрахункова висота від умовної робочої поверхні до світильника, м визначається за формулою **Помилка! Джерело посилання не знайдено.:**

$$h = H - h_c - h_p \quad (3.1)$$

де, L – відстань між сусідніми світильниками в ряді або рядами світильників, м;

l – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни, м (приймається (0,3–0,5) L залежно від наявності поблизу стін робочих місць);

Визначаємо відстань між світильниками в елементарному полі за формулою **Помилка! Джерело посилання не знайдено.:**

$$L = \lambda_c \cdot h \quad (3.2)$$

Задаємо значенням λ , обчислюємо відстань L .

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Оскільки, за умовою використаний світильник ГСП17В, тому за технічними параметрами тип світильника М як показано в додатку , тому $\lambda_c = 2,2$.

Число рядів світильників N_B та число світильників у ряді N_A визначаємо за наступною формулою **Помилка! Джерело посилання не знайдено.:**

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3} \cdot N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3}, \quad (3.3)$$

Після цього перераховуємо реальні відстані між рядами світильників та між ними самими за виразами **Помилка! Джерело посилання не знайдено.:**

$$L_B = \frac{B-2l_B}{N_B-1} = \frac{B}{N_B-\frac{1}{3}}, \quad L_A = \frac{A-2l_A}{N_A-1} = \frac{A}{N_A-\frac{1}{3}}, \quad (3.4)$$

$$l_B = L_B/3; \quad l_A = L_A/3.$$

$$h = H - h_p - h_c = 9 - 0,8 - 0,2 = 8 \text{ м}$$

$$L = 2,2 \cdot 8 = 17,6 \text{ м}$$

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3} = \frac{48}{17,6} + \frac{1}{3} \approx 4 \text{ шт.}$$

$$N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3} = \frac{30}{17,6} + \frac{1}{3} \approx 3 \text{ шт.}$$

$$N = N_A \cdot N_B = 4 \cdot 3 = 12 \text{ шт.}$$

$$L_A = \frac{A-2l_A}{N_A-1} = \frac{A}{N_A-\frac{1}{3}} = \frac{48}{4-\frac{1}{3}} = 13,1 \text{ м}$$

$$l_A = \frac{L_A}{3} = \frac{13,1}{3} = 4,36 \text{ м}$$

$$L_B = \frac{B-2l_B}{N_B-1} = \frac{B}{N_B-\frac{1}{3}} = \frac{30}{3-\frac{1}{3}} = 11,25 \text{ м}$$

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$l_B = \frac{L_B}{3} = \frac{11,25}{3} = 3,75 \text{ м}$$

3.1.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання

Цей метод використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Мета розрахунку: визначення потужності лампи за розрахунковим світловим потоком.

Світловий потік ламп визначається за формулою
Помилка! Джерело посилання не знайдено.:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

де Φ – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

E – нормована освітленість робочої поверхні, лк;

k – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної по освітлюваній площині) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15, для інших – 1,1;

N – кількість світильників, шт.; η – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі ρ_c , стін $\rho_{ст}$, робочої поверхні ρ_p та індексу приміщення i та визначається з таблиці додатку. Визначається індекс приміщення **Помилка! Джерело посилання не знайдено.:**

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (3.6)$$

де S – площа приміщення m_2 ;

h – розрахункова висота підвісу світильника, м;

A і B – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

За розрахованим потоком із відповідної табличним даних вибирають джерело світла, світловий потік якого найближче відповідає розрахунковому.

$$i = \frac{AxB}{h(A+B)} = \frac{48 \cdot 30}{9 \cdot (48 + 30)} = 2,31$$

$$n = 0,46 + \frac{0,46 - 0,58}{3 - 2} (2,31 - 2) = 0,497$$

$$\eta = 0,497 \cdot 0,7 = 0,348$$

$$\Phi_{\text{розр}} = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 48 \cdot 30 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{12 \cdot 0,348} = 89224 (\text{Лм})$$

Обираємо тип лампи ДРІ1000 із світловим потоком $\Phi_{\text{л}}=90000$ лм.

Відхилення світлового потоку обраної лампи

Помилка! Джерело посилання не знайдено.:

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{р}}}{\Phi_{\text{р}}} \cdot 100\% = \frac{90000 - 89224}{89224} \cdot 100 = 0,9\%. \quad (3.7)$$

Відхилення знаходиться у межах $-10\% \dots +20\%$, це свідчить про правильний вибір кількості та типу світильників.

