

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

**«Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної
станції з метою її модернізації»**

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Електротехнічні системи електроспоживання

Виконав

студент гр. ЕТз-61с

_____ Є.В. Нагорний

Керівник

к.т.н., доцент

_____ П.О. Василега

Суми – 2020

РЕФЕРАТ

с. 95, рис. 3, табл. 11, дод. 6.

Бібліографічний опис: Нагорний Є.В. Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавр; спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Є.В. Нагорний; керівник П.О. Василега. – Суми: СумДУ, 2020. – 95 с.

Ключові слова:

Система, насос, електропостачання, трансформатор, струм, напруга, кабельна лінія, шинопровід, струм короткого замикання, розрахунок, автоматичний вимикач;

Система, насос, электроснабжение, трансформатор, ток, напряжение, кабельная линия, шинопровод, ток короткого замыкания, расчет, автоматический выключатель;

System, pump, power supply, transformer, current, voltage, cable line, busbar, short circuit current, calculation, circuit breaker.

Об'єкт дослідження: електрична мережа 6/0,4 кВ насосної станції.

Короткий огляд.

Проведено розрахунок електричних параметрів системи електропостачання насосної станції. Розраховано навантаження на трьох рівнях електропостачання з врахуванням систем освітлення приміщення, а також струми короткого замикання та пікові струми. Для підстанції проведено вибір номінальної потужності трансформаторів, шинопроводів, обрано та перевірено перерізи кабелів мережі живлення 6 кВ та розподільчої мережі 0,4 кВ. Здійснений вибір комутаційних апаратів розподільчого пристрою 0,4 кВ.

Перелік умовних скорочень

АД – асинхронний двигун
ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність
ГПП – головна понижувальна підстанція
ДЖ – джерело живлення
ЕА – електричний апарат
ЕД – електродвигун
ЕО – електрообладнання
ЕП – електроприймач
ЕУ – електроустановка
КБ – конденсаторна батарея
КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
ККУ – комплектні конденсаторні установки
КСО – камера стаціонарна однобічного обслуговування
КТП – комплектна трансформаторна підстанція
КУ – конденсаторна установка
НН – низька напруга
ПС – підстанція
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок
РП – розподільний пункт
СВ – струмова відсічка
СД – синхронний двигун
СЕП – система електропостачання
СРШ – силова розподільна шафа
ТВ – тривалість вмикання
ТП – трансформаторна підстанція
ТС – трансформатор струму
ЦРП – центральний розподільний пункт
ЦТП – цехова трансформаторна підстанція
ШНВ – шафа низьковольтна вводу
ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна
ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий
ЩРО – щиток робочого освітлення

Зміст

Вступ.....	6
1. Вихідні дані.....	10
2. Розрахунок електричних навантажень насосної станції.....	15
2.1. Навантаження загального електричного освітлення.....	17
2.2. Визначення розрахункового навантаження загального електричного освітлення насосної.....	19
2.3. Розрахунок силового навантаження на першому рівні.....	20
2.4. Розрахунок силового навантаження на другому рівні.....	23
2.5. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні.....	28
2.6. Визначення розрахункового навантаження ТП.....	30
2.7. Розрахунок пікових струмів.....	34
3. Вибір номінальної потужності трансформаторів ТП.....	36
3.1. Вибір силових трансформаторів для насосної станції.....	37
3.2. Визначення потужності конденсаторних установок 0,4 кВ.....	37
4. Вибір перерізу провідників.....	39
4.1. Вибір шинопровода.....	39
4.2. Вибір перерізу провідників мережі живлення 0,4 кВ.....	40
4.2.1. Вибір перерізу кабелів.....	41
4.2.2. Розрахунок перерізів кабелів мережі живлення.....	43
4.2.3. Вибір перерізу провідників розподільної мережі 0,4 кВ.....	45
4.2.4. Вибір проводів від СРШ до ЕП.....	46
4.3. Вибір перерізу КЛ 6 кВ.....	49

					БР 5.6.141.352 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.				Літ.	Лист	Листів			
Розробив	Нагорний Є.В.													
Керівник	Василега П.О.													
Консульт.														
Н.контроль														
Завтвер.	Лебединський І.Л.													
					СумДУ, ЕТЗ-61С									

4.3.1. Вибір КЛ за нормальним режимом	49
4.3.2. Перевірка КЛ за максимальним режимом	49
4.3.3. Перевірка КЛ на термічну стійкість.....	51
4.3.4. Вибір перерізу кабелю напругою 6 кВ від РП до ТП.....	53
5. Розрахунок струмів короткого замикання.....	56
5.1. Розрахунок струмів однофазного КЗ	57
5.2. Розрахунок струмів трифазного КЗ.....	62
6. Вибір автоматичних вимикачів	70
6.1. Вибір автоматів розподільної мережі	74
6.2. Вибір автомата мережі живлення.....	76
7. Правила експлуатації, охорони праці та техніки безпеки	79
Висновок	85
Список використаної літератури	87
ДОДАТКИ.....	89
Додаток А.....	90
Додаток Б	91
Додаток В	92
Додаток Г	93
Додаток Д.....	94
Додаток Е	95

Вступ

Системою електропостачання називається сукупність пристроїв для виробництва, передачі і розподіли електричної енергії.

Системи електропостачання промислових підприємств створюються для забезпечення живлення електроенергією промислових приймачів електричної енергії, до яких відносяться електродвигуни різних машин і механізмів, електричні печі, електролізні установки, апарати і машини для електричного зварювання, освітлювальні установки й інші промислові приймачі електроенергії. Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно із широким впровадженням електропривода як рушійної сили різних машин і механізмів і будівництвом електричних станцій.

В даний час більшість споживачів одержує електричну енергію від енергосистем.

В міру розвитку електроспоживання системи електропостачання промислових підприємств також розвиваються, структура та протяжність становляться більш протяжними та різноманітними, розширяється асортимент споживачів електроенергії, зростають генеровані та споживані потужності, що тягне за собою необхідність постійної модернізації обладнання, а з ним і електричних розподільчих мереж. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств і виробничих процесів, здійснювати в широких масштабах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телекерування і вести активну роботу по економії електричної енергії і підвищенню ефективності роботи електроустановок.

Зм.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				
					<i>БР 5.6.141.352 ПЗ</i>			
Розробив	Роз	Нагорний Е.В.			<i>Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.Розрахунок</i>	Лім.Лім.	Лист	Листів
Керівник	Кері	Василега П.О.					6	95
Консульт.						<i>СумДУ, ЕТз-61С</i>		
Н.контроль								
Завтвер.Зав		Лебединський І.Л.						

Головною проблемою в найближчому майбутньому з'явиться створення раціональних систем електропостачання промислових підприємств.

Основні терміни і поняття теорії надійності, використовувані на практиці, можуть бути сформульовані наступним чином.

Працездатність насосної станції - це стан, при якому станція здатна виконувати задані функції з параметрами (подача, напір, ККД), встановленими технічними вимогами.

Несправність - стан насосної станції, при якому вона не відповідає хоча б одній з вимог. Зазвичай розрізняють несправності, що не призводять до відмов, і несправності (і їх поєднання), викликають відмови.

Відмова - подія (пошкодження, аварія), що полягає в порушення працездатності насосної станції.

Напрацювання являє собою тривалість або обсяг роботи насосної станції. В процесі експлуатації зазвичай розрізняють добову напрацювання, місячну або річну напрацювання, напрацювання до першої відмови, напрацювання між відмовами та ін.

Безвідмовність - властивість насосної станції зберігати працездатність протягом деякого наробітку без вимушених перерв.

Середній час відновлення являє собою середнє час вимушеного нерегламентованого простою, викликаного виявленням і усуненням однієї відмови.

Довговічність - властивість зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту. Граничний стан визначається неможливістю експлуатації споруди, агрегату, станції або зумовленим зниженням ефективності, або вимогами безпеки і обумовлюється в технічній документації.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термін служби - календарна тривалість експлуатації до моменту виникнення граничного стану. Розрізняють термін служби до першого капітального ремонту, термін служби між капітальними ремонтами та ін.

Сукупність наведених вище визначень характеризує надійність станцій в цілому. У свою чергу, використовуючи деякі положення математичної статистики і теорії ймовірностей, кожне визначення можна виразити кількісними показниками. Основними показниками надійності для насосних станцій систем водопостачання і каналізації є: ймовірність безвідмовної роботи, частота і інтенсивність відмов, середня напрацювання на відмова та коефіцієнт готовності.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(tp)$ є вірогідність того, що при експлуатації насосної станції за певний заданий проміжок часу t/p не відбудеться жодної відмови.

Частота відмов характеризує надійність вузлів (агрегатів) станції до першої відмови. У застосуванні до насосних агрегатів частота відмов характеризує надійність їх дії до першого виходу агрегату з ладу.

Інтенсивність відмов (I) є відношення числа вузлів (агрегатів), що відмовили в одиницю часу до середнього числа вузлів, що продовжують працювати.

Необхідна надійність експлуатації насосних станцій систем водопостачання і каналізації може і повинна забезпечуватися:

- в процесі проектування:
 - резервуванням насосного обладнання;
 - використанням агрегатів різної потужності;
 - наявністю незалежних джерел енергопостачання та декількох ліній водоводів;
 - установкою перемикаючих колекторів та запірної арматури в необхідному числі;
 - створенням запасних і резервних ємностей;

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- в процесі будівництва:
 - використанням високоякісних матеріалів і обладнання;
 - забезпеченням необхідної якості робіт і ретельного контролю при прийманні готових споруд;
- в процесі експлуатації:
 - натурними (контрольно-здавальними) випробуваннями знову вводиться обладнання; обсяг, своєчасність і правильність проведення випробувань дозволяє отримати дійсні параметри агрегатів, виявити найбільш економічні режими та уточнити експлуатаційні характеристики; крім того, ці випробування дозволяють встановити ті обмеження параметрів (за умовами, наприклад, кавітації, вібрації та ін.), дотримання яких продовжить термін служби агрегату;
 - виконанням правил технічної експлуатації та інструкцій постачальників обладнання; чітке знання їх персоналом насосної станції та виконання всіх рекомендацій і приписів попереджає пошкодження та аварії обладнання;
 - постійним контролем за станом споруд і обладнання; це дозволяє своєчасно виявити початок появи багатьох дефектів і відхилень від норми у роботі окремих вузлів і механізмів та передбачити заходи, що забезпечують усунення цих дефектів;
 - організацією ремонтів і якісним їх проведенням; правильної організації і своєчасного ремонту або заміни окремих частин, стан яких не відповідає надійної експлуатації, залежить, який термін ще пропрацює насосний агрегат до наступного ремонту і з якими параметрами;
 - реконструкцією вузлів споруд і обладнання, переходом на більш надійні і прогресивні схеми, заміною застарілих конструкцій;
 - навчанням і підготовкою експлуатаційного персоналу, для підняття технічного рівня обслуговуючого персоналу.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вихідні дані

Насосна станція – об'єкт, що призначений для забезпечення господарських потреб та технологічних процесів підприємств промисловості важливим енергоресурсом – технічною водою.

Насосна станція подачі технічної води – це комплексна система для перекачування рідин з одного місця в інше, включає в себе будівлю і обладнання: насосні агрегати, трубопроводи та допоміжні пристрої (наприклад, трубопровідну арматуру). Насосні станції часто використовуються в якості інфраструктури для потреб водопостачання, каналізації, на родовищах нафти, в легкій і хімічних промисловості, тощо. Також використовуються для видалення води на територіях в низовині, обводнених в результаті прориву води або повені.

Насосна станція має складний технологічний процес, в якому виконуються різноманітні операції з рідиною: перекачування по магістралям водопостачання, нагнітання гідроакумуляторів, очистку технічної води та ін.

Для забезпечення електропостачання використовуваного технологічного обладнання передбачено прибудоване до будівлі насосної приміщення трансформаторної підстанції (ТП).

Для пуску, регулювання та зупинки приводних електродвигунів насосів, а також для управління електрифікованими допоміжними механізмами насосні станції мають електричне господарство, основними елементами якого є силові трансформатори, масляні вимикачі, роз'єднувачі, ізолятори, струмоведучі частини, силові кабелі, вимірювальні трансформатори і запобіжники.

Силові трансформатори. Трансформатор являє собою електромагнітний

					<i>БР 5.6.141.352 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>			<i>Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>					10	95
<i>Консульт.</i>						<i>СумДУ, ЕТЗ-61С</i>		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

апарат, в якому змінний струм однієї напруги перетвориться в змінний струм іншої напруги. Трансформатори, що живлять енергією електродвигуни силових установок, називаються силовими на відміну від трансформаторів струму і напруги, що застосовуються для зниження вимірюваних електричних величин до меж вимірювання приладів і харчування допоміжних ланцюгів зниженої напруги.

Номинальні потужності силових трансформаторів визначаються відповідними стандартами. При виборі числа трансформаторів враховують клас надійності дії насосної станції і ступінь відповідальності навантажень, поділяються на категорії згідно з Правилами улаштування електроустановок. Якщо на станції встановлено кілька трансформаторів, то при виході з роботи одного з них допускається перевантаження залишилися в роботі трансформаторів. Величина допустимої аварійної перевантаження залежить від тривалості перевантаження, конструкції трансформатора, способи його охолодження і ряду інших факторів. Зазвичай вона не перевищує 20-40% номінальної потужності трансформатора.

Якщо освітлювальна мережа живиться від силового трансформатора (що може допускатися лише в невеликих насосних станціях), то до потужності S необхідно додати сумарну потужність освітлювальної навантаження.

Для переміщення трансформаторів при періодичному огляді і ремонті на монтажну майданчик будівлі насосної станції або у спеціально обладнане приміщення великі силові трансформатори мають колісні каретки і встановлюються на рейки. Рейкові шляхи укладають як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку, а колісні каретки виконують поворотними.

В якості основних агрегатів, включають і відключають трифазні електродвигуни змінного струму потужністю до 75 кВт і напругою до 500 В у нормальному режимі їх роботи, використовують магнітні пускачі серій ПА

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

і ПМЕ. При більш високих напругах розрив ланцюга під струмом викликає інтенсивну дугу, обпалює контакти пускача і небезпечну для обслуговуючого персоналу, тому для включення і виключення електричних ланцюгів в мережах високої напруги застосовують масляні вимикачі.

Роз'єднувачі. Для відключення від мережі високої напруги різних апаратів, приладів або окремих ділянок ланцюга застосовують роз'єднувачі (зокрема, до і після кожного масляного вимикача обов'язково повинні бути встановлені роз'єднувачі., щоб можна було відключати масляний вимикач від мережі на час огляду і ремонту).

Правила технічної експлуатації допускають користування роз'єднувачами тільки при знятому навантаженні, тобто після відключення силового трансформатора або електродвигуна масляним вимикачем.

Промисловістю випускаються роз'єднувачі різних типів для внутрішньої і зовнішньої установки. Роз'єднувачі внутрішньої установки для номінальних струмів до 1000 А зазвичай бувають трифазними. Більш потужні роз'єднувачі виготовляються в полюсному виконанні; окремі з'єднують полюси у трьох полюсний роз'єднувач безпосередньо на місці встановлення з допомогою опорних конструкцій і муфт.

Ізолятори. В установках високої напруги ізолятори служать для електричної ізоляції та підтримання струмоведучих частин різних пристроїв і апаратів.

Струмоведучі частини (шини). Необхідною приналежністю кожної електричної ланцюга є збірні шини, до яких підводиться енергія від знижувального силового трансформатора або фідера розподільної мережі і від яких вона розподіляється між приймачами і контрольно-вимірювальними приладами.

					<i>БР 5.6.141.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Збірні шини виготовляють з міді, алюмінію або сталі. Для кращого охолодження шини виготовляють прямокутного перерізу у вигляді смуг, укріплених шинотримачами на ребро або плазом на опорних ізоляторах.

Силові кабелі. Для з'єднання різних елементів електричного господарства насосної станції застосовують силові кабелі.

Вимірювальні трансформатори. Вимірювальні трансформатори (струму і напруги) служать для перетворення енергії, реєстрованої вимірювальними приладами (вольтметрами, амперметрами та ін.) і живильної реле та допоміжні ланцюги.

Трансформатор напруги встановлюють при напрузі в мережі 380 В і вище. Робота вимірювальних трансформаторів заснована на тому ж принципі, що і робота силових трансформаторів. В ланцюгах високої напруги підключення вольтметра, лічильників, реле і т. д. можливо лише через трансформатор напруги. З високовольної боку обмотка такого трансформатора розраховується на напругу мережі, з боку низьковольної обмотка має напругу 110 і 220 В.

Амперметри і послідовні обмотки ватметрів та лічильників енергії підключають до силової мережі високої напруги через трансформатори струму, зменшують силу струму в обмотках зазначених приладів.

Автоматичні вимикачі. Для захисту від струмів електричного кола надмірної сили (струмів короткого замикання) в ланцюг включають автоматичні вимикачі, які при перевищенні допустимої максимальної величини струму переривають ланцюг. Теплові та електромагнітні розчеплювачі цих автоматів підбирають так, щоб вони безперешкодно пропускали струм нормальної сили, а при перевантаженнях розривали ланцюг раніше, ніж струм перевантаження зможе пошкодити прилади або електродвигун.

					БР 5.6.141.352 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насосна живиться електроенергією від розподільчого пристрою (РП). Відстань від РП до прибудованої ТП - 230 м. Напруга на РП - 6 кВ. Всі ЕП приєднані до мережі змінної трифазної напруги 380В.

Споживачі насосної мають 2 категорію надійності електропостачання. Грунт у районі насосної - чорнозем з температурою +20 °С.

Розміри будівлі насосної А х В х Н = 24 х 18 х 6 м.

План розміщення обладнання в наведений у додатку А.

Перелік технологічного устаткування насосної наведено у таблиці 1.1.

Потужність електроспоживання ($P_{ном}$) зазначена для одного електроприймача.

Таблиця 1.1. Перелік струмоприймачів насосної станції.

№ за планом	Найменування ЕП	$P_{ном}$, кВт	$\cos \phi$	К-т використання, Кв
1	2	3	4	5
Н1-Н4	Насоси гідроаккумуляторів технологічної води	18,5	0,8	0,5
Н5-Н8	Насоси гідроаккумуляторів питної води	4,4	0,8	0,5
Н9-Н11	Насоси фільтрів доочистки питної води	7,5	0,8	0,66
Н12-Н17	Насоси фільтрації технологічної води	11	0,8	0,5
Н18-Н21	Насоси системи знезараження та дезінфекції	5,5	0,8	0,95

2. Розрахунок електричних навантажень насосної станції

Фактичне значення розрахункового навантаження залежно від кількості ЕП у групі та їх режиму роботи перевищує середнє, якщо розглядаються лише ЕП, або буде нижчим від середнього, якщо враховується ймовірність одночасної роботи всього технологічного устаткування, тобто залежить від рівня в СЕП, на якому визначається навантаження. Тому величину середнього навантаження за максимально завантаженою зміну використовують для визначення розрахункового навантаження.

