

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни та виконання контрольних завдань
дисципліни «Електричні апарати» для освітньої програми
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» заочної форми навчання

Методичні вказівки з вивчення дисципліни та виконання контрольних завдань дисципліни «Електричні апарати» для освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання / Укл.: М.В. Антонова. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2020. – 48 с.

Укладач: М.В. Антонова

Рецензент: О.В. Близняков, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний
за випуск:

Р.Е. Мохнач

Затверджено
на засіданні кафедри “Електричні та
електронні апарати”
Протокол № 2
від «28» вересня 2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК Електротехнічного факультету
Протокол № 2
від «22» жовтня 2020 р.

ЗМІСТ

1 Загальні методичні вказівки	4
2 Робоча програма і методичні вказівки щодо вивчення тем дисципліни.....	6
3 Перелік лабораторних робіт	10
4 Контрольні завдання.....	11
4.1 Література.....	19
4.2 Контрольні запитання	19
4.3 Задачі для самостійної роботи.....	20
4.3.1 Задача	20
4.3.2 Задача (самостійно)	26
4.3.3 Задача (самостійно)	27
4.3.4 Задача (самостійно)	28
Список літератури	29
Додаток А	30
Додаток Б.....	40
Додаток В	43

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Відповідно навчального плану для заочної форми навчання освітньої програми «Електричні машини і апарати» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» дисципліна «Електричні апарати» складається з лекцій, лабораторних робіт та контрольної роботи. Підсумковою формою контролю є залік.

Мета викладання дисципліни «Електричні апарати» полягає в формуванні у студентів знань, навиків та умінь, що дозволять їм здійснювати розрахунок, вибір та експлуатацію електричних (в тому числі електромеханічних) апаратів та використовувати їх для створення більш сучасних та досконалих електротехнічних засобів.

Завдання дисципліни «Електричні апарати» полягає в засвоєнні фундаментальних теоретичних основ різноманітних фізичних явищ, що відбуваються в електричних апаратах і на яких засновано їх функціонування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен – знати: фізичні процеси, що відбуваються в електричних апаратах та методи їх аналізу; принципи роботи основних елементів електричних апаратів та співвідношення для їх розрахунків; принципи роботи основних груп електричних апаратів, які використовуються в системах електропостачання промислових підприємств при автоматизації виробничих процесів та електропривода; основні напрями застосування електричних апаратів, їх вибору та експлуатації; особливості застосування електричних апаратів.

– вміти: здійснювати дослідження та розрахунки основних елементів електричних апаратів; здійснювати грамотний і обґрунтований вибір електричних апаратів для електричних систем та їх експлуатацію; здійснювати налаштування електричних апаратів, встановлення та регулювання їх уставок; набути навички інженерної діяльності, а саме: розпізнавати, аналізувати і описувати конкретні апарати на функціональному, конструктивному та структурному рівнях, визначати принцип дії, перелік вимог та критеріїв оцінки.

На установочну сесію виносяться 7 тем, які у сконцентрованому вигляді відповідають на усі питання, пов'язані з вивченням дисципліни:

– вступ до дисципліни;

- електричні реле;
- автоматичні повітряні вимикачі (автомати);
- запобіжники;
- безконтактні та бездугові електричні апарати.

На установочну сесію виносяться одна лабораторна робота: поляризовані реле, яка наочно дозволить вивчити принцип дії, конструкцію та способи настроювання поляризованих реле, а також експериментально визначити їх основні параметри й навчати практично здійснювати їх настроювання.

Подробиці всіх тем вивчаються самотужки, що і застерігається в методичних вказівках. До самостійної роботи мають також відношення:

- захист лабораторної роботи;
- виконання контрольної роботи;
- підготовка до заліку.

Установочні лекції є тільки каркасом повного масиву знань з дисципліни «Електричні апарати». Подробиці теоретичних знань поповнюються та закріплюються за допомогою лабораторних робіт, а контрольна робота виконується за допомогою рекомендованої літератури.

На залік виносяться, головним чином, теоретичні питання.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Електромагнітні явища в електричних апаратах

Тема 1. Призначення та функції, що виконують електричні апарати в системах електропривода та автоматики. Призначення та функції, що виконують електричні апарати в системах електропривода та автоматики. Класифікація електричних апаратів та вимоги до окремих їх видів.

Під час проведення установочної сесії вивчення теми займає 1,5 годин і 28,5 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми.

Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни;) Загальні відомості про електричні апарати.

Методичні вказівки щодо вивчення теми

Під час вивчення даної теми особливу увагу треба звернути на поняття про електричний апарат, технічні параметри електричних апаратів, захисні оболонки електричних апаратів, кліматичне виконання та категорію розміщення, вимоги до електричних апаратів, а також їх позначення.

Запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення «Електричний апарат».
2. Як класифікуються апарати за їх призначенням.
3. Які основні вимоги висуваються до електричних апаратів.
4. В яких режимах можуть працювати електричні апарати.

Тема 2. Електромагнітні процеси та явища в електричних апаратах. Основні елементи конструкції контакторів постійного та змінного струму. Робота контактів у розімкнутому стані, розхил контактів. Загальна характеристика електродугового розряду при розмиканні контактів під навантаженням. Загальні принципи дії дугогасильних пристроїв комутаційних апаратів, критичні струми. Електрична ерозія контактів та засоби її обмеження. Металокерамічні контакти.

Електромагнітний привод контактора. Характеристика протидіючих сил та тягова характеристика електромагніту, їх узгодження. Особливості конструкції електромагнітів змінного струму. Вібрація якоря та засоби її усунення. Форсовані електромагнітні системи.

Під час проведення установочної сесії вивчення теми займає 1,5 години лекції й 2 години лабораторна робота, а також 36 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми.

Контакти електричних апаратів. Конструкція контактів. Опір контакта. Нагрівання контакта. Режим роботи контакта. Матеріали контактів.

Запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення комутуючий контакт.
2. Що характеризує опір стягування?
3. Від яких параметрів залежить температура площадки дотику?
4. Дайте характеристику матеріалам, що найчастіше використовуються в електричних апаратах низької напруги.

Змістовий модуль 2. Електромеханічні апарати в системах електроприводу та автоматики

Тема 3. Електричні апарати керування. Загальна характеристика електричних апаратів керування, основні режими їх роботи. Основні елементи конструкції. Особливості режимів роботи. Вибір електричних апаратів керування для систем електропривода та автоматики.