Загальна потужність освітлювальної установки

Помилка! Джерело посилання не знайдено.:

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_{\text{л}} = 12 \cdot 1000 = 12000 \text{ Вт}. \quad (3.8)$$

3.1.4 Розрахунок освітлення точковим методом

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Точковий метод заснований на визначенні сумарної дії «найближчих» світильників, що створюють у контрольній точці умовну освітленість Σe . Як і в попередньому випадку визначення кількості та розміщення світильників розраховуємо виходячи з теорії найвигіднішого розміщення світильників і правила «третин».

$$d_{A1} = d_{A2} = d_{A3} = d_{A4} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{13,1}{2}\right)^2 + \left(\frac{11,25}{2}\right)^2} = 8,63 \text{ (м)}$$

$$d_{A5} = d_{A6} = \sqrt{(1,5 * 11,25)^2 + \left(\frac{13,1}{2}\right)^2} = 18,1 \text{ (м)}$$

$$d_{A7} = d_{A8} = \sqrt{(0,5 * 11,25)^2 + (1,5 * 13,1)^2} = 20,4 \text{ (м)}$$

$$d_{A9} = \sqrt{(1,5 * 13,1)^2 + (1,5 * 11,25)^2} = 25,89 \text{ (м)}$$

Для точки В:

$$d_{B1} = d_{B2} = \frac{L_B}{2} = \frac{11,25}{2} = 5,63 \text{ (м)}$$

$$d_{B3} = d_{B4} = \sqrt{(1 * 13,1)^2 + (0,5 * 11,25)^2} = 14,25 \text{ (м)}$$

$$d_{B5} = 1,5 * L_B = 1,5 * 11,25 = 16,9 \text{ (м)}$$

Освітленість в точці В6 менше 5 %, тому значення точки В5 і наступні не враховуємо.

За допомогою графіка для заданого типу світильника визначаємо значення умовної освітленості $e = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$ у вибраній точці від кожного світильника групи та від всієї групи.

Визначаємо кут:

$$\alpha_{A1} = \arctg \left(\frac{d_{A1}}{h} \right) = \arctg \left(\frac{8,63}{8} \right) = 47,2$$

$$I_{\alpha_{A1}} = 135 \text{ (Кд)}$$

$$e_{A1} = \frac{I_{\alpha_{A1}} \cdot \cos^3 47,2}{8^2} = 0,663 \text{ (лк)}$$

Результати розрахунку приведено в табл. 2.2.

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 3.3 – Розрахунок умовної освітленості

Контрольна точка	№ світильника	d, м	α, град	I _α , кд	Умовна освітленість e, Лк	
					Від одного світильника	Від групи світильників
А	1,2,3,4	8,63	47,17	134,9	0,663	2,65
	5,6	18,1	66,16	109,2	0,113	0,23
	7,8	20,42	68,61	109,7	0,083	0,17
	9	25,89	72,83	110	0,044	0,04
						$\sum e_A = 3,1$
В	1,2	5,63	35,14	136,1	1,163	2,326
	3,4	14,25	60,69	105,5	0,193	0,386
	5	16,88	64,64	108,7	0,133	0,133
	6	21,36	69,47	109,8	0,074	0,074
						$\sum e_b = 2,92$

З табл. 2.2 видно, що точка з гіршою освітленістю – це точка А. Подальші розрахунки проводимо для неї.

Дію більш далеких світильників і відбиту складову приблизно врахуємо коефіцієнтом додаткової освітленості μ :

$$\mu = \frac{\eta_p}{\eta_{\text{ч}}}$$

де, η_p – коефіцієнт використання світлового потоку при фактичних значеннях коефіцієнтів відбиття $\rho_{\text{ст}} \rho_c, \rho_p$.

$\eta_{\text{ч}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку при невідбиваючих поверхнях приміщення («чорне приміщення», $\rho_{\text{ст}} = \rho_c = \rho_p = 0$).

Знаходимо, що $\eta_{\text{ч}} = 0,622$. Тоді:

					MP 3.8.14.1.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\mu = \frac{\eta_p}{\eta_{\text{ч}}} = \frac{0,497}{0,481} = 1,033$$

Розрахунок світлового потоку лампи:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{1000 \cdot E \cdot k}{\mu \cdot \sum e_b} = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,5}{1,033 \cdot 2,92} = 74618 \text{ (Лм)}$$

Вибираємо потужність $P_{\text{л}}$ стандартної лампи так, щоб світловий потік обраної лампи дорівнював або відрізнявся від розрахункового не більше, ніж на -10 до +20 % ДРІ 1000 ($\Phi_{\text{л}} = 90000 \text{ Лм}$, $P_{\text{л}} = 1000 \text{ Вт}$)

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \cdot 100 \% = \frac{90000 - 74618}{90000} \cdot 100 \% = 20,6 \%$$

$$P = N \cdot P_{\text{л}} = 12 \cdot 1000 = 12000 \text{ (Вт)}$$

План розміщення світильників показано на рис. 3.2.

