

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

Завдання та методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи для здобувачів вищої освіти ступеня
«Бакалавр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» заочної форми навчання

Миколаїв
2021

Рекомендовано до друку методичною радою Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від _____ 2021р. протокол № ____.

Укладачі:

- Л. В. Вахоніна - канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- О. С. Садовий – канд.техн.наук, ст. викл. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- В. А. Мардзявко – асист. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- А. Ю. Руденко – асист. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- А. А. Ставинський – д-р техн.наук, професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- В. М. Рябенький – д-р техн.наук, професор кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Рекомендації до вивчення дисципліни.....	5
1.Самостійне вивчення дисципліни	6
ЛІТЕРАТУРА.....	7
Методичні рекомендації з вивчення курсів «електричні апарати»	8
Методичні рекомендації для виконання контрольної роботи.....	13
Правила виконання і оформлення контрольних робіт.....	15
Зміст контрольного завдання.....	15
Методичні рекомендації щодо виконання контрольних завдань і прикладів розв'язання задач.....	17
Додаток 1	24

ПЕРЕДМОВА

Енергетика як галузь промисловості має низку особливостей, різко виділяють енергетичне виробництво з інших галузей промисловості.

Найважливіша особливість енергетики полягає в тому, що виробництво електроенергії, її передача, розподіл і споживання здійснюються в один і той же момент часу. Ця особливість перетворює всю систему виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії, окремі ланки якої можуть бути видалені на сотні кілометрів один від одного, в єдиний, складний механізм, в якому системою електропостачання називають сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електроенергією. Під електроустановками розуміють сукупність електроустаткування (разом із спорудами та приміщеннями, де воно знаходиться), призначеного для виробництва, розподілу, перетворення та споживання електроенергії.

Електричні апарати (ЕА) - це електротехнічні пристрої, які використовують для включення і відключення електричних ланцюгів, вимірювання, захисту, управління і регулювання електроустановок, призначених для передачі, перетворення, розподілу і споживання електроенергії.

Відповідно до навчальної програми основним завданням курсу «Електричні апарати» є вивчення основ теорії, конструкцій і експлуатаційних характеристик ЕА автоматики, керування і захисту, які застосовуються в електричних системах, схемах електропостачання, автоматизації та електроприводу.

Основним завданням курсу «Електричні апарати» є вивчення конструкцій, експлуатаційних характеристик і умов вибору ЕА розподільних пристроїв низької і високої напруги, застосовуваних у системах промислового електропостачання.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Електричні апарати

Для практичного засвоєння теоретичного матеріалу здобувачі вищої освіти заочної форми навчання виконують контрольні роботи з розрахунку та вибору електричних апаратів (ЕА) з курсу «Електричні апарати»».

Для експериментальної перевірки і підтвердження теоретичних знань необхідно виконати ряд лабораторних робіт з курсу «Електричні апарати». У період настановчої або лабораторно-екзаменаційної сесії студентам читаються лекції оглядового характеру по найбільш значущих темах і розділів курсу.

До складання екзамена (заліку) по предмету допускаються студенти, які мають залікову контрольну роботу та лабораторні роботи у відповідності з навчальним планом з дисципліни.

1.САМОСТІЙНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні апарати»»

ВСТУП. КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ.

ТЕМА 1. ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІ ЗУСИЛЛЯ (ЕДЗ) В ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ АПАРАТАХ

Методи розрахунку ЕДЗ між паралельними провідниками; ЕДЗ в катушці; у витку; між котушками; в місці зміни перерізу провідника. ЕДЗ при змінному струмі. Динамічна стійкість апаратів.

ТЕМА 2. НАГРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Активні втрати енергії в апаратах. Сталий режим нагрівання. Нагрівання в перехідних режимах. Нагрівання при короткому замиканні. Допустимі температури в Е і ЕА. Термічна стійкість апаратів.

ТЕМА 3. ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Дуга постійного струму. Дуга змінного струму. Відключення ланцюгів різними видами навантажень. Перенапруження при комутації конденсаторів і довгих ліній. Способи гасіння електричної дуги. Відключати і включати здатність апаратів.

ТЕМА 4. ЕЛЕКТРОМАГНІТИ І ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ

Загальні відомості про конструкції електромагнітів. Магнітні кола. Обмотки електромагнітів. Магнітні матеріали. Сила тяги електромагнітів. Режими роботи контактів. Матеріали та конструкції твердо-металевих контактів.

ТЕМА 5. ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ АВТОМАТИКИ

Електромагнітні реле струму і напруги: принцип дії, конструкція. Поляризовані і теплові реле. Позисторний захист двигунів. Електромеханічні реле часу. Конструкція герконів, їх переваги та недоліки. Основні відомості про датчики неелектричних величин. напівпровідникові реле.

ТЕМА 6. ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗАХИСТУ

Контролери, командоапарати й реостати. Контактори та магнітні пускачі. Тиристорні пускачі. Автоматичні повітряні вимикачі (автомати). Пристрій універсального автомата. Електромагнітні, термобіметалічні, термомагнітні і напівпровідникові розчеплювачі автоматів. Різновиди автоматів. Конструкції та характеристики низьковольтних запобіжників. Вибір запобіжників і автоматів для захисту електродвигунів.

ТЕМА 7.РОЗПОДІЛЬЧІ ПРИСТРОЇ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Загальні відомості про розподільчі пристрої низької напруги. Рубильники і перемикачі. Запобіжники. Автоматичні вимикачі з великою відключаєчою здатністю. Параметри та умови вибору апаратів розподільних пристроїв низької напруги.