Піковий струм - це максимальний короточасний струм тривалістю в кілька секунд. Піковим струмом для одного ЕП є пусковий струм ($I_{\text{пуск}}$), який виникає при вмиканні одного ЕД або зварювального трансформатора, при експлуатаційному КЗ при зварюванні на одній установці, плавці сталі у дуговій електропечі та ін. Для групи ЕП піковий струм ($I_{\text{пik}}$) визначається з урахуванням ЕД з найбільшим пусковим струмом.

Пусковий та піковий струми необхідні для вибору уставок розчеплювачів автоматів та плавких вставок запобіжників, визначення розмаху зміни напруги для оцінки допустимості коливань напруги та перевірки можливості самозапуску ЕД.

Кожен ЕП характеризується низкою номінальних параметрів, як-то: напруга, частота струму, коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії (ККД) та інших, що зазначаються в паспорті ЕП.

Вихідні дані для розрахунку навантажень:

- установлена (номінальна) потужність ЕП (для ЕД - його активна потужність, для трансформаторів дугового і машин контактного зварювання - повна потужність);

					БР 5.6.141.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>			Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>					15	95
<i>Консульт.</i>						СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

- номінальна напруга ЕП;
- коефіцієнт потужності ЕП;
- режим роботи ЕП (тривалий, ТВ для ЕП повторно-короткотривалого режиму, короткочасний);
- коефіцієнт використання активної потужності;
- фазність ЕП (трифазний або однофазний);
- спосіб приєднання однофазного ЕП (на фазну або лінійну напругу).

Установлена (номінальна) потужність ЕП для ЕД тривалого режиму роботи та всіх видів нагрівальних ЕП - приймається рівною паспортній потужності:

$$P_H = P_{пасп} \quad (2.1)$$

де $P_{пасп}$ - номінальна потужність на валу ЕД, кВт;

- для ЕД повторно-короткочасного режиму роботи - паспортній потужності (кВт), приведений до відносної ТВ = 1,

$$P_H = P_{пасп} \cdot \sqrt{ТВ_{П}} \quad (2.2)$$

де $ТВ_{П}$ — паспортна тривалість вмикання, в.о;

- для зварювальних трансформаторів:

$$S_H = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ_{П}}, \quad (2.3)$$

$$P_H = S_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ_{П}} \cdot \cos \phi_{пасп}, \quad (2.4)$$

де $\cos \phi_{пасп}$ - паспортне значення коефіцієнта потужності;

- для кранів номінальні активна та реактивна потужності визначаються як для одного ЕП з сумарною номінальною потужністю:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{н.i}, \quad (2.5)$$

$$Q_H = \sum_{i=1}^n Q_{н.i} = \sum_{i=1}^n P_{н.i} \operatorname{tg} \phi_i, \quad (2.6)$$

де n - кількість ЕД крана;

$P_{н.i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП;

$\operatorname{tg} \phi_i$ - відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \phi_i$ i -го ЕП.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівні визначення розрахункових навантажень наведені на рис. 2.1.

Перший рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до ПРЄ (шинопроводу, СРШ, СРП або силової збірки).

Другий рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують СРШ, силові пункти та збірки, ШРА до збірних шин НН ЦТП або до ШМА.

Третій рівень — це збірні шини НН трансформаторних підстанцій та ШМА.

Обчислення розрахункових навантажень на другому та третьому рівнях електропостачання здійснюється методом розрахункових коефіцієнтів [15]. Цей метод належить до основних методів розрахунку електричних навантажень. Він є найбільш точним і рекомендується при визначенні розрахункових навантажень для груп ЕП, коли відомі дані кожного ЕП [2].

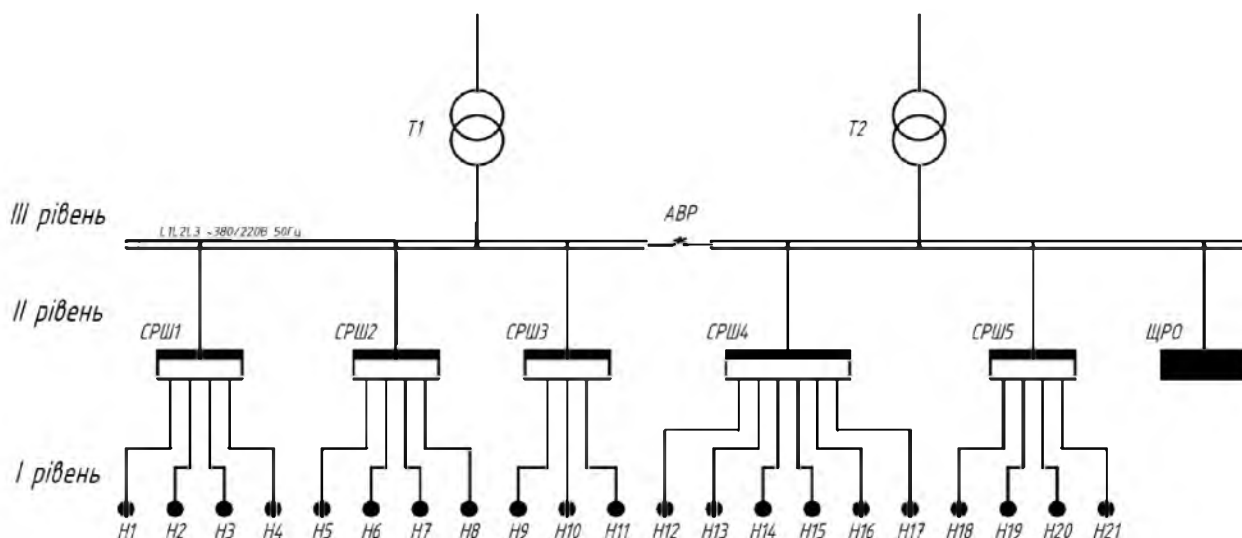


Рисунок 2.1 – Рівні визначення розрахункових навантажень

2.1. Навантаження загального електричного освітлення

Електричне освітлення виробничих приміщень є загальним рівномірним освітленням і виконується світильниками, які розподіляють

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

рівномірно між окремими фазами трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження.

Розрахункове навантаження загального електричного освітлення цеху визначається методом коефіцієнта попиту [1, 12, 18], але для цього слід розрахувати встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху $P_{уст.0}$, яке більш точно визначається світлотехнічним розрахунком (методом коефіцієнта використання світлового потоку). У попередніх розрахунках встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху можна визначити за формулою:

$$P_{уст.0} = k \cdot p_{П.О} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.31)$$

де k - коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ламп розжарювання приймається $k = 1,0$; для ламп типу ДРЛ $k = 1,1$; для ЛЛ низького тиску стартерних $k = 1,2$, безстартерних - $k = 1,35$);

$p_{П.О}$ - питома установа потужність загального освітлення цеху, Вт/м²

F - площа, яка підлягає освітленню, м² (розміри беруться з плану).

При виборі джерела світла для загального внутрішнього освітлення слід використовувати переважно газорозрядні лампи з найбільшою світловою віддачею.

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається як:

$$P_{P.O} = K_{П.О} \cdot P_{уст.0}, \quad (2.32)$$

де $K_{П.О}$ - коефіцієнт попиту загального освітлення.

Для виробничих будівель, що складаються з окремих приміщень, приймається коефіцієнт попиту загального освітлення $K_{П.О} = 0,85$, для окремих великих прогонів - $K_{П.О} = 0,95$, для невеликих виробничих будівель - $K_{П.О} = 1$.

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху визначається так:

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{P.O} = P_{P.O} \cdot \operatorname{tg}\phi_0, \quad (2.33)$$

де $\operatorname{tg}\phi_0$ відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \phi_0$ залежно від виду (типу) джерела світла. При цьому коефіцієнт активної потужності для ламп розжарювання приймається рівним $\cos \phi_0=1,0$, для ЛЛ низького тиску $\cos \phi_0=0,95$, для ЛЛ високого тиску типу ДРЛ $\cos \phi_0=0,5$.

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою:

$$S_{P.O} = \sqrt{P_{P.O}^2 + Q_{P.O}^2}. \quad (2.34)$$

При цьому розрахунковий струм визначається як:

$$I_{P.O} = \frac{S_{P.O}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.35)$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

2.2. Визначення розрахункового навантаження загального електричного освітлення насосної

- розміри приміщення: 24 м x 18 м.
- як джерела світла приймаються лампи типу ДРЛ.

Розрахунок. Для ламп типу ДРЛ, які використовуються для освітлення насосної, приймається питома установлена потужність загального освітлення $p_{P.O} = 15 \text{ Вт/м}^2$, коефіцієнт $k = 1,1$.

Установлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (2.31)

$$P_{уст.0} = 1,1 \cdot 15 \cdot 24 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 7,128 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт попиту загального освітлення приймається для невеликих виробничих будівель $K_{П.О} = 1$.

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (2.32)

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{P.O} = 1 \cdot 7,128 = 7,128 \text{ кВт.}$$

Для ламп типу ДРЛ приймається коефіцієнт активної потужності $\cos \phi_0 = 0,5$, якому відповідає коефіцієнт реактивної потужності $\operatorname{tg} \phi_0 = 1,73$.

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (2.33)

$$Q_{P.O} = 7,128 \cdot 1,73 = 12,33 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (2.34)

$$S_{P.O} = \sqrt{7,128^2 + 12,33^2} = 14,24 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм загального освітлення цеху визначається за формулою (2.35)

$$I_{P.O} = \frac{14,24}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 21,64 \text{ А.}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

2.3. Розрахунок силового навантаження на першому рівні

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (провід, кабель) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження k_3 ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаються за формулами:

$$p_{p.1} = k_3 \cdot p_{ном}, \quad (2.7)$$

$$q_{p.1} = q_{ном} \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2.8)$$

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2}, \quad (2.9)$$

$$I_{p.1} = \frac{s_{p.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.10)$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $tg\phi$ - відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $\cos \phi$, яке характерне для даного ЕП;

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

Якщо фактичний коефіцієнт завантаження k_3 ЕП невідомий, то при проектуванні приймається $k_3 = 1$. Таким чином, за розрахункове активне навантаження приймається номінальна потужність ЕП при $TВ = 1$.

Номінальний струм ЕД визначається як:

$$I_{ном.д} = \frac{P_{ном.д}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi_{ном.д} \cdot \eta_{ном.д}}, \quad (2.11)$$

де $P_{ном.д}$ - номінальна активна потужність ЕД;

$\cos \phi_{ном.д}$ - номінальний коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{ном.д}$ - номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) ЕД.

Величини $\cos \phi_{ном.д}$ і $\eta_{ном.д}$ приймаються з каталогів заводів-виготовлювачів і довідників [16,17].

Доцільно для кожного ЕП обчислити його пусковий струм:

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕП}, \quad (2.12)$$

де $k_{пуск}$ - коефіцієнт пуску;

$I_{ном.ЕП}$ - номінальний струм ЕП.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. Якщо вони відсутні, то щодо номінального струму ЕП величина пускового струму приймається:

- 5-кратною для асинхронних двигунів (АД) з короткозамкненим ротором та синхронних двигунів (СД);
- 2,5-кратною для двигунів постійного струму та АД з фазним ротором;
- 3-кратною для зварювальних і пічних трансформаторів, машин контактного зварювання при максимальній вторинній напрузі [2].

Визначення розрахункових навантажень на першому рівні електропостачання для насосу фільтру доочистки питної води Н9

Для насосу Н9 за формулою (2.7) при прийнятому $k_3 = 1$ розрахункове активне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$p_{p.1} = p_{ном.д} = 1 \cdot 7,5 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Для насоса приймається коефіцієнт активної потужності $\cos \phi = 0,8$, за формулою (2.8) при прийнятому коефіцієнті реактивної потужності $\operatorname{tg} \phi = 0,75$, який відповідає заданому коефіцієнту активної потужності $\cos \phi = 0,8$, розрахункове реактивне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$q_{p.1} = q_{ном.д} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,63 \text{ кВАр.}$$

За формулою (2.9) розрахункове повне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2} = \sqrt{7,5^2 + 5,63^2} = 9,38 \text{ кВА}$$

Потім за формулою (2.10) визначається розрахунковий струм першого рівня електропостачання:

$$I_{p.1} = \frac{9,38}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 14,24 \text{ А.}$$

За неповними вихідними даними, які при проектуванні беруться із завдань технологів (наводиться найменування устаткування та його встановлена потужність), для насосу приймається коефіцієнт пуску $k_{II} = 5$.

Визначаємо пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск} = 5 \cdot 14,24 = 71,22 \text{ А.}$$

Отримані за формулами (2.7) - (2.12) результати розрахунків для насосу Н9, а також для інших ЕП насосної, зведено в таблицю 2.1.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 2.1 - Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ за планом	Найменування ЕП	P _{ном} , кВт	cosφ	tgφ	Розрахункові дані				
					P _{p.1} , кВт	Q _{p.1} , кВАр	S _{p.1} , кВА	I _{p.1} , А	I _{пуск} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Н1-Н4	Насоси гідроакумуляторів технологічної води	18,5	0,8	0,75	18,5	13,88	23,13	35,13	175,67
Н5-Н8	Насоси гідроакумуляторів питної води	4,0	0,8	0,75	4	3,00	5,00	7,60	37,98
Н9-Н11	Насоси фільтрів доочистки питної води	7,5	0,8	0,75	7,5	5,63	9,38	14,24	71,22
Н12-Н17	Насоси фільтрації технологічної води	11,0	0,8	0,75	11	8,25	13,75	20,89	104,45
Н18-Н21	Насоси системи знезараження та дезінфекції	5,5	0,8	0,75	5,5	4,13	6,88	10,45	52,23

2.4. Розрахунок силового навантаження на другому рівні

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЕ. Оскільки одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде більшим від середнього навантаження за максимально завантажену зміну (за малої кількості ЕП) або дорівнювати йому (за значної кількості ЕП), що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень K_{pa} і розрахункових реактивних навантажень K_{pp} .

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень K_p а залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньовиваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{в.св}$ та сталої часу нагрівання мережі T_o , яка на другому рівні електропостачання приймається $T_o = 10$ хв (розрахунковий інтервал часу $3T_o = 30$ хв).

Ефективне число ЕП n_e - це така умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка обумовлює те саме значення розрахункового навантаження, як і група ЕП різних за режимом роботи та потужністю. Величина ефективного числа ЕП n_e визначається так:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{ном.i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{ном.i}^2}, \quad (2.13)$$

де n - кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{ном.i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП при $TВ = 1$.

Знайдені за формулою (2.13) значення n_e округляються до найближчого меншого цілого числа.

Число ефективних ЕП n_e приймається рівним дійсному числу ЕП n , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 ($p_{ном. макс} / p_{ном. мин} \leq 3$).

Для груп різних ЕП різної потужності та різного режиму роботи середньозважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{см.i}}{\sum_{i=1}^k P_{ном.i}}, \quad (2.14)$$

де k — кількість характерних груп ЕП;

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

$P_{ном.i}$ - групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП, яка визначається за формулою (2.5).

Групове середнє активне навантаження за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП визначається за формулою:

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i}, \quad (2.15)$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де n - кількість ЕП в групі;

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

$p_{ном.і}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП при $TВ = 1$.

Коефіцієнти використання активної потужності k_B наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [4, 8]. Якщо в довідкових матеріалах наведені інтервальні значення k_B , то для розрахунку приймають його найбільше значення.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{p.a}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [15].

На другому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{p.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p.2}$ для n ЕП в групі визначаються за формулами:

$$P_{p.2} = K_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot p_{ном.і} = K_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см.і}, \quad (2.16)$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot p_{ном.і} \cdot tg\phi_{ном.і} = K_{p.p} \cdot \sum_{i=1}^n q_{см.і}, \quad (2.17)$$

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

$tg\phi_{ном.і}$ - відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $cos\phi_{ном.і}$, яке характерне для даного виду ЕП.

У формулі (2.17) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K_{p.p}$ при числі ефективних ЕП $n_e < 10$ приймається $K_{p.p} = 1,1$, а при $n_e > 10$ приймається $K_{p.p} = 1$.

У випадках, коли розрахункове активне навантаження групи ЕП $P_{p.2}$ менше за номінальну потужність найбільш потужного ЕП групи, слід приймати $P_{p.2} = p_{ном.макс}$.

Якщо до вузла приєднано до трьох ЕП включно, то розрахункове навантаження приймається рівним сумі їх номінальних потужностей:

$$P_{p.2} = \sum_{i=1}^n p_{ном.і} \quad (2.18)$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{p.2} = \sum_{i=1}^n q_{ном.i}, \quad (2.19)$$

де $n=1-3$.

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається так:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2}, \quad (2.20)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.21)$$

Визначення розрахункового силового навантаження для СРШЗ (як приклад розрахунку)

Від СРШЗ живляться: три насоси фільтрів доочистки питної води Н9, Н10 та Н11.

Сумарна активна номінальна потужність трьох насосів визначається за формулою (2.5).

$$P_{ном.н.Σ} = 7,5 \cdot 3 = 22,5 \text{ кВт}.$$

Сумарна активна номінальна потужність для всіх ЕП СРШЗ:

$$P_{ном.СРШЗ Σ} = P_{ном.н.Σ} = 22,5 \text{ кВт}.$$

Для насосів, при даному технологічному рішенні приймається середнє значення коефіцієнта використання активної потужності $k_g = 0,66$. Середньозмінне активне навантаження крана мостового за формулою (2.15) дорівнює:

$$P_{см.н} = 3 \cdot 7,5 \cdot 0,66 = 14,85 \text{ кВт}.$$

Для насосів при прийнятому $\cos \phi = 0,8$, якому відповідає $\operatorname{tg} \phi = 0,75$, середньозмінне реактивне навантаження:

$$Q_{см.н} = 14,85 \cdot 0,75 = 11,14 \text{ кВАр}.$$

Сумарне середньозмінне реактивне навантаження для всіх ЕП СРШЗ визначається так:

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{см.СРШ1\Sigma} = Q_{см.н.} = 11,14 \text{ квар.}$$

Величина ефективного числа ЕП СРШ визначається за формулою (2.13)

$$n_e = \frac{22,5^2}{3 \cdot 7,5^2} = 3.$$

Приймається найближче менше ціле число $n_e = 3$ шт.

