

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

**ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

Завдання та методичні рекомендації
до виконання самостійної роботи
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» заочної форми навчання

Миколаїв
2021

УДК 621.313
П75

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

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 – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- А. Ю. Руденко – асистент 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. Рябенський - д-р техн. наук, професор кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2021

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.

При експлуатації елементів електрообладнання (ЕЕ) можливо виникнення аварійних і аномальних режимів роботи та пошкоджень. Тому передбачається захист, який забезпечується запобіжниками та спеціальними пристроями і системами. Захист заключається в тому, що об'єкт захисту відключається від джерела електричної енергії.

Дії впливу, на які повинна реагувати апаратура захисту, можуть бути електричними і не електричними. В залежності від характеристичної величини впливу існує захист по струму, напрузі, потужності, частоті, температурі, тиску і іншим чинникам. Апаратура та системи захисту поділяються на пристрої миттєвої дії, що захищають в тому числі від короточасних порушень попереднього режиму роботи та пристрої, що діють з затримкою часу. Застосування останніх важливо при необхідності забезпечення черговості спрацювання, тобто селективності захисту.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Пристрої та системи захисту електрообладнання

Для практичного засвоєння теоретичного матеріалу здобувачі вищої освіти заочної форми навчання виконують контрольні роботи з розрахунку захисту двигуна від міжфазних коротких замикань з курсу «Пристрої та системи захисту електрообладнання»

Для перевірки і підтвердження засвоєння теоретичних знань опрацьовують питання з курсу «Пристрої та системи захисту електрообладнання».

У період настановчої або лабораторно-екзаменаційної сесії студентам читаються лекції оглядового характеру по найбільш значущих темах і розділів курсу.

До складання заліку по дисципліні допускаються студенти, які мають залікову контрольну роботу у відповідності з навчальним планом з дисципліни.

1. САМОСТІЙНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «Пристрої та системи захисту електрообладнання»

ВСТУП. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

ТЕМА 1. ВИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

- 1.1. Визначення поняття «захист електрообладнання»
- 1.2. Аварійні і аномальні режими роботи електричного устаткування.
- 1.3. Класифікація та зміст основних видів захисту.
- 1.4. Вимоги, що пред'являються до пристроїв та систем захисту електрообладнання.

ТЕМА 2. МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ . ПРИНЦИП ДІЇ, ЕЛЕМЕНТИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ СПРАЦЬОВУВАННЯ

- 2.1 Максимальний струмовий захист
- 2.2 Максимальне реле струму
- 2.3 Вторинні реле прямої дії
- 2.4 Вторинні реле струму побічної дії
- 2.5 Максимальні реле струму
- 2.6. Системи МЗС і СВ

ТЕМА 3. МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ТА СПРЯМОВАНИЙ ЗАХИСТ ГЕНЕРАТОРІВ

- 3.1. Максимальний струмовий захист генераторів
- 3.2 Захист генераторів від коротких замикань на землю;
- 3.2. Спрямований захист генератора.
- 3.4 Перевантаження генераторів
- 3.5 Захист від однофазних КЗ на землю
- 3.6 Спрямований захист роботи генератора в режимі двигуна

ТЕМА 4. ПРИНЦИП ДІЇ ТА РІЗНОВИДИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ГЕНЕРАТОРІВ

- 4.1. Принцип дії диференціального захисту.
- 4.2. Різновиди подовжнього диференціального захисту генераторів.
- 4.3. Поперечний диференціальний захист.

ТЕМА 5. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА ГЕНЕРУЮЧИХ СТРУМІВ

- 5.1. Принцип дії та особливості захисту трансформатора;
- 5.2 Виконання диференціального захисту силового трансформатора;
- 5.3. Диференціальний захист блоків генератор-трансформатор;
- 5.4. Захисні реле з насичувальним трансформатором.