ТЕМА 8. РОЗПОДІЛЬЧІ ПРИСТРОЇ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Загальні відомості про розподільчі пристрої високої напруги. Комплектні розподільні пристрої на напругу 6-35 кВ. Елегазові комплектні розподільчі пристрої. Параметри та умови вибору апаратів розподільчих пристроїв високої напруги.

ТЕМА 9. ВИМИКАЧІ ЗМІННОГО СТРУМУ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Призначення. Принцип дії. Дугогасильні пристрою. Привід, конструкції, параметри і області застосування повітряних, масляних, електромагнітних, вакуумних, елегазових вимикачів. Вимикачі навантаження. Вибір вимикачів.

ТЕМА 10. РОЗ'ЄДНУВАЧІ, ВІДДІЛЬНИКИ І КОРОТКОЗАМИКАЧІ

Конструкції роз'єднувачів і їх приводів. Блокування роз'єднувачів і вимикачів. Відокремлювачів і короткозамикачі.

ТЕМА 11. ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Призначення, принцип дії, параметри і конструкції вимірювальних трансформаторів струму і напруги.

ТЕМА 12. ЗАХИСНІ І СТРУМООБМЕЖУЮЧІ АПАРАТИ

Конструкції і характеристики високовольтних запобіжників. Трубочаті і вентильні розрядники. Розрядники постійного струму. Обмежники перенапружень. Реактори.

ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посіб. Харків : Точка, 2012. 340 с.

2. Тимофєєв Є. П. Електричні апарати / конспект лекцій (для студентів денної і заочної форми навчання за напрямом підготовки 050701 «Електро-техніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла») / Є. П. Тимофєєв, О. М. Ляшенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 81 с.

3. Александров Г. Н., Афанасьев А. И., Борисов В. В. Электрические аппараты высокого напряжения ; под. ред. Г.Н. Александрова. 2-е изд., доп. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУ, 2000. 503 с.

4. Чунихин А. А. Электрические аппараты. Общий курс курс. 3-е изд. Москва : Энергоатомиздат, 1988. 649 с.

5. Лежнюк П. Д., Зелінський В. Ц. Електричні апарати. Фізичні основи електричних апаратів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2007. 182 с.

Додаткова:

1. Довідник з проектування електропостачання ; за ред. Ю. Г. Барибіна та ін. Москва : Вища школа, 1990. 308 с.

2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ КУРСІВ «ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ»

Наводиться перелік знань і умінь, якими повинен володіти здобувач вищої освіти після теоретичного вивчення матеріалу по дисципліні «Електричні апарати». Питання для самостійної перевірки опрацьованого матеріалу.

ТЕМА 1. ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІ ЗУСИЛЛЯ У ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТАХ

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення електродинамічним зусиллям (ЕДЗ) в електричних апаратах.
2. Дайте визначення електродинамічної стійкості апарату.
3. Чим оцінюють величину електродинамічної стійкості апаратів і провідників?
4. Що таке ударний струм короткого замикання (КЗ)?
5. Як можна визначити напрямок ЕДЗ, чинного між паралельними провідниками?
6. У чому полягає небезпека впливу ЕДЗ на електричні апарати?

Повинен знати: основні поняття, що визначають сутність ЕДЗ в електричних апаратах; небезпека впливу ЕДЗ на струмоведучі елементи, провідники та шини електрообладнання; основні формули для розрахунку ЕДЗ; визначення динамічної стійкості апаратів і провідників.

Повинен вміти: виконати розрахунок динамічної стійкості провідників і струмоведучих елементів апаратів з перевіркою їх за механічної міцності в режимі КЗ.

ТЕМА 2. НАГРІВ АПАРАТІВ

Питання для самоперевірки

1. Які види втрат енергії визначають нагрів апаратів постійного струму?
2. Чому активний опір провідників постійного струму менше, ніж змінного?
3. Чому з'являються активні втрати енергії в неструмоведучих феромагнітних деталях апаратів?
4. Назвіть способи передачі тепла всередині нагрітих тіл і з їх поверхнею.
5. Дайте визначення термічної стійкості апарату.

Повинен знати: основні види активних втрат енергії в апаратах, що визначають нагрів його конструкції; способи передачі тепла всередині нагрітих тіл з їх поверхні; особливості усталеного режиму нагріву і нагріву апаратів при КЗ; визначення термічної стійкості апарату.

Повинен вміти: виконати тепловий розрахунок провідників і струмоведучих елементів апарату і визначити допустимі для ізоляції струми в тривалому режимі роботи і режимі КЗ.

ТЕМА 3. ВІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Питання для самоперевірки

1 . Дати визначення електричній дузі і вказати відміну електричної дуги від тліючого розряду.

2 . Які електричні ланцюги відключити легше : з великою індуктивністю або ланцюги з меншими значеннями зазначених параметрів і чому?

3 . Дати визначення електричної (що відновлюється) міцності міжконтактного проміжку .

4 . Яка роль параметрів ланцюга в процесі відновлення напруги і відключення ланцюга змінного струму?

5 . Перерахувати і пояснити способи гасіння дуги в електричних (контактних) та електронних (безконтактних) апаратах.

Повинен знати: умови виникнення електричної дуги; поняття електричної (що відновлюється) міцності міжконтактного проміжку і відновлюється напруги; особливості відключення ланцюгів постійного і змінного струмів; вплив параметрів ланцюга на процеси комутації; способи гасіння дуги в Е і ЕА; поняття комутаційної здатності апарату.

Повинен вміти: розрахувати частоту відновлення напруги і середню швидкість відновлення напруги на контактах комутаційного апарату.

ТЕМА 4. ЕЛЕКТРОМАГНІТИ І ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ

Питання для самоперевірки

1. Назвіть елементи конструкції електромагніту.