Під час проведення установочної сесії вивчення теми займає 1 години лекції, а також 20 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми.

Нагрів та охолодження електричних апаратів. Межі температури елементів апаратів. Задачі теплового розрахунку. Джерело тепла в електричних апаратах. Розрахунок потужності втрат. Способи теплообміну. Режим роботи та нагрівання електричних апаратів.

Процес нагрівання при короткому замиканні. Термічна стійкість електричного апарату.

Запитання для самоперевірки

1. Опишіть явище нагрівання електричного апарату.
2. Що є джерелом тепла в електричних апаратах. Що може впливати на температурні процеси в електричних апаратах?
3. Охарактеризуйте режими теплообміну в електричних апаратах. Наведіть приклади.
4. Що таке термічна стійкість? Від чого вона залежить?

Тема 4. Електричні апарати комутації та захисту. Загальна характеристика аварійних станів, що виникають в системах електропривода та автоматики. Призначення, класифікація та функції, що виконують захисні апарати. Головні елементи конструкцій.

Під час проведення установочної сесії вивчення теми займає 1 години лекції, а також 20 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми.

Поняття аварійних станів. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні зусилля між паралельними провідниками. Електродинамічні зусилля витку, котушки, між витками та котушками. Електродинамічне зусилля при змінному струмі. Електродинамічна стійкість. Процеси комутації в електричних колах. Поняття електрична дуга. Фізичні процеси в електричній дугі. Вольтамперна характеристика дуги. Умови гасіння дуги. Способи гасіння дуги. Дугогасильні пристрої.

Запитання для самоперевірки

1. Процес комутації в електричних апаратах.
2. Опишіть процес виникнення дуги в електричних апаратах.
3. Порівняйте способи гашення дуги.
4. Чим відрізняються дугогасильні пристрої?
5. Дайте визначення електродинамічна стійкість.
6. Чи впливає форма перетину провідника на величину електродинамічної стійкості.

Тема 5. Електромеханічні апарати автоматики. Електромеханічні реле, датчики - їх призначення, класифікація за функціями та принципом дії. Основні параметри.

Під час проведення установочної сесії вивчення теми займає 1 години лекції й 2 години лабораторна робота, а також 34 годин необхідно для самостійного вивчення матеріалу в повному обсязі.

Зміст робочої програми теми.

Поняття електромагніт. Основні конструкції датчиків та реле. Устрій та принцип дії електромагніту. Електромагнітна сила. Динаміка електромагніта. Прискорення та сповільнення спрацювання електромагніта.

Запитання для самоперевірки

1. Дайте порівняльну характеристику магніта та електромагніта.
2. Опишіть устрій електромагніта. В яких електричних апаратах застосовують електромагніт.
3. Наведіть схеми сповільнення спрацювання електромагніту.
4. Що таке час спрацювання електромагніту та час спрацювання при включенні.

Рекомендована література: [1-3, 7, 15, 18, 21]

З ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота №1. Контактор постійного струму – 3 години.

Лабораторна робота №2. Контактор змінного струму – 4 години.

Лабораторна робота №3. Автоматичний вимикач – 2 години.

Лабораторна робота №4 Електромагнітні реле часу – 3 години.

Лабораторна робота №5. Електромагнітні нейтральні реле 9 – 2 години.

Лабораторні роботи виконуються за методичними вказівками

Для забезпечення самостійного вивчення студентами лабораторних робіт під час виконання, необхідна належна їх організація. Лабораторне заняття, як правило починається з опитування студентів з метою виявлення їх підготовки. Студенти, які виявили недостатню підготовку й знання до лабораторних робіт не допускаються.

До виконання лабораторної роботи необхідно:

- знати відповідний теоретичний та розрахунковий матеріал, мету роботи та методику її проведення;
- знати будову лабораторного стенду, вивчити обладнання та прилади, які використовуються.

В процесі виконання роботи студенту необхідно:

- точно виконувати вимоги техніки безпеки та правила експлуатації лабораторного стенду, обладнання та приладів, що використовуються;
- виконувати роботи у відповідності з методикою та методичними вказівками;
- уважно проводити необхідні виміри та запис результатів;
- аналізувати та критично оцінювати отримані результати.

Оформлення роботи та захист здійснювати в той же час, який дається для виконання даної роботи або під час консультацій.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

З дисципліни «Електричні апарати» кожен студент заочної форми навчання виконує одну контрольну роботу у відповідності до розділів теоретичного курсу. Контрольна робота виконується з метою закріплення теоретичних знань, одержаних внаслідок вивчення дисципліни. На виконання контрольної роботи витрачається біля 8 годин. Номер варіанту визначається викладачем.

Тема: Вибір плавких запобіжників, автоматичних вимикачів та перерізу проводів і кабелів за допустимим нагріванням

Мета заняття: Навчитися вибирати переріз проводів за умовами нагрівання та вибирати апарати для захисту мереж від перенавантаження та короткого замикання.

Теоретичні положення

При протіканні по проводу електричного струму він нагрівається до температури, при якій кількість теплоти, яку одержує провід, дорівнює кількості теплоти, яка віддається його поверхнею у навколишнє середовище. Температура проводу не повинна перевищувати наступні значення [2 гл.1.3, с.18; 3 с.83; 4 с.83; 5 с.25; 6 с.19; 8 с.32; 9 с.120; 10 с.7]:

70 °С - для неізолюваних проводів;

55 °С - для проводів із звичайною гумовою ізоляцією;

65 °С - для проводів із гумовою теплостійкою ізоляцією;

70 °С - для проводів із полівінілхлоридною ізоляцією.

Для кабелів із паперовою ізоляцією в металевій оболонці:

80 °С - при напрузі 3 кВ; 65 °С - при 6 кВ; 60 °С - при 10 кВ;

50 °С - при 20 та 35 кВ.

При розрахунках та виборі перерізу проводів за допустимим нагріванням необхідно визначити струм, який можна пропустити через провід при заданих умовах, так щоб його температура не перевищила допустиму.

При короткому замиканні (к.з.), або при перевантаженнях, коли струм в проводі перевищує номінальні (розрахункові) значення, проводка повинна автоматично відключатися, інакше може загорітися ізоляція, або інші предмети, що розташовані біля проводів.