ТЕМА 6. ВУЗЛИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ І СХЕМ УПРАВЛІННЯ

- 6.1. Види та різновиди захисту електродвигунів від коротких замикань.
- 6.2 Пошкодження двигунів змінного струму - багатофазні КЗ обмотки статора
- 6.3. Захист двигунів від перегріву
- 6.4. Захист двигунів від самозапуску
- 6.5. Захист двигунів від обриву поля
- 6.6. Захист двигунів від перенапруг
- 6.7. Захист двигунів від тривалого пуску
- 6.8. Захист двигунів від випадіння з синхронізму .Захисне блокування

ТЕМА 7. ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСНИХ БЛОКУВАНЬ ТА ВБУДОВАНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ЗАХИСТУ

- 7.1. Захисні електричні блокування.
- 7.2 Магнітні пускачі
- 7.3. Вбудований температурний захист
- 7.4 Апарат температурного вбудованого захисту

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посіб.. Харків : Вид-во «Точка», 2012. 340 с.
2. Тимофєєв Є. П., Ляшенко О. М. Електричні апарати : конспект лекцій (для студентів денної і заочної форми навчання за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» спеціальності «Світлотехніка і джерела світла»). Харків : ХНАМГ, 2009. 81 с. URL : http://eprints.kname.edu.ua/11311/1/%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BB.2008%2C%D0%BF%D0%BE%D0%B7.17%D0%9B_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%8B%D0%B9_%D0%B5%D0%BB._%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B83.pdf (дата звернення: 28.05.2021).
3. Литвин І. Ю. Електричні апарати : курс лекцій для студентів напряму 80252923 «Електротехніка і електротехнології» денної та заочної форм навчання. Київ : НУХТ, 2012. 88 с. URL : <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/34.01.pdf> (дата звернення: 28.05.2021).
4. Электрические аппараты высокого напряжения : учеб. пособие для вузов по спец. "Электрические аппараты" / Г. Н. Александров и др. ; под ред. Г. Н. Александрова. Ленинград : Энергоатомиздат, 1989. 343 с.
5. Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. Учеб. 3-е изд, перераб. и доп. Москва : Энергия, 1975. 648 с. URL : https://www.texenergo.ru/upload/books/chunihin_ap.pdf (дата звернення: 28.05.2021).
6. Яндульський О. С., Дмитренко О. О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 102 с. URL : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600> (дата звернення: 28.05.2021).
7. Корогодский В. И., Куженов, С. Л., Паперно Л. Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1кВ. Москва : Энергоатомиздат, 1987. 248 с.
8. Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств : підруч. Харків : ФОП Панов А. М., 2016. 272 с. URL : <http://web.kpi.kharkov.ua/elmash/wp-content/uploads/sites/108/2017/04/Elektropostachannya-promislovih-pidpriyemstv.-Pidruchnik.Milih-V.I-Pavlenko-T.P.2016.pdf> (дата звернення: 28.05.2021).
9. Правила устройства электроустановок. Введ. 2002-07-08. Изд. офиц. 692 с. URL: <https://www.elec.ru/files/2016/11/02/PUE-novredaktsijaelek.pdf> (дата об'раження: 31.05.2021).

10. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ КУРСІВ «ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ»

Наводиться перелік знань і умінь, якими повинен володіти здобувач вищої освіти після теоретичного вивчення матеріалу по дисципліні «Пристрої та системи захисту електрообладнання». Питання для самостійної перевірки опрацьованного матеріалу.

ТЕМА 1. ВИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

- 1.3. Визначення поняття «захист електрообладнання»
- 1.4. Аварійні і аномальні режими роботи електричного устаткування.
- 1.3. Класифікація та зміст основних видів захисту.
- 1.4. Вимоги, що пред'являються до пристроїв та систем захисту електрообладнання.

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. МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ . ПРИНЦИП ДІЇ, ЕЛЕМЕНТИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ СПРАЦЬОВУВАННЯ

2.1 Максимальний струмовий захист

- 2.2 Максимальне реле струму
- 2.3 Вторинні реле прямої дії
- 2.4 Вторинні реле струму побічної дії
- 2.5 Максимальні реле струму
- 2.6. Системи МЗС і СВ

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. ТЕМА 3. МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ТА СПРЯМОВАНИЙ ЗАХИСТ ГЕНЕРАТОРІВ

- 3.1. Максимальний струмовий захист генераторів
- 3.2 Захист генераторів від коротких замикань на землю;
- 3.2. Спрямований захист генератора.
- 3.4 Перевантаження генераторів
- 3.5 Захист від однофазних КЗ на землю
- 3.6 Спрямований захист роботи генератора в режимі двигуна

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. ТЕМА 4. ПРИНЦИП ДІЇ ТА РІЗНОВИДИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ГЕНЕРАТОРІВ

4.1. Принцип дії диференціального захисту.

4.2. Різновиди подовжнього диференціального захисту генераторів.

4.3. Поперечний диференціальний захист.