2. Що таке магніторушійна сила (МРС), робочий магнітний потік і потік розсіювання?

3. Напишіть закони Кірхгофа для магнітного ланцюга.

4. Від чого залежить сила тяги і тягова характеристика електромагніта?

5. Які магнітні матеріали Ви знаєте?
6. Які матеріали і конструкції контактів застосовуються в апаратах?
7. Назвіть режими роботи контактів.

Повинен знати: конструкцію і конструкційні матеріали електромагнітів; основні формули для розрахунку магнітних кіл; особливості розрахунку магнітних кіл електромагнітів постійного і змінного струму; розрахункові залежності сили тяги та тягові характеристики електромагнітів; режими роботи, матеріали і конструкції контактів.

Повинен вміти: розрахувати силу контактного натискання апаратів по номінальному струму і струму КЗ.

ТЕМА 5. ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ АВТОМАТИКИ

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення реле.
2. Який вигляд має характеристика керування реле?
3. Що таке коефіцієнт повернення реле?
4. Поясніть принцип роботи реле максимального струму і реле мінімальної напруги.
5. Поясніть принцип дії геркона.
6. Що таке датчик? Яке призначення датчиків, де вони застосовуються, як класифікуються, які висувають до них вимоги?

Повинен знати: конструкції, принцип дії, характеристики і застосування різних Е і ЕА автоматики: електромагнітних, теплових, герконових і напівпровідникових реле і датчиків.

Повинен вміти: виконати розрахунок і вибір реле для різних схем релейного захисту та автоматики.

ТЕМА 6. ЕЛЕКТРИЧНІ І ЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ

Питання для самоперевірки

1. Чим відрізняється контактор від магнітного пускача?
2. Яким чином у магнітному пускачі здійснюється захист від струмів перевантаження?
3. Яким чином здійснюється захист від струмів перевантаження, КЗ, зниження напруги в автоматах?
4. Перелічіть відомі Вам різновиди автоматів.

Повинен знати: конструкції, принцип дії, призначення, характеристики контакторів, автоматичних вимикачів, магнітних і теристорних пускачів, застосовуваних для захисту і управління електродвигунами.

Повинен вміти: виконати розрахунок і вибір апаратів керування та захисту для різних схем електроприводу і умов експлуатації двигунів.

ТЕМА 7. АПАРАТИ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Питання для самоперевірки

1. Поясніть призначення рубильників, пакетних вимикачів і перемикачів і їх конструктивні відмінності.
2. Як співвідноситься захисна характеристика запобіжника і навантажувальна характеристика об'єкта?
3. Які матеріали плавкою вставки переважніше для швидкодіючих запобіжників?
4. У яких конструкціях апаратів застосовують дві пари контактів?
5. Для чого і в яких конструкціях автоматів застосовують компенсатори ЕДЗ?

Повинен знати: призначення, принцип дії, конструкції і характеристики рубильників, пакетних вимикачів, перемикачів, запобіжників і автоматичних вимикачів, застосовуваних в розподільчих пристроях низької напруги.

Повинен вміти: виконати розрахунок і вибір апаратів для розподільних пристроїв низької напруги.

ТЕМА 8. АПАРАТИ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Питання для самоперевірки

1. Які Ви знаєте види апаратів високої напруги?
2. Які типи вимикачів використовують в системах електропостачання?
3. Які застосовуються види розподільних пристроїв в системах електропостачання?
4. Перелічіть відомі Вам апарати розподільних пристроїв високої напруги.
5. На вплив яких струмів КЗ розраховуються АВН?

Повинен знати: апарати високої напруги, застосовуваних в розподільчих пристроях; типи високовольтних вимикачів; типи РУ і КРУ, застосовувані в системах електропостачання.

Повинен вміти: виконати розрахунок і вибір апаратів розподільних пристроїв високої напруги.

ТЕМА 9. ВИМИКАЧІ ЗМІННОГО СТРУМУ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Питання для самоперевірки

1. Які відмінності конструкції повітряних вимикачів?
2. Які переваги електромагнітних вимикачів в порівнянні з масляними вимикачами?
3. На яку напругу застосовують електромагнітні вимикачі? Що обмежує їх застосування?
4. Які переваги вакуумних вимикачів в порівнянні з масляними і електромагнітними вимикачами?
5. У чому полягає переваги елегазових вимикачів в порівнянні з вакуумними вимикачами?

Повинен знати: принцип дії, конструкції і відмітні особливості різних типів вимикачів.

Повинен вміти: виконати розрахунок і вибір вимикачів за умовами номінального режиму і відключення найбільш важкого режиму КЗ.

ТЕМА 10. РОЗ'ЄДНУВАЧІ, ВІДДІЛЬНИКИ І КОРОТКОЗАМИКАЧІ

Питання для самоперевірки

1. Які функції роз'єднувачів?
2. У чому відмінність роз'єднувачів від отделителей?
3. Які функції короткозамикачів?
4. Пояснити взаємодію короткозамикачів і відокремлювачів.

Повинен знати: виконавчі функції і конструктивні особливості роз'єднувачів, відокремлювачів і короткозамикачів.

Повинен вміти: розрахувати і вибрати роз'єднувачі, відокремлювачі і короткозамикачі.

ТЕМА 11. ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

Питання для самоперевірки

1. Яке призначення трансформаторів струму і напруги?
2. Назвіть робочі режими трансформатора струму і трансформатора напруги.
3. Які способи компенсації похибок вимірювальних трансформаторів?
4. Що буде, якщо розімкнути кінці вторинної обмотки трансформатора струму?

Повинен знати: призначення, похибки, способи компенсації похибок, режими роботи, конструкції, параметри вибору вимірювальних трансформаторів.