Для автоматичного відключення проводки при перевищенні

встановлених значень струму застосовують апарати захисту - плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі та ін. Якщо проводка захищена запобіжниками або автоматами, то розрахунок електричної мережі починають з вибору апаратів захисту.

Вибір плавких запобіжників та перерізу проводів і кабелів за допустимим нагріванням.

Плавкі запобіжники вибирають за наступними параметрами [3 с.87- 89; 4 с.87-90; 5 с.29-38; 6 с.29; 8 с.33-42; 9 с.272-280; 10 с.14-36]:

1. Тип запобіжника.
2. За номінальною напругою запобіжника:

$$U_{н.зап.} \geq U_{н.мер.} \quad (4.1)$$

де $U_{н.мер}$ – номінальна напруга мережі, В.

3. За номінальним струмом плавкої вставки запобіжника.

Плавка вставка запобіжника для захисту окремого струмоприймача вибирається за більшим значенням із двох умов:

- умова 1:

$$I_{\phi} \geq I_p \quad (4.2)$$

де I_p – тривалий робочий струм лінії, А.

Для електродвигуна:

$$I_p = K_z \cdot I_{н.дв} = K_z \cdot \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (4.3)$$

де K_z – коефіцієнт завантаження двигуна,

P_n – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

U_n – номінальна напруга мережі, кВ;

$\cos \varphi_n$ – коефіцієнт потужності при номінальному завантаженні двигуна;

η_n – к.к.д. електродвигуна при номінальному завантаженні.

Для освітлювального навантаження:

$$I_p = \frac{P_l}{\sqrt{3}U_n} \quad (4.4)$$

де P_l – освітлювальне навантаження лінії, кВт.
- умова 4.2:

$$I_\epsilon \geq \frac{I_{max}}{\alpha}, \quad (4.5)$$

де I_{max} – максимальний струм лінії, обумовлений запуском електродвигуна, А;

α – коефіцієнт, що враховує умови пуску електродвигуна;
 $\alpha = 2,5$ при легкому пуску ($t = 5 \dots 10$ с), $\alpha = 1,6 \dots 2,0$ при важкому пуску електродвигуна (до 40 с) [3 с.88; 4 с.88; 5 с.30; 6 с.30; 8 с.34].

Для лінії, що живить один електродвигун:

$$I_{max} = I_{пуск} = \kappa_i \cdot I_{н.дв}, \quad (4.6)$$

де κ_i – кратність пускового струму електродвигуна.

Для мережі, яка живить групу струмоприймачів без електродвигунів умова 4.1 записується так:

$$I_\epsilon \geq k_0 \cdot \sum I_{pi}, \quad (4.7)$$

де k_0 – коефіцієнт одночасності;

I_{pi} – розрахунковий (робочий) струм і-го споживача, А.

Для групи струмоприймачів, серед яких є електродвигуни:

$$I_{max} = k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{пускl} \quad (4.8)$$

де $I_{\text{пуск I}}$ – пусковий струм одного електродвигуна, під час пуску якого максимальний струм в лінії буде найбільшим, А;

$\sum I_{p(n-1)}$ – сума тривалих робочих струмів інших споживачів, без врахування електродвигуна із найбільшим пусковим струмом, А.

Тоді умова 4.2 (6.5) для групи струмоприймачів, серед яких є електродвигуни, буде мати наступний вигляд:

$$I_{\epsilon} \geq \frac{k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{\text{пуск I}}}{\alpha} \quad (4.9)$$

Умова селективності: необхідно, щоб номінальний струм плавкої вставки кожного наступного запобіжника (в напрямку до джерела живлення) був на один-два ступеня більшим від номінального струму плавкої вставки попереднього запобіжника.

Після того, як визначили номінальний струм плавкої вставки вибирають відповідний йому переріз проводу.

Вибір перерізу проводу залежить від того, чи буде він захищатися плавкою вставкою лише від короткого замикання, чи й від перевантаження також. Від короткого замикання необхідно захищати всі мережі.

Від перевантаження необхідно захищати [3 с.89; 4 с.89; 5 с.32; 6 с.32; 8 с.35]:

- всі мережі у вибухонебезпечних приміщеннях;
- освітлювальні мережі в житлових та суспільних приміщеннях, в торговельних та службово-побутових приміщеннях виробничих підприємств та у пожежонебезпечних зонах;
- мережі будь-якого призначення, виконані проводами із горючою ізоляцією, які прокладені відкрито;
- силові мережі промислових підприємств, житлових, громадських і торговельних приміщень, в яких за умовами технологічного процесу або режиму роботи можуть виникнути тривалі перевантаження.

Якщо мережу необхідно захистити від короткого замикання та

перевантаження, то допустимий струм проводів з полівінілхлоридною, гумовою та аналогічною ізоляцією визначається так:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{г}} \quad (4.10)$$

де $I_{\text{доп}}$ – тривало допустимий струм проводу, А;

Для кабелів з паперовою ізоляцією допускається:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{г}} \quad (4.11)$$

Якщо проводку необхідно захищати лише від струмів к.з., тоді:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,33 \cdot I_{\text{г}} \quad (4.12)$$

За значенням допустимого розрахунку струму та за способом прокладки проводу за таблицями ПУЕ визначають значення допустимого табличного струму та відповідний йому стандартний переріз проводу або кабелю [1 гл.1.3; 2 гл.1.3; 3 с.461-468; 4 с.503-508; 5 с. 28; 6 с.28; 10 с.8]. Допустимі струми проводів і кабелів наведені для температури повітря +25°C та температури землі +15°C.

Вибраний провід перевіряють на тривалий робочий струм мережі:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad \text{або} \quad I_{\text{доп.табл.}} \cdot k_t \geq I_p \quad (4.13)$$

де k_t - поправочний температурний коефіцієнт (вибирається із врахуванням умовної та розрахункової температури середовища та нормативної температури проводу) [1 гл.1.3; 2 гл.1.3; 3 с.467; 4 с.507; 5 с. 27; 10 с.10].

Переріз нульового робочого проводу повинен становити не менше 50% від перерізу фазного проводу; при необхідності він може бути збільшеним до 100% в порівнянні із фазним проводом [2 гл.1.3 (с.18)].