Середньозважений коефіцієнт використання активної потужності для ЕП СРШ3 визначається за формулою (2.14)

$$K_{в.св} = \frac{14,85}{22,5} = 0,66.$$

З таблиці джерела [2] $n_e = 2$ шт. і $K_{в.св} = 0,66$ коефіцієнт розрахункового активного навантаження $K_{p,a} = 1$. При $n_e < 10$ шт. коефіцієнт розрахункового реактивного навантаження приймається $K_{p,p} = 1,17$.

Розрахункове силове активне навантаження ЕП СРШ3 визначається за формулою (2.16)

$$P_{p,2} = 1,17 \cdot 14,85 = 17,37 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове реактивне навантаження ЕП СРШ3 визначається за формулою (2.17)

$$Q_{p,2} = 1,17 \cdot 11,14 = 12,25 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове силове повне навантаження ЕП СРШ3 визначається за формулою (2.20)

$$S_{p,2} = \sqrt{17,37^2 + 12,25^2} = 21,26 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм ЕП СРШ3 визначається за формулою (2.21)

$$I_{p,2} = \frac{21,26}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 32,3 \text{ А.}$$

Навантаження на інші СРШ визначається аналогічно.

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні

На третьому рівні електропостачання кількість ЕП ще більша, ніж на другому рівні електропостачання. Результируюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде або більше (у разі малої кількості ЕП), або менше (у разі значної кількості ЕП) середнього навантаження за максимально завантаженою зміну, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ і розрахункових реактивних навантажень $K'_{p.p}$ [15].

На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ також залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньовиваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{в.ср}$ та сталої часу нагрівання мережі T_o , яка приймається $T_o = 2,5$ год.

На третьому рівні електропостачання через значну кількість ЕП допускається величину ефективного числа ЕП n_e визначати за спрощеною формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m p_{ном.i}}{p_{ном.макс.}}, \quad (2.26)$$

де m — усі ЕП (без резервних), які живляться від шин НН ЦТП або ШМА;
 $p_{ном.макс.}$ — номінальна активна потужність найбільш потужного ЕП усієї групи.

Якщо знайдене за формулою (2.26) значення $n_e > n$, то приймається $n_e = n$. Значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

Середньозважений коефіцієнт використання активної потужності визначається за формулою (2.14), але для всіх працюючих ЕП кількістю m .

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ наводяться у відповідній довідковій технічній літературі [15].

На третьому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{p.з}$ визначається за формулою:

$$P_{p.з} = K'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^m k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^m p_{зм.i}. \quad (2.27)$$

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

На третьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ та коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K'_{p,p}$ приймаються рівними ($K'_{p,a} = K'_{p,p}$), тому розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p,3}$ визначається як:

$$Q_{p,3} = K'_{p,p} \cdot \sum_{i=1}^m k_{в,i} \cdot P_{ном,i} \cdot tg\phi_{ном,i} = P_{p,3} \cdot tg\phi_{св}, \quad (2.28)$$

де $tg\phi_{св}$ відповідає середньовиваженому значенню коефіцієнта потужності $cos\phi_{св}$.

Розрахункове силове повне навантаження цеху на третьому рівні електропостачання можна визначити так:

$$S_{p,3} = \sqrt{P_{p,3}^2 + Q_{p,3}^2}. \quad (2.29)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p,3} = \frac{S_{p,3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.30)$$

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

Розрахунок. Величина ефективного числа ЕП n_e визначається за спрощеною формулою (2.26)

$$n_e = \frac{2 \cdot (P_{ном,СРШ1} + P_{ном,СРШ2} + P_{ном,СРШ3} + P_{ном,СРШ4} + P_{ном,СРШ5})}{P_{ном,макс.}}$$

$$n_e = \frac{2 \cdot (74 + 16 + 22,5 + 66 + 22)}{18,5} = 21,67 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $n_e = 21$ шт.

Середньозважений коефіцієнт використання активної потужності для всіх ЕП цеху розраховується за формулою (2.14)

$$K_{в,св} = \frac{P_{см,СРШ1} + P_{см,СРШ2} + P_{см,СРШ3} + P_{см,СРШ4} + P_{см,СРШ5}}{P_{ном,\Sigma}}$$

$$K_{в,св} = \frac{37 + 8 + 14,85 + 33 + 20,9}{200,5} = 0,567.$$

Коефіцієнт розрахункового активного навантаження для обчислених вище $n_e = 21$ шт. і $K_{в,св} = 0,567$ з таблиці приймається $K'_{p,a} = 1$. За формулою (2.27) розрахункове силове активне навантаження на третьому рівні електропостачання:

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{p.3} = 1 \cdot 113,75 = 113,75 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове реактивне навантаження визначається за формулою (2.27), ураховуючи, що $K'_{p.a} = K'_{p.p} = 1$,

$$Q_{p.3} = K_{p.p} \cdot (Q_{см.СРШ1} + Q_{см.СРШ2} + Q_{см.СРШ3} + Q_{см.СРШ4} + Q_{см.СРШ5}),$$

$$Q_{p.3} = 1 \cdot (27,75 + 6,0 + 11,14 + 24,75 + 15,68) = 85,31 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове силове повне навантаження визначається за формулою (2.29)

$$S_{p.3} = \sqrt{113,75^2 + 85,31^2} = 142,19 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм на третьому рівні електропостачання визначається за формулою (2.30)

$$I_{p.3} = \frac{142,19}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 216,03 \text{ А.}$$

Розрахункові величини та розрахункові навантаження силових ЕП на третьому рівні електропостачання наводяться в таблиці 2.2.

2.6. Визначення розрахункового навантаження ТП

Розрахункове навантаження на шинах НН ТП (третій рівень електропостачання) необхідне для вибору номінальної потужності трансформаторів і розрахунку потужності пристроїв компенсації реактивної потужності споживача.

До розрахункових активного $P_{p.3}$ і реактивного $Q_{p.3}$ навантажень силових ЕП слід додати розрахункові активне $P_{p.o}$ і реактивне $Q_{p.o}$ навантаження загального робочого освітлення та аварійного освітлення ($P_{p.a.o}$, $Q_{p.a.o}$).

При обчисленні загального розрахункового навантаження ТП з урахуванням розрахункового навантаження загального електричного освітлення цеху приймається коефіцієнт одночасності збігання максимумів навантаження $K_o=1,0$.

Необхідні розрахункові дані беруться з підрозділів 2.3 і 2.4.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальне розрахункове активне навантаження ТП визначається за формулою:

$$P_{p.цТП} = P_{p.з} + P_{p.o} + P_{p.a.o} \quad (2.36)$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ТП можна визначити як:

$$Q_{p.цТП} = Q_{p.з} + Q_{p.o} + Q_{p.a.o} \quad (2.37)$$

Таким чином, загальне розрахункове повне навантажені ТП можна визначити так:

$$S_{p.цТП} = \sqrt{P_{p.цТП}^2 + Q_{p.цТП}^2} \quad (2.38)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p.цТП} = \frac{S_{p.цТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.39)$$

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

Визначення розрахункового навантаження на стороні НН ТП

Розрахункове навантаження аварійного освітлення приймається 10 % від робочого.

Розрахунок. Загальне розрахункове активне навантаження ТП визначається за формулою (2.36)

$$P_{p.цТП} = 113,75 + 7,128 + 0,71 = 121,59 \text{ кВт.}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ТП визначається за формулою (2.37)

$$Q_{p.цТП} = 85,31 + 12,33 + 1,233 = 98,88 \text{ кВАр.}$$

Загальне розрахункове повне навантаження ТП визначається за формулою (2.38)

$$S_{p.цТП} = \sqrt{121,59^2 + 98,88^2} = 156,72 \text{ кВА,}$$

а розрахунковий струм з боку НН ТП за формулою (2.39)

$$I_{p.цТП} = \frac{156,72}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 238,11 \text{ А.}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Результати розрахунків електричних навантажень

Найменування вузла, номер ЕП	Найменування ЕП	Кількість ЕП, п	Номинальна потужність, кВт		К-т використання Кв	Коефіцієнти потужності	
			одного	загальна		cos φ	tan φ
1	2	3	4	5	6	7	8
Н1-Н4	Насоси гідроаккумуляторів технологічної води	4	18,5	74	0,5	1	0,75
Всього по СРШ1		4		74	0,50		
Н5-Н8	Насоси гідроаккумуляторів питної води	4	4	16	0,5	1	0,75
Всього по СРШ2		4		16	0,50		
Н9-Н11	Насоси фільтрів доочистки питної води	3	7,5	22,5	0,66	1	0,75
Всього по СРШ3		3		22,5	0,66		
Н12-Н17	Насоси фільтрації технологічної води	6	11	66	0,5	1	0,75
Всього по СРШ4		6		66	0,50		
Н18-Н21	Насоси системи знезараження та дезінфекції	4	5,5	22	0,95	1	0,75
Всього по СРШ5		4		22	0,95		
3-й рівень		21		200,50	0,57		
Робоче освітлення				7,128		1	1,73
Аварійне освітлення							
Усього							

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 5.6.14.1.352 ПЗ

Арк.

32

Продовження таблиці 2.2.

$K_{вРн}$	$K_{вРн}gJ$	Ефективна кількість ЕП, n_e	К-т розрахункового	Розрахункова потужність якщо $n_e > 10$ то $k=1$, якщо $n_e < 10$ то $k=1,1$			Розрахунковий струм, А
				Активна, кВт	Реактивна , кВАр	Повна, кВА	
9	10	11	12	13	14	15	16
37,00	27,75	1369					
37,00	27,75	4	1,16	42,92	30,53	52,67	80,02
8,00	6,00	64					
8,00	6,00	4	1,16	9,28	6,60	11,39	17,30
14,85	11,14	168,75					
14,85	11,14	3	1,17	17,37	12,25	21,26	32,30
33,00	24,75	726					
33,00	24,75	6	1,13	37,29	27,23	46,17	70,15
20,90	15,68	121					
20,90	15,68	4	1	20,90	17,24	27,09	41,17
113,7 5	85,31	21	1	113,75	85,31	142,19	216,0 3
				7,128	12,33	14,24	21,64
				0,71	1,233		
				121,59	98,88	156,72	238,1 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 5.6.14.1.352 ПЗ

Арк.

33

2.7. Розрахунок пікових струмів

Піковий струм групи ЕП (двох-шести ЕД) напругою до 1 кВ визначається як [8]

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + \sum_1^{n-1} I'_{\text{ном}}, \quad (2.40)$$

де $I_{\text{пуск.макс}}$ - найбільший з пускових струмів одного ЕД у групі за паспортними даними;

$\sum_1^{n-1} I'_{\text{ном}}$ - сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування номінального струму найбільшого за потужністю ЕД.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП напругою до 1 кВ при активно-індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B = 1$ [3]

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{p.2} - k_B \cdot I_{\text{ном.макс}}), \quad (2.41)$$

де $I_{p.2}$ - розрахунковий струм усіх ЕП групи (розрахунковий струм другого рівня електропостачання);

k_B - коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ - номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B = 1$.

Найбільші пускові струми ЕД $I_{\text{пуск.макс}}$ для даної групи вибираються з таблиці 2.1.

Піковий струм групи ЕД, які вмикаються одночасно, дорівнює сумі пускових струмів цих ЕД.

Пікова (пускова) потужність визначається так:

$$S_{\text{пik(пуск)}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пik(пуск)}}, \quad (2.42)$$

де $I_{\text{пik}}$ - піковий струм, який визначається за формулами (2.40) і (2.41), а пусковий струм $I_{\text{пуск}}$ за формулою (2.12).

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як прилад, розрахуємо пікові струми від ЕП радіальної лінії до СРШ4 для схеми, яка наведена на рисунку 2.1.

Від СРШ4 живляться, відповідно, 6 насосів фільтрації технологічної води Н12-Н17. Найпотужніший електроприймач цієї групи ЕП – $P_{номд} = 11,0кВт$, коефіцієнт активної потужності $\cos \phi = 0,8$, коефіцієнт використання $k_B = 0,5$.

Номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B = 1$ і за відсутності паспортних даних ЕД для цієї групи ЕП визначається за формулою (2.11)

$$I_{ном.макс} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 23,21 \text{ А,}$$

а його пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск.макс} = 5 \cdot 23,21 = 116,05 \text{ А.}$$

З підрозділу 2.2 розрахунковий струм другого рівня електропостачання для ЕП СРШ4 $I_{p,2} = 70,15 \text{ А}$.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП визначається за формулою (2.41)

$$I_{пик} = 116,05 + (70,15 - 0,5 \cdot 23,21) = 174,6 \text{ А.}$$

Аналогічно розраховуються пікові струми інших груп ЕП.

Таблиця 2.3 – Розрахунок пікових навантажень

Назва	Дані найпотужнішого ЕП		Струм розрах I_{p2} , А	Коеф. Використання	Піковий струм $I_{пик}$, А
	Струм ном $I_{ном.мах}$, А	Пусковий струм $I_{пуск.мах}$, А			
СРШ1	39,04	195,19	80,02	0,50	255,69
СРШ2	8,44	42,20	17,30	0,50	55,29
СРШ3	15,83	79,13	32,30	0,66	100,99
СРШ4	23,21	116,06	70,15	0,50	174,60
СРШ5	11,61	58,03	41,17	0,95	88,17
ЦРО	23,80	132,18	23,80	0,57	125,99

3. Вибір номінальної потужності трансформаторів ТП

При виборі потужності трансформаторів ТП слід враховувати їх навантажувальну здатність.

Потужність трансформаторів ТП вибирають за розрахунковим навантаженням. Оскільки воно на шинах 0,38 кВ належить до 3-го рівня електропостачання і визначається за середньозмінним навантаженням за найбільш завантажену зміну, то ця умова виконується, тому що потроєна постійна часу трансформатора ($3T_0 = 3 \cdot 2,5 = 7,5$ год) порівняна з тривалістю зміни.

Потужність трансформатора вибирають з урахуванням необхідного резервування всіх ЕП 1-ї категорії надійності та основних ЕП 2-ї категорії в результаті роботи автоматичного вмикання резерву (АВР) на секційному автоматі (контакторі) або вмиканні резервної перемички від сусідньої ПС.

Мінімальна потужність трансформаторів буде в тому випадку, коли через них реактивна потужність не передається, а повністю компенсуються на стороні до 1 кВ. Це базовий варіант, при якому розрахункове реактивне навантаження ТП $Q_{рцТП}$ дорівнює встановленню всієї потужності низьковольтних конденсаторів (НК) $Q_{н.к.}$

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження трансформатора P_T за емпіричною формулою [5,18]

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.p} = \frac{P_{р.цТП}}{N \cdot \beta}, \text{кВА} \quad (3.1)$$

де $S_{ном.Т.p}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>						36	95
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>							
<i>Консульт.</i>									
<i>Н.контроль</i>									
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>					СумДУ, ЕТЗ-61С		

$P_{p.ЦТП}$ - сумарне розрахункове активне навантаження ТП з підрозділу 2.6;

N - кількість трансформаторів ТП.

Вибирається найближча більша стандартна номінальна потужність трансформатора [2].

3.1. Вибір силових трансформаторів для насосної станції

Первинна напруга трансформатора 6 кВ.

Через те що ЕП належать до 2-ї категорії надійності, приймається двохтрансформаторної КТП і коефіцієнт завантаження трансформатора $\beta_T=0,7$.

За формулою (3.1)

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.p} = \frac{156,72}{2 \cdot 0,7} = 111,94 \text{ кВА.}$$

Вибираємо трансформатор з номінальною потужністю $S_{ном.Т} = 160$ кВА типу ТМГ-160/6/0,4 (з гофрованими стінками без розширювального бака).

3.2. Визначення потужності конденсаторних установок 0,4 кВ

Оскільки в більшості випадків $S_{ном.Т} > S_{ном.Т.p}$, то через вибрані трансформатори 6/0,4 кВ доцільно передавати реактивну потужність від її джерел 6 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження β_T . Ця реактивна потужність визначається як [8]

$$Q_T = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_{ном.Т})^2 - P_{p.ЦТП,квар}^2} \quad (3.2)$$

Якщо під коренем величина зі знаком мінус, то приймають $Q_T = 0$.

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

$$Q_{н.к} = Q_{p.ЦТП} - Q_T, \text{ квар,} \quad (3.3)$$

де $Q_{p.ЦТП}$ — сумарне розрахункове реактивне навантаження ТП з підрозділу 2.6, кВАр.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо $Q_{НК} < 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4 кВ не потрібно.

Якщо цехова живильна мережа виконується тільки кабелями, то комплектні конденсаторні установки (ККУ) рекомендується приєднувати до шин розподільного пристрою НН цехової ПС [4]. Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності ККУ $Q_{н.к.ст}$, яка вибирається зі спеціальної технічної літератури (каталогів заводів-виготовлювачів) та з таблиці Л. 2 додатка Л [2]. При двох трансформаторах на ПС кількість ККУ має бути парною.

Некомпенсовану реактивну потужність визначають за формулою:

$$Q_{неск} = Q_{н.к} - Q_{н.к.ст}. \quad (3.4)$$

Вибираємо необхідну потужність ККУ, яка приєднана до шин НН

За формулою (3.2) через трансформатор з коефіцієнтом завантаження трансформатора $\beta_T = 0,7$ зі сторони 6 кВ у мережу напругою до 1 кВ передається така реактивна потужність:

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 160)^2 - 121,59^2} = 188,127 \text{ кВАр}.$$

За формулою (3.3) потужність НК з конденсаторами номінальною напругою 0,4 кВ:

$$Q_{Н.К} = 98,88 - 188,127 = -89,247 \text{ кВАр}.$$

$Q_{НК} < 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4 кВ не потрібно.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4. Вибір перерізу провідників

У даній роботі бакалавра вибору підлягають перерізи таких провідників:

- кабельні лінії напругою 6кВ, які з'єднують трансформатори цехових ПС з шинами РП;
- усїєї силової живильної мережі до 1 кВ;
- розподільної мережі від СРШ до ЕП.

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

Вибір перерізу провідників у загальному випадку визначається за економічною густиною струму, нагріванням, втратами й відхиленнями напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю (природно, що ізоляція провідників має відповідати класу напруги) [8, 14].

4.1. Вибір шинопровода

Комплектні шинопроводи типу ШМА вибирають за струмом форсованого режиму силового трансформатора, до якого вони приєднані, за формулою:

$$I_{ном.ШМА} \geq I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{ном.Т.2}, A \quad (4.14)$$

де $I_{ном.ШМА}$ - номінальний струм шинопроводу;

I_{ϕ} – струм форсованого режиму,

$K_{рез}$ – коефіцієнт резервування, який враховує тривале перевантаження трансформатора залежно від кількості трансформаторів на ПС і умов резервування на стороні НН;

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>					39	95
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>				СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Консульт.</i>								
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

$I_{ном.Т.2}$ – номінальний вторинний струм трансформатора.

