

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Електротехніка і електромеханіка”
ім. професора В.В. Овчарова

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ

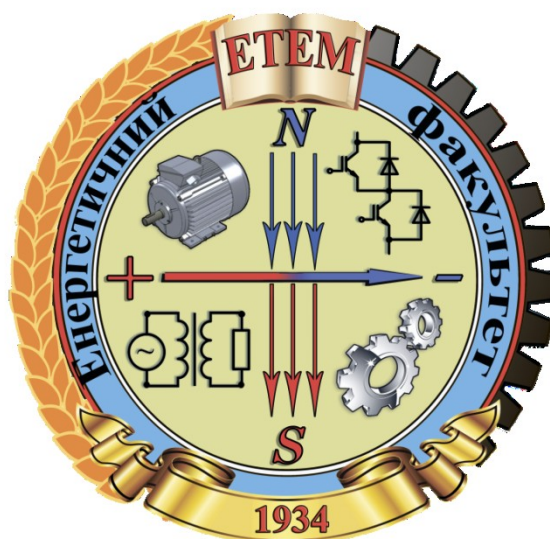
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до розділу «Проектування внутрішньої розподільчої мережі»

комплексного курсового проекту

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»

зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»



Мелітополь, 2017

Основи проектування систем електрифікації: Методичні вказівки до розділу «Проектування внутрішньої розподільчої мережі» комплексного курсового проекту для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»/ С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2017. – 78 с.

Розробники: к.т.н., доцент Квітка С.О.,
к.т.н., доцент Постнікова М.В.

Розробники: д.т.н., професор Діордієв Володимир Трифонович
Таврійський державний агротехнологічний університет
д.т.н., професор Назаренко Ігор Петрович
Таврійський державний агротехнологічний університет

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова
Протокол №1 від 30 серпня 2017 р.

Затверджено методичною комісією енергетичного факультету ТДАТУ
Протокол №1 від 13 вересня 2017 р.

© Квітка С.О.
Постнікова М.В.

ЗМІСТ

Вступ	4
Загальні методичні поради	5
Індивідуальне завдання	6
Методичні рекомендації	7
1.1 Вибір схеми живлення електроустановок	7
1.2 Визначення розрахункових навантажень	8
1.3 Вибір марки та перерізу проводів і кабелів	9
1.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту	12
1.4.1 Електромагнітні пускачі та теплові реле для керування та захисту електродвигунів	15
1.4.2 Автоматичні вимикачі для захисту електричних кіл, які живлять електродвигуни.	17
1.4.3 Перевірка вибраних автоматичних вимикачів.	21
1.4.4 Вибір рубильників	24
1.5 Вибір низьковольтних комплектних установок	25
1.6 Розробка схеми розподільчої електросилової мережі	26
1.7 Приклад виконання розділу курсового проекту	27
Критерії оцінювання	47
Список літератури	48
Додатки	50

ВСТУП

Метою виконання розділу комплексного курсового проекту «Проектування внутрішньої розподільчої мережі» з дисципліни «Основи проектування систем електрифікації» є закріплення одержаних теоретичних знань і набуття практичних навичок з питань проектування внутрішніх розподільчих мереж об'єктів АПК.

Завдання проектування розділу курсового проекту – формування вміння практичної реалізації з вибору схеми живлення електроустановок, розрахунку електричних навантажень та внутрішніх електропроводок, вибору та перевірки апаратів керування та захисту (автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, теплових реле) електроприводів сільськогосподарських машин та агрегатів, вибору низьковольтних комплектних установок керування та розробки схеми розподільчої електросилової мережі.

Студент повинен самостійно вирішувати практичні інженерні задачі, уміти застосовувати методи розрахунку електричних навантажень та внутрішніх електропроводок, а також методи вибору та перевірки апаратів керування та захисту електроприводів сільськогосподарських машин та агрегатів, низьковольтних комплектних установок керування, розробки схеми розподільчої електросилової мережі.

Для роботи студент отримує варіант індивідуального завдання курсового проекту і необхідну нормативно-довідкову літературу. Студент самостійно виконує розрахунки відповідно до структури та змісту курсового проекту та при необхідності отримує допомогу викладача.

Пояснювальна записка розділу комплексного курсового проекту повинна вміщувати всі фактичні дані (схеми, таблиці) та аналіз результатів розрахунків.

Студент повинен представити викладачу виконаний розділ комплексного курсового проекту, при необхідності внести необхідні виправлення та одержати бали від викладача за свою роботу.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ

До оформлення пояснювальної записки розділу комплексного курсового проекту надаються такі вимоги.

Пояснювальна записка проекту з врахуванням вимог нормативно-технічних документів має подаватись на аркушах паперу формату А4 210×297 мм в обсязі 15...20 сторінок. Рамка основного напису виконується формою 5, 6 (ДСТУ Б А.2.4-4:2009). На кожній сторінці пояснювальної записки (ПЗ) записується шифр.

Текст розташовується наступним чином: відстань від рамки форми до меж тексту на початку рядків не менше 3 мм, наприкінці рядків – не менше 3 мм, від верхнього і нижнього рядків тексту до верхньої і нижньої рамки форми не менше 10 мм. Абзаци на початку тексту починають відступом 15...17 мм.

Зміст містить основний напис за формою 5, решта тексту ПЗ – за формою 6. Всі підрозділи пояснювальної записки виконують з абзацу малими літерами, починаючи з великої, за винятком змісту і додатків, які виконують посередині рядка великими літерами. Текст виконується машинописним шрифтом 1,5 інтервали, шрифт Times New Roman, кегль № 14 з висотою літер і цифр не менше 2,5 мм. На титульному аркуші номер не ставиться, але він враховується при нумерації.

Пояснювальна записка відноситься до текстових документів, які подаються технічною мовою. Графічна інформація має подаватись у вигляді ілюстрацій (схеми, рисунки, графіки, діаграми тощо). Цифрова – у вигляді таблиць.

Матеріали пояснювальної записки викладаються в послідовності, передбаченої завданням.

Рисунки, таблиці пояснювальної записки повинні бути пронумеровані. Наприкінці пояснювальної записки приводиться список літератури, на якому дані посилання в тексті.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра «Електротехніка і електромеханіка» імені професора В.В. Овчарова

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТіЕМ

к.т.н., доцент _____ С.О. Квітка

« ____ » _____ 20 ____ р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

до розділу «Проектування внутрішньої розподільчої мережі»

комплексного курсового проекту «Основи проектування систем електрифікації»

студенту _____ Мікуліну Володимирі Сергійовичу

1. **Тема проекту:** Електрифікація молочного цеху НДГ ТДАТУ с. Лазурне, Мелітопольського району Запорізької області.

2. **Термін здачі** студентом розділу проекту: « ____ » _____ 201 ____ р.

3. **Вихідні дані** до курсового проекту: продуктивність цеху 5 т/добу.

4. **Структура завдання:**

Проектування внутрішньої розподільчої мережі

4.1 Вибір схеми живлення електроустановок.

4.2 Визначення розрахункових навантажень.

4.3 Вибір марки та перерізу проводів і кабелів.

4.4 Вибір та перевірка апаратів керування та захисту (автоматичних викивачів, магнітних пускачів, теплових реле).

4.5 Вибір низьковольтних комплектних установок керування.

4.6 Розробка схеми розподільчої електросилової мережі.

5. **Перелік графічного матеріалу:**

1 Цех молочний. Розподільча електросилова мережа. Схеми електричних принципів.

6. **Дата видачі завдання:** « ____ » _____ 201 ____ р.

Завдання прийняв до виконання студент 41 ЕЕ групи _____ В.С. Мікулін

Керівник розділу курсового проекту, доцент _____ М.В. Постнікова

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1.1 Вибір схеми живлення електроустановок

Мережі електропостачання підрозділяють на живильні і розподільчі. Живильна мережа – лінія від джерела живлення до щитів і шаф керування електроприймачами. Розподільча мережа складається з ліній від щитів і шаф керування до електроприймачів. До розподільчої мережі відносяться також кола всіх призначень, що пов'язують первинні прилади і вимірювальні перетворювачі з вторинними приладами і регуляторами [12].

В загальному випадку на виробничому об'єкті може використовуватись схема живильної і розподільчої електричної мережі (рисунок 1) [12].

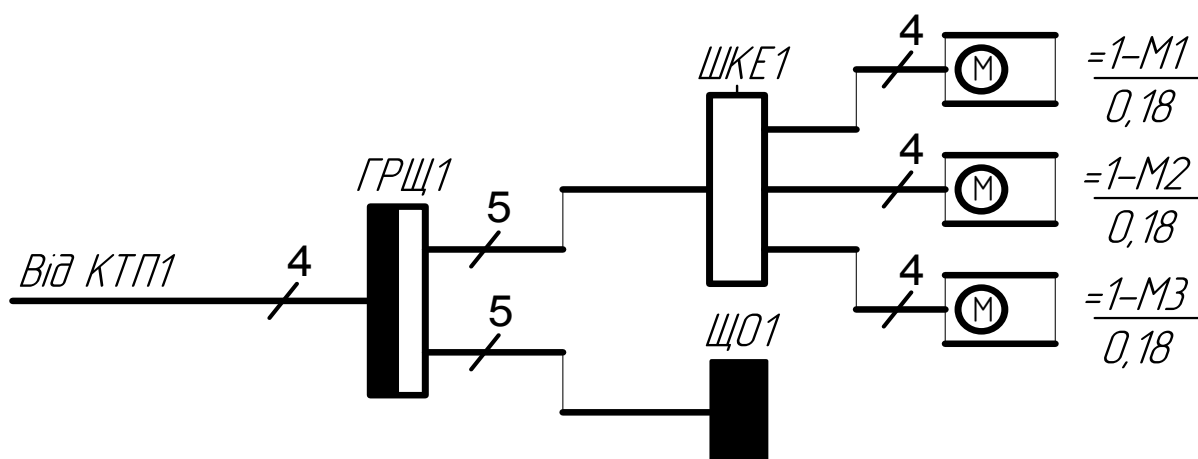


Рисунок 1 – Схема електрична принципова розподільчої мережі

Електрична мережа виконана за радіальною схемою і містить в собі головний розподільчий щит ГРЩ1, шафу керування ШКЕ1 та освітлювальний щиток ЩО1. Система заземлення на виробничому об'єкті TN-C-S (розділ PEN-провідника на PE- і N-провідники виконується в головному розподільчому щиті ГРЩ1).

Схема електрична принципова розподільчої мережі проектується студентом на основі вихідних даних до комплексного курсового проекту.

1.2 Визначення розрахункових навантажень

Після визначення схеми електричної принципової розподільчої мережі розраховуються навантаження на кожній її ділянці від електроприймачів до відповідних шаф керування.

Розрахункові струми електроприймачів визначаються за формулами [2]:

– для однофазних електроприймачів

$$I_{\text{розр.}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^3}{U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ}}}, \quad (1)$$

– для трифазних електроприймачів

$$I_{\text{розр.}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ}}}, \quad (2)$$

– для трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором

$$I_{\text{розр.}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^3 \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}}}, \quad (3)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна споживана потужність електроприймача, кВт;

K_3 – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга, В;

$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$ – номінальний коефіцієнт потужності;

$\eta_{\text{НОМ}}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Розрахунковий струм на ділянці між розподільчим пунктом і відповідною шафою керування визначається за формулою [2]

$$I_{\text{розр.м.}} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{НОМ}i}, \quad (4)$$

де K_0 – коефіцієнт одночасності роботи споживачів електроенергії;

$\sum_{i=1}^n I_{\text{ном}i}$ – сума номінальних (розрахункових) струмів споживачів, А;

n – кількість споживачів.

Розрахунковий струм на ділянці від трансформаторної підстанції до ввідного розподільчого пункту визначається за формулою [10]

$$I_{\text{розр.в.}} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{розр.м.}i} \quad (5)$$

Розрахункові дані навантажень електроприймачів та мереж живлення занести до схеми електричної принципової розподільчої мережі (рисунок 2).

1.3 Вибір марки та перерізу проводів і кабелів

Оскільки всі провідники мають активний опір, то під час проходження електричного струму вони нагріваються. Якщо провідник ізольований, то нагрівається й ізоляція. Із ростом сили струму й часу його дії за незмінних умов охолодження температура провідника підвищується. При цьому збільшуються втрати енергії, старіє ізоляція, погіршуються її діелектричні властивості, що може привести до коротких замикань і пожеж, виходять із ладу контактні з'єднання проводів повітряних ліній і розподільчих пристроїв [2].

У зв'язку з цим провід, кабелі і шини вибирають так, щоб температура їхнього нагрівання не перевищувала гранично допустимих значень. Залежно від матеріалу провідника, класу ізоляції і робочої напруги встановлені такі значення гранично допустимих температур:

- 343 К (+70 °С) для неізованих проводів і шин;
- 338 К (+65 °С) для проводів і кабелів з гумовою чи пластмасовою ізоляцією;
- 333 К (+60 °С) для кабелів із паперовою просоченою ізоляцією за напруги до 10 кВ.

Цим температурам відповідають значення допустимих тривалих струмів ($I_{\text{доп.тр.п.}}$), А, які визначені та наведені в таблицях глави 1.3 ПУЕ [17]. Значення допустимих тривалих струмів для проводів і кабелів подані в таблицях додатку А.

Провода і кабелі вибираються за наступними умовами [10]:

- за матеріалом жили та ізоляції;
- за способом прокладки;
- за умовою нагріву;
- за механічною міцністю;
- за втратою напруги.

За матеріалом жили провід (кабель) може бути з алюмінієвою жилою, або мідною. За матеріалом ізоляції провода (кабелі) можуть бути з полівінілхлоридною, поліхлорвініловою, поліетиленовою, резиною ізоляціями.

У виробничих приміщеннях прокладку проводів виконують в захисних трубах, на лотках, сталевих коробах, на тросах. При виборі способу прокладки електропроводки проводів і кабелів, треба враховувати вимоги електро- і пожежобезпеки [12].

Перерізи жил проводів (кабелів) обирають за умовами нагріву і механічної міцності. При виборі перерізу жил проводів (кабелів) за умовою нагріву дотримуються умови [10]

$$I_{\text{доп.тр.п.}} \geq I_{\text{розн.}} \quad (6)$$

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ – допустимий тривалий струм, на який розрахований провід (кабель), що обирається, А;

$I_{\text{розн.}}$ – розрахунковий струм, який протікає через провід (кабель), що обирається, А.

При цьому необхідно враховувати рекомендації ПУЕ [17], що приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Мінімальний переріз РЕ-провідників, які є жилою кабелю або ізолюваного проводу живлення (ПУЕ п. 1.7.137)

Переріз фазних провідників, мм ²	Мінімальний переріз захисних провідників, мм ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Під час визначення кількості проводів, що прокладають в одній трубі (або жил багатожильного провідника), нейтральний робочий провід чотирипровідної системи трифазного струму, заземлювальні та нейтральні захисні провідники не враховують.

При виборі перерізу жил проводів (кабелів) за умовою механічної міцності дотримуються умови

$$S_{\text{пр}} \geq S_{\text{min}}, \quad (7)$$

де $S_{\text{пр}}$, S_{min} – відповідно переріз проводу (кабелю), що обирається і найменший переріз струмопровідних жил проводів і кабелів, мм² [17].

Найменші перерізи струмопровідних жил проводів і кабелів в електропроводках вибираються згідно [17] і наведені в додатку Б.

При прокладанні проводів (кабелів) в трубах, внутрішній діаметр труби розраховують за формулою [10]

$$d_{\text{тр}} = d_{\text{пр}} \sqrt{\frac{n}{k_3}}, \quad (8)$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр проводу (кабелю) з ізоляцією, мм [5, 8] (додаток В);

n – кількість провідників. У випадку багатожильного кабелю $n = 1$;

k_3 – коефіцієнт заповнення; $k_3 = 0,5$ [10].

Після отримання розрахункового значення діаметру труби, слід обрати найбільше стандартне значення. Найчастіше в електропроводках використовую-

ють водогазопровідні труби, стандартні значення діаметру яких приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Труби сталеві водогазопровідні [16]

Умовний прохід, мм	Зовнішній діаметр, мм
15	21,3
20	26,8
25	33,5
32	42,3
40	48
50	60

Розрахункові дані вибору перерізів проводів (кабелів) та стандартні значення вибраних труб занести до схеми електричної принципової розподільчої мережі (рисунок 2).

1.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту (автоматичних вимикачів, магнітних пускачів, теплових реле)

Електричні апарати, за допомогою яких виконується замикання та розмикання електричних кіл, називаються комутаційними.

За призначенням і виконавчими функціями апарати поділяють на апарати керування та апарати захисту, а також апарати, які виконують обидві ці функції; обмежувальні апарати, апарати для контролю заданих електричних та неелектричних параметрів, апарати для вимірювання; електричні регулятори [4].