Вибір перерізу проводів та кабелів, які захищаються автоматичними вимикачами, за допустимим нагріванням.

Автоматичний вимикач вибирають за наступними параметрами [3 с.87-89; 4 с.87-90; 5 с.29-38; 6 с.32; 8 с.33-42; 9 с.272-280; 10 с.14-36]:

1. Тип автомата.
2. За номінальною напругою автомата:

$$U_{н.авт.} \geq U_{н.мер.} \quad (4.14)$$

3. За номінальним струмом автомата:

$$I_{н.авт} \geq I_p \quad (4.15)$$

4. За номінальним струмом автомата:

$$I_{н.авт} \geq 1,25 \cdot I_p \quad (4.16)$$

5. За струмом спрацювання електромагнітного розчеплювача (струм відсічки):

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 \cdot I_{max} \quad (4.17)$$

I_{max} , А, визначається за формулами (6) або (8).

$$I_{с.ем.р.} = k_{відс} \cdot I_{н.т.р.} \quad (4.18)$$

де $k_{відс}$ – кратні відсічки (паспортна характеристика)

При виборі проводів, що захищають автоматичними вимикачами від короткого замикання та від перевантажень згідно з ПУЕ [2 гл. 1.3] необхідно, щоб виконувалися наступні умови:

- 1) при захисті автоматами, які лише електромагнітний розчіплювач, тривало допустимий стум проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією визначають за умовою:

$$I_{\text{дон}} \geq 1,25 \cdot I_{y.a} \quad (4.19)$$

де $I_{y.a}$ – струм уставки автоматичного вимикача, А.

2) при захисті автоматами, які мають лише електромагнітний розчіплювач і працюють у вибухонебезпечних виробничих приміщеннях, допустимий струм проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією допускається визначати за умовою:

$$I_{\text{дон}} > I_{y.a} \quad (4.20)$$

Умову (20) необхідно також виконувати у наступних випадка:

- для кабелів з паперовою ізоляцією, які захищаються автоматами лише із електромагнітним розчеплювачем;
- для провідників усіх марок та вимикачів з нерегульованими тепловими розчеплювачами, з відсічкою або без неї;
- для проводів із полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією з вимикачами, які мають регульований тепловий розчеплювач.

3) для кабелів із паперовою ізоляцією та ізоляцією із вулканізованого поліетилену, які захищаються вимикачами із регульованим тепловим розчіплювачем допустимий струм визначають за умовою:

$$I_{\text{дон}} \geq 0,8 I_{y.a} \quad (4.21)$$

На відгалуженнях до електродвигунів з короткозамкненим ротором у вибухонебезпечних зонах необхідно виконувати умову:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{н.дв} \quad (4.22)$$

а у вибухонебезпечних зонах:

$$I_{\text{дон}} \geq 1,25 I_{н.дв} \quad (4.23)$$

Якщо проводку необхідно захищати тільки від короткого замикання, то допустимий струм проводів визначають за наступними умовами: – для автоматів з тепловим нерегульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{\text{н.т.р.}} \quad (4.24)$$

— для автоматів з тепловими регульованим розчіплювачем:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{\text{н.т.р.}}; \quad (4.25)$$

— для автоматів, які мають лише електромагнітний розчіплювач:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 I_{\text{с.е.м.р.}} \quad (4.26)$$

Вибраний переріз проводів повинен задовольняти умови (4.13):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad \text{або} \quad I_{\text{доп.табл.}} \cdot k_t \geq I_p.$$

Для відгалужень до електродвигунів:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.дв.}} \quad \text{або} \quad I_{\text{доп.табл.}} \cdot k_t \geq I_{\text{н.дв.}}$$

Вибрані захисні апарати необхідно перевірити за умовами чутливості за наступними співвідношеннями:

— для плавких запобіжників та автоматів з тепловим розчіплювачем:

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{\epsilon}} \geq 3, \quad \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{\text{н.т.р.}}} \geq 3. \quad (4.27)$$

де $I_{\kappa}^{(1)}$ – струм однополюсного к.з. в кінці лінії, що захищається, А.
Для автоматів з електромагнітним розчіплювачем:

$$\frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{с.е.м.р.}} \geq 1,25...1,4 \quad (4.28)$$

1,25 – для $I_{н.а.} > 100 \text{ А}$; 1,4 – для $I_{н.а.} \leq 100 \text{ А}$.

4.1 ЛІТЕРАТУРА

2 с.83-89, 461-468; 4 с.83-89, 503-508; 5 с.25-38; 6 с.24-34;
8 с.32-42, 311; 9 с.26-36; 10 с.7-38.

4.2 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Допустимі температури нагрівання проводів.
2. Допустимі температури нагрівання кабелів з паперовою ізоляцією.
3. Умови вибору плавких запобіжників для захисту одиночного струмоприймача.
4. Умови вибору плавких запобіжників для захисту групи струмоприймачів.
5. Умови вибору автоматичних вимикачів.
6. Як вибирається переріз проводу, що захищається плавкими запобіжниками, за допустимим нагріванням?
7. Як вибирається переріз проводу, що захищається автоматичними вимикачами, за допустимим нагріванням?
8. В яких випадках проводку захищають від перевантаження?
9. Як забезпечується селективність захисту?
10. За якими умовами перевіряється вибраний переріз проводів?
11. Умови перевірки чутливості плавких запобіжників.
12. Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів.
13. Які поправочні коефіцієнти враховуються при розрахунку проводів за умовами нагрівання?

4.3 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

4.3.1 ЗАДАЧА 4.3.1

В майстерні встановлені електродвигуни та освітлювальні установки. За технологією можливе перенавантаження двигуна М1. Лінія ТП-РЩІ (рисунок 1) прокладена кабелем з паперовою ізоляцією в каналі при $t_{01} = 20^{\circ}\text{C}$. На інших ділянках проводка виконана проводом АПВ в трубах. Освітлювальне навантаження та електродвигун М2 захищене плавкими запобіжниками FU1...FU3 та FU4...FU6, інші споживачі – автоматами QF1, QF2. Температура в приміщенні майстерні $t_{01} = 30^{\circ}\text{C}$. Напруга мережі 380 В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩІ прийняти рівним 0,9. Параметри споживачів електроенергії наведені в таблиці 4.1.

Вибрати параметри захисних апаратів та переріз проводів і кабелю за допустимим нагріванням.