Повинен вміти: розрахувати і вибрати вимірювальні трансформатори для використання в розподільчих пристроях високої напруги.

ТЕМА 12. ЗАХИСНІ ТА СТРУМООБМЕЖУВАЛЬНОГО АПАРАТИ

Питання для самоперевірки

- 1 . Яке призначення реактора ?
- 2 . Поясніть принцип роботи струмообмежувачих реакторів.
- 3 . З якою метою використовують вентильні розрядники та обмежувачі перенапруг в розподільних пристроях?
- 4 . Які конструкції високовольтних запобіжників Ви знаєте?

Повинен знати: призначення , принцип дії , конструкції і характеристики високовольтних запобіжників , розрядників , обмежувачів перенапруг і реакторів.

Повинен уміти: розраховувати і вибирати високовольтні запобіжники і струмообмежуючі реактори.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Кожен студент виконує варіант контрольної роботи, позначений останньою цифрою його навчального шифру в заліковій книжці.

ВИХІДНІ ДАНІ КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Вихідні дані за варіантами контрольного завдання представлені в табл. 1; та табл. 2-4.

Таблиця 1

Електродвигуни асинхронні

№ варіанта	Тип двигунів	$P_{ном}$, кВт	$U_{ном}$, В	Примітка
0	4А 112 М2 У3	7,5	380	умови пуску двигунів легкі: $t_{п} = (2-5) с$
1	4А 132 М2 У3	11	660	
2	4А 132 М2 У3	11	380	
3	4А 132 S4 У3	7,5	380	
4	4А 132 М4 У3	11	660	
5	4А 132 М4 У3	11	380	
6	4А 132 М6 У3	7,5	380	
7	4А 160 S6 У3	11	380	
8	4А 160 S6 У3	11	660	
9	4А 160 S8 У3	7,5	380	

Таблиця 2

Струми при трифазному КЗ за трансформаторами з $U_K = 5,5\%$, виконаними за ГОСТу 401 – 41

№ варіанта	Потужність трансформатора, кВ·А	Струм трьохфазного КЗ (А), віднесеного до напруги	
		0,4 кВ	10,5кВ
0	10	263	10,5
1	20	525	21
2	30	790	31,4
3	50	1350	52,5
4	75	1970	79
5	100	2630	105
6	135	3540	142
7	180	4730	188
8	240	6300	254
9	320	8400	336

Таблиця 3

Номінальні струми з сторони високої і низької напруги трансформаторів, виконаних по ГОСТу 401 - 41

№ варіанта	Потужність трансформатора, кВ·А	Номінальні струми (А), з сторони	
		0,4 кВ	10,5кВ
0	10	15	2
1	20	30	3
2	30	50	5
3	50	80	7,5
4	75	125	10
5	100	150	15
6	135	200	15
7	180	300	20
8	240	400	30
9	320	500	40

Типи трифазних масляних двообмоточних трансформаторів загального призначення напругою 110 кВ

№ варіанта	Тип трансформатора	Примітка
0	ТМН – 2500/110	Технічні данні вказаних типів трансформаторів наведені в [3,4].
1	ТМН – 6300/110	
2	ТДН – 10000/110	
3	ТДН – 16000/110	
4	ТДН – 25000/110	
5	ТДН – 40000/110	
6	ТРДН – 25000/110	
7	ТРДН – 40000/110	
8	ТРДН – 63000/110	
9	ТРДН – 80000/110	

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

При виконанні контрольної роботи необхідно дотримуватися вказаних нижче правил.

1. У заголовку контрольної роботи на обкладинці повинні бути ясно написані прізвище студента, його ініціали, номер залікової книжки, назва дисципліни., назву навчального закладу, номер групи. В кінці роботи слід проставити дату її виконання і розписатися.

2. У контрольній роботі повинні бути виконані всі завдання, зазначені в завданні, відповідно варіанту.

3. Розв'язання задач необхідно розташовувати в порядку номерів, вказаних у завданні, зберігаючи номери завдань.

4. Перед розв'язання кожного завдання необхідно виписати її умову.

5. Розв'язання задач слід викладати докладно і акуратно, пояснюючи і мотивуючи всі дії по ходу рішення і роблячи необхідні креслення.

ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Контрольна робота складається з двох завдань.

Завдання 1.1. Вибір контакторів і магнітного пускача для керування і захисту асинхронного двигуна

Необхідно вибрати контактор, магнітний пускач і теплове реле для керування і захисту асинхронного двигуна серії 4А, що працює в тривалому режимі. Тип двигуна відповідно до індивідуального варіантом контрольного завдання вибрати з табл. 1. Схема прямого пуску і захисту асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором представлена на рис.1.