Якщо комутація здійснюється в апараті шляхом переміщення його контакт-деталей відносно одна одної, то він називається контактним апаратом.

Безконтактним апаратом називають електричний апарат, що виконує комутаційну операцію без переміщення і руйнування його деталей (тиристори, транзистори, симістори).

За номінальною напругою електричні апарати поділяють на дві групи: апарати низької напруги (номінальна напруга до 1000 В) та високої напруги

(номінальна напруга більше 1000 В).

Апарати класифікують за родом струму, за ступенем захисту від навколишнього середовища, за захистом від впливу механічних факторів.

Електричні апарати повинні відповідати таким вимогам:

– у номінальному режимі роботи температура апарата і його деталей не повинні перевищувати допустиму, встановлену нормативними документами;

– апарати повинні витримувати струми перевантаження та короткого замикання без пошкоджень;

– ізоляція апарата повинна витримувати перенапруги, що можуть виникати при експлуатації, а також мати запас міцності на випадок старіння та внаслідок осадження пилу, бруду та вологи;

– контакти апаратів, призначених для вимикання струмів короткого замикання (к.з.) повинні бути розраховані на цей режим;

– електричні апарати повинні бути надійними в роботі та безпечними для обслуговуючого персоналу;

– апарати повинні відповідати екологічним та санітарно-гігієнічним вимогам;

– апарати повинні мати невисокі масові та габаритні показники, невисоку вартість, бути простими за будовою та зручними при монтажі і експлуатації.

Стандартами встановлено ряд параметрів електричних апаратів, величини яких нормуються:

– номінальна та робоча напруга апарата;

– номінальна частота джерела живлення;

– номінальний струм апарата;

– номінальний робочий струм;

– номінальний режим роботи;

– допустима кількість вмикань за годину;

– категорії застосування;

– механічна та електрична стійкість проти спрацювань;

– комутаційна здатність;

- стійкість проти зовнішніх впливів;
- надійність роботи;
- безпека.

Електроприводи повинні бути надійно захищені від анормальних і аварійних режимів роботи. Електродвигуни змінного струму повинні мати захист від однофазних і багатофазних коротких замикань, струмів перевантаження, роботи на двох фазах та мінімальної напруги. Синхронні двигуни, крім того, повинні бути захищені від асинхронного режиму [3].

Системи керування електроприводів повинні бути захищені від коротких замикань.

Захист від струмів короткого замикання здійснюють за допомогою плавких запобіжників і автоматичних вимикачів. Ці апарати повинні вимикати пошкоджену ділянку мережі миттєво або з мінімальною витримкою часу.

Захист двигунів від перевантажень передбачають при можливих перевантаженнях робочих машин, а також тоді, коли при важких умовах пуску або самозапуску необхідно обмежити тривалість пуску при зниженій напрузі. Двигуни, які працюють у короткочасному або повторно-короткочасному режимі, від перевантажень не захищають.

Для захисту від перевантажень використовують теплові і температурні реле, автоматичні вимикачі з тепловими розчіплювачами, електронні пристрої струмового і температурного захисту.

Захист від надмірного зниження напруги або від самозапуску після зникнення напруги повинен бути: для всіх електродвигунів робочих машин, самозапуск яких після зупинки недопустимий за умовами технологічного процесу або за умовами безпеки; для електродвигунів постійного струму, які не допускають безпосереднього вмикання в мережу.

Такий захист здійснюють за допомогою реле напруги, автоматичних вимикачів з розчіплювачами мінімальної напруги, а також увімкненими за спеціальною схемою електромагнітними пускачами і контакторами.

Найбільше розповсюдження в умовах сільськогосподарського виробництва в системі автоматизованого електроприводу одержали такі апарати: контактори, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі, запобіжники, реле (струму, напруги, часу, проміжні, теплові), а також рубильники, кнопкові станції, пакетні вимикачі і перемикачі.

1.4.1 Електромагнітні пускачі та теплові реле для керування та захисту електродвигунів

Для керування та захисту електродвигунів використовуються електромагнітні пускачі та теплові реле.

Електромагнітні пускачі – це електромагнітні комутуючі пристрої, призначені для дистанційного запуску безпосереднім підключенням до мережі, зупинки і реверсування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Наявність електромагніта в магнітному пускачі забезпечує нульовий захист асинхронного двигуна при значному зниженні напруги живлення. При установлених теплових реле магнітний пускач захищає асинхронний двигун від тривалих невеликих перевантажень, а також від роботи в однофазному режимі. За принципом керування магнітні пускачі можуть бути реверсивними і неревверсивними.

Вибір електромагнітних пускачів проводиться за наступними умовами [13, 20]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою магнітного пускача із умови

$$U_{\text{ном МП}} \geq U_{\text{мережі}} \cdot$$

3 За номінальним струмом магнітного пускача із умови

$$I_{\text{ном МП}} \geq I_{\text{розр.}} \cdot$$

4 За виконанням

- реверсивний, неревверсивний;
- з тепловим реле, без теплового реле;
- з електромеханічним блокуванням, без блокування.

5 За номінальним струмом неспрацювання теплового реле із умови

$$I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{розр.}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового реле, яке забезпечує рівність

$$I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

6 За ступенем захисту та наявністю кнопок “Пуск” та “Стоп”.

7 За числом контактів допоміжного кола.

8 За родом струму та напругою котушки втягування.

9 За кліматичним виконанням та категорією розміщення.

10 За виконанням на комутаційну зносостійкість.

Теплове реле призначене для захисту електродвигуна та іншого електрообладнання від струмів перевантаження, обриву фази та тривалого запуску в ланцюгах змінного струму частотою 50 Гц напругою до 400 В.

Номінальними величинами теплових реле є номінальний струм реле і номінальний струм його неспрацювання. Крім того, реле вибирають за способом монтажу та за родом і кількістю контактів допоміжного кола.

При правильному підборі нагрівального елемента, реле не спрацює при номінальному струмі. При струмі навантаження, що перевищує на 20 % розрахунковий струм в мережі, час спрацювання реле не повинен перевищувати 20 хвилин, а при шестикратному струмі навантаження – не більше, ніж 2...10 с.

Структура умовної позначки та технічні характеристики електромагнітних пускачів та теплових реле наведені в додатку Г, технічні характеристики вибираються згідно [7, 13, 19, 21] та для прикладу наведені в додатку Д.

Дані вибору електромагнітних пускачів, теплових реле занести до схеми електричної принципової розподільчої мережі (рисунок 2).

1.4.2 Автоматичні вимикачі для захисту електричних кіл, які живлять електродвигуни

Автоматичні вимикачі (АВ) – комутаційні апарати, призначені для захисту електричних кіл від аномальних і аварійних режимів: тривалих перевантажень, струмів короткого замикання, надмірного зниження напруги, а також для нечастих вмикань і вимикань вручну ділянок електричних ланцюгів змінного струму частотою 50 Гц напругою до 400 В.

Автоматичне вимикання АВ здійснюється під дією розчіплювачів. Залежно від виду параметра електричного кола, на який вони реагують, бувають максимальні розчіплювачі струму, мінімальні розчіплювачі напруги, незалежні розчіплювачі напруги та ін.

Максимальні розчіплювачі струму поділяються на електромагнітні та теплові. Уставка струму спрацювання електромагнітних розчіплювачів (струм відсічки) у кілька разів перевищує номінальний струм розчіплювачів. За національним стандартом ДСТУ ІЕС 60898-1:2005 захисна характеристика електромагнітного розчіплювача автомата має відповідати вимогам, що приведені в таблиці 3, (при умовній температурі +30 °С) [4]. Для захисту від струмів перевантаження автоматичні вимикачі комплектуються тепловими розчіплювачами. Згідно зі стандартом ДСТУ ІЕС 60898-1:2005 теплові розчіплювачі АВ при температурі +30 °С не повинні спрацьовувати протягом 1 год. при струмі $1,13 \cdot I_{\text{НОМ}}$; повинні спрацьовувати при струмі $1,45 \cdot I_{\text{НОМ}}$ за час не більший 1 год., а при струмі $2,55 \cdot I_{\text{НОМ}}$ – за час 1...60 с.

Якщо у вимикачі встановлено електромагнітні й теплові розчіплювачі, їх називають комбінованим розчіплювачем максимального струму.

Розчіплювачі мінімальної напруги призначені для вимикання автоматів при недопустимому зниженні напруги.

Для дистанційного вмикання в автоматичних вимикачах вбудовують незалежні розчіплювачі, котушки яких призначені для живлення постійним або змінним струмом різного рівня напруги.

Таблиця 3 – Вимоги до типів захисної характеристики АВ

Тип захисної характеристики	Кратність струму	Сфера застосування вимикача
Z	$(2,2 \dots 3,6)I_{\text{НОМ}}$	Електроустановки зі значною протяжністю електропроводки (малі струми короткого замикання), а також для захисту напівпровідникових пристроїв
B	$(3 \dots 5)I_{\text{НОМ}}$	Електроустановки, що не мають значних пускових струмів, зокрема електропроводки житлових будинків
C	$(5 \dots 10)I_{\text{НОМ}}$	Електроустановки з «ударними» навантаженнями, що перевищують струм нормального режиму до 5 разів (багатополюсні асинхронні двигуни, освітлювальні установки з газорозрядними лампами)
D	$(10 \dots 20)I_{\text{НОМ}}$	Електроустановки зі значними пусковими струмами (трансформатори, двополюсні асинхронні двигуни тощо)

Головними параметрами автоматичних вимикачів є номінальна напруга і номінальний струм апарата, номінальний струм максимальних розчіплювачів струму, кратність струму спрацювання електромагнітних розчіплювачів, номінальна напруга розчіплювача мінімальної напруги, рід струму і номінальна напруга незалежного розчіплювача, граничний струм вимикання, власний і повний час вимикання.

Вибір автоматичних вимикачів (АВ) здійснюється за наступними умовами [13, 20]:

- 1 За типом або серією.
- 2 За номінальною напругою із умови

$$U_{\text{НОМ АВ}} \geq U_{\text{мережі}} \cdot$$

- 3 За номінальним струмом АВ із умови

$$I_{\text{НОМ АВ}} \geq I_{\text{розр.}} \cdot$$

4 За виконанням:

- кількістю головних полюсів;
- виду основних розчіплювачів: ТР, ЕМР;
- виду допоміжних розчіплювачів, без допоміжних розчіплювачів, незалежний розчіплювач, мінімальний розчіплювач, нульовий розчіплювач, напівпровідниковий розчіплювач;
- наявністю вільних контактів;
- наявністю регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача;
- виду приводу: ручний електромагнітний, ручний дистанційний.

5 За номінальним струмом теплового розчіплювача

5.1 Для мережі з АД, при наявності регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового розчіплювача, що забезпечує рівність

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}$$

5.2 Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та легкими умовами пуску – з тривалістю пуску 5...10 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}$$

5.3 Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та важкими умовами пуску – з тривалістю пуску до 40 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,5 I_{\text{ном АД}}$$

5.4 У загальному випадку для кола АД при відсутності даних про тривалість пуску із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,25 I_{\text{ном АД}}$$

5.5 Для мережі з нагрівальними пристроями із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = (1,1 - 1,2) I_{\text{ном н.у.}}$$

5.6 Для освітлювальних мереж та АВ з комбінованим розчіплювачем:

– для ламп розжарювання з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– для ламп ДРЛ з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А і більше для люмінесцентних ламп

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

за будь-яких уставках розчіплювача.

6 За струмом відсічки електромагнітного розчіплювача із умови

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{п розр.}}$$

де $I_{\text{п розр.}}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі.

При цьому для захисту електричного кола з одним АД

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{п АД}}, \quad (9)$$

– для захисту електричної мережі з декількома АД

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i} + (I_{\text{п нб}} - I_{\text{ном нб}}) \right], \quad (10)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i}$ – сума номінальних струмів n одночасно працюючих АД, А;

$(I_{п нб} - I_{ном нб})$ – різниця між значеннями пускового і номінального струмів асинхронного двигуна, у якого ці струми найбільші, А.

7 За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

Структура умовної позначки автоматичних вимикачів наведена в додатку Е, технічні характеристики вибираються згідно [1, 7, 13] та для прикладу наведені в додатку Е.

У відповідності з умовами вибору автоматичних вимикачів вибрати автоматичні вимикачі для захисту електричних кіл, які живлять електродвигуни. Технічні дані записати в розподільчу електросилову мережу (рисунок 2).

1.4.3 Перевірка вибраних автоматичних вимикачів

Вибрані автоматичні вимикачі необхідно перевірити [13, 17].

Перевірку автоматичних вимикачів провести за наступними умовами:

1 На неспрацювання АВ при пуску електродвигунів в мережах, що захищаються автоматичними вимикачами. Перевірка виконується за умовою

$$I_{відс.р.м.} \geq I_{п розр.}$$

де $I_{відс.р.м.}$ – струм відсічки електромагнітного розчіплювача;

$I_{п розр.}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі.

2 На узгодження струмів розчіплювачів АВ з допустимими тривалими струмами проводів та кабелів. Перевірка проводиться за нормативним в ПУЕ [17] співвідношенням

$$\frac{I_{вст.}}{I_{доп.тр.п.}} \leq k ,$$

де $I_{доп.тр.п.}$ – допустимий тривалий струм провідника, А.

Під $I_{вст.}$ варто розуміти:

– номінальний струм нерегульованого теплового розчіплювача – $I_{ном т.р.}$;

– струм зрушення регульованого теплового розчіплювача – $I_{зр}$;

– струм відсічки для автоматів тільки з електромагнітним розчіплювачем
 $- I_{\text{відс.р.м.}}$

Кратність струму уставки k апарата захисту відносно допустимого тривалого струму провідника повинна бути не більше нормативної величини, вказаної в таблиці 4, якщо кратність k більше нормативної величини, вказаної в таблиці 4, то розчіплювач не забезпечить захист електропроводки. Тоді необхідно вибрати автоматичний вимикач з іншою уставкою, або поміняти переріз провідника з іншим $I_{\text{доп.тр.п.}}$.

Таблиця 4 – Нормативне значення кратності k для апаратів захисту [17]

Провідник	Нормативна кратність для апаратів захисту		
	Автомат з електромагнітним розчіплювачем	Автомат	
		з нерегульованим розчіплювачем	з регульованим розчіплювачем
Мережа, яка захищається тільки від коротких замикань (ПУЕ п. 3.1.9)			
Провідники всіх типів	$\leq 4,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,25$
Мережа, яка захищається і від перевантаження (ПУЕ п. 3.1.11)			
Відкрито прокладені провідники з горючою ізоляцією	$\leq 0,8(1,0)$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
Кабелі з паперовою ізоляцією	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,25$

Примітка: 1) (1,0) – допускається для невибухонебезпечних виробничих приміщень промислових підприємств;

2) наявність захисного апарату з завищеними уставками не являється обґрунтуванням для збільшення перерізу провідника.

3 На чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного к.з. перевірка проводиться за умовами:

– для АВ, що мають тільки електромагнітний розчіплювач:

якщо $I_{\text{ном АВ}} \leq 100 \text{ А}$ за умовою

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,4 I_{\text{відс.р.м.}}$$

якщо $I_{\text{ном АВ}} > 100 \text{ А}$ за умовою

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25 I_{\text{відс.р.м.}},$$

– для АВ, що мають тепловий розчіплювач, і мереж, розташованих в приміщеннях з нормальним середовищем за умовою

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 3 I_{\text{ном т.р.}},$$

– для АВ, що мають тепловий розчіплювач, і мереж, розташованих у вибухо- та пожежебезпечному середовищі за умовою

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 6 I_{\text{ном т.р.}}.$$

4 На граничну вимикаючу здатність струмів трифазного к.з. перевірка проводиться за умовою

$$I_{\text{гр.АВ}} \geq I_{\text{к уд.}}^{(3)}, \quad (11)$$

$$I_{\text{к уд.}}^{(3)} = I_{\text{к}}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд.}}, \quad (12)$$

де $I_{\text{гр.АВ}}$ – граничний струм, що вимикається апаратом, кА;

$I_{\text{к уд.}}^{(3)}$ – ударний струм трифазного к.з., кА;

$I_{\text{к}}^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання, кА;

$K_{\text{уд.}}$ – ударний коефіцієнт, що залежить від параметрів силового трансформатора. Приймається $K_{\text{уд.}} = 1,2 - 1,4$ [13].

5 На селективність роботи розчіплювачів автоматичних вимикачів, включених в мережі послідовно.

Під селективністю розуміють таку дію захисту, при якому к.з. вимикається захисним апаратом найближчим до місця виникнення к.з. Досвід експлуатації автоматичних вимикачів (АВ) показав, що селективність послідовно встановлених в розподільчій мережі АВ забезпечується, якщо номінальні струми розчіплювачів наступних АВ від джерела живлення на 2-3 ступені нижче уставок струмів попередніх АВ.