Таблиця 4.1 – Параметри споживачів електроенергії

Параметр	Споживач		
	М1	М2	Л1
P_n , кВт	55,0	15,0	11,0
Тип	фазний ротор	к.з. ротор	-
K_i	1,5	7,0	1,0
η_n	0,84	0,89	1,0
$\cos \varphi_n$	0,88	0,9	1,0
K_3	0,85	1,0	1,0

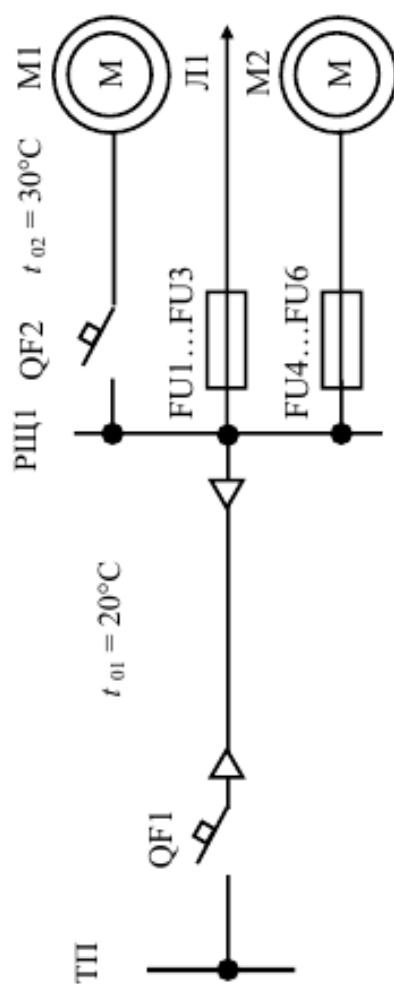


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема мережі

РОЗВ'ЯЗАННЯ:

Ділянка мережі РЩ1-М1:

1. Визначаємо номінальний струм електродвигуна М1:

$$I_{н.дв} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \eta_n \cos \varphi_n}; \quad I_{н.дв} = \frac{55,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,84 \cdot 0,88} = 113,2 A$$

2. Робочий (розрахунковий) струм лінії:

$$I_p = \kappa_3 \cdot I_{н.дв}, \quad I_p = 0,85 \cdot 113,2 = 96,2 A.$$

3. Вибираємо тип автоматичного вимикача: ВА51.

4. Номінальна напруга автомата:

$$U_{н.авт} \geq U_{н.мер}, \quad U_{авт} = 660 B; \quad 660 > 380$$

5. Номінальний струм автомата:

$$I_{н.авт} > I_p; \quad I_{н.авт} = 100 A; \quad 100 > 96 A.$$

6. Номінальний струм теплового розчіплювача:

- умова 1 :

$$I_{н.т.р.} \geq I_p; \quad I_{н.т.р.} = 100 A; \quad 100 > 96 A.$$

- умова 2:

$$I_{н.т.р.} \geq \frac{I_{max}}{\alpha}; \quad I_{н.т.р.} = 80 A; \quad 80 > \frac{169,8}{2,5} = 67,9 A.$$

$$I_{max} = \kappa_i \cdot I_n; \quad I_{max} = 1,5 \cdot 113,2 = 169,8 A$$

Остаточню приймаємо $I_{н.т.р.} = 100 A$ (за умовою 1).

7. Струм спрацювання електромагнітного розчіплювача:

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 I_{max}; \quad I_{с.ем.р.} = \kappa_{відс} \cdot I_{н.т.р.};$$

$$I_{с.ем.р.} = 7 \cdot 100 = 700 A; \quad 700 > (1,25 \cdot 169,8) = 212,3.$$

8. Допустимий струм для проводу АПВ (три одножильних проводів прокладені в трубі) при захисті від короткого замикання та перевантаження:

$$I_{доп} \geq I_{y.a.}; \quad I_{доп} \geq 100 \text{ A};$$

$$F = 50 \text{ мм}^2; \quad I_{доп} = 130 \text{ A}.$$

9. Вибраний переріз проводу необхідно перевірити за умовою:

$$I_{доп.табл.} \cdot k_t \geq I_{н.дв.}.$$

Для проводу АПВ $t = 70^\circ \text{C}$. При температурі повітря $t_0 = 30^\circ \text{C}$, $\kappa_t = 0,94$ [1- 5; 10]. Тоді:

$$0,94 \cdot 130 = 122,2 > 113,2 \text{ A}.$$

Умова виконується.

На ділянці РЩ1-М1 приймаємо до встановлення автоматичний вимикач ВА51-31-34. Лінію виконуємо проводом АПВ 3х50, прокладеним в трубі.

Ділянка мережі РЩ1-М2:

$$1. \quad I_{н.дв.} = \frac{15,0}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,89 \cdot 0,9} = 28,56 \text{ A}.$$

$$2. \quad I_p = 1,0 \cdot 28,5 = 28,5 \text{ A}.$$

3. Приймаємо запобіжник типу ПН2-100.

$$4. \quad U_{н.зан} = 380 \text{ В}; \quad 380 = 380.$$

$$5. \quad I_{н.зан} = 100 \text{ A}; \quad 100 > 28,5.$$

$$6. \quad I_{\epsilon} \geq 28,5 \text{ A. (умова 1);}$$

$$I_{\epsilon} \geq \frac{7 \cdot 28,5}{2,5} = 79,8 \text{ A (умова 2).}$$

Приймаємо $I_{\epsilon} = 80 \text{ A}; \quad 80 > 79,8$

$$I_{доп} \geq 0,33 \cdot I_{\epsilon}; \quad I_{доп} \geq 0,33 \cdot 80 = 26,4 \text{ A}.$$

$$7. \quad F = 4 \text{ мм}^2; \quad I_{доп.табл} = 28,0 \text{ A}; \quad k_t = 0,94.$$

$$0,94 \cdot 28,0 = 25,5 < I_{н.дв.} = 28,5 \text{ A}.$$

Умова не виконується.

Приймаємо провід більшого перерізу:

$$F = 6 \text{ мм}^2; I_{\text{доп.табл}} = 32,0 \text{ А}; k_t = 0,94.$$

$$0,94 \cdot 32,0 = 30,1 \text{ А} > 28,5.$$

Умова виконується.