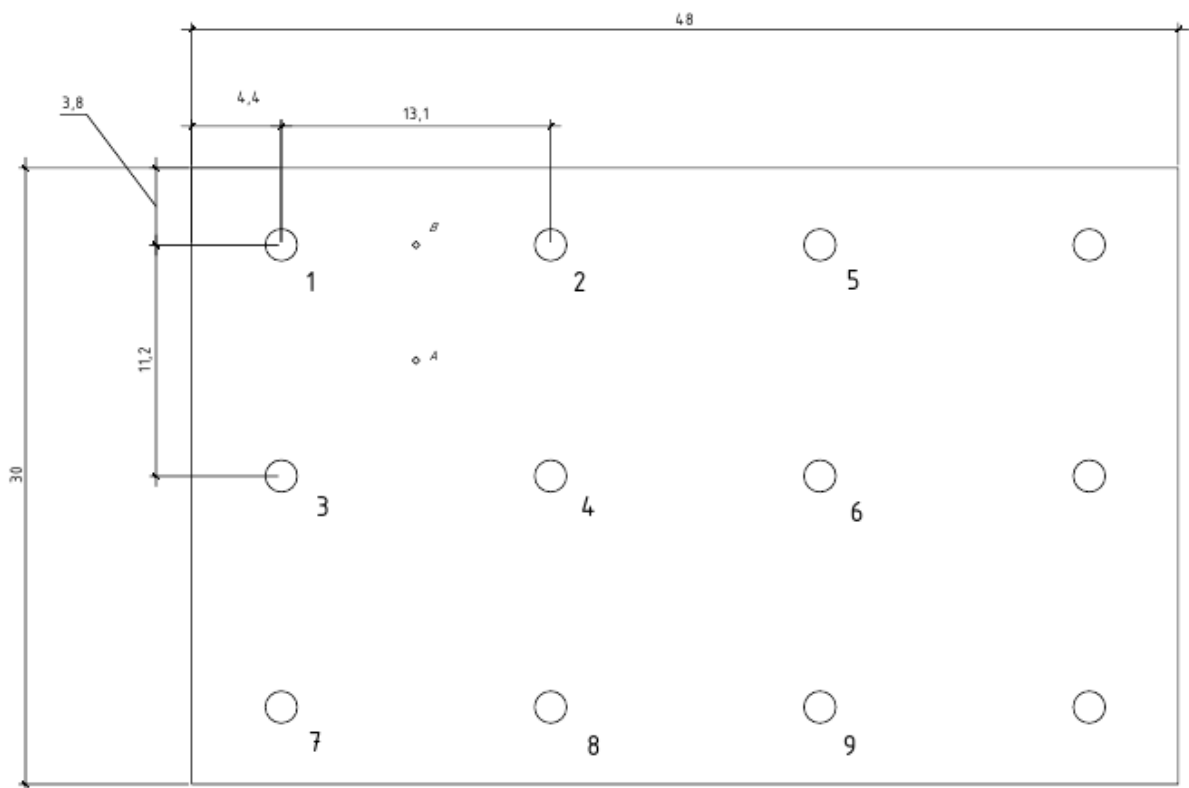


Рисунок 3.2 – План розміщення світильників

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.14.1.021 ПЗ

Арк.

62

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економічного ефекту

Розрахунок економічного ефекту проводиться з використанням світильників різного типу. Для розрахунку даного ефекту необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. В даному дослідженні обрано світильники наступних типів: ГСП17В метало галогенною лампою ДРІ1000 та LED із світлодіодною лампою потужністю 400 Вт. У табл. 3.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика світильників ГСП17В і LED

Найменування	Тип світильника	
	ГСП17В	LED
Тип лампи	ДРІ 1000	LED 400
Потужність, Вт	1000	400
Світловий потік, лм	59000	60000
Термін служби, год	15000	60000

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парах металу або їхніх сумішах в оптичне випромінювання, називають газорозрядними джерелами. Як газ використовують аргон, пари металів (ртуть, натрій). Газорозрядні джерела класифікують за тиском, за принципом генерування ОВ, за видом розряду. Залежно від тиску суміші аргону із ртуттю в трубці лампи джерела поділяють на:

- лампи низького тиску;
- лампи високого тиску;

					<i>MP 3.6.141.021 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Архіпов</i>			<i>Проектування системи електропостачання механічного цеху важкого машинобудування</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Маценко О.М.</i>					<i>63</i>	<i>76</i>
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ ЕТ.м-31</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Петровський М.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебеда С.М.</i>						

- лампи надвисокого тиску.