Результати розрахунків електричних навантажень, вибору марки та перерізу проводів і кабелів, апаратів керування та захисту, низьковольтних комплектних установок керування, технічні дані і марки електродвигунів занести в схему електричну принципову розподільчої мережі (рисунок 2).

1.4.4 Вибір рубильників

Рубильники призначені для ручної комутації електричних кіл номінальною напругою до 660 В змінного і до 440 В постійного струму. Перевага рубильників над іншими апаратами в тому, що вони дешеві і створюють видимий розрив електричного кола. В електроприводі рубильники найчастіше використовують як ввідні апарати розподільчих та низьковольтних комплектних установок.

За конструкцією поділяються на одно-, дво- і триполюсні; з приводом центральною або боковою рукояткою через вал, центральною рукояткою через систему важелів; з дугогасними пристроями і без них; з переднім або заднім підмиканням проводів; з одинарним або подвійним розривом кола.

За ступенем захисту бувають відкритими (IP00), захищеними (IP32) і закритими (IP54).

Комутаційна здатність рубильників залежить від роду струму, величини напруги і конструкції апарата. Рубильники з центральною рукояткою і приводом через вал дозволяється застосовувати тільки для вимикання електричних кіл без струму. При наявності струму можна вимикати рубильники з бічною рукояткою або з приводом через систему важелів.

Вибір рубильників здійснюється за номінальною напругою, номінальним струмом, допустимим комутованим струмом, конструктивним виконанням, ступенем захисту, кліматичним виконанням і категорією розміщення.

1.5 Вибір низьковольтних комплектних установок керування

Для розміщення апаратів керування та захисту вибирають металеву оболонку необхідних розмірів та з відповідним ступенем захисту від дії навколишнього середовища. Ящик або шафа із вмонтованими апаратами, призначені для розподілу електроенергії, захисту та керування споживачами електроенергії називається низьковольтною комплектною установкою (НКУ).

Низьковольтні комплектні установки (НКУ) вибирають за наступними умовами [2, 16]:

- конструкцією;
- класом НКУ;
- групою в цьому класі;
- номінальною силою струму силового кола;
- номінальною напругою силового кола;
- напругою кола керування;
- за кількістю і типом захисних апаратів на вводі та лініях, що відходять;
- за ступенем захисту;
- за кліматичним виконанням та категорією розміщення.

Для потреб промисловості і сільського господарства випускається велика номенклатура НКУ. Вони відрізняються між собою за видом керованого електродвигуна, функціями, кількістю двигунів, призначенням, ступенем автоматизації та іншими ознаками.

Як правило вибирають серійні НКУ, а за їх відсутності або невідповідності вимогам складають схему електричну з'єднання та готують технічні умови на виготовлення НКУ.

Структура умовної позначки низьковольтних комплектних установок (НКУ): розподільчих пунктів, ящиків керування, щитків освітлювальних групових наведена в [2, 9, 16, 22] та додатку Ж.

1.6 Розробка схеми розподільчої електросилової мережі

Основне призначення схеми електричної принципової живильної і розподільчої мережі складається у відображенні з достатньою повнотою і наочністю взаємного зв'язку основних елементів внутрішньої мережі: вводу, розподільчих пристроїв, магістральної мережі, апаратів керування та захисту, групової мережі, окремих розгалужень і електроприймачів [12]. Схему виконують в розгорнутому вигляді з графічним виконанням силових розподільчих пунктів та шаф керування, апаратів керування та захисту, електроприймачів. Позиційна позначка елементам схеми надається згідно виконання на схемі електричній принциповій системи керування та схеми розташування технологічного та електросилового обладнання. Всі апарати (автоматичні вимикачі, реле) на схемі слід зображати з позначенням номінальних струмів апаратів, струмів розчіплювачів (для автоматичних вимикачів), провода або кабелі з позначенням марки, перерізу та кількості жил, способу прокладання. Також на схемі подають характеристики електроприймачів [12].

При розробці схеми електричної принципової розподільчої мережі слід керуватися наступним [12]:

- схему виконують в однолінійному зображенні. При цьому нейтральний і захисний РЕ-провідник окремою лінією не позначають;
- у трифазних три- і чотирипровідних мережах зображення і позначки фаз вказують тільки для одно- і двофазних ліній;
- всі умовні графічні позначки на схемі виконуються у відповідності до системи стандартів ЄСКД та СПДБ;
- в графі «Пристрій розподільчий» вказують літерно-цифрову позначку розподільчого пристрою, його тип. Сам пристрій виконується у вигляді електричної шини шириною 4-5 мм необхідної довжини з позначенням затискачів підмикання у вигляді кіл діаметром 2-3 мм.

Схема електрична принципова розподільчої мережі вноситься до графічної частини розділу комплексного курсового проекту, а приклад виконання наведений на рисунку 2.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

4 ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ

4.1 Вибір схеми живлення електроустановок

Електропостачання молочного цеху здійснюється від комплектної трансформаторної підстанції КТП1 10/0,4 кВ потужністю 250 кВ·А. Електричний ввід виконано двома кабелями АСРБ4×10 та АСРБ(3×35+1×16) довжиною 32 м, прокладеними в ґрунті.

В електрощитовій знаходяться два силових розподільчих пункти ГРЩ1, ГРЩ2 з автоматичними вимикачами та шафи керування електрообладнанням. Пункти підлогового виконання. Від розподільчого пункту ГРЩ1 отримують живлення: щиток освітлювальний ЩО1, шафи КР31, ШКЕ7, ШКЕ4, ШКЕ3, ШКЕ1, водонагрівач Ariston A50, компресор пневматичний Intertool NS50. Від розподільчого пункту ГРЩ2 отримують живлення: шафи керування ШКЕ5, ШКЕ2, ШКЕ6, дві штепсельні розетки ХТ1 закритого виконання та ХТ2 – відкритого виконання. Схема живлення електрообладнання молочного цеху приведена на рисунку 4.1.

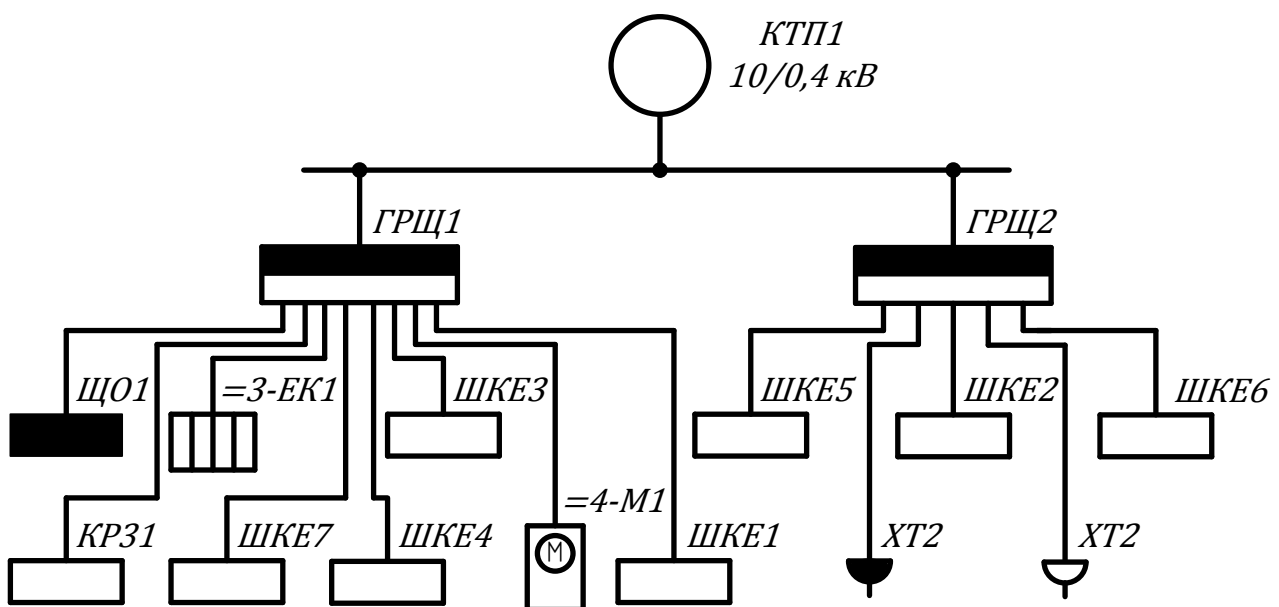


Рисунок 4.1 - Схема живлення електрообладнання молочного цеху

4.2 Визначення розрахункових навантажень

Для вибору перерізу проводів та апаратів керування та захисту потрібно визначити розрахункові струмові навантаження на окремих ділянках групової і магістральної мережі. Так як споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни, то за розрахунковий струм приймаємо їх номінальні струми [2].

Розрахункових струм для трифазних асинхронних електродвигунів визначається за формулою [2]

$$I_{\text{розр.}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot K_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}}, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електродвигуна, Вт;

K_3 – коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга, В;

$\cos\varphi_{\text{ном}}$ – номінальний коефіцієнт потужності;

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД електродвигуна.

В якості прикладу проведемо розрахунок навантаження в колі живлення електродвигуна компресора (= 2 – М2) типу АИР100S2У3 установки генератора льоду-води.

$$I_{\text{розр.}} = \frac{4,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,87} = 7,94 \text{ А.}$$

Аналогічно проводимо визначення розрахункових струмів для інших споживачів і результати розрахунків заносимо в розподільчу електросилову мережу представлену на аркуші 03АПК.435.410000Э3-ЕМ графічної частини курсового проекту.

Розрахунковий струм на магістралі між розподільчим пунктом ГРЦ2 і відповідною шафою керування ШКЕ2 визначається за формулою [2]

$$I_{\text{розр.м.}} = K_0 \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i}, \quad (4.2)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i}$ – сума номінальних струмів споживачів, А;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи споживачів електроенергії;

n – кількість споживачів.

Від шафи керування ШКЕ2 установки генератора льоду-води отримують живлення наступні споживачі: електродвигун вентилятора №1 (= 2 – М1) типу АИР63В2У3 з паспортними даними: $P_{\text{ном}} = 0,55$ кВт, $I_{\text{розр.}} = 1,31$ А; електродвигун компресора (= 2 – М2) – АИР100S2У3 з $P_{\text{ном}} = 4$ кВт, $I_{\text{розр.}} = 7,94$ А та електродвигун вентилятора №2 (= 2 – М3) – АИР63В2У3 з $P_{\text{ном}} = 0,55$ кВт, $I_{\text{розр.}} = 1,31$ А.

Розрахунковий струм магістралі ГРЩ2-ШКЕ2

$$I_{\text{розр.м.}} = 1,0 \cdot (1,31 + 7,94 + 1,31) = 10,56 \text{ А.}$$

Розрахунковий струм на ділянці від трансформаторної підстанції КТП1 до ввідного розподільчого щита ГРЩ2 визначається за формулою [10]

$$I_{\text{розр.в.}} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n I_{\text{розр.м.}i} \quad (4.3)$$

Від ввідного розподільчого щита ГРЩ2 отримують живлення: ШКЕ5 з $I_{\text{розр.м.}} = 78,02$ А, ШКЕ2 – $I_{\text{розр.м.}} = 10,56$ А, розетка штепсельна ХТ1 – $I_{\text{розр.}} = 16$ А, ШКЕ6 – $I_{\text{розр.м.}} = 14,94$ А, розетка штепсельна ХТ2 – $I_{\text{розр.}} = 16$ А. Тому розрахунковий струм магістралі від КТП1 до ГРЩ2 дорівнює

$$I_{\text{розр.в.}} = 1,0 \cdot (78,02 + 10,56 + 16 + 14,94 + 16) = 135,52 \text{ А.}$$

Розрахункові дані навантажень інших електроприймачів та мереж живлення заносимо до схеми електричної принципової розподільчої мережі, яка представлена на аркуші 03АПК.435.410000ЭЗ-ЕМ графічної частини курсового проекту.

4.3 Вибір марки і перерізу проводів і кабелів

З урахуванням умов навколишнього середовища вибираємо для живлення силових електроприймачів молочного цеху кабель марки АВВГ – кабель з алюмінієвими жилами з ізоляцією та оболонкою із полівінілхлоридного пластикату.

Перерізи кабелю вибираємо за допустимим тривалим струмом, виходячи з умови [10]

$$I_{\text{доп.тр.п.}} \geq I_{\text{розн.}} , \quad (4.4)$$

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ – допустимий тривалий струм, на який розрахований провід (кабель), що обирається, А;

$I_{\text{розн.}}$ – розрахунковий струм, який протікає через провід (кабель), що обирається, А.

Величина $I_{\text{доп.тр.п.}}$ вибирається з урахуванням матеріалу проводу, кількості жил, виду ізоляції, способу прокладання.

Мінімальний переріз струмопровідних жил приймають рівним 1 мм² для мідних та 2,5 мм² для алюмінієвих жил, що відповідає умові механічної міцності кабелю.

Внутрішні електромережі повинні бути надійними, зручними та досяжними для експлуатації, мінімальної протяжності та відповідати умовам оточуючого середовища, архітектурним особливостям приміщень та забезпечувати безпеку людей, пожежо- та вибухобезпечність.

Для прикладу проведемо вибір марки та перерізу кабелю для електродвигуна приводу компресора (= 2 – М2) АИР100S2У3 установки генератора льоду-води.

Для живлення електродвигуна компресора вибираємо кабель АВВГ4×2,5 з $I_{\text{доп.тр.п.}} = 19 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп.тр.п.}} = 19 \text{ А} > I_{\text{розн.}} = 7,94 \text{ А} .$$

Умова виконується, отже вибір перерізу кабелю виконаний вірно.

Вибір марки та перерізу проводів і кабелів для інших електроприймачів виконуємо аналогічно.

Прокладку кабелю виконуємо в трубах, внутрішній діаметр яких розраховуємо за формулою [10]

$$d_{\text{тр}} = d_{\text{пр}} \sqrt{\frac{n}{k_3}}, \quad (4.5)$$

де $d_{\text{пр}}$ – діаметр проводу з ізоляцією, мм [5, 8];

n – кількість провідників. У випадку багатожильного кабелю $n = 1$;

k_3 – коефіцієнт заповнення; $k_3 = 0,5$ [10].

Розрахуємо внутрішній діаметр труби для живлення електродвигуна приводу компресора. Діаметр кабелю АВВГ4×2,5 становить 10,2 мм [5]

$$d_{\text{тр}} = 10,2 \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 14,42 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний переріз труби 15 мм [16].

Розрахунок внутрішніх діаметрів труб для прокладки кабелів до інших споживачів та вибір стандартних перерізів труб проводимо аналогічно. Визначені дані заносимо до схеми електричної принципової розподільчої мережі, яка представлена на аркуші 03АПК.435.410000Э3-ЕМ графічної частини проекту.

4.4 Вибір і перевірка апаратів керування та захисту

4.4.1 Електромагнітні пускачі та теплові реле для керування та захисту електродвигунів

Для керування та захисту електродвигунів використовуються електромагнітні пускачі та теплові реле.

Вибір електромагнітних пускачів проводиться за наступними умовами [13, 20]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою магнітного пускача із умови

$$U_{\text{ном МП}} \geq U_{\text{мережі}} \cdot$$

3 За номінальним струмом магнітного пускача із умови

$$I_{\text{ном МП}} \geq I_{\text{розр.}} \cdot$$

4 За виконанням

- реверсивний, нереверсивний;
- з тепловим реле, без теплового реле;
- з електромеханічним блокуванням, без блокування.

5 За номінальним струмом неспрацювання теплового реле із умови

$$I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} \geq I_{\text{розр.}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового реле, яке забезпечує рівність

$$I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{ном АД}} \text{ або } I_{\text{ном н.т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

6 За ступенем захисту та наявністю кнопок “Пуск” та “Стоп”.

7 За числом контактів допоміжного кола.

8 За родом струму та напругою котушки втягування.

9 За кліматичним виконанням та категорією розміщення.

10 За виконанням на комутаційну зносостійкість.

Теплове реле призначене для захисту електродвигуна та іншого електрообладнання від струмів перевантаження, обриву фази та тривалого запуску в ланцюгах змінного струму частотою 50 Гц напругою до 400 В.

Номінальними величинами теплових реле є номінальний струм реле і номінальний струм його неспрацювання. Крім того, реле вибирають за способом монтажу та за родом і кількістю контактів допоміжного кола.

При правильному підборі нагрівального елемента, реле не спрацює при номінальному струмі. При струмі навантаження, що перевищує на 20 % розра-

хунковий струм в мережі, час спрацювання реле не повинен перевищувати 20 хвилин, а при шестикратному струмі навантаження – не більше, ніж 2-10 с.

В якості прикладу проведемо вибір електромагнітного пускача та теплового реле для електродвигуна компресора (= 2 – М2) АИР100S2У3 установки генератора льоду-води.