На ділянці РЩ1-М2 приймаємо запобіжник ПН2-100, $I_B = 80 \text{ А}$. Лінію виконуємо проводом АПВ 3□6, прокладеним в трубі.

Ділянка РЩ1-Л1:

$$I_{н.} = I_p = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 16,7 \text{ А}.$$

1. Вибираємо запобіжник типу НПН2-60.

$$2. U_{н.зап} = 380 \text{ В}; 380 = 380.$$

$$3. I_{н.зап} = 63 \text{ А}; 63 > 16,7.$$

$$4. I_{\epsilon} = 20 \text{ А}; 20 > 16,7.$$

$$I_{\text{доп}} = 1,25 \cdot I_{\epsilon}; I_{\text{доп}} \geq 1,25 \cdot 20 = 25,0 \text{ А}.$$

$$5. F = 5 \text{ мм}^2; I_{\text{доп.табл}} = 27,0 \text{ А}; k_t = 0,94.$$

$$0,94 \cdot 27,0 = 25,4 \text{ А} < I_{н.об.} = 16,7 \text{ А}.$$

Умова виконується.

На ділянці РЩ1-Л1 приймаємо запобіжник НПН2-60, $I_B = 20 \text{ А}$. Лінію виконуємо проводом АПВ 4х5, прокладеним в трубі.

Ділянка мережі ТП-РЩ1:

$$1. I_p = k_0 \cdot \sum I_p; I_p = 0,9 \cdot (96,1 + 28,5 + 16,7) = 127,2 \text{ А}.$$

$$2. I_{\text{max}} = \sum I_{p(n-1)} + I_{\text{пуск}}; I_{\text{max}} = (28,5 + 16,7) + 1,5 \cdot 113,2 = 215,0 \text{ А}.$$

3. Приймаємо автомат ВА51.

$$4. U_{н.авт} = 660 \text{ В}; 660 > 380.$$

$$5. I_{н.авт} = 160 \text{ А}; 160 > 127,2.$$

$$6. I_{н.т.р.} = 125 \text{ А}; 160 > 127,5 \text{ (умова 1)}$$

$$I_{н.т.р.} = 100 \text{ А}; 100 > \frac{215,0}{2,5} = 86,0 \text{ (умова 2)}.$$

Приймаємо $I_{н.т.р.} = 125 \text{ A}$.

$$7. \quad I_{с.ем.р.} = 10 \cdot I_{н.т.р.}; \quad I_{с.ем.р.} = 10 \cdot 160 = 1600 \text{ A}.$$

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 \cdot I_{max}; \quad 1600 \geq 1,25 \cdot 215,0 = 268,8$$

$$8. \quad I_{доп} \geq I_{н.т.р.}; \quad I_{доп} \geq 160 \text{ A}.$$

$$F = 50 \text{ мм}^2; \quad I_{доп.табл} = 180 \text{ A}; \quad k_t = 1,04.$$

Умова виконується.

На ділянці ТП-РЩ1 приймаємо автоматичний вимикач ВА51-33-

34.

Лінію виконуємо кабелем СБ 3х50 + 1х35, який прокладено в каналі.

4.3.2 ЗАДАЧА (САМОСТІЙНО)

У виробничому приміщенні встановлені електродвигуни із короткозамкненим ротором та освітлювальні установки. Двигун М1 працює без перевантаження, М2 – з перевантаженням. Лінія ТП-РЩІ (рисунок 2) прокладена кабелем в каналі при $t_{01}, ^\circ\text{C}$. На інших ділянках проводку виконано проводом ПВ в трубах. Освітлювальне навантаження Л1 та Л2 захищене плавкими запобіжниками, інші споживачі – автоматами. Температура в приміщенні $t_{02}, ^\circ\text{C}$. Напруга мережі 380 В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩІ – k_0 . Параметри споживачів електроенергії та вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 2. Вибрати параметри захисних апаратів та переріз проводів і кабелю за допустимим нагріванням.

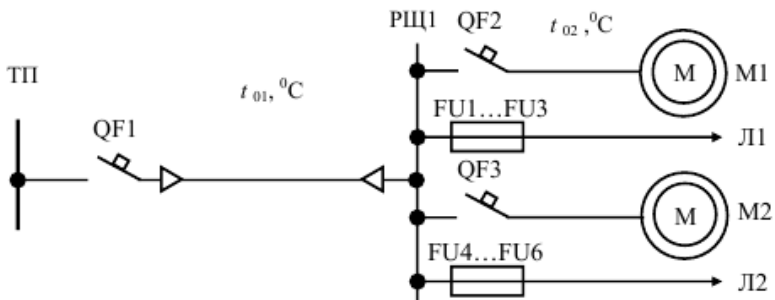


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема мережі

4.3.3 ЗАДАЧА (САМОСТІЙНО)

У виробничому приміщенні встановленні електродвигуни з короткозамкненим ротором та освітлювальні установки. Двигуни М1 та М2 працюють без перевантаження. Лінія ТП-РЩІ (рисунок 6.3) прокладена кабелем в землі при $t_{01}, ^\circ\text{C}$. На інших ділянках проводку виконано проводом АПВ в трубах. Проводка мережі захищена автоматичними вимикачами. Температура в приміщенні $t_{02}, ^\circ\text{C}$. Напруга мережі 380 В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩІ – k_0 . Параметри споживачів електроенергії та вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 3. Вибрати параметри захисних апаратів та переріз проводів і кабелю за допустимим нагріванням.

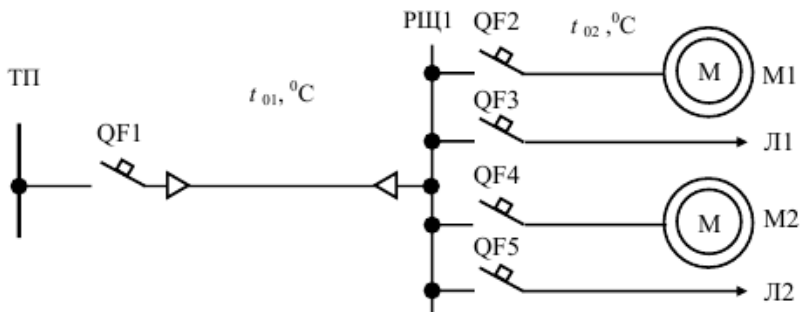


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема мережі

4.3.4 ЗАДАЧА (САМОСТІЙНО)

У виробничому приміщенні встановленні електродвигуни з короткозамкненим ротором та освітлювальні установки. Двигун М1 працює з перевантаженням, М2 – без перевантаження. Лінія ТП-РЩІ (рисунок 6.4) прокладена кабелем в землі при $t_{01}, ^\circ\text{C}$. На інших ділянках проводку виконано проводом ПРН в каналах. Проводка мережі захищена автоматичними вимикачами. Температура в приміщенні $t_{02}, ^\circ\text{C}$. Напруга мережі 380

В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩІ – k_0 . Параметри споживачів електроенергії та вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці Б.3. Вибрати параметри захисних апаратів та переріз проводів і кабелю за допустимим нагріванням.