Тиск впливає на спектр випромінювання ртуті. При низьких тисках спектр наближається до монохроматичного (80 % випромінювання припадає на довжину хвилі 254 нм). У ламп високого тиску спектр випромінювання лінійчатий, у ламп СВД – наближається до суцільного [16].

За принципом генерування оптичного випромінювання джерела ділять на: електролюмінісцентні; фотолюмінісцентні. Електролюмінесценція – випромінювання, що випускається атомами, молекулами, іонами речовини в результаті збудження їх електричною енергією.

Фотолюмінесценція – випромінювання речовини під впливом енергії оптичного випромінювання, що поглинається ним (при цьому довжина хвилі випромінювання завжди більша довжини оптичного випромінювання, що поглинається). За видом електричного розряду джерела бувають [16]:

- дугового розряду;
- тліючого розряду;
- імпульсного розряду.

Метало галогенні лампи стали випускатися приблизно 40 років тому, будучи спосіб піти від застосування звичайних ламп з вольфрамової ниткою, які були вкрай недовговічні. Почасти, виробникам це вдалося, адже метало галогенні прилади зараз застосовуються в багатьох сферах життя і для освітлення безлічі об'єктів і споруд.

Основні сфери застосування:

1. Для освітлення великих промислових об'єктів, автозаправних станцій тощо;
2. В освітленні вуличних проспектів і скверів;
3. В точкової підсвічуванні різних адміністративних, культурних і архітектурних споруд;
4. В освітленні акваріумів, парників тощо;
5. В освітленні великих спортивних об'єктів, футбольних і хокейних стадіонів тощо;

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

6. В освітленні торгових центрів і залів, різних вітрин і рекламних вивісок;

7. У висвітленні різних земельних робіт, котлованів і геологічних розкопок;

8. В кінематографічному середовищі і на телевізійній роботі.

У складі метало галогенних ламп присутні пари ртуті і газу. Між парами ртуті і елементами галогенів відбувається електричний розряд, і лампочка світиться. Світло утворюється і контролюється палаючої дугою, утвореної між парами електродів. В результаті роботи, з'єднання цих елементів розпадаються під дією електричної дуги, утворюючи якусь світлову емісію. [16,17].

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди. Світлодіод або світловипромінювальних діод – напівпровідниковий прилад з електронно-дірковий переходом або контактом метал-напівпровідник, що створює оптичне випромінювання при пропущенні через нього електричного струму. При пропущенні електричного струму через р-п перехід в прямому напрямку, носії заряду - електрони і дірки - рекомбінують з випромінюванням фотонів (через перехід електронів з одного енергетичного рівня на інший). Випромінюване світло лежить у вузькому діапазоні спектра, його спектральні характеристики залежать у тому числі від хімічного складу використаних в ньому напівпровідників [16,17].

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою (4.1):

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n, \text{ грн} \quad (4.1)$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

C_l – ціна однієї лампи, грн.;

N – кількість ламп в світильнику, штук;

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

n – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників ГСП17В з металгалогеною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 12 штук ціна яких 800 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 100 грн., складає:

$$C_{св1} = (800 + 100) \cdot 12 = 10800 \text{ (грн)}$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників LED з світлодіодною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 12 штуки ціна яких 4500 грн. складає [18]:

$$C_{св2} = (4500) \cdot 12 = 54000 \text{ (грн)}$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік (4.2)

$$K = k \cdot N_{л} \cdot n \cdot N, \text{кВт} / \text{год} \quad (4.2)$$

де k – час напрацювання лампи, год.;

$N_{л}$ – потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2200 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників НЛ складає:

$$K_1 = 2200 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 1 = 18480 \text{ (кВт} / \text{год)}$$

При використанні світильників LED:

$$K_2 = 2200 \cdot 0,1 \cdot 12 \cdot 1 = 2640 \text{ (кВт} / \text{год)}$$

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Вартість споживаної електричної енергії за рік (4.3):

$$C_{EЛ} = K \cdot C_{ел}, грн \quad (4.3)$$

де $C_{ел} = 5,28$ грн/кВт – ціна на електричну енергію [19].