Номінальний вторинний струм трансформатора визначається як:

$$I_{ном.Т.2} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{нлм.Т.2}}, A, \quad (4.15)$$

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

$U_{нлм.Т.2}$ – номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ.

Вибрати переріз ШМА, який живить ЕП 2-ї категорії надійності цеху.

ШМА є продовженням розподільного пристрою НН двох-трансформаторної КТП з номінальною потужністю трансформаторів $S_{ном. Т} = 160$ кВА. Резервування на стороні НН не передбачене ($K_{рез} = 1,4$).

Розрахунок. Номінальний вторинний струм трансформатора КТП за формулою (4.15)

$$I_{ном.Т.2} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 243,09 A.$$

З [11] або таблиці Ж.6 додатка Ж [2] вибирається шинопровід типу ШМА4-1250-44-1УЗ. За формулою (4.14)

$$I_{ном.ШМА} = 1250 A \geq I_{ф} = 1,4 \cdot 340,33 = A.$$

Умова виконується.

В якості розподільчого пристрою прибудованої ТП планується використати комплектний низьковольтний пристрій типу «ДНІПРО» (виробництва «ДАК-Енергетика»). Для комплектації шаф НКУ «Дніпро» використовується високоякісне сучасне електрообладнання кращих світових виробників таких, як Moeller, ABB, Schneider Electric, FINDER, Weidmuller, Phoenix Contact, Legrand та інших.

4.2. Вибір перерізу провідників мережі живлення 0,4 кВ

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Як критерій допустимості того чи іншого режиму за нагріванням використовують сумарний вплив на строк служби провідника максимальної температури й тривалості зносу ізоляції за розглянутий період. При різких піках навантаження більшу небезпеку становить можливість перевищення максимально допустимої температури, якщо графік навантаження рівномірний, більшу вагу має складова теплового зносу ізоляції. Гранично допустима температура нагрівання провідників наведена в таблиці 4.1.

4.2.1. Вибір перерізу кабелів

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

$$I'_{\text{дон}} \geq I_{p,2}, A, \quad (4.8)$$

де $I_{p,2}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

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

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{нр}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{дон}}, A, \quad (4.9)$$

					БР 5.6.141.352 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{\text{попр}} = 0,92$ (поправковий коефіцієнт $K_{\text{попр}}$ уводиться при визначенні $I_{\text{дон}}$ для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.7 ПУЭ як для трижильних кабелів.

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

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

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

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{\text{р.2}} \cdot R_{\text{кб}} + Q_{\text{р.2}} \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \% \quad (4.10)$$

де $P_{\text{р.2}}$ і $Q_{\text{р.2}}$ - максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

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

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

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами:

$$R_{\text{кб}} = r_n \cdot l_{\text{кб}}, \quad (4.11)$$

$$X_{\text{кб}} = x_n \cdot l_{\text{кб}}, \quad (4.12)$$

де r_n і x_n - активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км (наводяться в довідниках);

$l_{\text{кб}}$ - довжина кабелю, км.

Таким чином, остаточно за умовами нагрівання вибирається лише той переріз кабелю, для якого тривалий допустимий струм буде більший у

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формулі (4.9), а також виконуються умови допустимої втрати напруги й відповідності до захисного апарата.

При виборі перерізу кабелів іноді замість одного кабелю більшого перерізу доцільно вибрати два (навіть три) кабелі меншого перерізу, що полегшує умови прокладення. Крім того, допустимий струм кабелю більшого перерізу менше ніж у двох (трьох) кабелів такого самого сумарного перерізу [2].

4.2.2. Розрахунок перерізів кабелів мережі живлення

Для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н} = 70$ °С, нормована температура середовища при прокладці в повітрі $T_{сеп.н} = 25$ °С. Тоді за формулою (4.5) коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища:

$$K_{сеп} = \sqrt{\frac{70-20}{70-25}} = 1,05.$$

З таблиці 1.3.3 ПУЕ коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища також $K_{сеп} = 1,05$.

При прокладці кабелю всередині приміщення цеху коефіцієнт поправки $K_{пр} = 1$.

З таблиці 2.2 розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання лінії, яка живить СРШ5, $I_{р.2} = 41,17$ А.

З таблиці [2] для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 16$ мм² допустимий струм $I_{доп} = 60$ А. За формулою (4.9)

$$I'_{доп} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 60 = 57,96A$$

Таким чином, $I'_{доп} = 57,96A \geq I_{р.2} = 41,17 A$.

$I'_{доп} = 57,96A \geq I_{р.5} = 41,17A$ Умова виконується.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З таблиці 2.2 розрахункове активне навантаження 2-го рівня електропостачання $P_{p.5} = 20,9 \text{ кВт}$, розрахункове реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання $Q_{p.5} = 17,24 \text{ кВт}$.

З таблиці [2] для кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{СТ} = 16 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори кабелю: $r_n = 1,95 \text{ мОм/м}$, $x_n = 0,0675 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{кб} = 18 \text{ м}$. Тоді за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{кб} = 1,95 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,035 \text{ Ом.}$$

$$X_{кб} = 0,0675 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом.}$$

За формулою (4.10)

$$\Delta U_{кб} = \frac{20,9 \cdot 0,035 + 17,24 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,38^2} = 0,52\%.$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5%), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибирається чотирижильний кабель АВВГ-4х16.

Переріз кабелів живильної мережі до ПРЄ цеху (СРШ1, СРШ2, СРШ3, СРШ4, СРШ5, ЩРО), вибирається аналогічно, як і до СРШ5. Розрахунок втрат напруги також проводиться аналогічно. Результати розрахунків зведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Вибір перерізу кабелів живильної мережі ділянок

Кабель до ПРЄ	$S_{СТ}, \text{ мм}^2$	$I_{доп}, \text{ А}$	$I_{р.2}, \text{ А}$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип кабелю	Довжина, м
До ЩРО	10	40,572	21,64	0,05	АВВГ 4х10	16
До СРШ1	35	86,94	80,02	1,03	АВВГ 4х35	37
До СРШ2	10	40,572	17,30	0,22	АВВГ 4х10	35
До СРШ3	10	40,572	32,30	0,25	АВВГ 4х10	30
До СРШ4	25	72,45	70,15	0,74	АВВГ 4х25	30
До СРШ5	16	57,96	41,17	0,52	АВВГ 4х16	18

4.2.3. Вибір перерізу провідників розподільної мережі 0,4 кВ

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

$$I'_{доп} \geq I_{p,1}, A, \quad (4.27)$$

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

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

Для остаточного вибору перерізу проводу слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимою втратою напруги. Переріз провідників приймається найбільшим за вище наведеними вимогами.

За умовою механічної міцності мінімальний переріз алюмінієвих проводів - 2,5 мм², мідних - 1,5 мм².

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{np} = \frac{p_{P,1} \cdot R_{np} + q_{P,1} \cdot X_{np}}{10 \cdot U_{ном}^2}, \% \quad (4.28)$$

де $p_{P,1}$ і $q_{P,1}$ - розрахункові активне і реактивне навантаження 1-го рівня електропостачання ЕП відповідно, кВт і квар;

R_{np} і X_{np} - активний і реактивний опори проводів відповідно, Ом;

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

Активний і реактивний опори проводів обчислюють за формулами:

$$R_{np} = r_n \cdot l_{np}, \quad (4.29)$$

$$X_{np} = x_n \cdot l_{np}, \quad (4.30)$$

де r_n і x_n - активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км (наводяться в довідниках);

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l_{np} - довжина кабелю, км.

4.2.4. Вибір проводів від СРШ до ЕП

Приймаємо марку 4-х жильного кабелю АВВГ, прокладення кабелів у сталевій трубі, фактичну температуру навколишнього середовища $T_{сер}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н}=65\text{ }^{\circ}\text{C}$, нормована температура середовища при прокладенні в землі $T_{сер.н}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тоді за формулою (4.5) коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища $K_{сер}=0,95$. З таблиці 1.3.3 ПУЕ коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища також $K_{сер}=0,95$.

При прокладенні кабелю всередині приміщення цеху в сталевих трубах коефіцієнт умов середовища $K_{тр}=1$, бо в довідкових таблицях ураховуються умови прокладки залежно від кількості проводів у трубі.

Для насосу Н1 з таблиці 2.1 $\cos \phi=0,8$, ККД приймається $\eta_{номд}=0,9$.

Номінальний струм визначається за формулою (2.11)

$$I_{ном.д} = \frac{18,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 48,8 \text{ A.}$$

З каталогу заводу виробника Южкабель (часто буває, що дані на конкретну продукцію конкретного виробника відрізняються від значень ПУЕ, тому прийmemo менший допустимий струм), для АВВГ-4х16 допустимий струм для стандартних умов $I_{доп}=62\text{ A}$. Допустимий струм з урахуванням умов навколишнього середовища й умов прокладення визначається за формулою (4.4)

$$I'_{доп} = 0,95 \cdot 1 \cdot 62 = 58,9 \text{ A.}$$

За формулою (4.27)

$$I'_{доп} = 58,9 \text{ A} \geq I_{p.1} = I_{ном.д} = 48,8 \text{ A.}$$

Умова виконується.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова механічної міцності також виконується ($16 \text{ мм}^2 > 2,5 \text{ мм}^2$).

З таблиці [2] для кабелів зі струмопровідною жилою $S_{\text{СТ}} = 16 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори: $r_{\text{п}} = 1,95 \text{ мОм/м}$, $x_{\text{п}} = 0,0675 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю до насосу Н1 $l_{\text{пр}} = 17 \text{ м}$. Тоді за формулами (4.29) і (4.30)

$$R_{\text{пр}} = 1,95 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,033 \text{ Ом.}$$

$$X_{\text{пр}} = 0,068 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом.}$$

Для насосів при $\text{tg} \phi_{\text{ном.д}} = 0,75$, який відповідає $\cos \phi_{\text{ном.д}} = 0,8$, за формулою (2.8) розрахункове реактивне навантаження першого рівня електропостачання:

$$q_{\text{р.1}} = 18,5 \cdot 0,75 = 13,88 \text{ кВАр.}$$

Вибраний стандартний переріз проводу перевіряється на втрату напруги за формулою (4.28)

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{18,5 \cdot 0,033 + 13,88 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,38^2} = 0,69\%.$$

Оскільки величина втрат напруги в проводі не перевищує допустимої (5 %), то переріз проводу вибраний правильно.

Для прокладання кабелю при підході до насосу, необхідно обрати захисну металеву трубу відповідного діаметру.

Переріз проводів розподільної мережі до інших ЕП вибирається аналогічно. Перевірка на втрати напруги, вибір діаметру сталевих труб також здійснюється аналогічно.

Результати розрахунків наводяться в таблиці 4.3.

План розміщення електричної мережі насосної наведений у додатку Б.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Вибір перерізу проводів розподільної мережі від СРШ до електроприймачів

Лінія до ЕП	$I_{р.1}, A$	$I'_{доп}$	$I_{доп}$	$S_{СТ}$	Довжина, м	R	X	R_k	X_k	Втрати напруги, %	Марка кабелю
Н1	35,13	39,9	42	10	17	3,12	0,073	0,053	0,001	0,69	АВВГ-4х10
Н2	35,13	39,9	42	10	16	3,12	0,073	0,050	0,001	0,65	АВВГ-4х10
Н3	35,13	39,9	42	10	15	3,12	0,073	0,047	0,001	0,61	АВВГ-4х10
Н4	35,13	39,9	42	10	14	3,12	0,073	0,044	0,001	0,57	АВВГ-4х10
Н5	7,60	18,05	19	2,5	14	12,5	0,104	0,175	0,001	0,49	АВВГ-4х2,5
Н6	7,60	18,05	19	2,5	13	12,5	0,104	0,163	0,001	0,45	АВВГ-4х2,5
Н7	7,60	18,05	19	2,5	5	12,5	0,104	0,063	0,001	0,17	АВВГ-4х2,5
Н8	7,60	18,05	19	2,5	4	12,5	0,104	0,050	0,000	0,14	АВВГ-4х2,5
Н9	14,24	18,05	19	2,5	6	12,5	0,104	0,075	0,001	0,39	АВВГ-4х2,5
Н10	14,24	18,05	19	2,5	6	12,5	0,104	0,075	0,001	0,39	АВВГ-4х2,5
Н11	14,24	18,05	19	2,5	9	12,5	0,104	0,113	0,001	0,59	АВВГ-4х2,5
Н12	20,89	24,7	26	6	12	5,21	0,09	0,063	0,001	0,48	АВВГ-4х6
Н13	20,89	24,7	26	6	11	5,21	0,09	0,057	0,001	0,44	АВВГ-4х6
Н14	20,89	24,7	26	6	11	5,21	0,09	0,057	0,001	0,44	АВВГ-4х6
Н15	20,89	24,7	26	6	12	5,21	0,09	0,063	0,001	0,48	АВВГ-4х6
Н16	20,89	24,7	26	6	17	5,21	0,09	0,089	0,002	0,68	АВВГ-4х6
Н17	20,89	24,7	26	6	18	5,21	0,09	0,094	0,002	0,72	АВВГ-4х6
Н18	10,45	18,05	19	2,5	14	12,5	0,104	0,175	0,001	0,67	АВВГ-4х2,5
Н19	10,45	18,05	19	2,5	12	12,5	0,104	0,150	0,001	0,57	АВВГ-4х2,5
Н20	10,45	18,05	19	2,5	10	12,5	0,104	0,125	0,001	0,48	АВВГ-4х2,5
Н21	10,45	18,05	19	2,5	12	12,5	0,104	0,150	0,001	0,57	АВВГ-4х2,5

4.3. Вибір перерізу КЛ 6 кВ

Вибір перерізу кабельної лінії напругою 6 кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження і на стійкість за аварійним режимом. Перевірку за умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно, бо мінімальний переріз алюмінієвої жили для кабелів становить 2,5 мм², мідної — 1,5 мм², що відповідає мініимальному перерізу провідника.

4.3.1. Вибір КЛ за нормальним режимом

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

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.Т.1}} = \frac{S_{\text{ном.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.Т.1}}}, \text{ А}, \quad (4.1)$$

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

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

Економічно вигідний переріз кабелів визначається як:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2, \quad (4.2)$$

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

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

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

4.3.2. Перевірка КЛ за максимальним режимом

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навколишнього середовища від стандартних умов $I_{\text{доп}}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{\text{пер}}$, які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 ПУЭ, порівнюють зі струмом його форсованого режиму I_{Φ} з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{\text{рез}}$:

$$K_{\text{пер}} \cdot I'_{\text{доп}} \geq I_{\Phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{норм}}, A, \quad (4.3)$$

При проектуванні у вихідних даних не задається графік навантаження ЕП цеху, тому ми приймаємо коефіцієнт допустимого перевантаження $K_{\text{пер}} = 1$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 6 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}}, A, \quad (4.4)$$

де $K_{\text{сер}}$ - поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної (таблиця 1.3.3 ПУЕ);

$K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт поправки на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ);

$I_{\text{доп}}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (для однієї окремої лінії; стандартних температур для землі та води $+15^{\circ}\text{C}$ і $+25^{\circ}\text{C}$ для повітря) залежно від матеріалу жил, їх ізоляції, способу прокладання, А (таблиці).

Коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища $K_{\text{сер}}$ можна також обчислити за формулою:

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}}, \quad (4.5)$$

де $T_{\text{ж.н}}$, $T_{\text{сер.н}}$ - нормовані тривало допустимі температури жили та середовища відповідно;

$T_{\text{сер}}$ - фактична температура навколишнього середовища (у даній роботі приймається залежно від реальних даних).

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Допустимі температури провідників у нормальному, форсованому та аварійному режимах

Вид провідника	Допустима температура жили $T_{ж.Н}$, °С		
	тривала за нормами	короткотривала при перевантаженнях	гранична при коротких замиканнях
Кабелі з паперовою просоченою ізоляцією:			
- до 1 кВ	80	125	200
- 6 кВ	65	100	200
- 10 кВ	60	90	200
Кабелі і проводи з ізоляцією:			
- гумовою звичайною	55	100	150
- гумовою теплостійкою	65	110	150
- полівінілхлоридною	70	90	150
- поліетиленовою	70	80	120

Допустимі температури нагрівання провідників залежать від їх конструкції та режиму (таблиця 4.1).

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

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю, щоб вона виконувалась.

4.3.3. Перевірка КЛ на термічну стійкість

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

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

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{I_K^2 t}}{C} = \frac{I_K \sqrt{t}}{C}, \text{ мм}^2, \quad (4.6)$$

де B_K - тепловий імпульс струму КЗ, A^2c ;

C - температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури кабелю (наводиться в довідниках), $A c^{1/2} / \text{мм}^2$;

$I_K = I_{П.0}$ - початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, A ;

t - дійсний час вимикання КЗ, c .

Величина дійсного часу вимикання КЗ t складається з часу дії основного релейного захисту (РЗ) $t_{\text{зах}}$. часу вимикання вимикача $t_{\text{вимик.в}}$ (можна прийняти $t_{\text{вимик.в}} = 0,05$ с) і сталої часу аперіодичної складової струму КЗ ($T_a = 0,05$ с)

$$t = t_{\text{зах}} + t_{\text{вимик.в}} + T_a, \text{ с}, \quad (4.7)$$

На лініях до ЦТП, які відходять від шин РП, застосовується двоступеневий струмовий РЗ, який складається зі струмової відсічки (СВ) і максимального струмового захисту (МСЗ).

Основним захистом для радіальних схем живлення ЦТП без ЕА на ввіді до трансформатора (глухий ввід) при коротких лініях, що характерно для промислових підприємств, є СВ. У цьому випадку дійсний час вимикання КЗ можна прийняти $t = 0,2$ с.

Основним захистом для магістральних схем живлення ЦТП є МСЗ.

Для одноступеневої схеми при магістральному живленні ЦТП від шин ДЖ дійсний час вимикання КЗ можна прийняти $t = 0,6$ с.

Якщо після розрахунку за формулою (4.6) виконується умова $S_{СТ} > S_{\min}$, то залишається стандартний переріз кабелю. Якщо в результаті розрахунку $S_{СТ} < S_{\min}$, то необхідно прийняти нове найближче більше значення стандартного перерізу кабелю $S_{СТ} > S_{\min}$. Кабель марки ААБл застосовують досить часто. Він має алюмінієві жили, паперову просочену масло-каніфольною масою ізоляцію, алюмінієву оболонку, броньований

										Арк.
										52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

двома сталевими стрічками та зовнішній поверхневий полівінілхлоридний покрив.