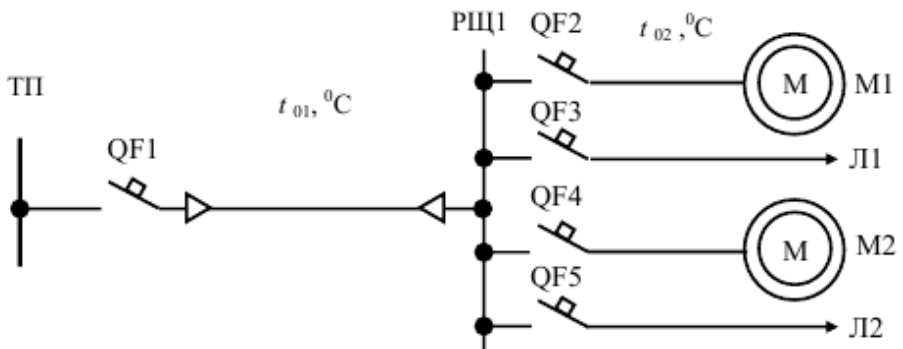


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема мережі

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила устройства электроустановок. – Х.: Издательство «ИНДУСТРИЯ», 2007. – 416с.
2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства: (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) / И.А. Будзко, Н.М. Зуль. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496 с.
3. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства: (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
4. Притака І.П. Електропостачання сільського господарства – 2-е вид. перероб. та доп./І.П. Притака. - К.: Вища школа. Головне вид-во, 1983.– 343с.
5. Притака І.П. Електропостачання сільського господарства / І.П. Притака, В.В. Козирський. – К.: Урожай, 1995.– 304с.
6. Єрмолаєв С.О. Проектування систем електропостачання в АПК/ С.О. Єрмолаєв, В.Ф. Яковлев, В.О. Мунтян та ін. – Мелітополь: Люкс, 2009. – 568 с.
7. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства / под ред. И.А. Будзко. – М.: Колос, 1982. – 319с.
8. Каганов И. Л. Курсовое и дипломное проектирование / И.Л. Каганов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351с.
9. Харкута К.С. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства: (Учебники и учеб. пособия для учащихся техникумов) / К.С. Харкута, С.В. Яницкий, Э.В. Ляш. – М.: Агропромиздат, 1992. – 223с.
10. Довідник сільського електрика. – 3-є видання, перероб. і доповн./ за ред. В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1989, – 264с.
11. Коваленко О.І. Основи електропостачання сільського господарства : Навчальний посібник / О.І. Коваленко, Л.Р. Коваленко, В.О. Мунтян, І.П. Радько. – Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2011. – 462с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Допустимий тривалий струм для проводів та шнурів із гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, що прокладені					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножиль- них	трьох одножиль- них	чотирьох одножиль- них	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

Продовження таблиці А.1

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, що прокладені					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножиль- них	трьох одножиль- них	чотирьох одножиль- них	одного двожиль- ного	одного трижиль- ного
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

Продовження таблиці А.1

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, що прокладені					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножиль- них	трьох одножиль- них	чотирьох одножиль- них	одного двожиль- ного	одного трижиль- ного
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 та шнурів із гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, що прокладені					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножильних	трьох одножильних	чотирьох одножильних	одного двожильного	одного трижильного
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

Продовження таблиця А.2

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів, що прокладені					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножильних	трьох одножильних	чотирьох одножильних	одного двожильного	одного трижильного
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 кабелів із алюмінієвими жилами з гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній та гумовій оболонках, броньованих та неброньованих

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладанні				
	у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
1	2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
1	2	3	4	5	6
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90

Продовження таблиця А.3

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для кабелів					
	одножильних	двожильних		трижильних		
		при прокладанні				
		у повітрі	у повітрі	у землі	у повітрі	у землі
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	—	—	—	—	

Таблиця А.4 – Нормована температура навколишнього середовища для провідників і апаратів

Провідники і апарати	Середовище	$t_{\text{он}}, ^\circ\text{C}$
Проводи, шини, кабелі	Повітря	25
	Земля	15
	Вода	15
Апарати	Повітря	35

Таблиця А.5 – Поправочні коефіцієнти на допустимі струми для кабелів, ізольованих та неізольованих проводів та шин в залежності від температури землі та повітря

Умовна температура середовища, °С	Нормативна температура жил, °С	Поправочні коефіцієнти на струми при розрахунковій Температурі середовища, °С											
		до -5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,9	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,1	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,0	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,0	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,0	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,0	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,0	0,93	0,87	0,76	0,66	0,54	0,37	–
25	40	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,0	0,89	0,78	0,63	0,45	–

Таблиця А.6 – Поправочні коефіцієнти на кількість працюючих кабелів, що лежать в землі (в трубах або без)

Відстань між кабелями, мм	Поправочний коефіцієнт при кількості кабелів					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,9	0,87	0,86	0,05

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Розрахункові параметри мережі для задачі 4.3.1

Пара метр	Варіант													
	1		2		3		4		5		6		7	
	М1	М2	М1	Л1	М2	Л2	М1	Л2	М2	Л1	М1	М2	М1	Л2
Приміщ.	Майстерня		Пилорама		Кормоцех		Млин		Пилорама		Млин		Майстерня	
$P_n, кВт$	7,5	5,5	22,0	8,0	11,0	11,0	18,5	11,0	30,0	2,0	11,0	22,0	4,0	6,0
κ_i	7,0	7,0	7,0	1,0	6,5	1,0	7,0	1,0	7,5	1,0	7,5	7,0	7,5	1,0
η_n	0,86	0,86	0,90	1,0	0,9	1,0	0,91	1,0	0,91	1,0	0,88	0,91	0,87	1,0
$\cos\varphi_n$	0,81	0,86	0,87	1,0	0,83	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,87	0,89	0,88	1,0
κ_3	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	0,9	0,7	1,0
k_0	0,85		0,9		0,95		0,95		0,85		0,9		0,95	
$t_{01}, ^\circ C$	15		20		10		15		20		10		20	
$t_{02}, ^\circ C$	20		25		15		25		30		20		25	