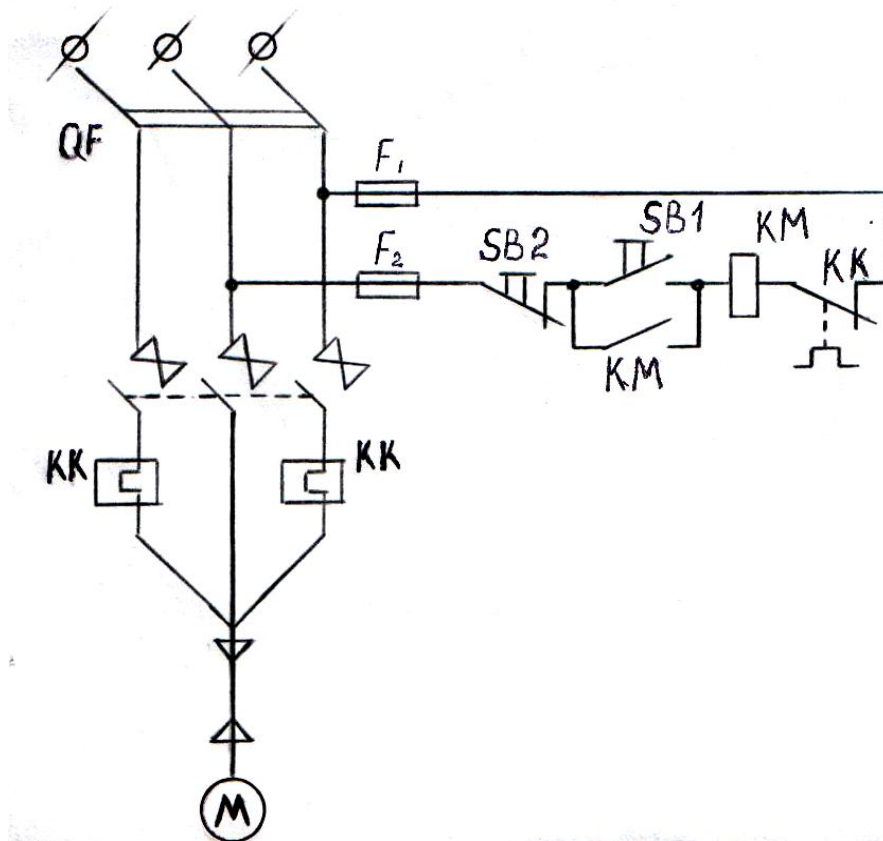


Рис. 1. Схема пуску і захисту двигуна

Задача 1.2. Вибір автоматичних вимикачів і запобіжників для захисту двигунів

Від цехового трансформатора кабелем живиться механічна майстерня, до якої підключені чотири двигуни. Напруга мережі 380 В. Всі двигуни працюють одночасно. Типи двигунів приведені в табл. 1; рекомендується використовувати для розрахунку двигун, вибраний в задачі 1.1 і найближчий до нього; два інших двигуна вибрати з протилежного кінця таблиці 1. У тих випадках, коли номінальна напруга обраних двигунів 660 В, необхідно змінити його на напругу, задану в умові завдання 1.2 (380 В). Схема цехової електричної мережі, яка живить механічну майстерню, наведена на рис. 2. Потрібно вибрати апарати захисту двигунів і кабелю, що живлять збірку:

- а) автоматичні вимикачі $QF_1 - QF_5$ (рис. 2 (а));

б) плавкі запобіжники $F_1 - F_5$ (рис. 2(б)).

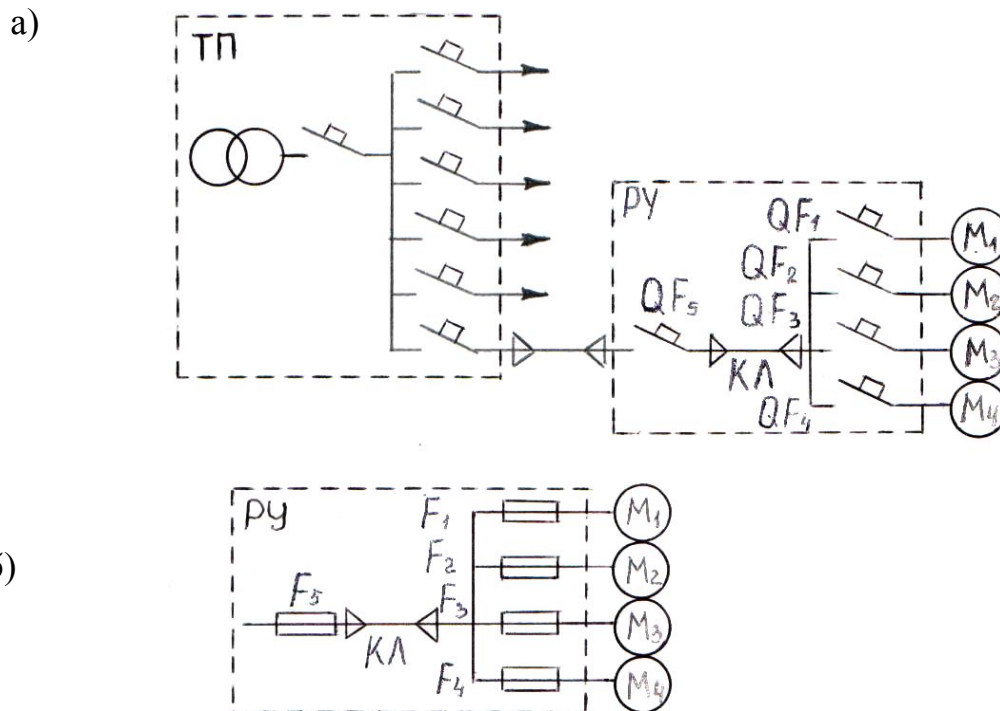


Рис. 2. Ділянка радіальної схеми цехової електричної мережі:
ТП - трансформаторна підстанція; РУ - розподільчий пристрій; КЛ - кабель; QF1 - QF5 - автомати; M1 - M4 - двигуни;
F1 - F5 - плавкі запобіжники.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ І ПРИКЛАДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

Методичні рекомендації і приклади розв'язання задач 1.1 - 1.2

Вибір контакторів (магістральних пускачів) – проводиться за наступними умовами:

- а) родом струму силового кола;
- б) номінальній напрузі і струму в силовому полі;
- в) числа головних і допоміжних контактів пускача (контакторів);
- г) категорії застосування та кліматичного виконання апарата: категорія застосування визначається умовами роботи споживача і схемою живлення;
- д) режиму роботи.