4.3.4. Вибір перерізу кабелю напругою 6 кВ від РП до ТП

Номінальна потужність трансформатора $S_{ном.Т} = 160$ кВА. Резервування на стороні передбачене. КТП розташовується в прибудованому до будівлі насосної станції приміщенні. Від КТП живляться ЕП 2-ї категорії. Тому приймається кількість годин використання максимуму навантаження за рік $T_{макс} = 5000$ год/рік, коефіцієнт допустимого перевантаження кабелю $K_{пер} = 1$, марка кабелю ААБл, температура навколишнього середовища (землі) $T_{сер} = 20$ °С, початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ у максимальному режимі на шинах РП $I_{п.0} = 6$ кА.

Розрахунок. За формулою (4.1) визначається номінальний первинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т.1} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 6} = 15,4 \text{ А.}$$

Для кабелів із паперовою ізоляцією з алюмінієвими жилами при $T_{макс} = 5000$ год/рік економічна густина струму $J_{ек} = 1,2$ А/мм². За формулою (4.2) економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи:

$$S_{ек} = \frac{15,4}{1,2} = 12,83 \text{ мм}^2.$$

Вибирається найближчий більший стандартний переріз кабелю $S_{СТ} = 35$ мм².

При нормованій тривало допустимій температурі кабелю марки ААБл напругою 6 кВ $T_{ж.н} = 65$ °С, нормованій тривало допустимій температурі

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

середовища $T_{сер н} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ і фактичній температурі навколишнього середовища $\Gamma_{сер} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища за формулою (4.5)

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{65-20}{65-15}} = 0,95.$$

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

Коефіцієнт, що враховує кількість кабелів при прокладці кабелю всередині приміщення цеху приймається $K_{np} = 1$.

При прокладці в землі для трижильних кабелів марки ААБл напругою 6кВ і перерізом жили 35 мм² допустимий тривалий струм $I_{дон} = 121 \text{ А}$. За формулою (4.4)

$$I_{дон} = 0,95 \cdot 1 \cdot 121 = 114,95 \text{ А}.$$

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

Умова перевірки перерізу кабелю в режимі максимального навантаження за формулою (4.3) виконується:

$$1 \cdot 114,95 = 114,95 \text{ А} \geq 1,4 \cdot 15,4 = 21,56 \text{ А}.$$

$$114,95 \text{ А} \geq 21,56 \text{ А}$$

Для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією при напрузі 6 кВ приймається температурний коефіцієнт $C = 92 \text{ Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для радіальної схеми живлення КТП без ЕА на ввіді до трансформатора (глухий ввід) при коротких лініях дійсний час вимикання КЗ приймається $t = 0,2$ с.

Найменший переріз кабелю, який є термостійким до струмів КЗ, визначається за формулою (4.6)

$$S_{\min} = \frac{6000 \cdot \sqrt{0,2}}{92} = 29,166 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, $S_{\text{СТ}} = 35 \text{ мм}^2 > S_{\min} = 29,166 \text{ мм}^2$, тому вибирається кабель ААБл-6 (3х35). 4.1. Вибір перерізу КЛ 6 кВ.

Вибір перерізу кабельної лінії напругою 6 кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження і на стійкість за аварійним режимом. Перевірку за умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно, бо мінімальний переріз алюмінієвої жили для кабелів становить $2,5 \text{ мм}^2$, мідної — $1,5 \text{ мм}^2$, що відповідає мінімальному перерізу провідник.

					<i>БР 5.6.141.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5. Розрахунок струмів короткого замикання

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

- а) визначити величину струмів КЗ;
- б) перевірити допустимість цих струмів для вибраних ЕА і струмопровідних частин (якщо струми виявляються більші за допустимі, то потрібно вибрати елемент, що має більшу стійкість або обмежити струми шляхом збільшення індуктивного опору ланцюга);
- в) розрахувати захист для селективного вимикання пошкодженої ділянки.

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

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

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

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

Для перевірки чутливості розрахункові умови відповідають найменшим значенням струмів КЗ у місці установлення захисту (мінімальний

					БР 5.6.141.352 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.					
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>						56	95	
<i>Консульт.</i>								СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>										
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>								

режим роботи живильної енергосистеми, найбільша кількість послідовно ввімкнених елементів між джерелами генерації і точкою КЗ).

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

Таким чином, розрахунковим видом КЗ є:

- при виборі ЕА і провідників за їх стійкістю до дії струмів КЗ - трифазне КЗ;
- при виборі захисту - трьох- і однофазні КЗ [2].

5.1. Розрахунок струмів однофазного КЗ

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес становить мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування захисту (запобіжника, розчеплювача автомата або вимикача чи запобіжника в ланцюзі 6 кВ, якщо захист у ланцюзі 0,38 кВ нечутливий).

Якщо потужність живильної енергосистеми значна ($X_c < 0,1X_T$), початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ «Инструктивные материалы Главгосэнергонадзора» рекомендують визначати за формулою

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{ПТ}}, \quad (5.25)$$

де U_Φ - фазна напруга мережі, В;

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_{ПТ}$ - повний опір петлі «фаза – нуль» від трансформатора до точки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схеми з'єднання трансформаторів приймається з таблиці Н.3 додатка Н[2] або визначається як:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2}, \quad (5.26)$$

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

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

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

Опори трансформатора струмам нульової послідовності значною мірою залежать від схеми з'єднання обмоток трансформатора, тому рекомендується схема «трикутник – зірка з нейтраллю» (Δ/Y_n), у якій порівняно зі схемою «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Y_n) струм однофазного КЗ на шинах НН (до 1 кВ) у 3 рази більший, що сприяє надійному спрацьовуванню захисних апаратів (автоматів).

Якщо живильна енергосистема має обмежену потужність, то значення $Z_T^{(1)}$ збільшується з урахуванням опору енергосистеми [21]

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_C)^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2}. \quad (5.27)$$

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

$$Z_{ПТ} = \sum_{i=1}^n Z_{n,пт,i} \cdot l_i, \quad (5.28)$$

де $Z_{n,пт,i}$ – питомий опір петлі «фаза – нуль» кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ, мОм/м (величини $Z_{n,пт,i}$ наведені в таблицях Н.6-Н.8 додатка Н [2], у довідкових та інших джерелах);

l_i – довжина i -ї ділянки, м.

Опори контактів шин, апаратів, ТС не враховуються, бо обчислення за формулою (5.25) дає деякий запас для струму внаслідок арифметичного додавання $Z_T^{(1)}/3$ і $Z_{ПТ}$.

Свинцеві оболонки кабелів як заземлюючі провідники використовувати не дозволяється. Для вибухонебезпечних приміщень на допоміжні провідники занулення (алюмінієві оболонки кабелів, сталеві смуги) у розрахунковій схемі не зважають.

Для більш точного визначення струмів однофазних КЗ, крім опорів трансформатора й зовнішньої живильної мережі, ураховують сумарний активний і індуктивний опори петлі «фаза-нуль», що містять опори шинопроводів, апаратів і перехідних опорів, починаючи від нейтралі знижувального трансформатора, а також опір дуги.

З урахуванням опору мережі понад 1 кВ (опорів трансформатора і живильної мережі X_c і R_c), перехідних активних опорів контактів і опору дуги фактичне значення струму однофазного КЗ буде меншим, тому в разі необхідності більш точного визначення струму (наприклад, якщо його величина близька до уставок спрацьовування захисту) за будь-якої потужності живильної енергосистеми користуються формулою [21]

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_\Sigma^{(1)}}{3} + Z_{ПТ}} \quad (5.29)$$

Величина $Z_\Sigma^{(1)}$ з урахуванням перехідних активних опорів контактів $R_k = 15$ мОм обчислюється як [2]

$$Z_\Sigma^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_c + 3R_{ПТ})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_c)^2} \quad (5.30)$$

Визначаємо струм однофазного КЗ у точках К1, К2 і К3 для схеми на рисунку 5.2.

Трансформатор типу ТМЗ-160/6, схема з'єднання обмоток трансформатора «трикутник – зірка з нейтраллю» (Δ/Y_n).

Кабельні лінії:

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

К62: АВВГ-4х35; $I_{к62} = 37\text{М}$;

Кабель до насосу Н1: АВВГ-4х16; $I_{к63} = 17\text{М}$.

Розрахунок. З таблиці Н3 додатка Н [2] для трансформатора з номінальною потужністю 160 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора «трикутник – зірка з нейтраллю» (Δ/Yn) повний опір струму однофазного КЗ $Z_T^{(1)} = 135 \text{ мОм}$. За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ в точці К1:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{135}{3}} = 4,89 \text{ кА}.$$

З таблиці Н7 додатка Н [2] повні питомі опори $Z_{п.пт}$ ланцюга «фаза – нуль» для чотирижильних кабелів та проводів з алюмінієвими жилами такі:
 $Z_{п.пт.к62} = 2,12 \text{ мОм/м}$; $Z_{п.пт.к63} = 4,43 \text{ мОм/м}$.

Повний опір петлі «фаза-нуль» до точки К2 визначається за формулою:

$$Z_{пм.2} = Z_{пм.к62};$$
$$Z_{пм.2} = 2,12 \cdot 37 = 78,44 \text{ мОм}.$$

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

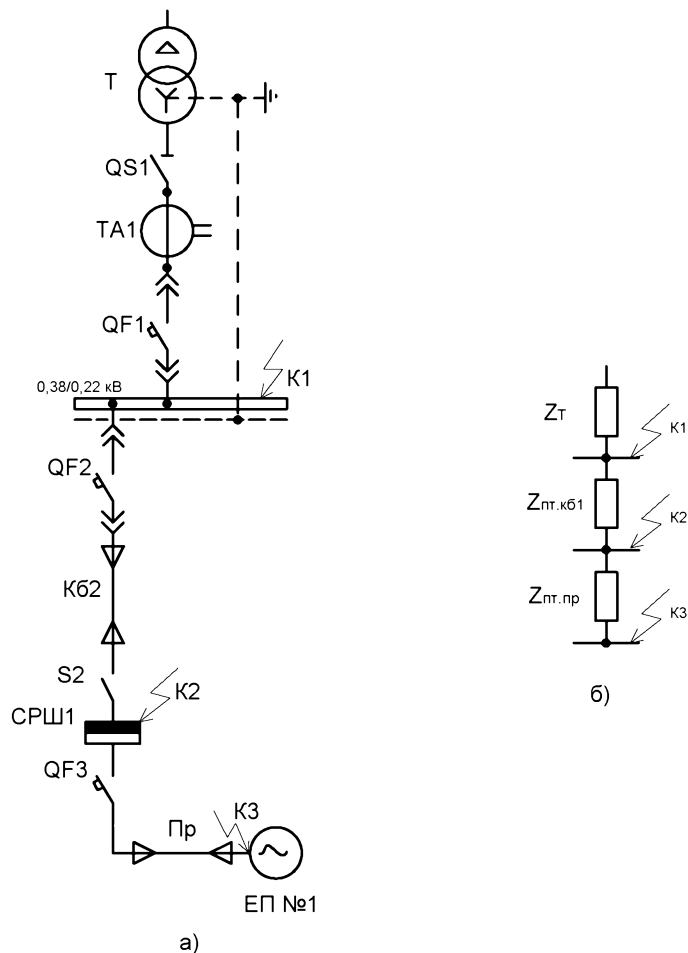


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів однофазного короткого замикання

За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ у точці К2:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{135}{3} + 78,44} = 1,78 \text{ кА.}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» до точки К3 визначається за формулою:

$$Z_{nm.3} = Z_{nm.кб2} + Z_{nm.кб3};$$

$$Z_{nm.3} = 78,44 + 4,43 \cdot 17 = 153,75 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ у точці К3:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{135}{3} + 153,75} = 1,11 \text{ кА.}$$

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку струмів КЗ у різних точках електричної мережі насосної

	№ ЕП	Струм трифазного КЗ, кА					Струм однофазного КЗ, кА		
		КЗ	К2'	К2	К1'	К1	КЗ	К2	К1
СРШ1	Н1	1,58	2,25	2,35	3,55	4,22	1,11	1,78	4,89
	Н2	1,60					1,13		
	Н3	1,62					1,16		
	Н4	1,64					1,19		
СРШ2	Н5	0,81	2,14	2,23			0,31	0,72	
	Н6	0,84					0,32		
	Н7	1,30					0,49		
	Н8	1,39					0,52		
СРШ3	Н9	1,52	2,39	2,49			0,58	0,82	
	Н10	1,52					0,58		
	Н11	1,33					0,51		
СРШ4	Н12	1,36	2,32	2,43			0,78	1,64	
	Н13	1,40					0,82		
	Н14	1,40					0,82		
	Н15	1,36					0,78		
	Н16	1,19					0,64		
	Н17	1,16					0,62		
СРШ5	Н18	0,80	2,10	2,18			0,41	1,76	
	Н19	0,87					0,46		
	Н20	0,96					0,52		
	Н21	0,87					0,46		

5.2. Розрахунок струмів трифазного КЗ

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 електропостачання слід виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевих КЗ, у цьому випадку

перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматів, уставних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;

2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела та ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;

3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів;

4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ можна віднести таке:

- розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;

- початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного

КЗ можна вважати незмінним $I_{n(0)} = I_K^{(3)}$;

- активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Методика розрахунку початкового діючого значення періодичної складової струму КЗ залежить від способу електропостачання — від енергосистеми чи від автономного ДЖ.

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми, схеми заміщення й вибору точок КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми слід приводити до ступеня напруги мережі, на якому знаходиться точка КЗ [2].

Так як відсутні достовірні дані щодо контактів і їх перехідних опорів,

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то при обчисленні струмів КЗ урахуємо їх умовний сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужністю до 1600 кВА включно, згідно з такими рекомендаціями [4]:

а) на розподільних пристроях НН трансформаторів ПС $-R_{K1} = 15 \text{ мОм}$;

б) на первинних цехових розподільних пунктах (СРШ, збірках) і на затискачах ЕА, які живляться радіальними лініями від розподільних пристроїв НН ПС або головних магістралей (ШМА) $-R_{K2} = 20 \text{ мОм}$;

в) на вторинних цехових розподільних пунктах і затискачах ЕА, які живляться від первинних розподільних пунктів $-R_{K3} = 25 \text{ мОм}$;

г) на затискачах ЕА, установлених безпосередньо у ЕП, які живляться від вторинних розподільних пунктів $-R_{K4} = 30 \text{ мОм}$ [2].

Алгоритм визначення струмів трифазного короткого замикання

Визначаємо струм трифазного КЗ у початковий момент часу в електричній мережі напругою цеху в точках К1, К1', К2, К2' і К3 для схеми на рисунку 5.1.

Вихідні дані взяті з попередніх результатів розрахунків і наведені нижче.

Система: $I_{n(0)} = 6 \text{ кА}$, $U_{\text{НОМ.ВН}} = 6 \text{ кВ}$.

Трансформатор типу ТМГ-160/6/0,4: $S_{\text{НОМ Т}} = 630 \text{ кВА}$; $U_{\text{НОМ.ВН}} = 6 \text{ кВ}$;
 $U_{\text{НОМ.НН}} = 0,4 \text{ кВ}$.

Сучасні автоматичні вимикачі (вітчизняного виробництва «PROMFACTOR» м. Кривий Ріг):

QF1 FMC4/3U: $I_{\text{НОМ.а}} = 250 \text{ А}$;

QF2 FMC2/3U: $I_{\text{НОМ.а}} = 100 \text{ А}$;

QF3 FMC1/3U: $I_{\text{НОМ.а}} = 50 \text{ А}$.

Трансформатори струму:

ТА1 з коефіцієнтом трансформації 300/5;

Кабельні лінії:

Мережа 6 кВ - ААБл-3х35; $I_{K61} = 230 \text{ м}$;

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мережа 0,4 кВ - АВВГ-4х35; $I_{к62} = 37\text{м}$;

Кабель до насосу Н1 - АВВГ-4х16; $I_{к62} = 17\text{м}$..

Розрахунок. Базисна напруга ступеня в електричній мережі напругою до 1 кВ

$$U_{б} = 1,05 \cdot U_{ном.нн} = 1,05 \cdot 380 = 400\text{В.}$$

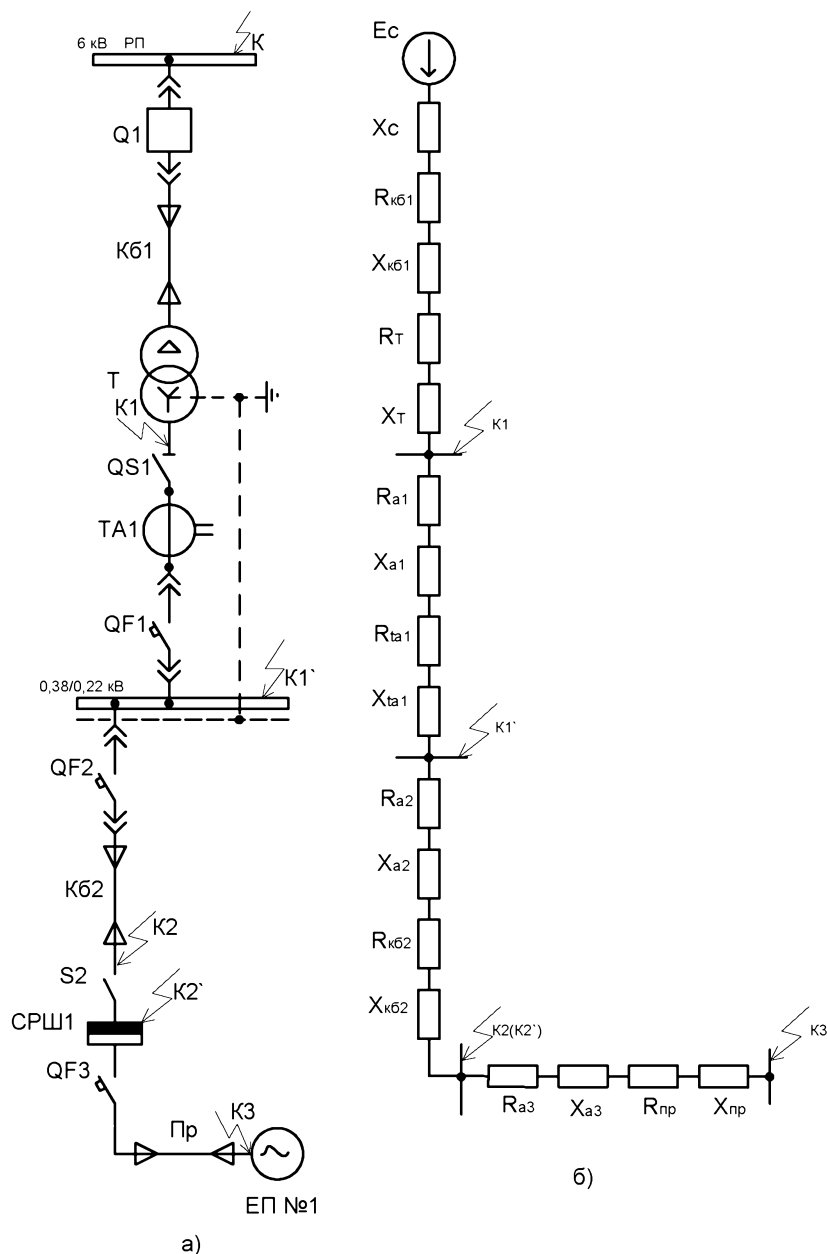


Рисунок 5.1 - Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів трифазного короткого замикання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1 етап: Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

1) Індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН, визначається за формулою:

$$X_C = \frac{U_{\text{ном.серНН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ном.серВН}}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 6300} = 2,44 \text{ мОм.}$$

2) У таблиці М.11 додатка М [2] для кабельної лінії напругою 6 кВ (ААБл-3х35) питомі опори такі: $r_{\text{л}} = 0,894 \text{ мОм/м}$; $x_{\text{л}} = 0,087 \text{ мОм/м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_{\text{кб.1}} = r_{\text{л}} \cdot l_{\text{кб.1}} \frac{U_{\text{ном.серНН}}}{U_{\text{ном.серВН}}} = 0,894 \cdot 230 \frac{400}{6000} = 13,708 \text{ мОм,}$$

$$X_{\text{кб.1}} = x_{\text{л}} \cdot l_{\text{кб.1}} \frac{U_{\text{ном.серНН}}}{U_{\text{ном.серВН}}} = 0,087 \cdot 230 \frac{400}{6300} = 1,334 \text{ мОм}$$

3) За паспортними даними трансформатора ТМГ-160/6/0,4кВ приймаються втрати КЗ $P_{\text{к.ном}} = 2,65 \text{ кВт}$, напруга КЗ $u_{\text{к}} = 4,5 \%$. Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{\text{к.ном}} \cdot U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}^2} \cdot 10^6 = \frac{2,65 \cdot 0,4^2}{160^2} \cdot 10^6 = 16,56 \text{ мОм;}$$

$$X_T = \sqrt{u_{\text{к}}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{к.ном}}}{S_{\text{ном.Т}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}} \cdot 10^4 =$$
$$= \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 2,65}{160} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^4 = 41,84 \text{ мОм}$$

4) З таблиці Н.1 додатка Н [2] для автомата QF1 (350А) приймається $R_{\text{а.1}} = 0,65 \text{ мОм}$; $X_{\text{а.1}} = 0,17 \text{ мОм}$.