У відповідності з перерахованими вище умовами вибираємо електромагнітний пускач типу ПММ1/9 з номінальним струмом $I_{\text{ном МП}} = 9 \text{ А}$ та тепловим реле типу РТ 2М-32в(6-8,5) з $I_{\text{ном т.р.}} = 32 \text{ А}$ [7].

Магнітні пускачі та теплові реле для захисту інших споживачів вибираємо аналогічно.

Дані вибору електромагнітних пускачів, теплових реле заносимо до схеми електричної принципової розподільчої мережі на аркуші 03АПК.435.410000ЭЗ-ЕМ графічної частини курсового проекту.

4.4.2 Автоматичні вимикачі для захисту електричних кіл, які живлять електродвигуни

Вибір автоматичних вимикачів (АВ) здійснюється за наступними умовами [13, 20]:

1 За типом або серією.

2 За номінальною напругою із умови

$$U_{\text{ном АВ}} \geq U_{\text{мережі}} \cdot$$

3 За номінальним струмом АВ із умови

$$I_{\text{ном АВ}} \geq I_{\text{розр.}} \cdot$$

4 За виконанням:

- кількістю головних полюсів;
- виду основних розчіплювачів: ТР, ЕМР;
- виду допоміжних розчіплювачів, без допоміжних розчіплювачів, не-

залежний розчіплювач, мінімальний розчіплювач, нульовий розчіплювач, напівпровідниковий розчіплювач;

- наявністю вільних контактів;
- наявністю регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача;
- виду приводу: ручний електромагнітний, ручний дистанційний.

5 За номінальним струмом теплового розчіплювача

5.1 Для мережі з АД, при наявності регулювання струму неспрацювання теплового розчіплювача із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} \geq I_{\text{ном АД}}$$

з подальшим регулюванням струму неспрацювання теплового розчіплювача, що забезпечує рівність

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}$$

5.2 Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та легкими умовами пуску – з тривалістю пуску 5-10 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{ном АД}}$$

5.3 Для мережі з АД з тривалим режимом роботи та важкими умовами пуску – з тривалістю пуску до 40 с із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,5 I_{\text{ном АД}}$$

5.4 У загальному випадку для кола АД при відсутності даних про тривалість пуску із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,25 I_{\text{ном АД}}$$

5.5 Для мережі з нагрівальними пристроями із умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = (1,1 - 1,2) I_{\text{ном н.у.}}$$

5.6 Для освітлювальних мереж та АВ з комбінованим розчіплювачем:

– для ламп розжарювання з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– для ламп ДРЛ з умови

$$I_{\text{ном т.р.}} = 1,4 I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

– при установці розчіплювача менше ніж 50 А і більше для люмінесцентних ламп

$$I_{\text{ном т.р.}} = I_{\text{розр.}}$$

за будь-яких уставках розчіплювача.

6 За струмом відсічки електромагнітного розчіплювача із умови

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{п розр.}}$$

де $I_{\text{п розр.}}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі.

При цьому для захисту електричного кола з одним АД

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{п АД}}, \quad (4.6)$$

– для захисту електричної мережі з декількома АД

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot \left[\sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i} + (I_{\text{п нб}} - I_{\text{ном нб}}) \right], \quad (4.7)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{\text{ном } i}$ – сума номінальних струмів n одночасно працюючих АД, А;

$(I_{\text{п нб}} - I_{\text{ном нб}})$ – різниця між значеннями пускового і номінального струмів асинхронного двигуна, у якого ці струми найбільші, А.

7 За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

В якості прикладу проведемо вибір автоматичних вимикачів в колі живлення електродвигуна компресора (= 2 – М2) АИР100S2У3 установки генератора льоду-води та мережі живлення ГРЩ2-ШКЕ2.

Для захисту електричного кола з одним АД розрахункове значення пускового струму в мережі визначаємо за формулою

$$I_{\text{п розр.}} = (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{п АД}},$$

де $I_{\text{п АД}}$ - пусковий струм асинхронного електродвигуна, А.

$$I_{\text{п АД}} = I_{\text{ном АД}} \cdot K_i, \quad (4.8)$$

де K_i - кратність пускового струму АД.

Для двигуна АИР100S2У3: $I_{\text{розр.дв.}} = 7,94$ А, $K_i = 7,5$ [14]. Тоді

$$I_{\text{п АД}} = 7,94 \cdot 7,5 = 59,55 \text{ А};$$

$$I_{\text{п розр.}} = 1,6 \cdot 59,55 = 95,28 \text{ А}.$$

Струм відсічки електромагнітного розчіплювача дорівнює

$$I_{\text{відс.р.м.}} = I_{\text{ном розч.}} \cdot K, \quad (4.9)$$

де K – кратність струму відсічки автоматичного вимикача [7].

Для двигуна АИР100S2У3 з $I_{\text{розр.дв.}} = 7,94$ А вибираємо найближче стандартне значення розчіплювача $I_{\text{ном розч.}} = 10$ А. Кратність струму відсічки автоматичного вимикача з типом захисної характеристики С дорівнює $K = 10$. Тоді

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 10 \cdot 10 = 100 \text{ А};$$

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 100 \text{ А} > I_{\text{п розр.}} = 95,28 \text{ А}.$$

Умова виконується.

У відповідності з умовами вибору автоматичних вимикачів для електродвигуна АИР100S2У3 вибираємо автоматичний вимикач АВ2000 10А 3Р St [7]: $I_{\text{ном АВ}} = 63$ А; $U_{\text{ном АВ}} = 380$ В; $I_{\text{ном т.р.}} = 10$ А; $I_{\text{відс.р.м.}} = 100$ А.

Проведемо вибір автоматичних вимикачів у ввідному розподільчому щиті ГРЩ2.

У ввідному розподільчому пункті до установки приймаємо автоматичні вимикачі серії АВ3000. Розрахунковий струм магістралі ГРЩ2-ШКЕ2 $I_{\text{розр.м.}} = 10,56 \text{ А}$. Вибираємо автоматичний вимикач серії АВ3001 з $I_{\text{ном АВ}} = 63 \text{ А}$, $I_{\text{ном розч.}} = 16 \text{ А}$ [7]. Для мережі живлення ГРЩ2-ШКЕ2 $I_{\text{п розр.}}$ розраховуємо за формулою (4.7). Від шафи керування ШКЕ2 установки генератора льоду-води отримують живлення споживачі електроенергії з наступними струмами: ($= 2 - M1$) – $I_{\text{розр.}} = 1,31 \text{ А}$; ($= 2 - M2$) – $I_{\text{розр.}} = 7,94 \text{ А}$; ($= 2 - M3$) – $I_{\text{розр.}} = 1,31 \text{ А}$. Тоді

$$I_{\text{п розр.}} = 1,8 \cdot [(1,31 + 7,94 + 1,31) + (7,94 \cdot 7,5 - 7,94)] = 111,91 \text{ А}.$$

Для автоматичних вимикачів серії АВ3000 з $I_{\text{ном АВ}} = 40 \dots 100 \text{ А}$ згідно [7] кратність струму відсічки $K = 12$. Отже

$$I_{\text{відс.р.м.}} = 16 \cdot 12 = 192 \text{ А};$$
$$I_{\text{відс.р.м.}} = 192 \text{ А} > I_{\text{п розр.}} = 111,91 \text{ А}.$$

Умова виконується.

У відповідності з умовами вибору автоматичних вимикачів для мережі живлення ГРЩ2-ШКЕ2 вибираємо автоматичний вимикач АВ3001/3Н 16А 3Р St [7]: $U_{\text{ном АВ}} = 380 \text{ В}$; $I_{\text{ном АВ}} = 63 \text{ А}$; $I_{\text{ном т.р.}} = 16 \text{ А}$; $I_{\text{відс.р.м.}} = 192 \text{ А}$.

Вибір автоматичних вимикачів для решти струмоприймачів та мереж живлення проводимо аналогічно. Дані вибору заносимо до схеми електричної принципової розподільчої мережі на аркуші 03АПК.435.410000Э3-ЕМ графічної частини курсового проекту.

4.4.3 Перевірка вибраних автоматичних вимикачів

Вибрані автоматичні вимикачі необхідно перевірити [13, 17]. Перевірку автоматичних вимикачів провести за наступними умовами:

1 На неспрацювання АВ при пуску електродвигунів в мережах, що захищаються автоматичними вимикачами. Перевірка виконується за умовою

$$I_{\text{відс.р.м.}} \geq I_{\text{п розр.}}$$

де $I_{\text{відс.р.м.}}$ – струм відсічки електромагнітного розчіплювача;

$I_{\text{п розр.}}$ – розрахункове значення пускового струму в мережі.

Перевірка автоматичного вимикача в колі живлення електродвигуна компресора (= 2 – М2) АИР100S2У3 установки генератора льоду-води та мережі живлення ГРЩ2-ШКЕ2 проведена в п. 4.4.2.

Для електродвигуна $I_{\text{відс.р.м.}} = 100 \text{ А} > I_{\text{п розр.}} = 95,28 \text{ А}$.

Для мережі живлення $I_{\text{відс.р.м.}} = 192 \text{ А} > I_{\text{п розр.}} = 111,91 \text{ А}$.

2 На узгодження струму розчіплювачів АВ з допустимим тривалим струмом проводів та кабелів. Перевірка проводиться за нормативним в ПУЕ [17] співвідношенням

$$\frac{I_{\text{вст.}}}{I_{\text{доп.тр.п.}}} \leq k,$$

де $I_{\text{доп.тр.п.}}$ – допустимий тривалий струм провідника, А.

Кратність струму уставки k апарата захисту відносно допустимого тривалого струму провідника повинна бути не більше нормативної величини, указаної в ПУЕ п. 3.1.9, п. 3.1.11 [17]. Якщо кратність k більше нормативної величини, то розчіплювач не забезпечить захист електропроводки. Тоді необхідно вибрати автоматичний вимикач з іншою уставкою, або поміняти переріз провідника з іншим $I_{\text{доп.тр.п.}}$.

Для прикладу проведемо узгодження струмів розчіплювача з $I_{\text{доп.тр.п.}}$ проводу в мережі живлення компресора установки генератора льоду-води. Живлення електродвигуна (= 2 – М2) виконано кабелем АВВГ4×2,5 з $I_{\text{доп.тр.п.}} = 19 \text{ А}$. Для захисту мережі ШКЕ2 – (= 2 – М2) встановлений автоматичний вимикач АВ2000 10А 3Р St з $I_{\text{ном АВ}} = 63 \text{ А}$, $I_{\text{ном т.р.}} = 10 \text{ А}$.

$$\frac{I_{\text{ном т.р.}}}{I_{\text{доп.тр.п.}}} = \frac{10}{19} = 0,53 < 1,0 .$$

Умова виконується.

3 На чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного к.з.

Перевірка автоматичних вимикачів на чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного к.з. виконується для АВ найбільш віддалених від джерела живлення (ТП) [10]. Електричну схему на рисунку 4.2 можна використати в якості розрахункової схеми для визначення струмів к.з.

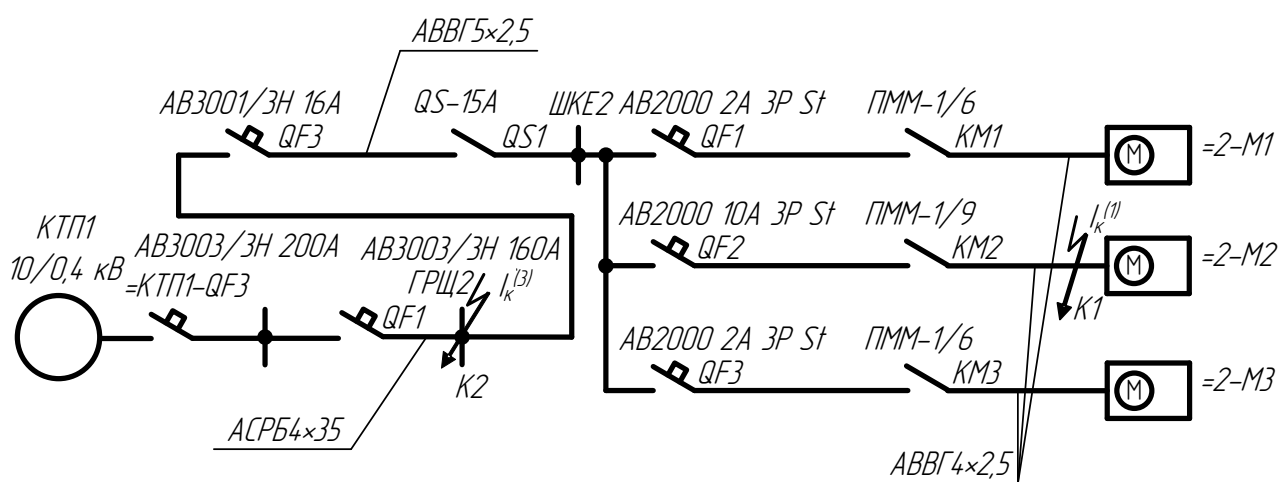


Рисунок 4.2 – Електрична схема розподільчої мережі установки генератора льоду-води

Перевіримо автоматичний вимикач АВ2000 10А 3Р St в колі живлення електродвигуна (= 2 – М2) АИР100S2У3 компресора установки генератора льоду-води на чутливість або надійність спрацьовування при струмах однофазного короткого замикання (рисунок 4.2).

Так як $I_{\text{ном АВ}} < 100 \text{ А}$, то перевірка виконується за умовами – для АВ, що мають тільки електромагнітний розчіплювач

$$I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,4 I_{\text{відс.р.м.}} ,$$

– для АВ, що мають тепловий розчіплювач, і мереж, розташованих в при-

міщеннях з нормальним середовищем за умовою

$$I_K^{(1)} \geq 3 I_{\text{НОМ Т.Р.}}$$

Струм однофазного к.з. визначається за рівнянням [10]

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\text{НОМ } \phi}}{\frac{Z_{\text{ТК}}^{(1)}}{3} + Z_{\text{П}}}, \quad (4.10)$$

де $U_{\text{НОМ } \phi}$ – номінальна фазна напруга обмоток НН трансформатора;

$Z_{\text{ТК}}^{(1)}$ – повний опір силового трансформатора однофазному струму к.з. на корпусі, Ом;

$Z_{\text{П}}$ – повний опір петлі «фаза – нейтральний провід», Ом.

З достатньою для практичних розрахунків точністю для силових трансформаторів справедливе відношення

$$\frac{Z_{\text{ТК}}^{(1)}}{3} \approx \frac{26}{S_{\text{НОМ Т}}} \quad (4.11)$$

де $S_{\text{НОМ Т}}$ – номінальна повна потужність трансформатора, кВ·А.

Молочний блок живиться від трансформатора з $S_{\text{НОМ Т}} = 250$ кВ·А. Отже можна визначити розрахунковий опір за формулою (4.11) або за додатком К.

$$\frac{z_{\text{ТК}}(1)}{3} = \frac{26}{250} = 0,104 \text{ Ом}.$$

Повний опір проводів петлі «фазний провід – нейтральний провід» визначається за рівнянням

$$Z_{\text{П}} = \sum z_{\text{Пoi}} \cdot \ell_i, \quad (4.12)$$

де $z_{\text{Пoi}}$ – питомий опір проводів петлі «фазний провід – нейтральний провід» на i -й ділянці мережі, Ом/км;

ℓ_i – довжина i -ої ділянки, км.

Дані про перерізи проводів та довжина ділянок мережі наведені на схемі електричній принциповій розподільчій мережі на аркуші 03АПК.435.410000ЭЗ-ЕМ графічної частини курсового проекту.

Величина $z_{\text{по}i}$ визначається по додатку Л.

Повний опір проводів «петлі» визначається

$$Z_{\text{п}} = \ell_{\text{ТП-ГРЩ2}} \cdot z_{\text{по1}} + \ell_{\text{ГРЩ2-ШКЕ2}} \cdot z_{\text{по2}} + \ell_{\text{ШКЕ2-(=2-М2)}} \cdot z_{\text{по3}} \cdot \quad (4.13)$$

Тоді

$$Z_{\text{п}} = 0,032 \cdot 2,9 + 0,0123 \cdot 25,2 + 0,001 \cdot 25,2 = 0,43 \text{ Ом}.$$

Струм однофазного короткого замикання у точці мережі К1

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{230}{0,104 + 0,43} = 430,7 \text{ А}.$$

Для автоматичного вимикача (QF2) АВ2000 10А 3Р St компресора $I_{\text{відс.р.м.}} = 100 \text{ А}$, $I_{\text{ном т.р.}} = 10 \text{ А}$, тоді за умовою

$$I_{\text{к}}^{(1)} = 430,7 \text{ А} > 1,4 \cdot I_{\text{відс.р.м.}} = 1,4 \cdot 100 = 140 \text{ А};$$

$$I_{\text{к}}^{(1)} = 430,7 \text{ А} > 3 \cdot I_{\text{н т.р.}} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ А}.$$

Отже умова надійного спрацьовування автоматичного вимикача (QF2) АВ2000 10А 3Р St в колі керування електродвигуна компресора генератора льоду-води при струмах однофазного к.з. виконується.