Якщо вибирається пускач, то необхідно вказати наявність теплового реле і реверсивності пускача, що визначається схемою управління двигуна.

Вибір теплових реле – виконується за умовами:

а) номінальній напрузі реле;

б) числу полюсів;

в) номінальному струму нагрівального елемента реле, який вибирається таким чином, щоб відключення реле при пусковому струмі двигуна відбувалося в інтервалі часу від $t_{\text{П}}$ до $1,5 * t_{\text{П}}$. Якщо вибрано пускач з вбудованим тепловим реле, то уточнюється номінальний струм нагрівального елемента і за характеристикою реле перевіряється час його спрацьовування.

Вибір запобіжників для двигунів – виконується за умовою:

- Відбудови від пускового струму двигуна:

$$I_{\text{Н}} \geq \frac{I_{\text{ПД}}}{K}, \quad (1)$$

де $I_{\text{Н}}$ – номінальний струм плавкої вставки запобіжника; $I_{\text{ПД}}$ - пусковий струм двигуна; K - коефіцієнт, що визначається умовами пуску ($K = 2,5$ - легкий пуск; $K = 1,6-2$ - важкий пуск).

У загальному випадку номінальний струм плавкої вставки, через яку живляться кілька самозапускаючих двигунів, вибирають за виразом:

$$I_{\text{Н}} \geq \frac{\sum_1^n I_{\text{ПД}}}{K}, \quad (2)$$

де $\sum_1^n I_{\text{ПД}}$ – сума пускових струмів всіх самозапускаючих двигунів.

Обраний по умові (2) запобіжник перевіряють на пуск найбільших двигунів в нормальному режимі за виразом:

$$I_{\text{Н}} \geq \frac{\sum_1^n I_{\text{НД}} + \sum_1^m I_{\text{ПД}}}{K}, \quad (3)$$

де $\sum_1^n I_{\text{НД}}$ – сума номінальних струмів працюючих двигунів;

$\sum_1^m I_{\text{ПД}}$ – сума пускових струмів самих крупних двигунів.

Вибір автоматичних, повітряних вимикачів (автоматів).

Для захисту двигунів зазвичай застосовують автомати з комбінованими розчеплювачами:

- У режимі КЗ спрацьовує електромагнітний (миттєвий) розчіплювач, струм спрацьовування якого залежить від номінального струму двигуна за формулою:

$$I_{\text{СР}}^{\text{М}} \geq (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{НД}}, \quad (4)$$

де $I_{\text{СР}}^{\text{М}}$ – струм спрацьовування миттєвого розчеплювача; - пусковий струм двигуна.

- В режимі перевантаження спрацьовує тепловий (залежний) розчіплювач, струм спрацьовування якого відбудовується від номінального струму двигуна за умовою:

$$I_{\text{СР}}^3 \geq I_{\text{НД}}, \quad (5)$$

де $I_{\text{СР}}^3$ – струм спрацьовування залежного расцепителя; - номінальний струм двигуна.

Якщо температура експлуатації автомата ($t_{\text{Е}}$) відрізняється від температури, при якій розчіплювач калібрується на заводі ($t_{\text{К}}$), рекомендується зробити перерахунок струму спрацювання за формулою:

$$I_{\text{СР}}^3 \geq I_{\text{НД}} \cdot [1 + 0,006 \cdot (t_{\text{К}} - t_{\text{Э}})], \quad (6)$$

Вибір автоматів для захисту групи двигунів - здійснюється за умовами:

номінальний струм його залежного расцепителя повинен бути не менше суми номінальних струмів групи двигунів, тобто

$$I_{\text{СР}}^3 \geq \sum_1^n I_{\text{НД}}, \quad (7)$$

струм спрацьовування незалежного розчеплювача повинен бути відбудований від струму самозапуску всіх двигунів:

$$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} \geq (1,5 \div 1,8) \sum_1^n I_{\text{НД}} \quad (8)$$

для забезпечення селективності з миттєвими розчеплювачами автоматів, що захищають двигуни, автомат, що захищає групу двигунів, повинен мати незалежну витримку часу.

Приклад 1.1. Вибір контактора і магнітного пускача для керування та захисту двигуна

Потрібно вибрати магнітний пускач (контактор) для управління та захисту асинхронного двигуна типу 4AP13284, що працює в тривалому режимі. Схема прямого пуску і захисту наведена на рис. 1.

За типом двигуна з довідкової літератури визначимо його технічні параметри:

- Номінальна потужність, $P_{\text{ном}}$ - 7,5 кВт;
- Коефіцієнт корисної дії, $\eta_{\text{ном}}$ - 87,5%;
- Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$ - 0,86;
- Номінальна лінійна напруга на обмотці статора, $U_{\text{ном}}$ - 380 В;
- Коефіцієнт кратності пускового струму, K_I - 6,5; - час пуску двигуна, t_n - 5 с.

Визначимо параметри, за якими проводиться вибір магнітного пускача :

- а) тип струму - змінний , частота - 50 Гц;
- б) номінальна напруга - 380В , номінальний струм не повинен бути менше номінального струму двигуна;
- в) згідно зі схемою включення двигуна (рис. 1) апарат повинен мати не менше трьох замикаються силових контактів і одного замикає допоміжний контакту;
- г) категорія застосування , апарат повинен працювати в одній з категорій застосування: АС - 3 або АС - 4 (додаток 1) ;
- д) режим роботи апарату - тривалий з частими прямими пусками двигуна.