5) З таблиці Н.2 додатка Н [2] для ТС (ТА1) з коефіцієнтом трансформації 400/5 для класу точності 1 приймається $R_{\text{та1}} = 0,11 \text{ мОм}$; $X_{\text{та1}} = 0,17 \text{ мОм}$.

									Арк.
									66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6) з таблиці Н.1 додатка Н [2] для автомата QF2 приймається

$$R_{a.2} = 2,15 \text{ мОм}; X_{a.2} = 1,2 \text{ мОм}.$$

7) з таблиці М.11 додатка М [2] для кабельної лінії напругою до 1 кВ (АВВГ-4х35) з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{\Pi} = 0,894 \text{ мОм/м}$; $x_{\Pi} = 0,0637 \text{ мОм/м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії визначаються за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{кб.2} = r_{\Pi} \cdot l_{кб.2} = 0,894 \cdot 37 = 33,078 \text{ мОм};$$

$$X_{кб.2} = x_{\Pi} \cdot l_{кб.2} = 0,0637 \cdot 37 = 2,357 \text{ мОм}.$$

8) з таблиці Н.1 додатка Н [2] для автомата QF3 приймається

$$R_{a.3} = 7 \text{ мОм}; X_{a.3} = 4,5 \text{ мОм}.$$

9) з таблиці М.11 додатка М [2] для кабельної лінії напругою до 1 кВ (АВВГ-4х16) з однаковим перерізом жил питомі опори такі: $r_{\Pi} = 1,95 \text{ мОм/м}$; $x_{\Pi} = 0,0675 \text{ мОм/м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії визначаються за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{кб.3} = r_{\Pi} \cdot l_{кб.3} = 1,95 \cdot 17 = 33,15 \text{ мОм};$$

$$X_{кб.3} = x_{\Pi} \cdot l_{кб.3} = 0,0675 \cdot 17 = 1,148 \text{ мОм}.$$

2 етап: Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент (початкового надперехідного струму) у різних точках схеми.

1) Визначення струму трифазного КЗ у точці К1. Сумарні опори щодо точки К1 визначаються так:

$$R_{\Sigma K1} = R_{кб1} + R_T = 13,708 + 16,56 = 30,27 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1} = X_C + X_{кб1} + X_T = 2,44 + 1,334 + 41,84 = 45,61 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{30,268^2 + 45,61^2} = 54,74 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 54,74} = 4,22 \text{ кА}.$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Визначення струму трифазного КЗ у точці К1'. Сумарні опори щодо точки К1' визначаються так:

$$R_{\Sigma K1'} = R_{\Sigma K1} + R_{a1} + R_{ta1} + R_{k1} = 30,268 + 1,1 + 0,2 + 15 = 46,57 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1'} = X_{\Sigma K1} + X_{a1} + X_{ta1} = 45,61 + 0,5 + 0,3 = 46,41 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1'} = \sqrt{46,57^2 + 46,41^2} = 65,75 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1'(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 65,75} = 3,51 \text{ кА}.$$

3) Визначення струму трифазного КЗ у точці К2. Сумарні опори щодо точки К2 визначаються так:

$$R_{\Sigma K2} = R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{k\phi 2} + R_{k2} = 30,27 + 2,15 + 33,08 + 20 = 85,5 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1'} + X_{a2} + X_{k\phi 2} = 46,41 + 0,5 + 2,36 = 49,27 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{85,5^2 + 49,27^2} = 98,68 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 98,68} = 2,34 \text{ кА}.$$

4) Визначення струму трифазного КЗ у точці К2'.

Сумарні опори щодо точки К2' визначаються так:

$$R_{\Sigma K2'} = R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{k\phi 2} + R_{k3} = 30,27 + 2,15 + 33,08 + 25 = 90,5 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K2'} = X_{\Sigma K2} = 49,27 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2'} = \sqrt{R_{\Sigma K2'}^2 + X_{\Sigma K2'}^2} = \sqrt{90,5^2 + 49,27^2} = 103,04 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2'(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 103,04} = 2,24 \text{ кА}.$$

5) Визначення струму трифазного КЗ у точці К3.

Сумарні опори щодо точки К3 визначаються так:

$$R_{\Sigma K3} = R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{k\phi 2} + R_{a3} + R_{np} + R_{k\phi 3} =$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$= 30,27 + 2,15 + 33,08 + 7 + 33,15 + 30 = 135,65 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K3} = X_{\Sigma K2} + X_{a3} + X_{np} = 49,27 + 4,5 + 1,148 = 54,92 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{135,65^2 + 54,92^2} = 146,34 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 146,34} = 1,58 \text{ кА}.$$

Результати розрахунку струмів трифазних КЗ у початковий момент часу в електричній мережі насосної в розрахункових точках зведені в таблиці 5.1.

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Вибір автоматичних вимикачів

Вибір і перевірка всіх ЕА напругою до і понад 1 кВ мають відповідати таким умовам:

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

$$U_{ном.е.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.1)$$

де $U_{ном.е.а}$ і $U_{ном.м}$ - номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі (установки) відповідно, у якій застосовується ЕА;

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі:

$$I_{ном.е.а} \geq I_{\phi} \quad (6.2)$$

де $I_{ном.е.а}$ і I_{ϕ} - номінальний струм ЕА і струм форсованого режиму відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

3) відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне та ін.), роду установки (внутрішня, зовнішня) і конструктивному виконанню (висувна, стаціонарна) та ін.;

4) параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА - струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), ЕА захисту - номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи уставки розчеплювача автомата.

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатністю при наскрізних струмах КЗ. Мають виконуватися такі умови:

5) струм електродинамічної стійкості $EА_{д}$

$$i_{дин} \geq i_y \quad (6.3)$$

де i_y - розрахунковий ударний струм;

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.	Літ.	Лист	Листів	
Розробив		Нагорний Є.В.						70	95
Керівник		Василега П.О.							
Консульт.									
Н.контроль									
Завтвер.		Лебединський І.Л.			СумДУ, ЕТЗ-61С				

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

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t \quad (6.4)$$

де I_K і t - розрахункові параметри струму КЗ і дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

Таким чином, номінальна напруга цих автоматів вибирається як:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.5)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму:

$$I_{ном.а} \geq I_{\phi}, \quad (6.6)$$

$$I_{ном.р} \geq I_{\phi} \quad (6.7)$$

У формулах (6.6) і (6.7) беруться найближчі значення номінальних струмів автоматів і розчеплювачів. Автомати звичайно мають кілька номінальних струмів розчеплювача. Найбільше значення номінального струму розчеплювача дорівнює номінальному струму автомата, тому $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$

Струм форсованого режиму визначається за формулою:

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p, \quad (6.8)$$

де $K_{рез}$ - коефіцієнт резервування;

I_p - розрахунковий струм (береться залежно від місця знаходження ЕА в схемі електропостачання).

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$ (уставка струму теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$) вибирається за умови:

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq K \cdot I_p, \quad (6.9)$$

де K - коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу QF і для автомата QF1, 1,25 - для автоматів QF2-QF7 або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

У формулі (6.9) для автомата вводу QF1 як розрахунковий струм приймається струм форсованого режиму трансформатора I_{ϕ} ; для автомата

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

QF2 - розрахунковий струм другого рівня електропостачання $I_{p,2}$; для автомата QF3 — розрахунковий струм першого рівня електропостачання одного ЕП $I_{p,1}$ (номінальний струм ЕП $I_{ном.ЕП}$ при $k_3 - 1$).

У лініях з лампами ДРЛ (ДРІ) за умов кратності пускового струму 2,25-3 та його тривалості 60-90 с уставка струму спрацьовування від перевантаження (уставка струму теплового розчеплювача) вибирається так:

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq 1,3 \cdot I_{p.o}, \quad (6.10)$$

де $I_{p.o}$ - розрахунковий струм лінії освітлення, А.

Для ЛР і ЛЛ низького тиску уставка струму спрацьовування від перевантаження (уставка струму теплового розчеплювача) вибирається як:

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq I_{p.o}. \quad (6.11)$$

Для ЛЛ низького тиску пускові струми не враховуються, бо їх тривалість становить 6-8 с, і за цей час окремі лампи мають різночасне вмикання. ЛР мають пускові струми до 6 номінальних струмів, але їх тривалість всього декілька мілісекунд.

Автомати не повинні вимикати ділянки, які захищають, при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.).

Для автомата вводу QF1 спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою:

$$I_{c.в} \geq (6 - 10)I_{ном.Т} \quad (6.12)$$

де $I_{ном.Т}$ - номінальний струм трансформатора на стороні НН.

У формулі (6.12) більші кратності приймаються для трансформаторів з малою номінальною потужністю ($S_{ном.Т} \leq 400$ кВА), які мають більші опори та відповідно менші струми КЗ.

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП (автомат QF2) і від пускових струмів для одного ЕП (автомат QF3) полягає у виборі уставки струму спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{c.в}$ (уставки струму електромагнітного розчеплювача $I_{y.e.p}$) більше цих струмів відповідно

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не менш ніж на 25 %, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати до 15 %

$$I_{c.v} = I_{y.e.p} \geq 1,25I_{пик}, \quad (6.13)$$

$$I_{c.v} = I_{y.e.p} \geq 1,25I_{пуск}, \quad (6.14)$$

де $I_{пик}$ і $I_{пуск}$ - піковий струм групи ЕП за формулами (2.40), (2.41) і пусковий струм одиночного ЕД за формулою (2.12) відповідно (дані пускових і пікових струмів беруться з результатів розрахунків розділу 2: приклади 2.1 і 2.6 відповідно).

У лініях з ККУ струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача) вибирається за формулою:

$$I_{c.v} = I_{y.e.p} \geq 1,3I_{ном.ККУ}, \quad (6.15)$$

де $I_{ном.ККУ}$ - номінальний струм ККУ, який обчислюється за формулою (4.13).

Як комутаційний апарат автомати перевіряють щодо здатності вимикання за умови:

$$I_{ном.в.а} \geq I_{н.о} = I_k^{(3)}, \quad (6.16)$$

де $I_{ном.в.а}$ - номінальний струм вимикання автомата при нормованих умовах роботи;

$I_{н.о} = I_k^{(3)}$ - початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ, до того ж для автоматів вводу й секційних автоматів цей струм визначають для металевого КЗ без перехідних опорів, а для інших (автоматів QF2 і QF3) - з урахуванням опору контактів R_k .

Відповідно до пункту 4 (функціональне призначення) для чутливості захисту (надійного його спрацювання) мінімальний струм КЗ (звичайно це струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці лінії, яка захищається) має перевищувати уставки розчеплювачів залежно від їх типів у таких співвідношеннях:

для розчеплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$I_K^{(1)} \geq 1,25I_{c.в}, \quad (6.17)$$

та при струмі до 100 А включно:

$$I_K^{(1)} \geq 1,4I_{c.в} \quad (6.18)$$

— для розчеплювача уповільненої дії:

$$I_K^{(1)} \geq 3I_{c.в} \quad (6.19)$$

Вибірковість дії послідовно встановлених автоматів забезпечується за умови, що їх захисні характеристики на карті селективності не повинні перетинатися, до того ж уставки струму розчеплювачів уповільненої й миттєвої дії в автомата, розташованого ближче до ЕП, мають бути в 1,5 рази менші, ніж у більш віддаленого автомата [2].

6.1. Вибір автоматів розподільної мережі

Аналогічно проводимо розрахунок для вибору лінійних автоматів і автоматів для ЕП. Результати записуємо до таблиць 6.2 та 6.3 відповідно.

Номінальні параметри автоматичних вимикачів, що встановлюються в низьковольтному комплектному пристрої «Дніпро» - вибираються аналогічні, але на один стандартний ступінь номінального струму вище – для забезпечення селективності захисту. Параметри цих вимикачів приведені на схемі в додатку В.

Таблиця 6.2 - Результати вибору ввідних автоматів в СРШ та ЩРО

Лінія живлення	Тип автомата	Uном, В	Iном, А	Iном.т.р, А	Iу.т.р, А	Iу.в.р, А	Iном.в.а, кА
До ЩРО	FMC1/3U	660	25	25	200	2000	35
До СРШ1	FMC3/3U	660	100	100	800	8000	35
До СРШ2	FMC1/3U	660	25	25	200	2000	35
До СРШ3	FMC1/3U	660	40	40	320	3200	35
До СРШ4	FMC2/3U	660	80	80	640	6400	35
До СРШ5	FMC2/3U	660	50	50	400	4000	35

Однолінійна схема живлення обладнання цеху з позначенням ТП і лінійних автоматів наведена у додатку В.

Таблиця 6.3 - Результати вибору автоматів до ЕП

Лінія живлення	Тип автомата	Uном, В	Iном, А	Iном.т.р, А	Iу.т.р, А	Iу.в.р, А	Iном.в.а, кА
Н1	FB2-63 D50	400	50	50	250	2500	6
Н2	FB2-63 D50	400	50	50	250	2500	6
Н3	FB2-63 D50	400	50	50	250	2500	6
Н4	FB2-63 D50	400	50	50	250	2500	6
Н5	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н6	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н7	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н8	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н9	FB2-63 D25	400	25	25	125	1250	6
Н10	FB2-63 D25	400	25	25	125	1250	6
Н11	FB2-63 D25	400	25	25	125	1250	6
Н12	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н13	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н14	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н15	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н16	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н17	FB2-63 D32	400	32	32	160	1600	6
Н18	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н19	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н20	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6
Н21	FB2-63 D16	400	16	16	80	800	6

У додатку Г наведена принципова схема розподільчої мережі від КТП до ЕП цеху.

6.2. Вибір автомата мережі живлення

Вибір автомата вводу QF1: $S_{ном.Т} = 160кВА$. Вибираємо автомат FMC4/3U струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

За формулою (6.5) номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \geq 380В.$$

За формулою (4.15) визначимо номінальний вторинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т2} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 243,09А.$$

Для двохтрансформаторної ПС з резервуванням на стороні НН і за відсутності даних систематичного перевантаження коефіцієнт резервування приймається $K_{рез} = 1,4$, тому форсований струм трансформатора за формулою (6.8) дорівнює:

$$I_{\phi} = 1,4 \cdot 243,09 = 340,33 А.$$

Тоді за формулою (6.6) номінальний струм автомата FMC4/3U 350А:

$$I_{ном.а} = 350 > I_{\phi} = 340,33 А.$$

Для автомату FMC4/3U 350А номінальний струм теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ 350 А. Тоді за формулою (6.7) номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{ном.т.р} = 350 \geq I_{\phi} = 340,33 А.$$

Для автомату FMC4/3U 350А кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{у.т.р} / I_{ном.т.р}$) становить 8-10 (або 3-4, в залежності від моделі). Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{у.т.р} = 8 \cdot I_{ном.т.р} = 8 \cdot 350 = 2800А.$$

За формулою (6.9)

$$I_{у.т.р} = 2800А > 1,1 \cdot 340,33 = 374,36А.$$

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автомату FMC4/3U 350A у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацьовування відсічки $I_{c.в}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{y.e.p}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{y.т.р} / I_{ном.т.р}$) становить 10-12 (або 4-5, в залежності від моделі). Таким чином, струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача)

$$I_{c.e} = I_{y.e.p} = 10 \cdot I_{ном.т.р} = 10 \cdot 350 = 3500A.$$

За формулою (6.12)

$$I_{c.e} = 3500 A > 6 \cdot 340,33 = 2042A.$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ автоматом вводу береться струм трифазного КЗ у точці К1 (без урахування R_k) з таблиці 5.1 $I_{K1(0)} = 4,22$ кА. Для автоматів FMC4/3U 350A вимикаюча гранична комутаційна здатність (ВГКЗ) при $I_{ном.а} = 350A$ становить $I_{ном.в.а} = 50$ кА. За формулою (6.16)

$$50 \text{ кА} > 4,22 \text{ кА}.$$

Для перевірки чутливості захисту з таблиці 5.1 струм однофазного КЗ на шинах НН КТП $I_k^{(1)} = 4,89$ кА. За формулою (6.17) для електромагнітного розчеплювача з номінальним струмом більше 100 А

$$I_k^{(1)} = 4,89 \text{ кА} > 1,25 \cdot 3500 = 4,375 \text{ кА}.$$

Остаточно вибирається автомат FMC4/3U 350A з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 660V$; $I_{ном.а} = 350A$; $I_{ном.т.р} = 1600A$; $I_{y.т.р} = 2800A$; $I_{y.e.} = 4200 A$;

$I_{ном.в.а} = 50 \text{ кА}.$

Результати вибору ЕА зручно подати у вигляді таблиці: у першій колонці записують умови вибору, у другій - каталожні дані ЕА, у третій - розрахункові дані (дивися таблицю 6.1).