Решта автоматичних вимикачів перевіряється аналогічно.

4 На граничну вимикаючу здатність струмів трифазного к.з.

Така перевірка проводиться для автоматичних вимикачів мережі, тобто вимикачів, які встановлені поблизу джерела живлення – ТП [10]. Перевірка проводиться за умовою

$$I_{\text{гр.АВ}} \geq I_{\text{к уд.}}^{(3)} \quad (4.14)$$

$$I_{\text{к уд.}}^{(3)} = I_{\text{к}}^{(3)} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд.}} \quad (4.15)$$

де $I_{гр.АВ}$ – граничний струм, що вимикається апаратом, кА;

$I_{к уд.}^{(3)}$ – ударний струм трифазного к.з., кА;

$I_{к}^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання, кА;

$K_{уд.}$ – ударний коефіцієнт, що залежить від параметрів силового трансформатора. Приймається $K_{уд.} = 1,2 - 1,4$ [10].

Проведемо перевірку автоматичного вимикача (QF1) АВ3003/3Н 160А на вводі розподільчого пункту ГРЩ2 з $I_{гр.АВ} = 25$ кА. Струм трифазного к.з. на шинах 0,4 кВ трансформаторів визначається [10]

$$I_{к}^{(3)} = \frac{U_{ном л}}{\sqrt{3} \cdot (Z_{т} + Z_{п})}, \quad (4.16)$$

де $Z_{т}$ - повний опір трансформатора 10/0,4 кВ, приведений до напруги 0,4 кВ.

При цьому

$$Z_{т} = \frac{u_{к \%} \cdot U_{ном л}^2}{100 \cdot S_{ном т}}. \quad (4.17)$$

Тобто опір $Z_{т}$ легко визначається за паспортними даними трансформатора. Значення опору трансформатора $Z_{т}$ приводяться в [10] та додатку К. Згідно паспортних даних $Z_{т} = 28,9 \cdot 10^{-3}$ Ом.

$$I_{к}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (0,0289 + 0,032 \cdot 2,9)} = 1905 \text{ А};$$

$$I_{к уд.}^{(3)} = 1905 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 3492 \text{ А}.$$

$$I_{гр.відк.} = 25000 \text{ А} > I_{к уд.}^{(3)} = 3492 \text{ А}.$$

Отже, умова на граничну вимикаючу здатність автоматичного вимикача (QF1) АВ3003/3Н 160А виконується.

5 На селективність роботи розчіплювачів автоматичних вимикачів, включених в мережі послідовно.

Під селективністю розуміють таку дію захисту, при якому к.з. вимикається захисним апаратом найближчим до місця виникнення к.з. Досвід експлуатації АВ показав, що селективність послідовно встановлених в розподільчій мережі АВ забезпечується, якщо номінальні струми розчіплювачів наступних АВ від джерела живлення на 2-3 ступені нижче уставок струмів попередніх АВ.

$$I_{\text{ном т.р. QF1 КТП1}} > I_{\text{ном т.р. QF3 ГРЩ2}} > I_{\text{ном т.р. QF2 ШКЕ2}} ,$$

де $I_{\text{ном т.р. QF1}}$, $I_{\text{ном т.р. QF3 ГРЩ2}}$, $I_{\text{ном т.р. QF2}}$ - номінальні струми розчіплювачів автоматів, включених в мережі послідовно.

$$I_{\text{ном т.р. QF1 КТП1}} = 160\text{А} > I_{\text{ном т.р. QF3 ГРЩ2}} = 16\text{ А} > I_{\text{ном т.р. QF2 ШКЕ2}} = 10\text{ А} .$$

Отже, умова селективності роботи автоматичних вимикачів виконується.

4.4.4 Вибір рубильників

Рубильники призначені для ручної комутації електричних кіл номінальною напругою до 660 В змінного і до 440 В постійного струму.

Комутаційна здатність рубильників залежить від роду струму, величини напруги і конструкції апарата. Вибір рубильників здійснюється за номінальною напругою, номінальним струмом, допустимим комутованим струмом, конструктивним виконанням, ступенем захисту, кліматичним виконанням і категорією розміщення.

На вводі шаф керування ШКЕ7, ШКЕ4, ШКЕ3, ШКЕ1, ШКЕ2, ШКЕ6 встановлюємо рубильники типу QS-15А, а на вводі ШКЕ5 - QS-100А.

4.5 Вибір низьковольтних комплектних установок керування

На внутрішніх електричних мережах застосовують різні види і типи низьковольтних комплектних установок керування. Розподільчі пристрої вибирають за напругою, типом, захистом від дії навколишнього середовища, кількістю і

типами автоматів. Розподільчі щити і шафи керування встановлюють в місцях зручних для обслуговування.

У відповідності з прийнятою схемою живлення електрообладнання молочного цеху та значеннями розрахункових струмів в мережах, вибираємо низьковольтні комплектні установки та шафи керування [9].

Встановлюємо два ввідних силових розподільчих пункти ГРЩ1 типу ПР11-7086А-54УЗ з ввідним автоматом АВ3003/3Н на номінальний струм 100 А і фідерними автоматами АВ3000 та ГРЩ2 типу ПР11-7086А-54УЗ з ввідним автоматом АВ3003/3Н на номінальний струм 160 А і фідерними автоматами АВ3000. Для керування електроприводами встановлюємо шафи керування ШКЕ1 – ШАА5901-2774УЗ, ШКЕ5 – ШАА 5902-3974УЗ, ШКЕ2 – ШАА 5903-3174УЗ, ШКЕ6 – ШАА 5904-3274УЗ, ящики керування електродвигунами ШКЕ7, ШКЕ3 – Я5119-2774УЗ, ШКЕ4 – Я5111-2074УЗ. Для керування освітленням встановлюємо щит освітлювальний ЩОГ-612-22-54УЗ. Для керування холодильним агрегатом встановлюємо стандартний пульт керування Polair RS225, що поставляється у комплекті з електрообладнанням.

4.6 Розробка схеми розподільчої електросилової мережі

Основне призначення схеми електричної принципової живильної і розподільчої мережі складається у відображенні з достатньою повнотою і наочністю взаємного зв'язку основних елементів внутрішньої мережі: вводу, розподільчих пристроїв, магістральної мережі, апаратів захисту і керування, групової мережі, окремих розгалужень і електроприймачів.

На принципових схемах розподільчої мережі приводиться інформація про типи або серії НКУ, що використовуються, дані про вибрані апарати керування та захисту, відомості про марки, перерізи і способи прокладки проводів та кабелів, характеристика електроприймачів.

Принципову схему виконують в однолінійному зображенні. При цьому нейтральний провід окремою лінією не показують.

Результати розрахунків електричних навантажень, вибору марки та перерізу проводів і кабелів, низьковольтних комплектних установок керування, апаратів керування та захисту, технічні дані і марки електродвигунів заносимо на схему електричну принципovu розподільчої мережі, яка представлена на аркуші 03АПК.435.410000ЭЗ-ЕМ графічної частини курсового проекту.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Максимальна оцінка за курсовий проект складає 100 балів. Із них: пояснювальна записка оцінюється в 50 балів, графічна частина курсового проекту – 30 балів, захист курсового проекту – 20 балів.

Критерії оцінювання пояснювальної записки, графічної частини курсового проекту та захисту курсового проекту:

50/30/20 балів – ставиться, якщо пояснювальна записка/графічний матеріал/захист виконанні у повному обсязі, розрахункова та графічна частина не мають помилок; відповіді на запитання вичерпні і аргументовані; оформлення відповідає вимогам нормативних документів.

45/25/15 балів – ставиться, якщо пояснювальна записка/графічний матеріал/захист виконані в повному обсязі, не має помилок, які потребують переробки; відповіді на запитання даються по суті, але не в деталях.

30/15/10 балів - ставиться, якщо пояснювальна записка/графічний матеріал/захист виконані не в повному обсязі; мають місце помилки; оформлення не відповідає вимогам; відповіді на запитання даються не в повному обсязі.

20/10/5 балів - ставиться, якщо пояснювальна записка/графічний матеріал/захист виконані не в повному обсязі; мають місце суттєві помилки, які тягнуть за собою переробку; оформлення не відповідає вимогам; на запитання студент дає невірні відповіді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Автоматические выключатели серии АВ3000: каталог. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.promfactor.com>.
- 2 Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут, І.П. Радько, О.Ю. Синявський. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 526 с.
- 3 Електропривод : підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С.Марченко, П.І. Савченко [та ін.] ; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К. : Ліра-К, 2009. – 504 с.
- 4 Електропривід у питаннях і відповідях : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / П.І. Савченко, М.Л. Лисиченко, О.К. Тищенко, В.В. Гузенко. – Х. : ХНТУСГ ; Факт, 2012. – 500 с.
- 5 Кабели и провода. Каталог продукции. Производственное объединение «Энергокомплект». 2012/2013. – 93 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vikab.by>.
- 6 Карпова О.П. Методичний посібник викладачу для проведення практичних занять з дисципліни «Електропривід». Частина 2 / О.П. Карпова, А.В. Вужицький. – Мелітополь, 2010. – 51 с.
- 7 Каталог електротехнічної продукції / Українська електротехнічна корпорація. – Кривий Ріг, 2013. – 154 с.
- 8 Каталог кабельно-проводниковой продукции «Electro Cable Group». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ecg.in.ua>.
- 9 Каталог низьковольтних комплектних пристроїв / ТОВ «ПРОМФАКТОР». – 2013. – 26 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.promfactor.com>.
- 10 Мартыненко И.И. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации / И.И. Мартыненко, Л.П. Тищенко. – М. : Колос, 1978. – 223 с.
- 11 Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О.С. Марченко, О.В. Дацішин, Ю.М. Лавріненко [та ін.] ; за ред. О.С. Марченка. – К. : Урожай, 1995. – 416 с.

12 Назарьян Г.Н. Курсовое и дипломное проектирование по специальности «Энергетика сельскохозяйственного производства». Вып. 2. Проектирование внутренних электропроводок : методическое пособие / Г.Н. Назарьян. – Мелитополь : ТГАТА, 2000. – 88 с.

13 Назарьян Г.Н. Курсовое и дипломное проектирование по специальности «Энергетика сельскохозяйственного производства». Вып. 3. Выбор и проверка пускозащитной аппаратуры электроустановок : методическое пособие / Г.Н. Назарьян. – Издание 3-е. – Мелитополь : ТГАТУ, 2008. – 44 с.

14 Назар'ян Г.Н. Технічна характеристика електричних двигунів : довідковий посібник / Г.Н. Назар'ян, А.А. Катюха, О.В. Ковальов. – Мелітополь : ТДАТУ, 2007. – 201 с.

15 Низковольтная модульная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.prom-factor.com>.

16 Олійник В.С. Довідник сільського електрика / Під ред. В.С. Олійника. – Київ : Урожай, 1982. – 296 с.

17 Правила улаштування електроустановок. – 2-ге вид., переробл., і допов. – Харків : Форт, 2009. – 736 с.

18 Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко, І.М. Болбот, П.В. Олійник.- К. : НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с.

19 Пускатели магнитные серии ПММ [Электронный ресурс] . – Режим доступа : <http://www.promfactor.com>.

20 РТМ 105/23/46/70/16-0-164-81. Методика выбора элементов пускорегулирующей и защитной аппаратуры электроприводов сельскохозяйственных машин. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 26 с.

21 Тепловые реле серии РТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.promfactor.com>.

22 Устройства комплектные низковольтные. Система условных обозначений : ОСТ 16.0.800.876-81. – [Действующий с 01.07.1982]. – М. : Отраслевой стандарт, 1982. – 35 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gostrf.com/normadata/1/4293790/4293790012>.

ДОДАТКИ

Додаток А (довідковий)

Допустимі тривалі струми проводів (кабелів)

Таблиця А.1 – Допустимий тривалий струм для проводів і шнурів із гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами (ПУЕ п. 1.3.11)

Переріз струмопро- відної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одно- жильних	трьох одно- жильних	чотирьох одно- жильних	одного двожиль- ного	одного трижиль- ного
0,5	11	–	–	–	–	–
0,75	15	–	–	–	–	–
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	–	–	–
185	510	–	–	–	–	–
240	605	–	–	–	–	–
300	695	–	–	–	–	–
400	830	–	–	–	–	–

Таблиця А.2 – Допустимий тривалий струм для проводів і шнурів із гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами (ПУЕ п. 1.3.11)

Переріз струмопро- відної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одно- жильних	трьох одно- жильних	чотирьох одно- жильних	одного двожиль- ного	одного трижиль- ного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255			
185	390	–				
240	465	–				
300	535	–				
400	645	–				

Таблиця А.3 – Допустимий тривалий струм для проводів із мідними жилами з гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелів із мідними жилами з гумовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній, найритовій або гумовій оболонці, броньованих і неброньованих (ПУЕ п. 1.3.11)

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм*, А, для проводів і кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладанні				
	у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
1	2	3	4	5	6
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38

Продовження таблиці А.3

1	2	3	4	5	6
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	250	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	—	—	—	—
<i>* Струми стосуються проводів і кабелів як з нейтральною жилою, так і без неї.</i>					

Таблиця А.4 – Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній та гумовій оболонках, броньованих і неброньованих (ПУЕ п. 1.3.11)

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм*, А, для проводів і кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладанні				
	у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Примітка. Допустимі тривалі струми для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією на напругу до 1 кВ можуть вибиратися за таблицею як для трижильних кабелів, але з коефіцієнтом 0,92.

Таблиця А.5 – Допустимий тривалий струм для переносних шлангових легких і середніх шнурів, переносних шлангових важких кабелів, переносних проводів із мідними жилами (ПУЕ п. 1.3.11)

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм*, А, для шнурів, проводів і кабелів		
	одножильних	двожильних	трижильних
0,5	–	12	–
0,75	–	16	14
1,0	–	18	16
1,5	–	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

* Струми стосуються шнурів, проводів і кабелів із нейтральною жилою та без неї.

Додаток Б
(довідковий)

Найменші перерізи струмопровідних жил
проводів і кабелів в електропроводках (ПУЕ п. 2.1.14)

Таблиця Б.1

Провідники	Переріз жил, мм ²	
	мідних	алюмінієвих
Шнури для підмикання побутових електроприймачів	0,35	–
Кабелі для підмикання переносних і пересувних електроприймачів у промислових установках	0,75	–
Скручені двожильні проводи з багатодрововими жилами для стаціонарного прокладання на роликах	1	–
Незахищені ізолювані проводи для стаціонарної електропроводки усередині приміщень:		
– безпосередньо по основах, на роликах, клицях і тросах	1	2,5
– на лотках, коробах (крім глухих):		
– для жил, що приєднуються до гвинтових затискачів	1	2
– для жил, що приєднуються паянням:		
– однодротових	0,5	–
– багатодровових (гнучких)	0,35	–
– на ізоляторах	1,5	4
Незахищені ізолювані проводи в зовнішніх електропроводках:		
– по стінах, конструкціях або опорах на ізоляторах вводи від повітряної лінії	2,5	4
– під навісами на роликах	1,5	2,5
Незахищені та захищені ізолювані проводи та кабелі в трубах, металевих рукавах й глухих коробах	1	2
Кабелі та захищені ізолювані проводи для стаціонарної електропроводки (без труб, рукавів та глухих коробів):		
– для жил, що приєднуються до гвинтових затискачів	1	2
– для жил, що приєднуються паянням:		
– однодротових	0,5	–
– багатодровових (гнучких)	0,35	–
Захищені та незахищені проводи і кабелі, що прокладаються у замкнутих каналах або замонолічено (у будівельних конструкціях чи під штукатуркою)	1	2

Додаток В
(довідковий)

Зовнішні діаметри проводів і кабелів

Таблиця В.1 – Зовнішні діаметри кабелю марки АВВГ [5]