Для вибору апарату за основними технічними параметрами необхідно провести попередні розрахунки номінального і пускового струмів двигуна. Визначимо номінальний струм (діюче значення) :

$$I_{\text{НОМ.ДВ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \eta_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 15,1(\text{А}),$$

Пусковий струм (дійсне значення):

$$I_{\text{П}} = K_I \cdot I_{\text{НОМ.ДВ}} = 6,5 \cdot 15,1 = 98,2(\text{А}),$$

Ударний пусковий струм (амплітудне значення):

$$i_{\text{уд.п}} = (1,2 \div 1,4) \sqrt{2} \cdot I_{\text{П}}, \text{ приймаємо}$$

$$i_{\text{уд.п}} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{П}} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 98,2 = 180,5(\text{А}).$$

Зробимо вибір апарату за основними технічними параметрами.

Вибираємо магнітний пускач з вбудованим тепловим реле за основними технічними параметрами, наведеними в додатку 2 табл. 1, для заданого схемного рішення (рис. 1) - типу ПМЛ 221002.

Перевіримо можливість роботи обраного апарату в категоріях застосування АС - 3 і АС - 4.

Згідно з даними з табл. 1 додатка 1 в категорії застосування АС - 3 магнітний пускач повинен включати в нормальному режимі комутації струм:

$$I_0 = 6 \cdot I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{П}}, \text{ а в режимі рідких комутацій:}$$

$$I_0 = 10I_{\text{ном.р.}} \geq i_{\text{уд.п.}}$$

Обидві умови пускача ПМЛ 221002 виконуються, так як:

$$I_0 = 6 \cdot 22 = 132(\text{А}) > I_{\text{П}} = 98,2\text{А};$$

$$I_0 = 10 \cdot 22 = 220(\text{А}) > i_{\text{уд.п}} = 180,5\text{А}.$$

У категорії застосування АС - 4 магнітний пускач ПМЛ 221002 з номінальним робочим струмом 10 А (табл. 1, додаток 2) повинен відключати в номінальному режимі комутації струм:

$$I_0 = 6 \cdot 10 = 60\text{А},$$

який менше пускового струму двигуна. У режимі нечастих комутацій струм:

$$I_0 = 8 \cdot 10 = 80\text{А},$$

який також нижче ударного пускового струму двигуна. Тому пускач ПМЛ 221002 з номінальним струмом 10 А, призначений для роботи в категорії АС - 4, для даної схеми (рис. 1) не придатний.

Теплові реле серії РТЛ, вбудовані в магнітні пускачі (табл. 1, додаток 2) мають регульований час спрацьовування $t_{\text{СР}} = (4,5 - 9)$ з, що прийнятно для заданих умов пуску двигуна:

$$1,5t_{\text{П}} < t_{\text{СР}} < t_{\text{П}}.$$

Для реалізації схем пуску двигуна (рис. 1) можна використовувати контактор і додаткове теплове реле.

Вибір контактора аналогічний вище розглянутого вибору магнітного пускача. Основне технічні дані контактора наведені у додатку 2, табл. 3.

Приклад 1.2. Вибір автоматичних вимикачів і запобіжників для захисту двигунів (схема представлена на рис. 2 а, б).

Визначимо по потужності двигунів їх номінальні і пускові струми так само, як у прикладі 1.1. Розрахуємо за виразом (1) номінальні стру-

ми вставок запобіжників, що захищають двигуни (рис.2 б). Підберемо за довідковими даними найближчі до розрахункових номінальні струми вставок для запобіжників різних типів: ПР. - 2, ПН - 2, НПР, НПН і зане- семо всі вищевказані розрахункові та довідкові величини в табл. 2.1.

Для запобіжника, що захищає кабель, що живить збірку, номінальний струм розрахуємо за виразом (2):

$$I_H = \frac{22,2 + 31,9 + 56,5 + 193}{2,5} = 122(A).$$

Таблиця 1.1

Потуж- ність двигуна, кВт	Струм двигуна, А		Струм вставки, А			
	номіналь- ний	пуско- вий	розра- хунко- вий	прийнятий		
				ПР- 2	ПН-2	НПН, НПР
1,7	3,7	22,2	8,9	10	30	10
2,8	5,8	31,9	12,8	15	30	15
4,5	9,4	56,5	22,6	25	30	25
14	27,5	193	77	80	80	80

Вибираємо по найближчому більшому значенню номінального струму запобіжник типу ПР-2 ($I_H = 125 A$).

Перевіряємо правильність вибору за умовою пуску двох найбіль- ших двигунів в нормальному режимі (3):

$$I_H = \frac{3,7 + 5,8 + 56,5 + 193}{2,5} = 103,6A.$$

Запобіжник типу ПР-2 умові (3) задовольняє.

Виберемо для захисту тієї ж групи двигунів автоматичні вимикачі (рис.2). Розрахунки проводяться за формулами (4) - (7). Розрахункові та довідкові дані заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Потуж- ність двигу- на, кВт	Струм двигуна, А		Розрахункові стру- ми спрацювання розчіплювачів, А		Прийняті струми спрацювання розчіплювачів, А	
	номіналь- ний	пусковий	залежні	миттєві	залежні	миттєві
1,7	3,7	22,2	$3,7 \times 1,09 = 4,0$	$1,5 \times 22,2 = 33$	4	40
2,8	5,8	31,9			6,4	64
4,5	9,4	56,5	6,3	48	10	100
14	27,5	193	10,2 30,0	65 290	40	400

Всі двигуни мають номінальні струми менше 50 А, тому для їх захисту вибираємо автомат АП50 - 3МТС І Н = 50 А.