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 - Каталожні та розрахункові дані автомата вводу QF1

Умови вибору	Каталожні дані автомата FMC4/3U 350A	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 660\text{В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380\text{В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 350\text{А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} =$ $= 243,09 \cdot 1,4 = 340,33\text{А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 350\text{А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} =$ $= 957,19$ $\cdot 1,4$ $= 340,33\text{А}$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 350\text{А}$	$I_{\text{ном.р}} = 350\text{А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{с.п}} = I_{\text{у.т.р}} \geq 1,1I_{\phi}$	$I_{\text{у.т.р}} = 8 \cdot I_{\text{ном.т.р}} =$ $= 8 \cdot 350 = 2800\text{А}$	$1,1I_{\phi} = 1,1 \cdot 340,33 =$ $= 374,36\text{А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{\text{с.в}} \geq (6 - 10)I_{\text{ном.т}}$	$I_{\text{с.е}} = I_{\text{у.е.р}} = 11 \cdot I_{\text{ном.т.р}}$ $=$ $= 11 \cdot 3500 = 3850\text{А}$	$I_{\text{с.е}} = 6I_{\text{ном.т}} =$ $= 6 \cdot 340,33 = 2042\text{А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 50\text{кВ}$	$I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)} = 4,22\text{кА}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25I_{\text{с.в}}$	$1,25I_{\text{с.в}} =$ $= 1,25 \cdot 3,85 = 4,375\text{кА}$	$I_{\text{к}}^{(1)} = 4,89\text{кА}$

7. Правила експлуатації, охорони праці та техніки безпеки

Безперебійність подачі і забезпечення необхідних рівнів тиску на всіх ділянках системи водопостачання в значній мірі визначаються надійністю роботи насосної станції. Порушення нормальної роботи станції обумовлюється різними випадковими подіями, в результаті яких виходять з роботи окремі її елементи схеми (споруди, насоси, приводні двигуни, ділянки трубопроводів та ін.). Аналіз і вивчення ймовірнісних характеристик таких подій, а також оцінка надійності дії технічних систем відносяться до теорії надійності.

Зазвичай під надійністю розуміється здатність виробу (елемента, споруди, системи) виконувати в певних умовах експлуатації всі задані функції, зберігаючи робочі параметри в межах встановлених допусків, протягом необхідного інтервалу часу. Стосовно до таких складних гідротехнічних об'єктів, як насосна станція, надійність є показником якості, в самому широкому сенсі цього поняття. Вона визначається якістю проектування, будівництва та експлуатації.

В процесі експлуатації виявляються помилки і прорахунки, допущені при розробці проекту станції, а також якість виготовлення будівельних конструкцій і монтажу обладнання. Тому на персоналі насосної станції лежить велика відповідальність, яка полягає не тільки в правильній експлуатації споруд, механізмів і машин, але і в своєчасному виявленні і усуненні можливих будівельних, заводських і монтажних дефектів.

При введенні насосної станції в експлуатацію необхідно кількісно оцінити її надійність, визначити тривалість роботи обладнання до виведення

					БР 5.6.141.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>			<i>Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>					79	95
<i>Консульт.</i>						СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

в ремонт, тривалість збереження оптимальних параметрів та ін. Особливо гострою є проблема забезпечення надійності всіх елементів системи після ремонтних робіт, що проводяться, як правило, в важких умовах на місці.

Планово-профілактичний і капітальний ремонт обладнання насосних станцій проводиться у відповідності з положенням про проведення ремонтів, затвердженим Держбудом України, а також «Правилами технічної експлуатації водопроводів і каналізації», та іншими діючими нормативними документами.

Спостереження за станом насосного та електричного обладнання, арматурою, апаратурою і електродвигунами проводиться обслуговуючим персоналом. Черговий персонал і керівники експлуатаційних бригад зобов'язані записувати всі помічені недоліки у змінні журнали.

Поточний ремонт проводять для запобігання обладнання насосних станцій від передчасного зносу і від аварій; полягає цей ремонт в усуненні дрібних пошкоджень і несправностей. Всі роботи по поточних ремонтах поділяються на дві групи: непередбачений ремонт, який виконується у терміновому порядку, і профілактичний ремонт, заздалегідь планований за обсягом і часу його виконання. Поточний ремонт здійснюється силами експлуатаційного персоналу насосної станції або силами ремонтних бригад.

У відповідності з «Правилами технічної експлуатації водопроводів і каналізації» огляд технічного стану насосів, електродвигунів і контрольно-вимірювальної апаратури повинен проводитися щомісяця.

Перелік робіт, що належать до поточного ремонту, наведено у «Положення про проведення планово-попереджувального ремонту водопровідно-каналізаційних споруд». На підставі цього документа на насосній станції складають календарний план профілактичного огляду обладнання, який стверджує головний інженер управління водопроводу або каналізації.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

При проведенні профілактичного огляду і ремонту обладнання складають докладну дефектну відомість помічених несправностей, журнал огляду агрегату і ремонту обладнання.

Висновок про проведення профілактичний огляд і ремонт насосного агрегату попередньо узгоджується з диспетчером. Після відключення агрегату знімають оперативний струм і проводять усі необхідні заходи, передбачені правилами технічної експлуатації та правилами техніки безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств, згідно з планом проведення робіт.

При профілактичному щомісячному огляді необхідно звертати особливу увагу на обертові гвинтові з'єднання (гайки з'єднувальних фланців валу тощо), а також на болтові з'єднання гнізда корпусу насоса, фланцеві з'єднання всмоктуючих ліній, букси сальника і на інші деталі насоса.

Під час огляду електродвигуна необхідно стежити, щоб двигун був чистим і у нього не потрапляли вода і масло. Продувати машину сухим стисненим повітрям слід не рідше 1 рази на місяць. Особливо ретельно потрібно стежити за чистотою підшипників, обмоток, масляних ванн, контактних кілець, колектора, щіток, струмопідводів і вентиляційних каналів.

Чистоту масла перевіряють при профілактичному огляді не рідше 1 разу на місяць - показником для заміни є його потемніння, накопичення в ньому води і бруду або підвищене нагрівання підшипників. Замінювати масло слід не рідше 1 разу в півроку у електродвигунів і не рідше 1 рази в квартал у насосів. Поточний ремонт виконується за рахунок експлуатаційних витрат і включається в промисловий фінансовий план насосної станції.

План капітального ремонту обладнання складають на основі даних профілактичного огляду і контролю енергетичних характеристик насосного агрегату і затверджують у керуючій організації.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі капітального ремонту замінюють зношені конструкції, вузли і деталі. З економічних міркувань іноді доцільно замість капітального ремонту встановити нові насосні агрегати, мають більш високий ККД. За рахунок коштів капітального ремонту можна проводити налагоджувальні роботи по автоматизації управління насосними агрегатами, а також налагоджувальні роботи по інтенсифікації та встановлення оптимального режиму роботи насосної станції.

При зупиненому насосі перевіряють і при необхідності замінюють: робоче колесо; підшипники (у великих вертикальних насосів перевіряють стан підшипника і зазору між вкладишем підшипника і шийкою валу); торцеве гумове ущільнення; вкладиш гумового підшипника; шийку валу, покриту нержавіючої сталлю (у великих вертикальних насосів). Захисна плівка валу (в зоні підшипника і торцевого ущільнення) з нержавіючої сталі досить швидко виходить з ладу. Під час капітального ремонту насоса захисну плівку наносять знову методом електрозварювання під шаром вуглекислого газу з наступною проточкою на токарному верстаті і шліфуванням.

Якщо під час експлуатації насосного агрегату помічено потрапляння води у масляні ванни, то при проведенні капітального ремонту необхідно провести випробування маслоохолоджувача на відсутність течі.

Маслоохолоджувачі спочатку випробовують до установки в хрестовини двигуна; вдруге їх випробовують після установки (спільно з зібраним у межах двигуна маслопроводом) гідравлічним тиском 0,3 МПа протягом 5 хв.

Пуск агрегату після ремонту проводиться в наступному порядку:

- хлорують і промивають корпус насоса і ділянки всмоктувальних і напірних ліній до засувки;

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

- при отриманні висновку хімічної лабораторії про допуск агрегату до експлуатації черговий у присутності виконавця робіт ретельно оглядає обладнання агрегату, оформляє акт на закінчення робіт і закриває наряд;

- відновлюють гідравлічну схему агрегату;

- збирають електричну схему.

Після виконання вказаних робіт та отримання дозволу приступають до випробування агрегату на холостому ході за затвердженою програмою. Після закінчення попередніх випробувань за погодженням з диспетчером насосний агрегат включають під навантаження. Через 72 год агрегат зупиняють, і виконавець робіт спільно із начальником станції або начальником підйому оглядають насосний агрегат і при відсутності дефектів складають акт про введення агрегату в експлуатацію.

Асигнування на капітальний ремонт виділяються за рахунок амортизаційних відрахувань з основних фондів.

Охорона праці і техніка безпеки на насосній станції регламентуються рядом важливих державних нормативних документів: НПАОП 01.41-1.11-1 «Правила безпечної експлуатації насосних станцій водогосподарських систем» затверджені Наказом №55 від 12.03.2010р. Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, ВНД 33-3.4-01-2000 «Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України», ПП 1.3.10-460-2006. Примірня інструкція з охорони праці для машиніста насосних установок, затверджено Міністерством промислової політики України Лист № 489 Наказ № 476 від 26.10.2006р.

На кожній насосній станції налагоджують облік роботи основного механічного та енергетичного устаткування за такими показниками:

- подача води;

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

- витрати електроенергії для станції загалом;
- витрати води на власні потреби в абсолютних величинах та у відсотках до об'єму подачі води з розподілом на виробничі та побутові потреби і втрати води;
- витрати електроенергії на власні потреби в абсолютних величинах і у відсотках до загальних витрат;
- кількість годин роботи і простою машин, електрообладнання, їх ККД;
- витрати палива і мастильних матеріалів.

Експлуатацію насосних агрегатів заборонено за таких обставин:

- поява в агрегаті добре чутого стукоту;
- поява диму, іскріння або світіння в зазорі між статором і ротором електродвигуна;
- посилена вібрація валу;
- підвищення температури підшипників, обмоток статора або ротора понад допустимий рівень;
- підпалення або вихід із ладу підшипників.

Також при експлуатації насосних станцій необхідно дотримуватись вимог інших чинних нормативних документів – ПУЕ, ДСТУ, ДБН, ДНАОП та ін.

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

Висновок

Результатом виконання даної роботи є розрахунок параметрів розподільчої електричної мережі насосної станції з метою її модернізації у зв'язку з моральним та фізичним зносом обладнанням, що відпрацювало свій термін.

Розраховано навантаження на трьох рівнях системи електропостачання, що, в свою чергу, дозволило провести вибір та перевірку трансформаторів для прибудованої ТП насосної – обрано два трансформатори типу ТМГ-160/6/0,4, що виготовляються з гофрованим баком без розширювального бачка для масляної системи охолодження. В якості РП-0,4 кВ обрано комплектний низьковольтний пристрій «Дніпро» вітчизняного виробництва.

Проведено вибір кабельно-провідникової продукції. Для живлення прибудованої ТП насосної від розподільчого пристрою обрано широко розповсюджений кабель типу ААБл-6 3х35 – силовий з алюмінієвими струмопровідними жилами, з паперовою просоченою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці, броньований двома сталевими стрічками.

Для розподільчої мережі обрано також часто вживаний тип кабелю АВВГ-1,0 – силовий з алюмінієвими струмопровідними жилами з полівінілхлоридною ізоляцією в зовнішній загальній оболонці з полівінілхлоридного пластикату. Перерізи жил окремих ліній відповідають розрахованим груповим навантаженням (для кабелів від ТП до СРШ) та одиничним навантаженням окремих споживачів (для кабелів від СРШ до ЕП).

Використовуючи складені в роботі схеми заміщення, з урахуванням електричних параметрів обраних кабелів та трансформаторів, розраховано

					БР 5.6.141.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>			<i>Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>					85	95
<i>Консульт.</i>						СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

трифазні струми короткого замикання на трьох рівнях системи електропостачання та струми однофазного короткого замикання.

Використовуючи отримані величини струмів КЗ та параметри розрахованих навантажень проведено вибір комутаційного обладнання.

В якості автоматичних вимикачів вибрано комутаційні апарати типу FMC вітчизняного виробника «PROMFACTOR» (м. Кривий Ріг), що відрізняються високою якістю та надійністю роботи, підтвердженими досвідом використання в інших системах електропостачання.

Ввідний автомат та автомати на лініях від шин 0,4 кВ до силових розподільчих шаф – типу FMC (шафного виконання), автоматичні вимикачі на лініях від СРШ до окремих струмоприймачів – типу FB2-63 (монтаж на DIN-рейку).

					<i>БР 5.6.14.1.352 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		86

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до оформлення дипломних робіт / Укладачі: М.А. Никифоров, І.Л. Лебединський.– Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 74 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007.-280 с.
3. Дирацу В.С и др. Электроснабжение промышленных предприятий. - К.: Вища шк., 1974. - 280 с.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
5. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навч. посіб. - Л.: Вид-во Національного ун-ту "Львівська політехніка", 2005. - 324 с
6. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 208 с.
7. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок: Учеб. для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 424 с.
8. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с.
9. Коптев А.А. Монтаж цеховых электрических сетей напряжением до 1 кВ.: Справочник электромонтажника / Под ред. А.Д. Смирнова и др. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 192 с.
10. Лигерман И.И. Конструирование электроустановок промпредприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 168 с.

					БР 5.6.141.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Нагорний Є.В.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Василега П.О.</i>					87	95
<i>Консульт.</i>						СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

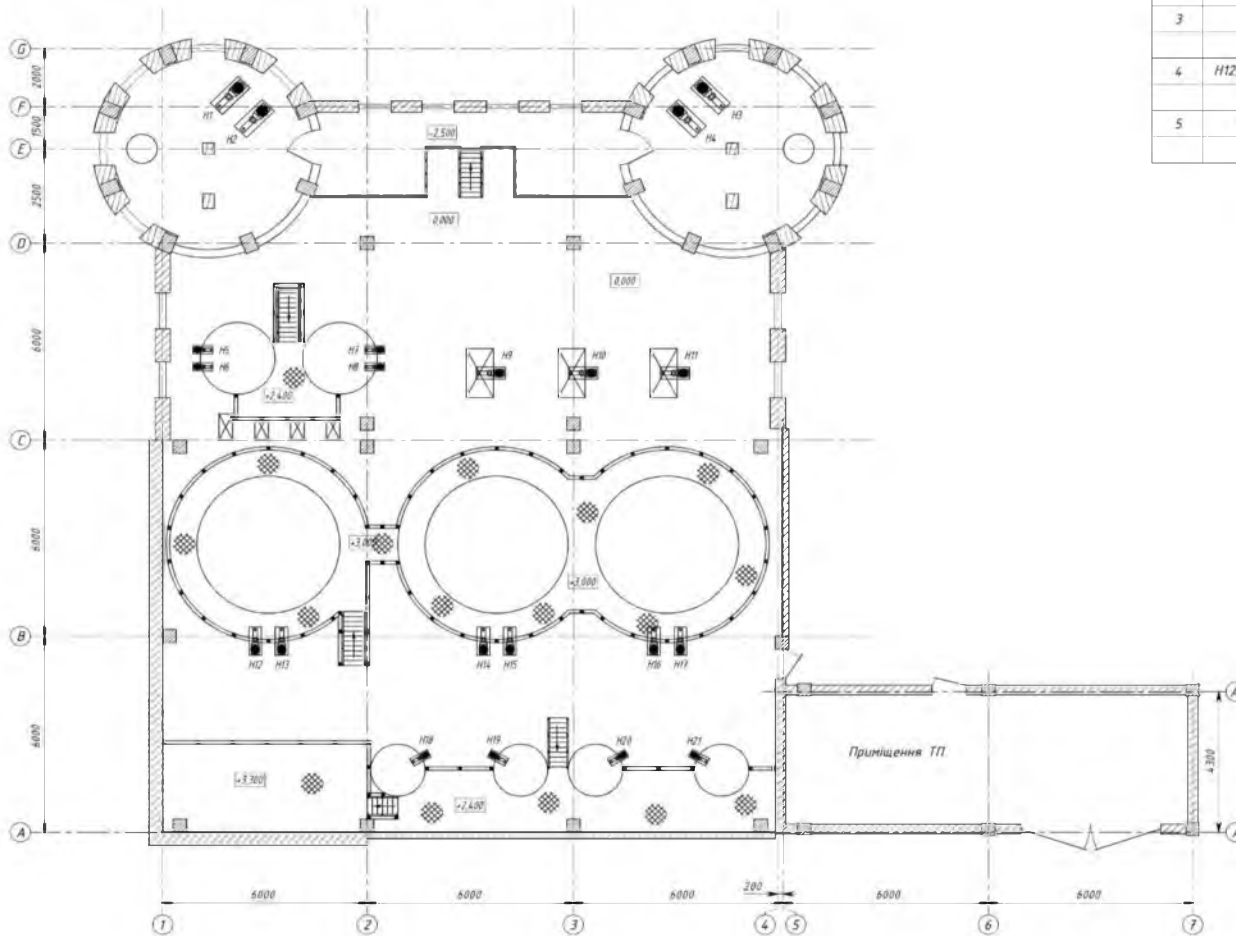
11. Правила устройства электроустановок.-Х.: Изд-во «Форт», 2017.-704 с.
12. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1984. - 472 с.
13. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92 / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. - 1992. - № 7-8. - С. 4-28.
- 14.ГОСТ 28249-89. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ.
- 15.ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».
- 16.Справочная книга для проектирования электрического освещения/ Кнорринг Г.М, И.М. Фадин, В.Н.Сидоров – 2-е изд, перераб и доп – СПб.: Энергоатомизд, Санкт- Петербургское отд-ние 1992. - 448 с.
17. Офіційний сайт Інтернет-магазину «Легор» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://www.avtomats.com.ua/3012-io-500.html>
18. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения: Учеб. Пособие.-Мн.: НПООО «ПИОН», 2001.-292 с.
- 19.Вільна енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>
- 20.Василега П.О. Електропостачання – Суми: Вид-во СумДУ, 2019. - 521 с
- 21.НПАОП 01.41-1.11-10 «Правила безпечної експлуатації насосних станцій водогосподарських систем» затверджені наказом Комітету по нагляду за охороною праці України Міністерства праці та соціальної політики від 01.04.1999№55