Для світильників ГСП17В вона складає:

$$C_{EЛ1} = 18480 \cdot 5,28 = 97574,4 \text{ (грн)}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників LED:

$$C_{EЛ2} = 2640 \cdot 5,28 = 13939 \text{ (грн)}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників LED (4.4):

$$E_{ел} = C_{EЛ2} - C_{EЛ1} = 97574 - 13939 = 83635 \text{ (грн)} \quad (4.4)$$

Річні витрати по експлуатації світильників (4.5):

$$C_{експл} = G \cdot C_{л} + C_{EЛ}, грн \quad (4.5)$$

де G – витрата ламп, штук.

Для ГСП17В – 12 штук, для LED – 12 штук. Витрати згідно формули (4.5)

:

- для ламп ГСП17В:

$$C_{експл1} = 10800 + 97574 = 108374 \text{ (грн)}$$

					<i>MP 3.8.14.1.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

- для світильників LED:

$$C_{експл2} = 54000 + 13949 = 67949 \text{ (грн)}$$

Річна економія по експлуатації світильників LED ніж при використанні ГСП17В (4.6):

$$E_{експл} = C_{експл2} - C_{експл1} = 108374 - 67949 = 40425 \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

Економія при установці освітлювальних приладів (4.7):

$$E_{уст} = C_{уст2} \cdot n_2 - C_{уст1} \cdot n_1 = 122 \cdot 12 - 122 \cdot 12 = 1464 - 1464 = 0 \text{ (грн)} \quad (4.7)$$

де $C_{уст}$ – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу ГСП17В становить 122 гривні, а LED – 122 гривні.

Загальна економія підприємства (4.8):

$$E = E_{експл} + E_{ел} = 40425 + 83635 = 124060 \text{ (грн)} \quad (4.8)$$

Питання ефективності освітленості приміщень, а також мінімізація витрат на обслуговування та терміну окупності є актуальною темою на сьогоднішній день. Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників LED в порівнянні зі світильниками ГСП17В становить 124060 гривні. Для точності розрахунків, необхідно врахувати значну економію, пов'язану зі терміном роботи світлодіодної лампи. Для повноти оцінки витрат, необхідно враховувати затрати пов'язані з більшою частою заміною як ламп ДРІ, що перегоріли, так і дроселів або ПРА, що вийшли з ладу.

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі проведено розрахунок електропостачання ділянки цеху важкого машинобудування, метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити високу надійність електроживлення та безперебійної роботи цеху.

Проведено розрахунок електричних навантажень, за вихідними значенням обрано електрообладнання та схему системи електропостачання, визначено втрати потужності і електроенергії. Обрано необхідну кількість і потужність трансформаторів з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії надійності електроспоживання електроприймачів. Розраховано та обрано допустимий перетин провідників: проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. Проведено розрахунок струмів короткого замикання. Визначено потужність компенсуючих пристроїв. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної підстанції.

В розділі охорони праці було розраховано мінімальну кількість світильників для головного промислового приміщення шліфувального цеху методом коефіцієнта використання та точковим методом. Як показали розрахунки, точковий метод дає точніші результати значення освітленості на кутах приміщення.

В економічній частині розраховано вартість освітлювальної мережі із використання ламп ДРІ та заміна існуючих ламп на світлодіодні лампи. Проведено оцінку екологічності використання ламп різних типів та вплив роботи ламп на робочий персонал шліфувального цеху, а саме мерехтіння з помітною для людського ока частотою, яке притаманне люмінесцентним лампам та відсутнє в світлодіодних. Виявилось, що перевага дозволяє використовувати світлодіодні лампи для освітлення обертальних механізмів та інших місць, де застосування в якості освітлення люмінесцентних ламп викликає швидке стомлення очей.

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2006. – 163 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
3. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грінчаненко та ін. - К.: Аграрна освіта, 2014. -506 с.
4. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Давиденко В. А., Давиденко Н. В. - Рівне: НУВГП, 2018.– 32 с.
5. Трансформаторы силовые типа ТМ, описание, характеристики, купить, продажа, заказать (Киев, Украина) [Electronic resource]. URL: [//cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html](http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html) (accessed: 28.11.2021).
6. Трансформатори силові масляні типу ТМ [Electronic resource] // Трансформатор сервис. URL: <http://transf.com.ua/ua/russkij-produktsiya/russkij-transformatory-silovye-maslyanye/transformatori-silovi-maslyani-tipu-tm/> (accessed: 28.11.2021).
7. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. : с. 450-452.
8. Комплектна конденсаторна установка АКУ, КРМ, УКМ 58 0.4 (0.38) кВ. Виробництво і продаж з цінами в Харкові і Україні [Electronic resource]. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe->

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04 (accessed: 28.11.2021).

9. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

10. Конспект лекцій з дисципліни “Електропостачання промислових підприємств” для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електро-технології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д.Хмельницький, О.О.Крупник — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 125 с.(Частина 1).

11. Постачальники, виробники та фабрика електричних шаф у Китаї - Індивідуальна пропозиція електричних шаф - JIAN TONG [Electronic resource]. URL: <https://ua.jtstamping.com/cabinet-and-enclosure/electric-cabinet/> (accessed: 14.11.2024).

12. Електротехніка та світлотехніка, електротехніка | E.NEXT [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/> (accessed: 02.12.2021).

13. Шкафные автоматические выключатели UKM серии S INDUSTRIAL. Купить в Украине | www.enext.ua [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/catalog/vyklyuchateli-serii-e-industrial-ukm-s/> (accessed: 02.12.2021).

14. Василега П.О. Електропостачання [Текст]. Суми: СумДУ, 2019. 521 р.

15. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.

16. Василега, П.О. Електротехнологічні установки [Текст]: навч. посіб. / П.О. Василега. - Суми : СумДУ, 2010. - 548 с. + Гриф МОН.

17. Петровський М.В. Електроосвітлення: конспект лекцій для студ. спец. 7.050701 “Електротехнічні системи електроспоживання” всіх форм навчання. Суми: СумДУ, 2012. 227 р.

18. Уличное освещение (LED) Мощность 400 Вт - Купить в Евросвет | Топ цены, отзывы [Electronic resource] // Evrosvet. URL: <http://evrosvet.com.ua/catalog/ulichnoe-osveshchenie-led/filter/moshchnost-is->

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

400-vt/apply/ (accessed: 14.11.2024).

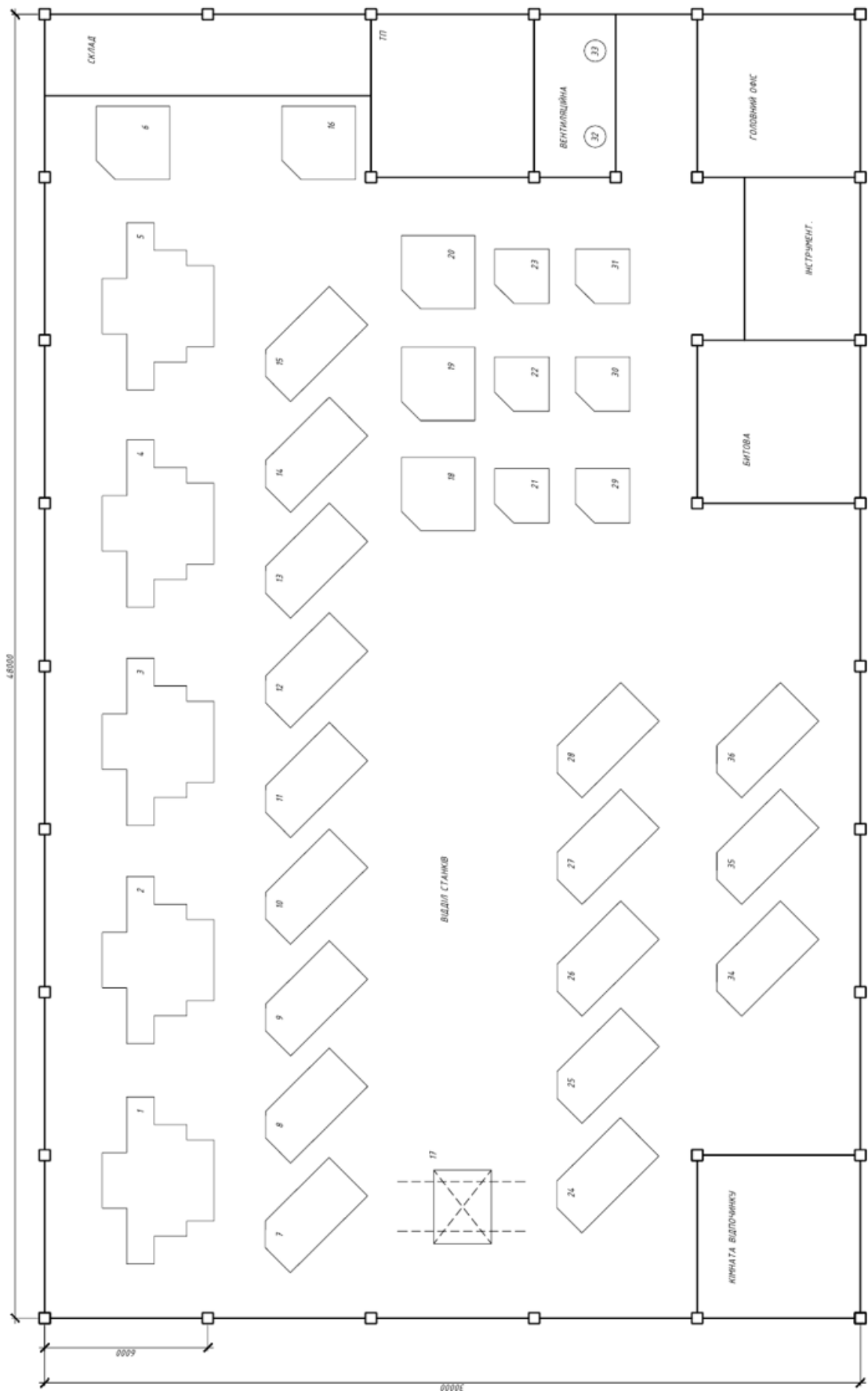
19. Тарифи на електричну енергію | ТОВ “ЕНЕРА СУМИ” [Electronic resource]. URL: <https://sm.enera.ua/el/tariff> (accessed: 14.11.2024).