Число і номінальний переріз жил, мм ²	Зовнішній діаметр кабелю, мм			
	660 В	1000 В	660 В	1000 В
	Кабель марки АВВГ		Кабель марки ВВГ	
1	2	3	4	5
1×1,5	–	–	5,0	5,4
1×2,5	5,4	5,8	5,4	5,8
1×4	6,1	6,7	6,1	6,6
1×6	6,6	7,2	6,6	7,2
1×10	7,8	7,9	7,8	8,0
1×16	9,3	9,5	9,6	9,8
1×25	10,9	11,1	11,2	11,4
1×35	11,9	12,1	12,2	12,4
1×50	13,2	13,4	13,9	14,1
1×70	–	15,6	–	15,6
1×95	–	17,6	–	17,6
1×120	–	19,4	–	19,4
1×150	–	21,8	–	21,8
1×185	–	24,0	–	24,0
1×240	–	26,6	–	26,6
1×300	–	30,0	–	30,0
1×400	–	34,4	–	34,4
1×500	–	38,8	–	38,8
2×1,5	–	–	7,6	8,4
2×2,5	8,4	9,8	8,4	9,7
2×4	10,3	11,5	10,3	11,5
2×6	11,3	12,5	11,3	12,5
2×10	13,7	14,1	13,7	14,1
2×16	15,6	16,0	16,2	16,6
2×25	19,1	19,5	19,8	20,2
2×35	21,1	21,5	21,8	22,2
2×50	24,2	24,6	25,6	26,0
2×70	–	28,2	–	28,2
2×95	–	32,4	–	32,4

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
2×120	–	35,8	–	35,8
2×150	–	41,8	–	41,8
2×185	–	46,7	–	–
3×1,5	–	–	8,0	9,4
3×2,5	9,4	10,3	9,4	10,3
3×4	10,9	12,2	10,9	12,2
3×6	11,9	13,2	11,9	13,2
3×10	14,6	15,0	14,6	15,0
3×16	16,6	17,0	17,2	17,6
3×25	20,3	20,7	21,0	21,5
3×35	22,5	22,9	23,2	24,0
3×50	25,7	26,2	27,2	27,7
3×1,5+1×1	–	–	9,2	10,2
3×1,5+1×1,5	–	–	9,2	10,2
3×2,5+1×1,5	–	–	10,2	11,2
3×4+1×2,5	11,8	13,3	11,8	13,3
3×6+1×2,5	13,0	14,5	13,0	14,5
3×6+1×4	13,0	14,5	13,0	14,5
3×10+1×4	15,9	16,4	15,9	16,4
3×10+1×6	15,9	16,4	15,9	16,4
3×16+1×6	18,6	19,1	19,3	19,8
3×16+1×10	18,6	19,1	19,3	19,8
3×25+1×10	22,3	22,8	23,2	24,0
3×25+1×16	22,3	22,8	23,2	24,0
3×35+1×16	25,2	25,7	26,0	26,5
3×50+1×16	29,4	29,8	30,1	30,6
3×50+1×25	29,4	29,8	30,1	30,6
3×70+1×25	–	31,0	–	31,0
3×95+1×35	–	36,1	–	36,1
3×120+1×35	–	39,4	–	39,9
3×150+1×50	–	46,6	–	46,6
4×1,5	–	–	9,2	10,2
4×2,5	10,2	11,2	10,2	11,2
4×4	11,8	13,3	11,8	13,3
4×6	13,0	14,5	13,0	14,5
4×10	15,9	16,4	15,9	16,4

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
4×16	18,6	19,1	19,3	19,8
4×25	22,3	22,8	23,2	24,0
4×35	25,2	25,7	26,0	26,5
4×50	28,4	28,9	30,1	30,6
5×1,5	–	–	10,0	11,1
5×2,5	11,1	12,1	11,1	12,1
5×4	12,9	14,5	12,9	14,5
5×6	14,2	15,9	14,2	15,9
5×10	17,5	18,4	17,5	18,4
5×16	20,4	20,9	21,2	21,8
5×25	25,0	25,5	25,9	26,5
5×35	27,8	28,3	–	29,2
5×50	31,3	31,9	–	33,8
5×70	–	37,1	–	37,1
5×95	–	42,8	–	42,8
5×120	–	47,3	–	47,3
5×150	–	55,8	–	55,8
6×1,5	–	–	10,7	11,9
6×2,5	11,9	–	11,9	13,1
6×4	14,0	–	13,9	15,8
6×6	15,5	–	15,5	17,3
6×10	19,5	–	19,5	20,1
6×16	22,3	–	23,2	24,2
6×25	27,4	–	28,4	29,0
6×35	30,4	–	–	–
6×50	34,8	–	–	–

Кабелі АВВГ, ВВГ призначені для передачі і розподілу електроенергії в стаціонарних установках на номінальну змінну напругу 660 В і 1000 В частотою 50 Гц. Використовуються для прокладки в сухих і вологих виробничих приміщеннях, на спеціальних кабельних естакадах, в блоках, а також для прокладки в ґрунті і на відкритому повітрі.

Кабель має алюмінієву (АВВГ) або мідну (ВВГ) однодротову або багатодротову жилу круглої або секторної форми. Ізоляція жил та оболонка кабелю виконані із полівінілхлоридного пластикату. Ізольовані жили багатожильних кабелів мають відмітне розцвічення. Ізоляція нейтральних жил має блакитний колір. Ізоляція жил заземлення виконується двоколірною (зелено-жовтого) розцвічення.

Таблиця В.2 – Зовнішні діаметри проводу марки АПВ, ПВ [5]

Номинальний переріз жили, мм ²	Зовнішній діаметр, мм				Номинальний переріз жили, мм ²	Зовнішній діаметр, мм			
	АПВ	ПВ1	ПВ3	ПВ4		АПВ	ПВ1	ПВ3	ПВ4
0,5	–	2,4	2,5	2,6	16	8,0	8,0	8,8	–
0,75	–	2,6	2,5	2,8	25	9,8	9,8	11,0	–
1	–	2,8	2,6	3,0	35	11,0	11,0	12,5	–
1,2	–	3,1	–	–	50	13,0	13,0	14,5	–
1,5	–	3,3	3,2	3,4	70	15,0	15,0	17,0	–
2	3,7	3,7	–	–	95	17,0	17,0	19,0	–
2,5	3,9	3,9	4,2	4,2	120	19,0	18,8	22,0	–
3	4,0	4,0	–	–	150	20,9	20,9	24,0	–
4	4,4	4,4	4,8	4,8	185	23,3	23,3	26,5	–
5	4,6	4,6	–	–	240	26,6	26,6	30,0	–
6	4,9	4,9	6,3	6,3	300	29,6	29,6	33,5	–
8	5,8	5,8	–	–	400	33,2	33,2	37,5	–
10	6,4	6,4	7,6	7,6					

Провода застосовуються для електричних установок при стаціонарній прокладці в освітлювальних і силових мережах, а також для монтажу електрообладнання, машин, механізмів на номінальну напругу до 450 В частотою до 400 Гц або на постійну напругу до 1000 В. Провода марок АПВ і ПВ1 призначені для прокладки в сталевих трубах, пустотних каналах будівельних конструкцій, на лотках та інш., для монтажу електричних кіл. Провода марки ПВ3 призначені для монтажу ділянок електричних кіл, де можливі вигини проводів. Провода марки ПВ4 призначені для монтажу ділянок електричних кіл, де можливі часті вигини проводів.

Провода мають алюмінієву (АПВ) або мідну (ПВ1, ПВ3, ПВ4) однодротову або багатодотову жилу. Ізоляція виконана із полівінілхлоридного пластикату різного кольору. Розцвічення виконується суцільним або нанесенням двох поздовжніх смуг на ізоляції натурального кольору, розташованих діаметрально. Для проводів, що використовуються тільки для заземлення, ізоляція має зелено-жовте розцвічення.

Таблиця В.3 – Зовнішні діаметри проводу марки АППВ, ППВ [5]

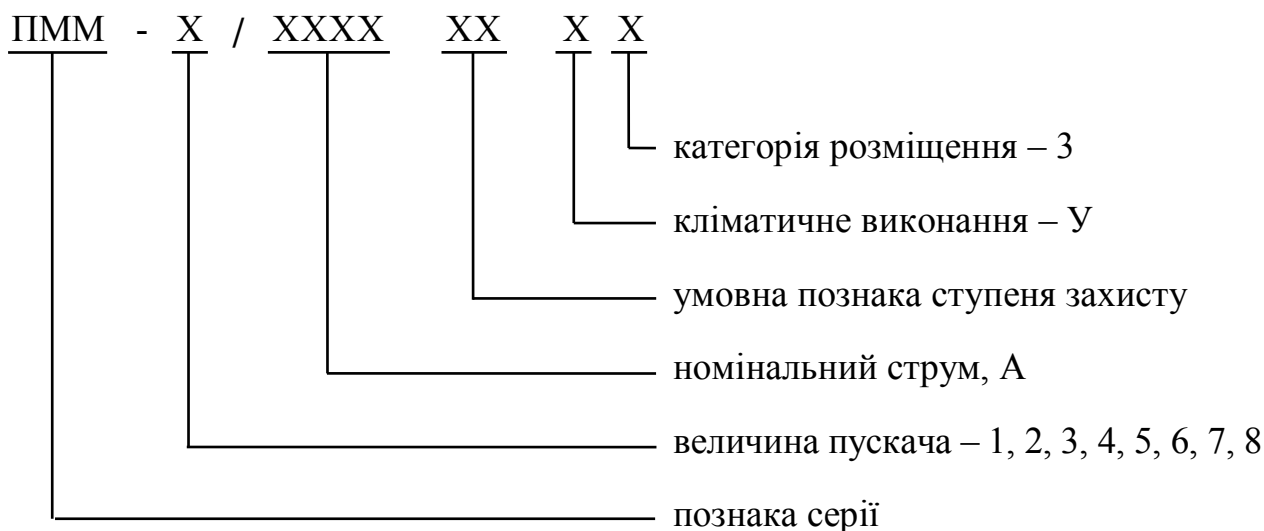
Число і переріз жил, мм ²	Зовнішній розмір, мм		Число і переріз жил, мм ²	Зовнішній розмір, мм	
	АППВ, ППВ			АППВ, ППВ	
	товщина	ширина		товщина	ширина
2×0,75	2,6	6,4	2×2	3,7	8,6
3×0,75	2,6	10,2	3×2	3,7	13,6
2×1	2,8	6,8	2×2,5	3,9	9,0
3×1	2,8	10,8	3×2,5	3,9	14,1
2×1,5	3,3	7,8	2×4	4,4	10,0
3×1,5	3,3	12,3	3×4	4,4	15,6

Провода застосовуються для електричних установок при стаціонарній прокладці в освітлювальних і силових мережах, а також для монтажу електрообладнання, машин, механізмів на номінальну напругу до 450 В частотою до 400 Гц або на постійну напругу до 1000 В, а також для негнучкого монтажу.

Провода мають алюмінієву (АППВ) або мідну (ППВ) однодротову жилу. Ізоляція виконана із полівінілхлоридного пластикату різного кольору. Ізоляція накладена на паралельно покладені струмопровідні жили з розділовою стрічковою підставою.

Додаток Г
(довідковий)

Структура умовної позначки
магнітних пускачів серії ПММ [7]



Структура умовної позначки
теплових реле серії РТ2М [7]



Додаток Д
(довідковий)

Технічні характеристики електромагнітних пускачів та теплових реле

Таблиця Г.1 – Технічні характеристики електромагнітних пускачів серії ПММ

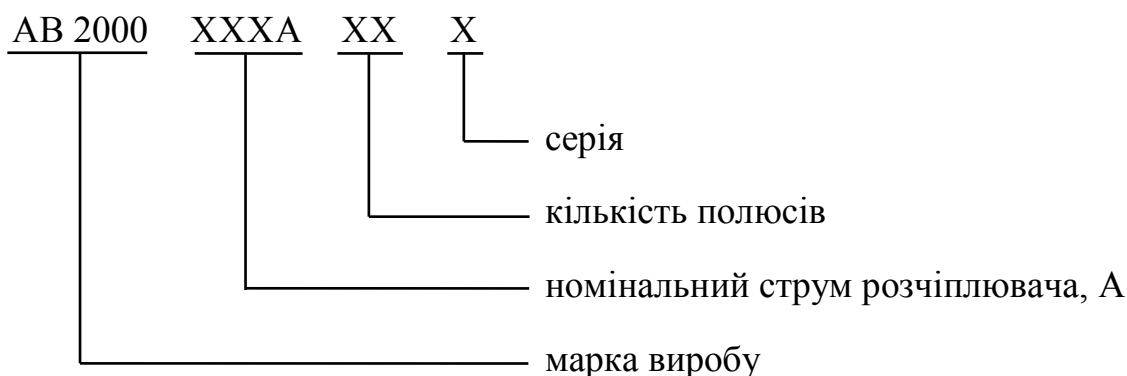
Параметри	ПММ-1/6	ПММ-1/9	ПММ-1/12	ПММ-1/16	ПММ-2/25	ПММ-3/32	ПММ-4/40	ПММ-4/50	ПММ-4/63	ПММ-4/75	ПММ-5/63	ПММ-5/80	ПММ-5/100	ПММ-5/125	ПММ-6/160	ПММ-6/200	ПММ-6/250	ПММ-7/350	ПММ-7/400	ПММ-7/500	ПММ-8/630	ПММ-8/800	ПММ-8/1000	
Номинальна робоча напруга силових контактів, В	~380																							
Напруга ізоляції, В	690											1140												
Номинальний тепловий струм (АС-1), А	20	26	28	28	45	65	100	125	125	125	125	80	125	125	250	250	250	500	500	500	1000	1000	1000	1000
Номинальний робочий струм (АС-3), А	6	9	12	16	25	32	40	50	63	75	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1000
Номинальна потужність головних контактів по АС-3, кВт	220В	1,5	2,5	3	4	6,5	9	11	15	18,5	22	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	150	200	250	360
	380В	2,2	4	5,5	6,5	11	15	18,5	22	30	37	30	37	45	55	75	90	132	160	220	280	335	450	625
Кількість спрацьовувань на годину	1200											600												300
Комутаційна зносостійкість, циклів	1000×10 ³											1200×10 ³												300×10 ³

Таблиця Г.2 – Технічні характеристики теплових реле серії РТ2М

Тип реле	Максимальний робочий струм, А	Номинальна робоча напруга ізольції, В	Спосіб монтажу		кількість контактів	Допоміжні контакти			Номинальний робочий струм, А (струм неспрацювання)
			“В” вбудований	“А” автономний		номинальний струм, А (~380 В)	номинальний струм, А (~220 В)	номинальний струм, А (-110 В)	
РТ 2М 32В	32	660	*	*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	0,1-0,16; 0,16-0,25; 0,25-0,4; 0,63-1,1-1,4; 1,3-1,8; 1,7-2,4; 2,2-3,1; 2,8-4; 3,5-5; 4,5-6,5; 6-8,5; 7,5-11; 10-14; 13-19; 18-25; 24-32
РТ 2М 80В	80	660	*	*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	29-42; 36-52; 45-63; 60-80
РТ 2М-25а	25	660	*	*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	1,6-2,5; 2,5-4; 4-6; 5,5-8; 7-10; 9-13; 12-18; 17-25
РТ 2М-36а	36	660	*	*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	23-32; 28-36
РТ 2М-93а	93	660	*	*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	37-50; 48-65; 55-70; 63-80; 80-93
РТ 2М-200а	200	660		*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	80-125; 100-160; 125-200
РТ 2М-630а	630	660		*	1HP+ 1H3	1,58	2,73	0,2	200-315; 250-400; 315-500; 400-630

Додаток Е
(довідковий)

Структура умовної позначки
модульних автоматичних вимикачів АВ 2000 серії Standart [7]



Технічні характеристики автоматичних вимикачів

Таблиця Е.1 – Модульні автоматичні вимикачі АВ 2000 серії Standart

Кількість полюсів	1, 2, 3	
Характеристика відключення	В, С	
Номінальна напруга, В	~230/400	
Номінальний струм, А	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	80, 100
Номінальна частота, Гц	50/60	
Клас обмеження енергії	3	
Здатність відключення, кА	6	10
Зносостійкість (вкл./відкл.)	електрична	4000
	механічна	10000
Переріз проводів, що під'єднуються, мм ²	1÷25	
Кріплення на DIN-рейку	35×7,5	
Ступінь захисту	IP 20	
Діапазон робочих температур, °С	-5÷ +40	