Таблиця Б.2 – Розрахункові параметри мережі для задачі 4.3.2

Пара метр	Варіант													
	1		2		3		4		5		6		7	
	М1	М2	М1	Л1	М2	Л2	М1	Л2	М2	Л1	М1	М2	М1	Л2
Приміщ.	Майстерня		Ферма ВРХ		Кормоцех		Млин		Насосна		Котельня		Свинарня	
$P_n, \text{кВт}$	3,0	2,2	5,5	4,0	30,0	8,0	22,0	7,0	15,0	1,0	4,0	3,0	7,5	4,0
κ_i	7,5	6,5	7,0	1,0	7,0	1,0	7,0	1,0	7,0	1,0	7,5	7,0	7,5	1,0
η_n	0,85	0,81	0,85	1,0	0,92	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,87	0,85	0,88	1,0
$\cos\varphi_n$	0,88	0,83	0,8	1,0	0,87	1,0	0,87	1,0	0,89	1,0	0,88	0,88	0,86	1,0
κ_3	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,6	1,0
k_0	0,8		0,85		0,9		0,95		0,85		0,85		0,9	
$t_{01}, ^\circ\text{C}$	10		15		20		5		15		20		10	
$t_{02}, ^\circ\text{C}$	25		30		35		40		20		25		30	

Таблиця Б.3 – Розрахункові параметри мережі для задачі 4.3.3

Пара метр	Варіант													
	1		2		3		4		5		6		7	
	М1	М2	М1	Л1	М2	Л2	М1	Л2	М2	Л1	М1	М2	М1	Л2
Приміщ.	Майстерня		Пилорама		Кормоцех		Млин		Пилорама		Млин		Майстерня	
$P_n, \text{кВт}$	11,0	7,5	15,0	6,0	18,5	9,0	30,0	10,0	37,0	7,0	22,0	30,0	18,5	5,0
κ_i	7,5	7,5	7,0	1,0	7,0	1,0	7,5	1,0	6,5	1,0	6,5	7,0	6,5	1,0
η_n	0,88	0,88	0,9	1,0	0,91	1,0	0,92	1,0	0,93	1,0	0,9	0,92	0,9	1,0
$\cos\varphi_n$	0,9	0,86	0,89	1,0	0,89	1,0	0,87	1,0	0,9	1,0	0,83	0,87	0,85	1,0
κ_3	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	0,6	1,0
k_0	0,8		0,85		0,9		0,95		0,85		0,85		0,9	
$t_{01}, ^\circ\text{C}$	10		15		20		5		15		20		10	
$t_{02}, ^\circ\text{C}$	02		30		35		40		20		25		30	

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Технічні характеристики запобіжників плавких

Тип	Номінальна напруга	Номінальний струм, А		Граничний струм відключення, кА (при 380В)
		запобіжника	плавкої вставки	
ПР2	500 - 400	15	6, 10, 15	8,0
		60	15, 20, 25, 35, 45, 60	4,5
		100	60, 80, 100	11
		200	125, 100, 160, 200	11
		350	200, 225, 260, 300, 350	13
		600	350, 430, 500, 600	23
		1000	600, 700, 850, 1000	23
ПН2	380 - 220	100	31,5, 40, 50, 63, 80, 100	100
		250	80, 100, 125, 160, 200, 250	100
		400	200, 250, 315, 355, 400	40
		630	315, 400, 500, 630	25

Продовження таблиці В.1

Тип	Номінальна напруга	Номінальний струм, А		Граничний струм відключення, кА (при 380В)
		запобіжника	плавкої вставки	
ППН-31 (взамін ПН2)	380 - 220	100	31,5, 40, 50, 63, 80, 100	-
		250	80, 100, 125, 160, 200, 250	-
		400	200, 250, 315, 355, 400	-
		630	315, 400, 500, 630	-
НПН	500	63	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 63	10
НПН2	500	63	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 63	10
ППЗ1	500 - 400	63	32, 40, 50, 63	100
		160	50, 63, 80, 100, 125, 160	
		250	125, 160, 200, 250	
		630	200, 250, 320, 400,	
		1000	500, 630, 800, 1000	

Таблиця В.2 – Технічні характеристики автоматичних вимикачів

Тип	Номинальна напруга	Номинальний струм, А		Уставка за струмом спрацювання електромагнітного розчіплювача, А	Граничний струм відключення, кА (при 380В)
		вимикача	теплового розчіплювача ($I_{н.т.р}$)		
АП50Б-3МТ	~ 660	63	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$10I_{н.т.р}$	1...3 4...7
ВА51-25-84	~660	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$10I_{н.т.р}$	2 2,5 3,8
ВА51-25-34	~660	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	$10I_{н.т.р}$	2 2 2 2,5 3,8
ВА51-31-34	~660	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	$10I_{н.т.р}$	5 7 10
ВА51-33-34	~660	160	80; 100; 125; 160	$10I_{н.т.р}$	12,5

Продовження Таблиця В.2

Тип	Номинальна напруга	Номинальний струм, А		Уставка за струмом спрацювання електромагнітного розчіплювача, А	Граничний струм відключення, кА (при 380В)
		вимикача	теплого розчіплювача ($I_{н.т.р}$)		
ВА88-32-34	~400	125	12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125	500 $10I_{н.т.р}$	25
ВА-88-33-34	~400	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	$10I_{н.т.р}$	35
ВА-88-35-34	~400	250	125; 160; 200; 250	$10I_{н.т.р}$	35
ВА-88-37-34	~ 400	400	250; 315; 400	$10I_{н.т.р}$	35
ВА-88-40-34	~ 400	800	400; 500; 630; 800	$10I_{н.т.р}$	35
ВА-88-43-34	~400	1600	800; 1000; 1250; 1600	регульов.	50