Номінальний струм теплового розчеплювача приймається найближчий більший номінального струму двигуна з поправкою на навколишню температуру: приміщення, де встановлені двигуни та автомати звичайне, опалювальне, з температурою $t = 20 \text{ }^\circ \text{C}$; завод калібрує автомати АП50 при температурі $+35 \text{ }^\circ \text{C}$, тому номінальні струми залежних розчеплювачей вибираються за рівнянням (6):

$$I_{\text{СР}}^3 = I_{\text{НД}}[1 + 0,006(35 - 20)] = 1,09 \cdot I_{\text{НД}}.$$

Струм спрацьовування миттєвого розчеплювача автомата приймається рівним десятикратному струму спрацьовування теплового розчеплювача.

Для захисту групи двигунів струм спрацьовування незалежного розчеплювача автомата повинен бути відбудований від струму самозапуску всіх двигунів:

$$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} \geq (1,5 \div 1,8) \sum I_{\text{П.Д}} = (1,5 \div 1,8) \cdot 503,6 = 455 - 550 \text{ А}.$$

По довідковим даним вибираємо автомат А4100 с $I_{\text{Н}} = 80 \text{ А}$

Струм спрацювання залежного розчеплювача автомата А4100:

$$I_{\text{СР}}^3 = 1,4 \cdot I_{\text{Н}} = 1,4 \cdot 80 = 112 \text{ А},$$

Що задовольняє вимозі (7):

$$I_{\text{СР}}^3 \geq \sum_1^n I_{\text{Н.Д}}, \text{ так як } 112 \text{ А} > 46,4 \text{ А}.$$

Витримку часу незалежного розчеплювача автомата А4100 беремо за довідковими даними 0,15 с, що забезпечує його селективність з миттєвими автоматами.

Струм спрацьовування незалежного розчеплювача за довідковими даним автомата А4100 дорівнює:

$$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} = 7 \cdot I_{\text{НА}} = 7 \cdot 80 = 560 \text{ А}$$

або з урахуванням розкиду мінімальний струм спрацьовування незалежного розчеплювача: $I_{\text{СР}}^{\text{Н}} = 6 \cdot I_{\text{НА}} = 6 \cdot 80 = 480 \text{ А}$, що задовольняє умові відбудови від струмів самозапуску групи двигунів (455-550 А).

Таблиця 1. Категорії застосування апаратів

Рід струму	Категорія застосування	Номинальний робочий струм, А	Включення				Отключення								
			Відношення комутаного струму до номінального робочому струму	Відношення напруги перед включенням до номінальної робочої напруги	Коефіцієнт потужності ланцюга cos φ ± 0,05	Постійна часу ланцюга τ, мс ± 15%	Відношення комутативного струму до номінального робочому струму	Відношення напруги перед включенням до номінальної робочої напруги	Коефіцієнт потужності ланцюга cos φ ± 0,05	Постійна часу ланцюга τ, мс ± 15 %					
Режим нормальних комутацій															
Змінний	АС - 3	до 17	6	1	0,65	-	1	0,17	0,65	-					
		> 17			0,35				0,35						
	АС - 4	до 17			6		1,1	0,65	6		1	0,65			
		> 17						0,35				0,35			
	Режим рідких комутацій														
	АС - 3	до 17		10	1,1			0,65	-		8	1,1	0,65	-	
		17-100		8			0,35	6					0,35		
	АС - 4	>100		12			10	0,65	8		0,65				
до17, 17-100		10	0,35	0,35											

Магнітні пускачі

Тип пускача	Номинальний струм, А	Номинальний робочий струм, А	Ступінь Захисту	Час спрацювання теплового реле при $6 \cdot I_{ном}$, с
ТМЛ 221002	25	22	IP-54	4.5-9
ТМЛ 222002	25	22	IP-54	4.5-9
ТМЛ 223002	25	10	IP-54	4.5-9
ТМЛ 272002	25	10	IP-54	4.5-9
ТМЛ 221002	25	22	IP-54	4.5-9
ТМЛ 222002	25	22	IP-54	4.5-9
ТМЛ 223002	25	10	IP-54	4.5-9
ТМЛ 272002	25	10	IP-54	4.5-9

Таблиця 2

Теплові реле

Тип теплового реле	Виконання реле	Номинальний струм теплового елемента, А	Тип Нагриваючого елемента	Спосіб повернення	Ступінь Захисту	Межі регулювання струму по відношенню до нормального
ТРН 25	2	16	СМЕН	РУЧ	IP00	12-20
ТРН 25	2	20	СМЕН	РУЧ	IP00	15-25
ТРН 25	2	25	СМЕН	РУЧ	IP00	18,7-25
ТРН 40	2	16	СМЕН	РУЧ	IP00	12-20
ТРН 40	2	20	СМЕН	РУЧ	IP00	15-25
ТРН 40	2	25	СМЕН	РУЧ	IP00	18,7-31,2

Контактори

Тип контактора	Номинальний струм, А	Ступінь захисту	Число допоміжних контактів	Кліматичне виконання
МК 1 -	16	IP00	23 – 2р	УХЛЗ
30У3А	16	IP00	23 – 2р	УХЛЗ
МК 1 -	25	IP00	23 – 2р	УХЛЗ
30У3Б	25	IP00	23 – 2р	УХЛЗ
МК 2 -	16	IP00	13 – 23	УХЛЗ
30У3А	25	IP00	13 – 0р	М;0М
МК 2 -	25	IP00	23 – 0р	М;0М
30У3Б	25	IP00	13 – 1р	М;0М
КТ 6000/01				
КМ 2311 -				
7				
КМ 2311 -				
8				
КМ 2311 -				
9				

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ:

завдання та методичні рекомендації

Укладачі: **Вахоніна** Лариса Володимирівна;
Садовий Олексій Степанович,
Мардзявко Віталій Анатолійович,
Руденко Андрій Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум.друк. арк.2,6.

Тираж 50 прим. Зам № _____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.