					БР 5.6.14.1.352 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

ДОДАТКИ

					БР 5.6.141.352 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації. Пояснювальна записка.</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Нагорний Є.В.</i>							
<i>Керівник</i>	<i>Василега П.О.</i>						89	95
<i>Консульт.</i>						СумДУ, ЕТЗ-61С		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Завтвер.</i>	<i>Лебединський І.Л.</i>							

План на відм. -2,500; 0,000; +2,400; +3,000
М 1 : 100



Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кв.	Прим.
1	H1, H2, H3, H4	Насоси гідроаккумуляторів технологічної води	4		
2	H5, H6, H7, H8	Насоси гідроаккумуляторів питної води	4		
3	H9, H10, H11	Насоси фільтрації двоочистки питної води	3		
4	H12, H13, H14, H15, H16, H17	Насоси фільтрації технологічної води	6		
5	H18, H19, H20, H21	Насоси системи знезараження та дезинфекції питної води	4		

Додаток А

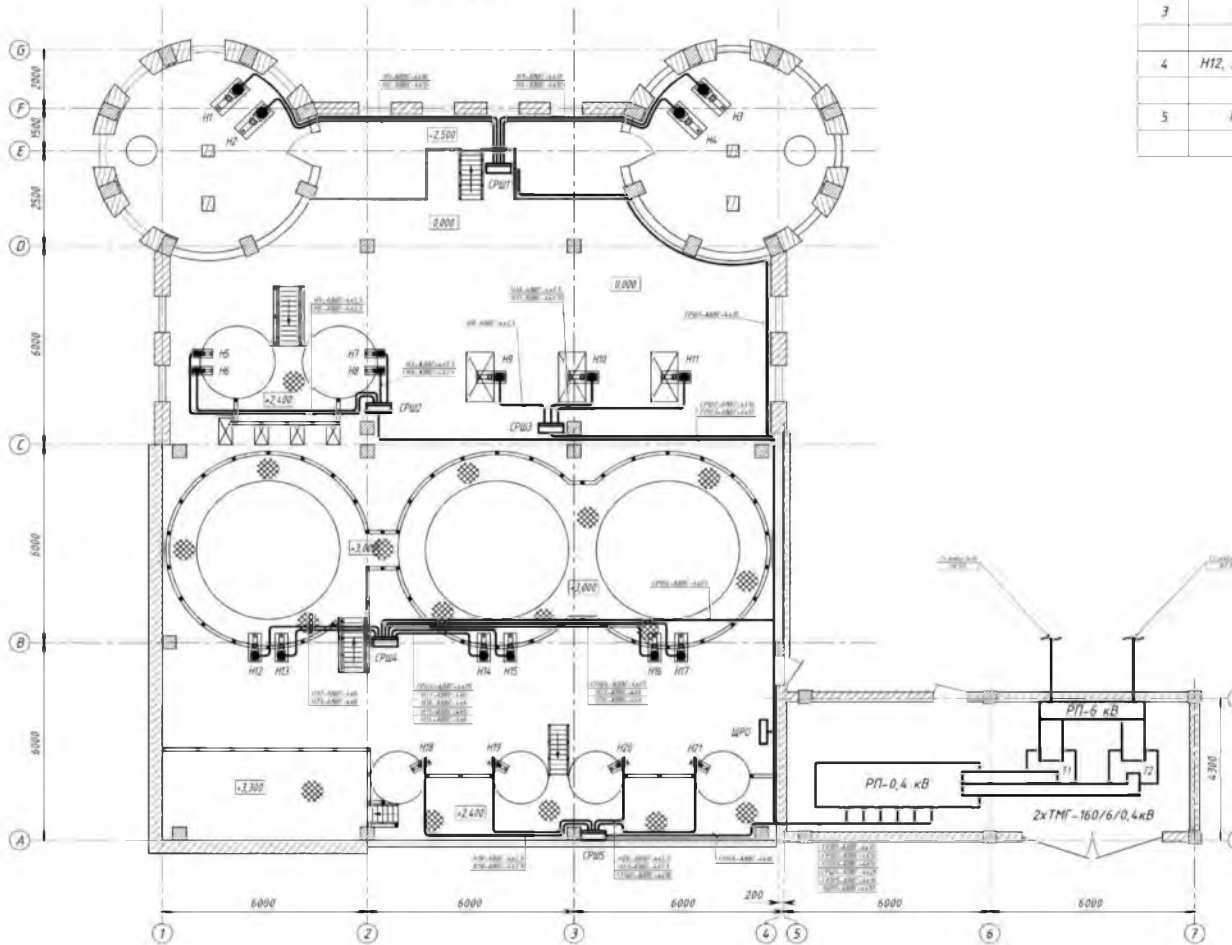
БР 5.6.14.1.352 ПЗ					
Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації					
Зм.	Кільк.	Арх.	МФВн	Підпис	Дата
Розробив	Назарний				
Керівник	Василюга				
Консульт.					
Н.Контр.					
Затверд.	Левдинський				
Додаток А				Стаття	Архив
БР					
План насосної станції				СумДУ, ЕТз-61с	

Эм.	
Арк.	
№ док-м.	
Підпис	
Дата	

БР 5.6.14.1.352 ПЗ

91

План на відм. -2,500; 0,000; +2,400; +3,000
М 1 : 100



Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од.кв.	Прим.
1	N1, N2, N3, N4	Насоси гідроаккумуляторів технологічної води	4		
2	N5, N6, N7, N8	Насоси гідроаккумуляторів питної води	4		
3	N9, N10, N11	Насоси фільтрів доочистки питної води	3		
4	N12, N13, N14, N15, N16, N17	Насоси фільтрації технологічної води	6		
5	N18, N19, N20, N21	Насоси системи знезараження та дезінфекції питної води	4		

Додаток Б

БР 5.6.14.1.352 ПЗ					
Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації					
Зм.	Кільк.	Арх.	Міжк.	Підпис	Дата
Розробив	Нагорний				
Керівник	Василега				
Консульт.					
Н.Контр.					
Затверд.	Лебедимський				
Додаток Б				Студія	Архив
План розміщення електричної мережі насосної станції				БР	Архив
СумДУ, ЕТЗ-61с					

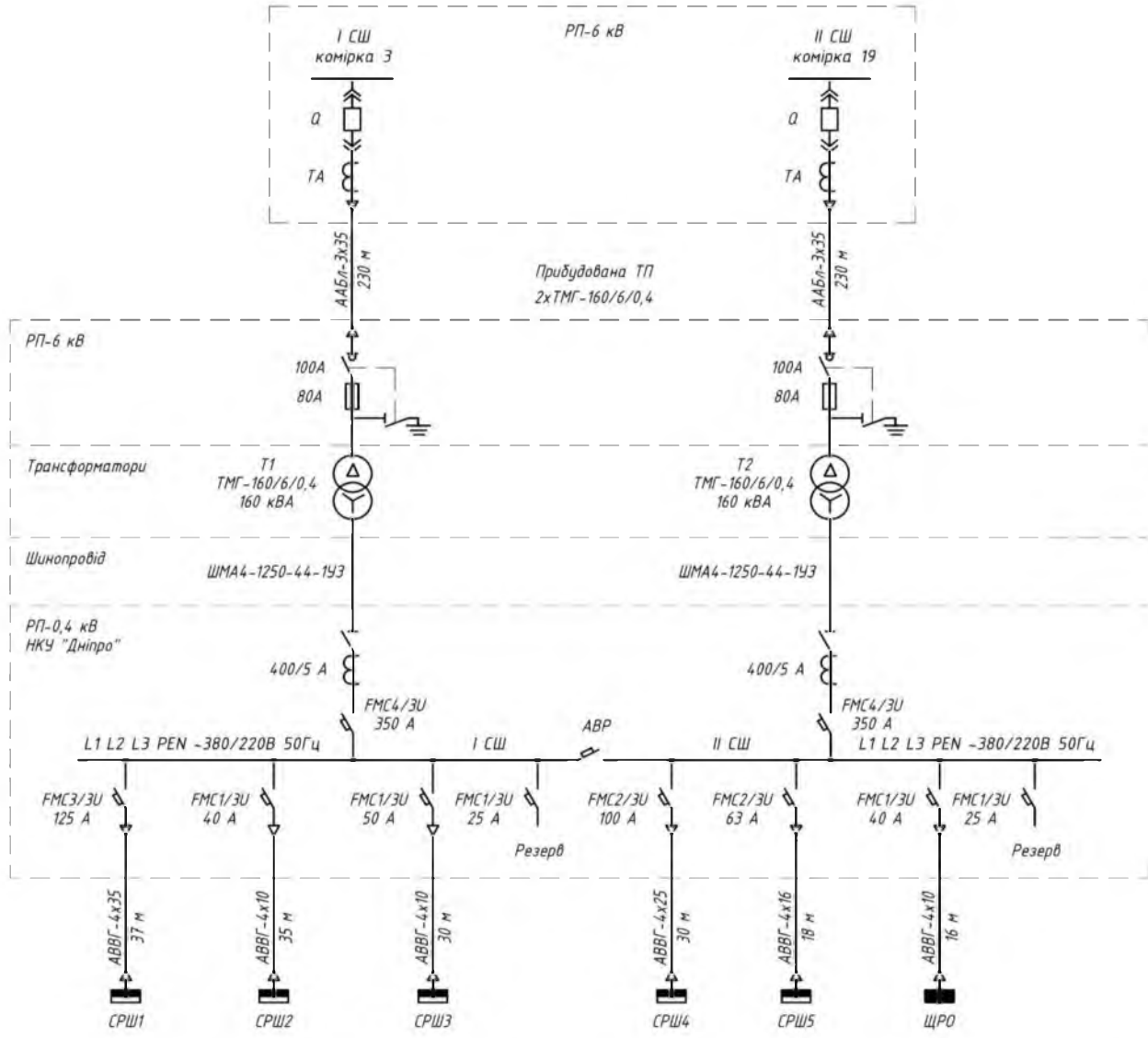
Зм.	
Дрк.	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	

БР 5.6.14.1.352 ПЗ

92 Арк.

Зм.	
Дрк.	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	

Додаток В

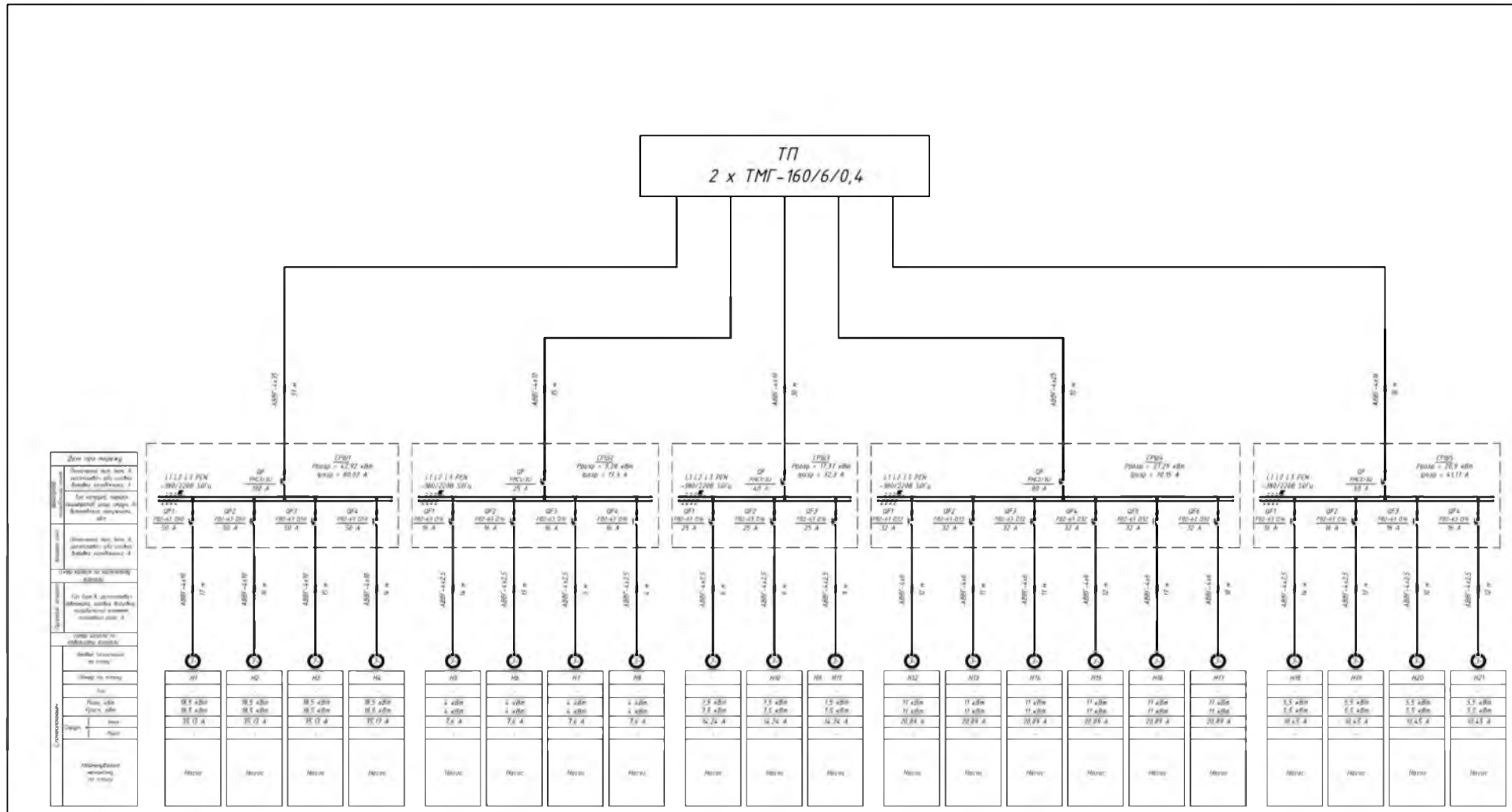


БР 5.6.14.1.352 ПЗ					
Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації					
Зм.	Кільк.	Арк.	Місц.	Підпис	Дата
Розробив	Нагорний				
Керівник	Василюга				
Консульт					
Н.Контр					
Затверд	Леbedзький				
Додаток Б				Стан	Архив
Схема адмінілііна мережі живлення				БР	
СумДУ, ЕТЗ-61с					

Зм.	
Арк.	
№ док-м.	
Підпис	
Дата	

БР 5.6.14.1.352 ПЗ

Арк. 93



Додаток Г

БР 5.6.14.1.352 ПЗ					
Розрахунок параметрів системи електропостачання насосної станції з метою її модернізації					
Зм.	Ким	Арх	Мод	Підпис	Дата
Розробив	Нагорний				
Керівник	Василега				
Консульт					
Н.Контр.	Левдинський				
Затверд.					
Додаток Д				Архив	Архив
Схема адмініляна розподільчої мережі				СумДУ, ЕТЗ-61с	

Автоматичні вимикачі FMC

max
1600A



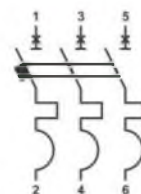
Технічні характеристики

Тип	FMC1/3U	FMC2/3U	FMC3/3U	FMC4/3U	FMC5/3U	FMC6/3U	FMC7/3U	
Стандарт	IEC 60947-2							
Номінальний струм розчіплювача I _e , A	10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250	225, 250, 315, 350, 400	400, 500, 630	630, 700, 800	800, 1000, 1250	1600
Номінальна частота, Hz	50/60							
Номінальна напруга ізоляції U _i , V	500	800						
Номінальна робоча напруга U _e , V	~400	~690						
Номінальна імпульсна напруга U _{imp} , V	8000							
Кількість полюсів автоматичного вимикача	3							
Номінальна робоча відключаюча здатність, I _{cs} kA (AC 380/415V)	17,5	17,5	25	25	25	35	40	
Гранична робоча відключаюча здатність, I _{cu} kA (AC 380/415V)	35	35	50	50	50	70	80	
Переднє приєднання шинами	так	так	так	так	так	так	так	так
Заднє приєднання шинами	так	так	так	так	так	так	так	так
Встановлення незалежного розчіплювача	так	так	так	так	так	так	так	так
Встановлення розчіплювача мінімальної напруги	так	так	так	так	так	так	так	так
Встановлення додаткового контакту	так	так	так	так	так	так	так	так
Встановлення сигнального контакту	так	так	так	так	так	так	так	так
Комутаційна зносостійкість (кількість циклів вкл./відкл.)	електрична	6 000	6 000	2 500	1 500	1 000	1 000	1 000
	механічна	10 000	10 000	8 500	5 000	4 000	4 000	4 000
Висота над рівнем моря, m	2000							
Діапазон робочих температур, °C	-25...+55							
Температура зберігання, °C	-25...+70							
Маса нетто, kg	0.85	1.14	1.80	4.90	6.70	8.20	17.75	19.55

Функції

- Автоматичні вимикачі FMC - комутаційні пристрої, призначені для захисту електричних мереж від тривалих перевантажень і струмів короткого замикання (надструмів).
- Можуть використовуватись для оперативного включення і відключення ділянок електричних мереж змінного струму частотою 50/60Hz напругою до 690V.

Принципова схема



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

**Модульні автоматичні вимикачі Standart
FB2-63**

Технічні характеристики

Тип	FB2-63	
Стандарт	IEC/EN 60898 IEC/EN 60947-2	
Кількість полюсів	1, 2, 3, 4	
Часо-струмова характеристика	B, C	D
Номинальна напруга Ue, V	~230/400	
Номинальний струм Ie, A	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Номинальна частота, Hz	50/60	
Номинальна напруга ізоляції Ui, V	500	
Номинальна імпульсна напруга Uimp, V	4000	
Селективний клас	3	
Гранична комутаційна здатність Icu, A	6 000	
Комутаційна зносостійкість (кількість циклів вкл./відкл.)	10 000/20 000 (електрична/механічна)	
Підключення додаткових пристроїв	так	
Перетин провідників, що під'єднуються, mm ²	до 25	
Ступінь захисту	IP20	
Момент затиску болтів, Nm	2,0	
Кріплення на DIN-рейку	35x7.5	
Підключення гребінчатою шиною	так	
Робоче положення	будь-яке	
Висота над рівнем моря, m	2000	
Діапазон робочих температур, °C	-25...+55	
Температура зберігання, °C	-25...+70	

Функції

- Захист електричних кіл від перевантаження та струмів короткого замикання.
- Оперативне включення та відключення електричних кіл змінного струму.



Серія модульних автоматичних вимикачів **FB2-63 Standart** призначена для застосування у житлових комплексах, на об'єктах адміністративно-комерційного призначення, а також промислових об'єктах, підстанціях та розподільчих пристроях.