**Структура умовної позначки
автоматичних вимикачів серії АВ 3000 [7]**



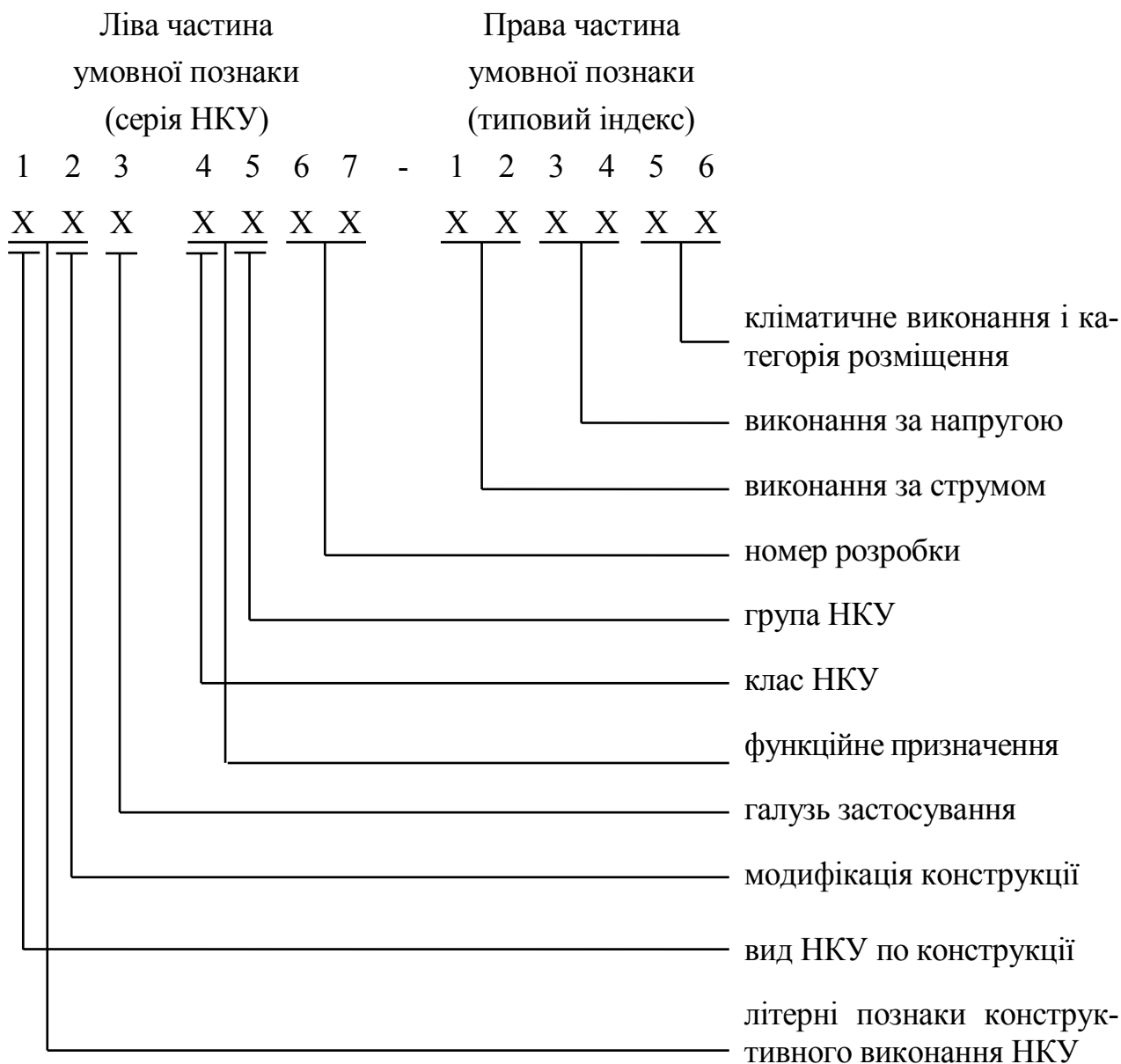
Таблиця Е.2 – Автоматичні вимикачі серії АВ 3000

Тип вимикача	Номінальний струм, А	Номінальний струм розчіплювача, А	Номінальна робоча напруга, В	Кількість полюсів	Номінальна гранична відключаюча здатність, кА	
					400 В	400 В
АВ3001/3Н	63	10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	380	3	15	7,5
АВ3002/3Н	100	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	380	3	25	12,5
АВ3002/3Б*					65	32,5
АВ3003/3Н	200	100, 125, 160, 200, 225	380	3	25	12,5
АВ3003/3Б*					65	32,5
АВ3004/3Н	400	250, 315, 350, 400	380	3	35	17,5
АВ3004/3Б*					70	35
АВ3005/3Н	630	400, 500, 630	380	3	35	17,5
АВ3005/3Б*					70	35
АВ3006/3Н	800	630, 700, 800	380	3	60	30
АВ3006/3Б*					70	35
АВ3007/3Н	1250	800, 1000, 1250	380	3	65	32,5

* види продукції, що виконуються під замовлення

Додаток Ж
(довідковий)

Структура умовної позначки
низьковольтних комплектних установок (НКУ) [22]



Ліва частина в структурі умовної позначки (серія НКУ):

l – позначка типу НКУ:

Б – блок;

Щ – щит відкритий;

П – панель;

Я – ящик;

Ш – шафа, щит захищений;

С – пульт.

2 – модифікація конструкції НКУ:

- О – одностороннього обслуговування;
- Д – двостороннього обслуговування;
- В – висувний;
- Н – зовнішньої установки;
- П – поворотний;
- Я – ящичний;
- А – НКУ з невизначеною модифікацією.

3 – основна область застосування:

- А – сільське господарство;
- Н – насосні, компресорні установки;
- Р – елеватори, млини;
- У – уніфіковані пристрої загального застосування;
- Э – електростанції і підстанції.

4 – клас НКУ:

1 – керування, вимірювання, сигналізації, автоматики і захисту релейних силових головних, центральних, блочних місцевих щитів керування електричних станцій;

2 – керування, вимірювання, сигналізації, автоматики і захисту головних щитів (пунктів) керування підстанцій;

3 – із статичними напівпровідниковими перетворювачами для електроприводів постійного струму;

4 – із статичними напівпровідниковими перетворювачами для електроприводів змінного струму;

5 – керування асинхронними електродвигунами трифазного струму з короткозамкненим ротором;

6 – керування асинхронними електродвигунами трифазного струму з фазним ротором;

7 – керування синхронними електричними машинами;

8 – вводу і розподілу електроенергії;

9 – автоматичного регулювання, керування спеціальними електроприводами; допоміжні НКУ і загального призначення.

5 – група НКУ:

1 клас – НКУ керування, вимірювання, сигналізації, автоматики і захисту релейних силових головних, центральних, блочних місцевих щитів керування електричних станцій включає в себе наступні групи:

1 – НКУ генераторів, блоків генераторів-трансформаторів (автотрансформаторів, дизель-генераторів);

2 – НКУ автотрансформаторів зв'язку;

3 – НКУ пристроїв котлів, турбін, технологічного обладнання;

4 – НКУ власних потреб;

5 – НКУ резервних збудників, загальностанційних і шинних апаратів, (синхронізації, сигналізації і т.п.);

6 – НКУ елементів РП 110, 220 кВ;

7 – НКУ елементів 330 кВ та вище;

8 – НКУ паливоподачі;

9 – НКУ допоміжних господарств;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

2 клас – НКУ керування, вимірювання, сигналізації, автоматики і захисту головних щитів (пунктів) керування підстанцій включає в себе наступні групи:

1 – НКУ трансформаторів (автотрансформаторів), реакторів;

2 – НКУ синхронних компенсаторів, шунтових конденсаторних батарей;

3 – НКУ шинних апаратів;

4 – НКУ загальнопідстанційних пристроїв;

5 – НКУ ліній 6-10, 35 кВ;

6 – НКУ ліній 110-220 кВ;

7 – НКУ ліній 330 кВ та вище;

8 – НКУ для підстанцій а оперативному змінному струмі;

9 – резерв;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

3 клас – НКУ із статичними напівпровідниковими перетворювачами для електроприводів постійного струму включає в себе наступні групи:

1 – НКУ з неререверсивним і тиристорним перетворювачами для живлення якоря двигуна;

2 – НКУ з реверсивними тиристорними перетворювачами, які забезпечують реверс струму якоря двигуна;

3 – НКУ з нереверсивними тиристорними перетворювачами для живлення якоря двигуна з нереверсивними регульованими збуджувачами;

4 – НКУ з реверсивними тиристорними перетворювачами, які забезпечують реверс струму якоря двигуна з нереверсивними регульованими збуджувачами;

5 – НКУ з нереверсивними тиристорними перетворювачами для живлення якоря двигуна з реверсивними збуджувачами;

6 – НКУ з нереверсивними тиристорними перетворювачами з перемикачем в колі якоря двигуна;

7 – НКУ з нереверсивним регульованим збуджувачем;

8 – НКУ з реверсивним регульованим збуджувачем;

9 – НКУ з широкоімпульсними нереверсивними перетворювачами для живлення якоря двигуна;

0 – НКУ з широкоімпульсними реверсивними перетворювачами для живлення якоря двигуна.

4 клас – НКУ із статичними напівпровідниковими перетворювачами для електроприводів змінного струму включає в себе наступні групи:

1 – НКУ для живлення вентильних двигунів із збудженням від постійних магнітів;

2 – КНУ з перетворювачем із ланкою постійного струму для живлення вентильних двигунів з нерегульованим електромагнітним збудженням;

3 – НКУ з перетворювачем із ланкою постійного струму для живлення вентильних двигунів з регульованим електромагнітним збудженням;

4 – НКУ з перетворювачем із безпосереднім зв'язком для живлення вентильних двигунів з нерегульованим електромагнітним збудженням;

5 – НКУ з перетворювачем із безпосереднім зв'язком для живлення вентильних двигунів з регульованим електромагнітним збудженням;

6 – НКУ з перетворювачем із ланкою постійного струму для живлення асинхронних двигунів з к.з. ротором;

7 – НКУ з перетворювачем із безпосереднім зв'язком для живлення асинхронних двигунів з к.з. ротором;

8 – НКУ для живлення від напівпровідникових перетворювачів низьковольтних асинхронних двигунів з фазним ротором;

9 – НКУ для живлення від напівпровідникових перетворювачів високовольтних асинхронних двигунів з фазним ротором;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

5 клас – НКУ керування асинхронними електродвигунами трифазного струму з короткозамкненим ротором включає в себе наступні групи:

1 – НКУ з прямим пуском, без реверса і без електричного гальмування;

2 – НКУ з прямим пуском, без реверса і без електричного гальмування;

3 – НКУ з прямим пуском, без реверса і без електричного гальмування;

4 – НКУ з прямим пуском, реверсом і гальмуванням противмиканням;

5 – НКУ з прямим пуском, реверсом і гальмуванням противмиканням;

6 – НКУ з прямим пуском, без реверса або з реверсом, з динамічним гальмуванням;

7 – НКУ керування багатошвидкісними електродвигунами;

8 – НКУ з пуском при зниженій напрузі, НКУ з регулюванням швидкості напругою статора;

9 – НКУ керування кількома електродвигунами;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

6 клас – НКУ керування асинхронними електродвигунами трифазного струму з фазним ротором включає в себе наступні групи:

1 – НКУ без реверса і без електричного гальмування;

2 – НКУ без реверса і з електричним гальмуванням будь-якого виду крім противмиканням;

3 - резерв;

4 – НКУ з реверсом і з гальмуванням противмиканням;

5 – НКУ з реверсом і з електричним гальмуванням будь-якого виду (противмиканням тільки після попереднього гальмування іншим способом);

- 6 – резерв;
- 7 – самостійні роторні НКУ асинхронних двигунів;
- 8 – резерв;
- 9 – резерв;
- 0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

7 клас – керування синхронними електричними машинами включає в себе наступні групи:

1 – НКУ керування високовольтним електродвигуном. Обмотка ротора замкнута на розрядний опір. Пуск прямий або реакторний;

2 – НКУ керування високовольтним електродвигуном з глухопідключеним збуджувачем. Пуск прямий або реакторний;

3 – НКУ керування високовольтним електродвигуном. Обмотка ротора з'єднана із збуджувачем через опір. Пуск при зниженій напрузі;

4 – НКУ керування високовольтним електродвигуном. Обмотка ротора з'єднана із збуджувачем через опір. Пуск прямий;

5 – НКУ керування високовольтним електродвигуном з глухопідключеним збуджувачем. Пуск прямий;

6 – НКУ загального керування синхронним генератором і його збуджувачем;

7 – НКУ керування синхронним компенсатором;

8 – НКУ керування низьковольтними електродвигунами із статичними перетворювачами;

9 – НКУ керування високовольтними електродвигунами із статичними перетворювачами;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

8 клас – НКУ вводу і розподілу електроенергії включає в себе наступні групи:

1 – НКУ вводу змінного струму;

2 – НКУ вводу постійного струму;

3 – НКУ вводу змінного струму з автоматичним включенням резерву (АВР);

4 – НКУ вводу постійного струму з автоматичним включенням ре-

зерву (АВР);

5 – НКУ розподілу електроенергії із застосуванням автоматичних вимикачів змінного струму;

6 – НКУ розподілу електроенергії із застосуванням запобіжників;

7 – НКУ розподілу електроенергії із застосуванням автоматичних вимикачів постійного струму;

8 – інші НКУ вводу;

9 – інші НКУ розподілу;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

9 клас – НКУ автоматичного регулювання, НКУ керування спеціальними електроприводами; НКУ допоміжні і загального призначення включають в себе наступні групи:

1 – НКУ автоматичного керування різними механізмами;

2 – НКУ автоматичного регулювання;

3 – керування різними спеціальними машинами (індукційними регуляторами напруги, фазокомпенсаторами, електромuftами, електронагрівальними пристроями і т.п.);

4 – допоміжні НКУ;

5 – допоміжні НКУ;

6 – НКУ програмного керування, в тому числі числового (ЧПК) і цифрового (ЦПК), програмовані контролери і т.п.;

7 – те ж саме;

8 – пристрої живлення;

9 – резерв;

0 – НКУ з іншими особливостями, відмінними від перерахованих.

6, 7 – номер розробки.

Двозначне число – порядковий номер НКУ в межах кожної групи.

Права частина в структурі умовної позначки (типовий індекс):

1,2 – виконання за величиною струму.

Виконання НКУ за номінальним струмом вибирають з таблиці Ж.1.

Таблиця Ж.1 – Виконання НКУ за номінальним струмом

Перший знак типового індексу	Другий знак типового індексу									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0									
1	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
2	1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8
3	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80
4	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800
5	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000
А	15	30	60	150	300	600	1500	3000	6000	
Б	75	120	750	1200	7500	12000				

3 – виконання за напругою силового кола

Виконання НКУ за номінальною напругою силового кола вибирають з таблиці Ж.2.

Таблиця Ж.2 – Виконання НКУ за номінальною напругою силового кола

Напруга силового кола, В			
постійного струму	змінного струму		
1 - 110 В	4 ~ 220 В	7 ~ 380 В	А ~ 660 В
2 - 220 В	5 ~ 230 В	8 ~ 400 В	
3 - 440 В	6 ~ 240 В	9 ~ 415 В	

4 – виконання за напругою кола керування

Виконання НКУ за номінальною напругою кола керування вибирають з таблиці Ж.3.

Таблиця Ж.3 – Виконання НКУ за номінальною напругою кола керування

Напруга кола керування, В				
постійного струму		змінного струму		
1 - 110 В	Г - 36 В	3 ~ 110 В	8 ~ 400 В	П ~ 110 В
2 - 220 В	Д - 48 В	4 ~ 220 В	9 ~ 415 В	Р ~ 220 В
А - 6 В	Е - 60 В	5 ~ 230 В	Л ~ 36 В	С ~ 380 В
Б - 12 В	И - 125 В	6 ~ 240 В	М ~ 42 В	Т ~ 440 В
В - 24 В		7 ~ 380 В	Н ~ 127 В	

5,6 – виконання за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Виконання НКУ за кліматичним виконанням вибирають з таблиці Ж.4.