					<i>MP 3.8.141.021 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ

					MP 3.8.141.021 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Додаток А



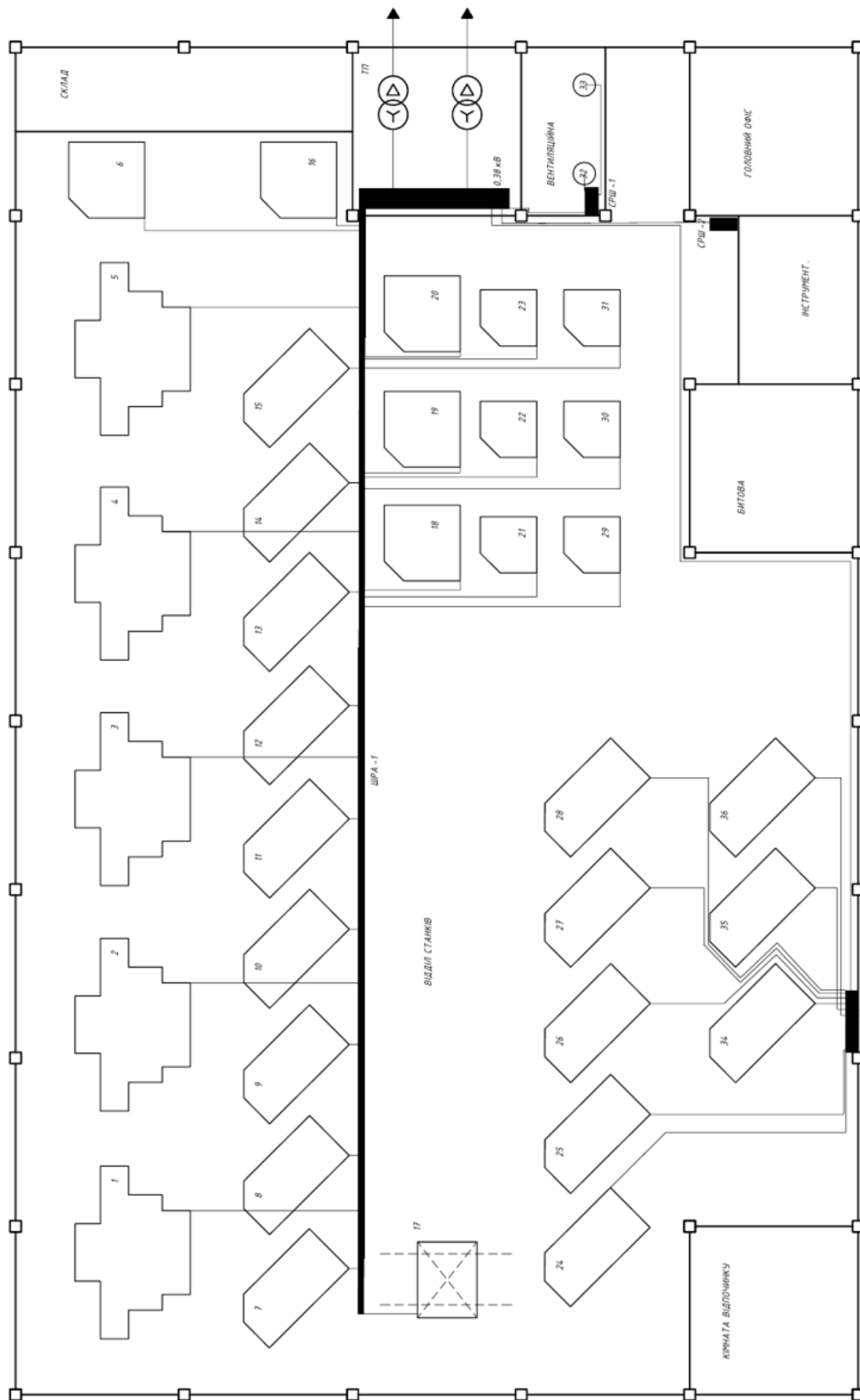
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.14.1.021 ПЗ

Арк.