Таблиця Ж.4 – Виконання НКУ за кліматичним виконанням

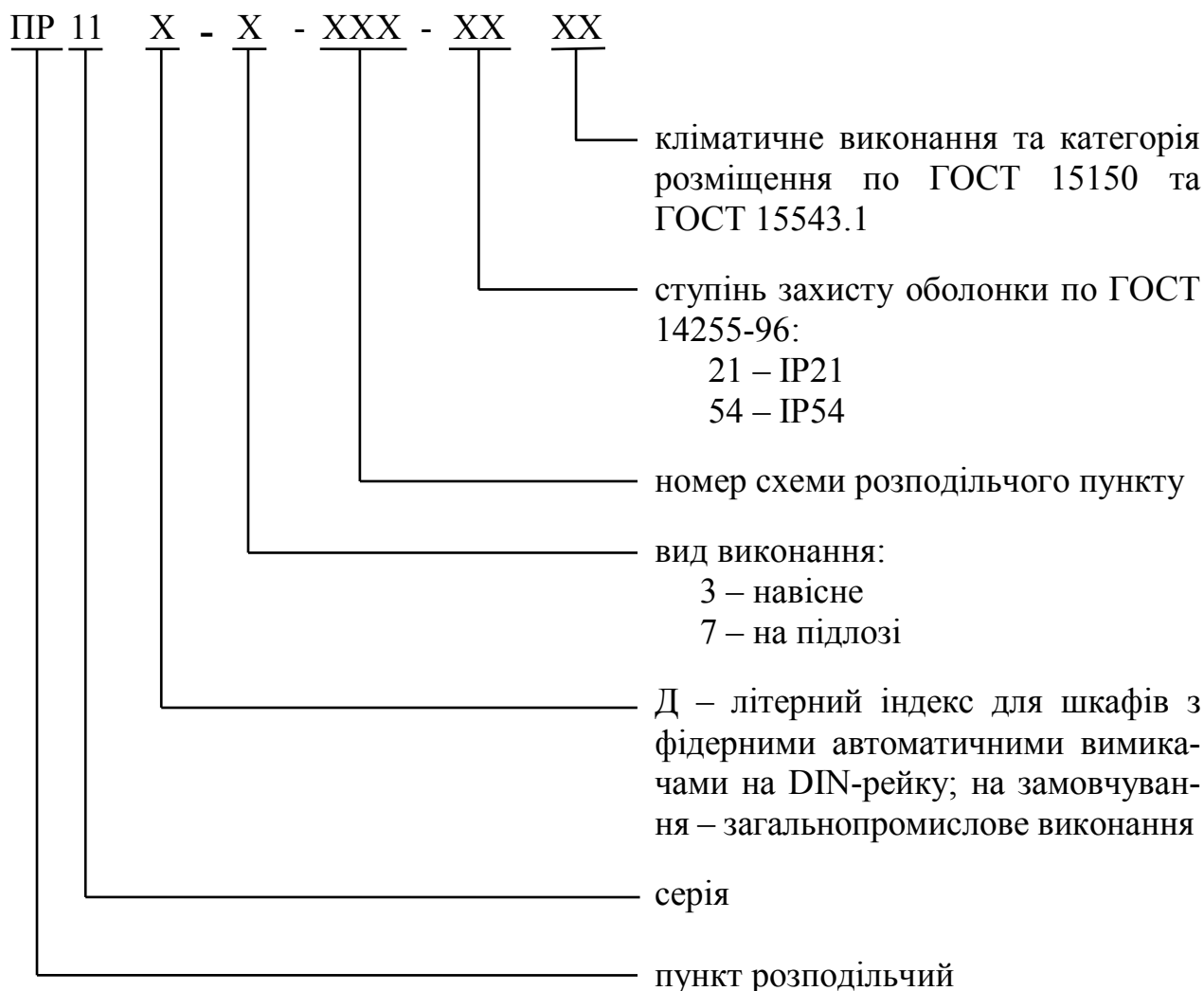
Виконання виробів для мікрокліматичних районів	Познака	Температура повітря, °С	
		верхня межа	нижня межа
З помірним кліматом	У	+40	-45
З холодним кліматом	ХЛ	+40	-60
З помірним і холодним кліматом	УХЛ	+40	-60
З вологим тропічним кліматом	ТВ	+45	+1
З сухим тропічним кліматом	ТС	+45	-10
Як з сухим, так і з вологим тропічним кліматом	Т	+45	-10
Для всіх районів на суші (загальнокліматичне виконання)	О	+45	-60

Виконання НКУ за категорією розміщення вибирають з таблиці Ж.5.

Таблиця Ж.5 – Виконання НКУ за категорією розміщення

Характеристика	Познака
Для роботи на відкритому повітрі	1
Для роботи у приміщеннях, де коливання температури і вологості повітря неістотно відрізняються від коливань на відкритому повітрі, наприклад, у наметах, кузовах, причепах, металевих приміщеннях без теплоізоляції, а також у кожухах комплектних пристроїв виробів категорії 1 або під навісом (відсутня пряма дія сонячної радіації і атмосферних опадів на виріб)	2
Для роботи у закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучного регулювання кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря, а також дія піску та пилу значно менші, ніж зовні, наприклад, у металевих з теплоізоляцією, кам'яних, бетонних, дерев'яних приміщеннях (значне зменшення дії сонячної радіації, вітру, атмосферних опадів, відсутність роси)	3
Для роботи у приміщеннях з штучно регульованим мікрокліматом, наприклад, у закритих з опаленням чи охолодженням і вентиляцією виробничих та інших, в тому числі підземних приміщеннях з хорошою вентиляцією (відсутність прямої дії сонячної радіації, відсутність дії атмосферних опадів, вітру, а також піску та пилу зовнішнього повітря)	4
Для роботи у приміщеннях з підвищеною вологістю	5

Структура умовної позначки пункту розподільчого ПР11 [9]



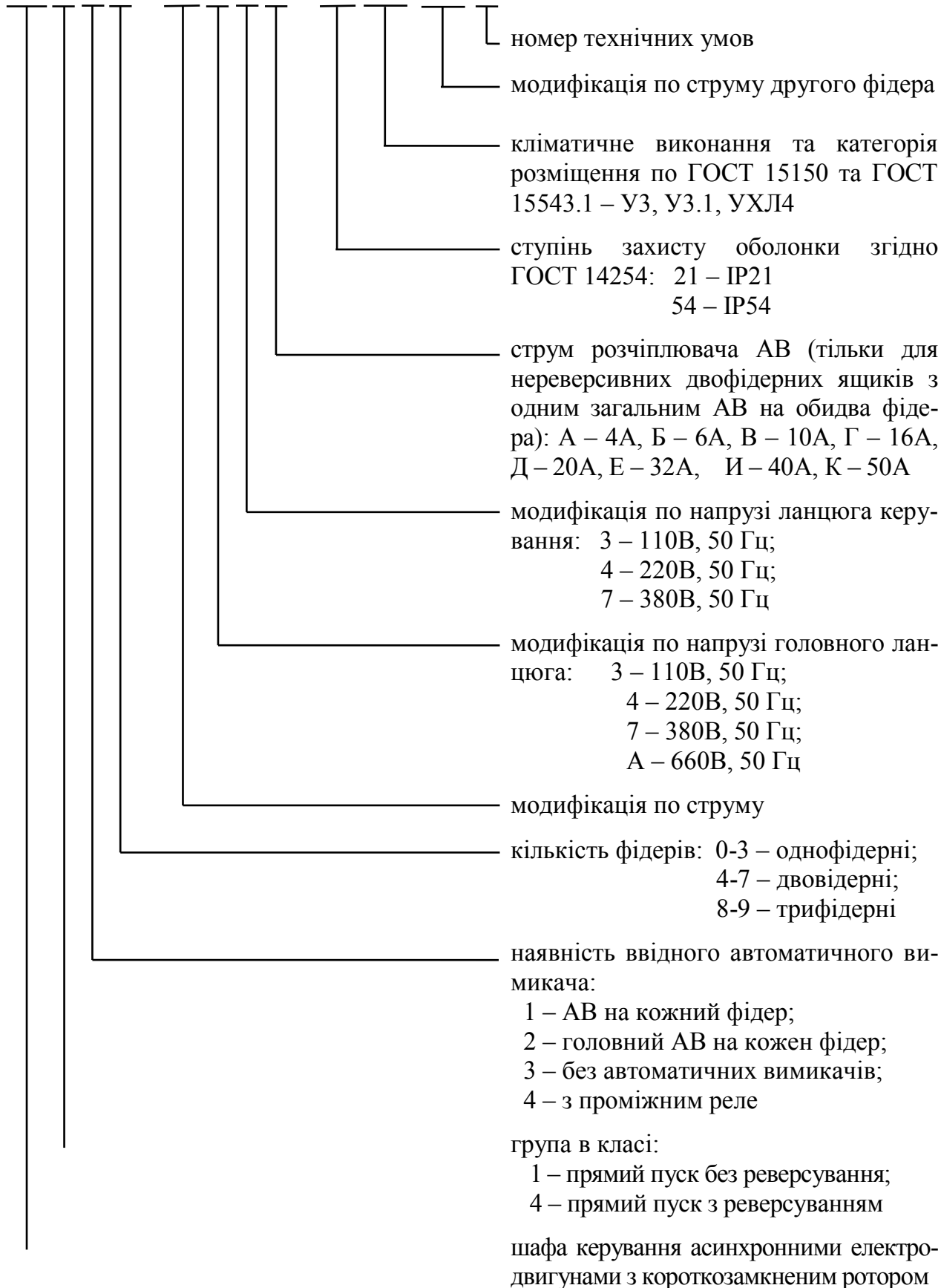
Пункти розподільчі ПР11 призначені для розподілу електричної енергії, захисту електричних установок напругою 380/220 В змінного струму частотою 50Гц при перевантаженнях і струмах короткого замикання, а також для нечастих (до 3-х включень в годину) оперативних комутацій електричних кіл і прямих пусків асинхронних двигунів. Призначені для встановлення в промислових, побутових та громадських об'єктах з однобічним обслуговуванням.

Пункти ПР11 виготовляються навісного виконання та для встановлення на підлогу у вигляді металевого ящика в оболонку якого встановлюються автоматичні вимикачі.

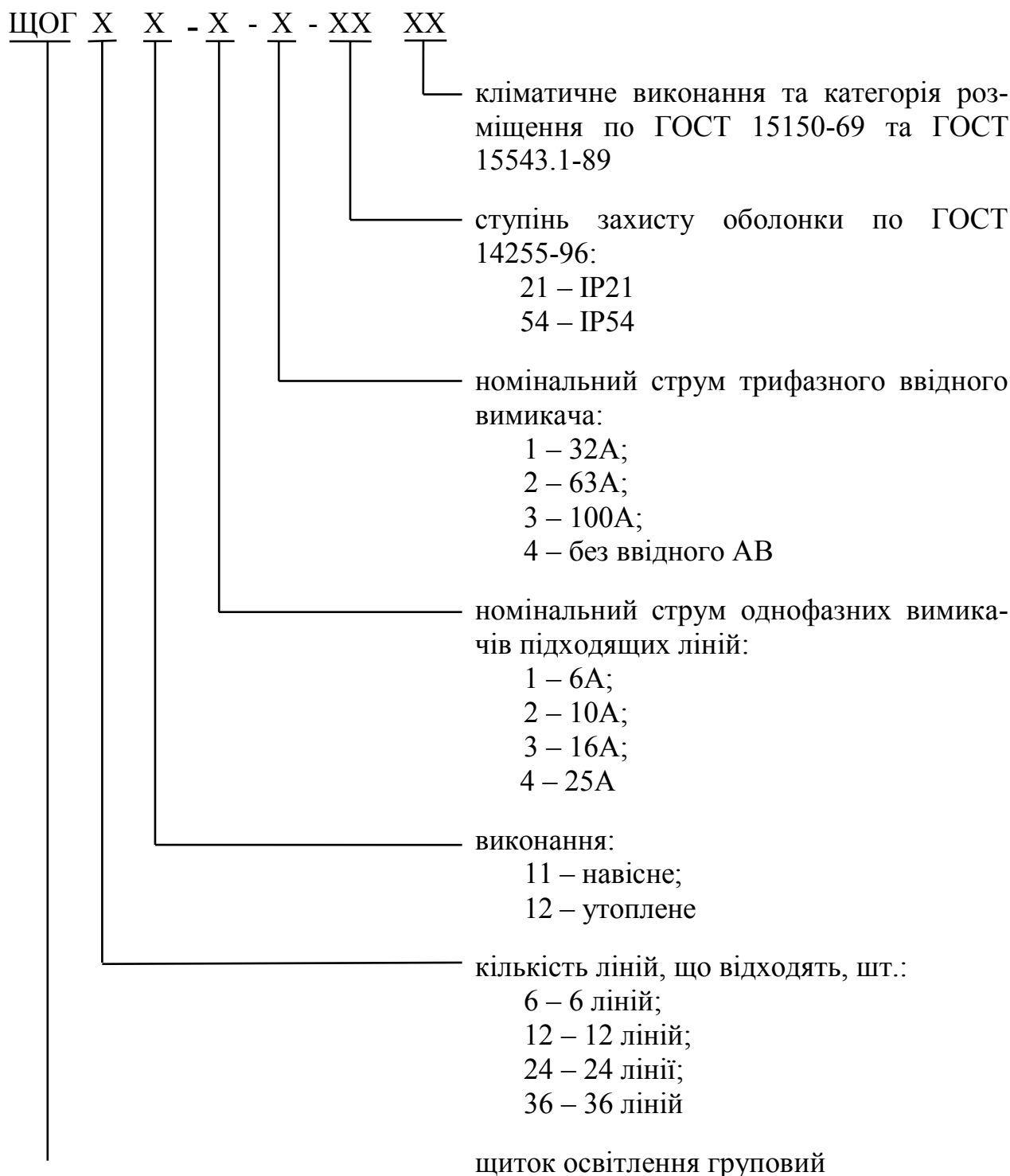
Пункти розподільчі серії ПР11 комплектуються ввідними вимикачами серії АВ 3000 зі струмообмеженням, або без нього з електромагнітним та тепловим розчіплювачем, а також ввідним рубильником з боковим приводом; вимикачами на лініях, що відходять, серії АВ2000 і АВ3000 на номінальний струм від 6 до 250 А.

Структура умовної позначки ящика керування асинхронними електродвигунами серії Я5000 [9]

Я5 X X X - XX X X X - XX XX XX X



Структура умовної позначки щитка освітлювального типу ЩОГ [9]



Щитки освітлення групові призначені для прийому та розподілу електричної енергії, нечастих оперативних включень та відключень електричних кіл, захисту ліній від перевантаження та короткого замикання в мережах змінного струму напругою 380/220 В частотою 50 Гц. Встановлюються на промислових, громадських, комунально-побутових і житлових об'єктах з однобічним обслуговуванням.

Додаток К
(довідковий)

**Розрахункові опори трансформаторів 10/0,4 кВ,
приведені до напруги 0,4 кВ**

Таблиця К.1

Номинальна потужність, кВА	Схеми з'єднання обмоток	Опір прямої послідовності, мОм (10^{-3} Ом)			Розрахунковий опір при однофазному к.з., мОм (10^{-3} Ом), $\frac{z_{ТК}^{(1)}}{3}$
		R_T	X_T	Z_T	
25	Y/YH	154	244	228	1040
25	Y/ZN	184	245	307	222
40	Y/YH	88	157	180	650
40	Y/ZN	100	159	188	137
63	Y/YH	53	101	114	411
63	Y/ZN	61	103	119	88
100	Y/YH	32	70,6	72	250
100	Y/ZN	37	74	75	55
160	Y/YH	16,7	42	45	162
160	Y/ZN	19,5	42,7	47	47
250	Y/YH	9,5	26,8	28,9	104
250	Y/ZN	10,8	28,2	30	30
400	Y/YH	5,5	17,1	18	65
400	D/YH	5,9	16,9	18	18,7
630	Y/YH	3,1	13,7	14	43
630	D/YH	3,4	13,6	14	14

Схеми з'єднання обмоток трансформатора:

Y – з'єднання обмоток трансформатора зіркою;

YN – з'єднання обмоток трансформатора зіркою з нулем;

D – з'єднання обмоток трансформатора трикутником;

ZN – з'єднання обмоток трансформатора зигзаг з нулем;

Z – з'єднання обмоток трансформатора зигзаг.

Додаток Л
(довідковий)

**Повний опір $Z_{\text{поі}}$ 1 м петлі «фазний провід – нейтральний провід»
кабельних чотирьохпровідних ліній і проводок,
виконаних ізольованими проводами, мОм/м (Ом/км)**

Таблиця Л.1

Площа поперечного перерізу проводу, мм ²		$Z_{\text{по}}$			
		кабелів і проводів в трубах		проводів на роликах або ізоляторах	
фазного	нейтрального	мідних	алюмінієвих	мідних	алюмінієвих
1	1	31,5	-	-	-
1,5	1,5	25,2	-	25,2	-
2,5	1,5	20,2	-	20,2	-
2,5	2,5	15,1	25,2	15,1	25,2
4	1,5	17,3	-	17,3	-
4	2,5	12,2	20,5	12,2	20,5
4	4	9,3	15,8	9,3	15,8
6	2,5	10,6	17,9	10,6	17,9
6	4	7,71	13,2	7,71	13,2
6	6	6,12	10,5	6,14	10,5
10	4	6,50	11,1	6,52	11,1
10	6	4,90	8,42	4,92	8,42
10	10	3,68	6,32	3,71	6,32
16	6	4,26	7,24	4,28	7,24
16	10	3,04	5,14	3,08	5,15
16	16	2,40	3,96	2,45	3,99
25	10	2,58	4,44	2,62	4,46
25	16	1,94	3,26	1,98	3,30
25	25	1,49	2,56	1,55	2,60
35	10	2,38	4,08	2,42	4,11
35	16	1,74	2,90	1,79	2,94
35	35	1,09	1,84	1,16	1,90
50	16	1,60	2,62	1,65	2,66
50	25	1,14	1,92	1,21	1,97
50	50	0,793	1,29	0,890	1,36
70	25	1,03	1,74	1,11	1,80
70	35	0,833	1,39	0,927	1,45
70	70	0,58	0,93	0,706	1,03
95	35	0,755	1,27	0,856	1,34
95	50	0,608	0,99	0,712	1,08
95	95	0,428	0,80	0,566	0,815