74

Додаток Б



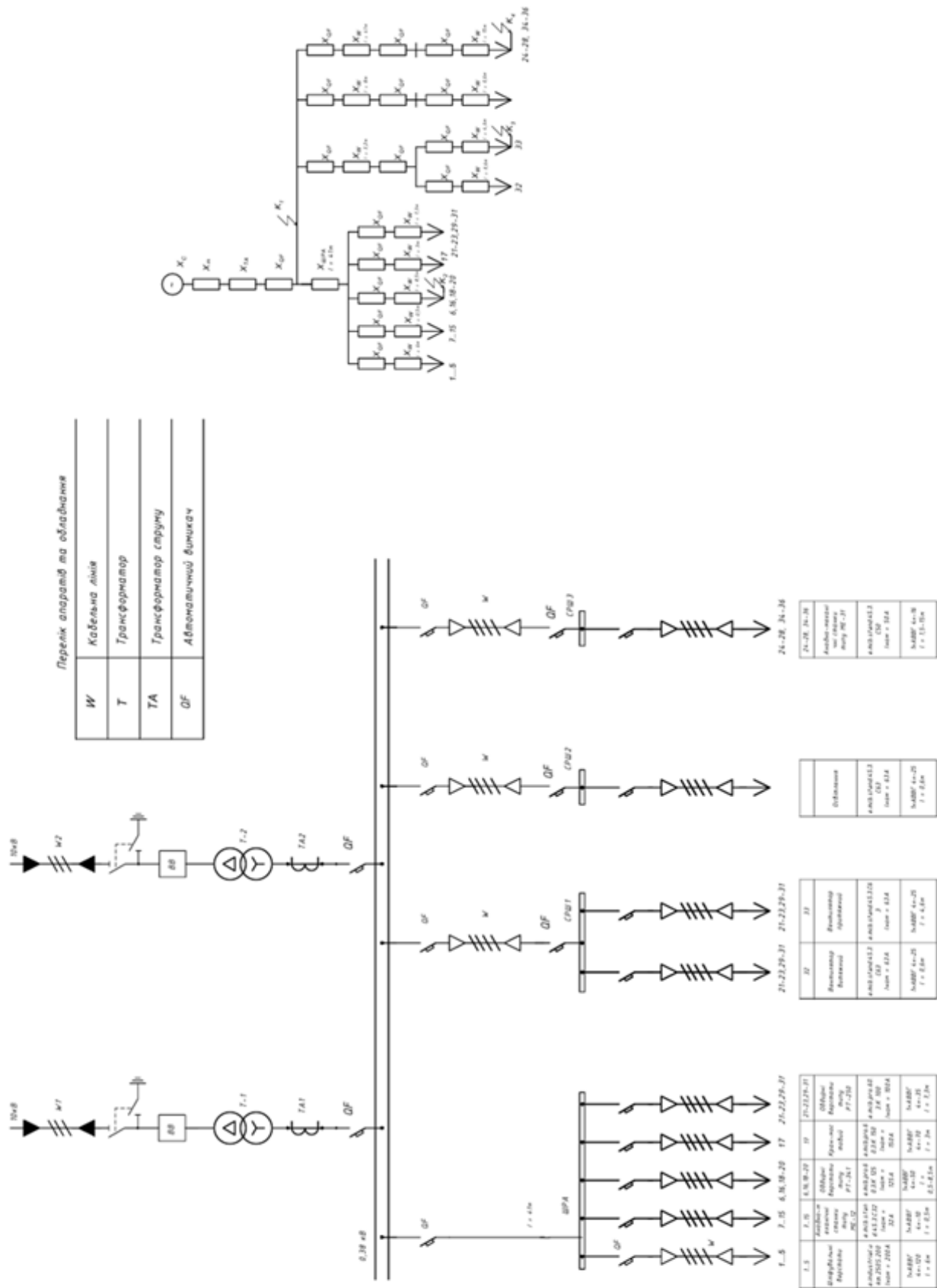
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.021 ПЗ

Арк.

75

Додаток В



Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.021 ПЗ

Арк.

76