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 стру-

му; 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. ТЕМА 5. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА ГЕНЕРУЮЧИХ СТРУМІВ

- 5.1. Принцип дії та особливості захисту трансформатора;
- 5.2 Виконання диференціального захисту силового трансформатора;
- 5.3. Диференціальний захист блоків генератор-трансформатор;
- 5.4. Захисні реле з насичувальним трансформатором.

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. ТЕМА 6. ВУЗЛИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ І СХЕМ УПРАВЛІННЯ

- 6.1. Види та різновиди захисту електродвигунів від коротких замикань.
- 6.2 Пошкодження двигунів змінного струму - багатофазні КЗ обмотки статора
- 6.3. Захист двигунів від перегріву
- 6.4. Захист двигунів від самозапуску
- 6.5. Захист двигунів від обриву поля
- 6.6. Захист двигунів від перенапруг

6.7. Захист двигунів від тривалого пуску

6.8. Захист двигунів від випадіння з синхронізму .Захисне блокування

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. ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСНИХ БЛОКУВАНЬ ТА ВБУДОВАНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ЗАХИСТУ

7.1. Захисні електричні блокування.

7.2 Магнітні пускачі

7.3. Вбудований температурний захист

7.4 Апарат температурного вбудованого захисту

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.

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 вписати її умову.

5. Розв'язання задач слід викладати докладно і акуратно, пояснюючи і мотивуючи всі дії по ходу рішення, дати посилки на використану літературу.

ЗАВДАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Завдання контрольної роботи складається з розв'язання практичного завдання та двох теоретичних питань.

Вихідні дані за варіантами контрольної роботи представлені в таблиці 1 та переліку теоретичних питань.

ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Практичне завдання:

Розрахувати захист асинхронного двигуна А4-400ХК-4МТЗ від міжфазних замикань при само запуску двигуна прямої дії від напруги живлячої мережі. Початкові дані для розрахунку наведені в **таблиці 1**

2. Теоретичне завдання:

Порядковий номер теоретичних питань наведено в останньому стовчику таблиці 1, перелік теоретичних питань наведено в **додатку А**.

Практичне завдання та теоретичні питання з дисципліни

Пристрої та засоби захисту електрообладнання для виконання контрольної роботи

Данні для розрахунку захисту від міжфазних замикань асинхронного двигуна А4-400ХК-4МТЗ

Варі- ант	Номиналь- на потуж- ність дви- гуна $P_{ном}$ кВт	Номиналь- на напруга кВ $U_{ном.дв.}$	ККД η	Коефіцієнт потужності $\cos\phi$	Струм трифаз- ного КЗ $I_{ш.мін}$	Струм трифаз- ного КЗ $I_{ш.мах}$	Крат- ність пус- кового струму	Середня напруга шин живлен- ня АД, кВт	Максималь- ний опір струмових ланцюгів живлення двигуна, Ом	Максима- льний опір нейтралі двигуна, Ом	Теор. пи- тання
1	750	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	1,13
2	315	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	2,14
3	480	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	3,15
4	800	5	0,93	0,888	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	4,16
5	700	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	5,17
6	650	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	6,18
7	600	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	7,19
8	550	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	8,20
9	530	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	9,21
10	520	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	10,22
11	650	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	11,23

12	415	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	12,24
13	580	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7,5	0,7	1,2	13,25
14	800	5	0,96	0,889	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	14,26
15	700	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	15,27
16	450	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	16,28
17	500	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	6,5	0,7	1,2	17,29
18	650	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	18,3
19	430	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	19,4
20	540	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	20,11
21	700	6	0,95	0,892	3,6	3,9	5,8	8	0,7	1,2	22,9
22	650	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	23,8
23	415	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	24,7
24	430	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	25,6
25	480	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7	0,7	1,2	26,5
26	580	4,5	0,92	0,887	3,6	3,9	4,8	7,5	0,7	1,2	27,28
27	530	4	0,91	0,885	3,6	3,9	5,5	6	0,7	1,2	29,2

Теоретичні завдання з дисципліни

Пристрої та засоби захисту електрообладнання

1. Тема: Загальні поняття про роботу з налагодження електроустаткування на підприємстві
2. Тема: Основні етапи пусконаладжувальних робіт
3. Тема: Здача-прийом виконаних робіт. Проведення робіт за нарядом в діючих електроустановках
4. Тема: Техніка безпеки при виконанні пусконаладжувальних робіт. Вимоги до персоналу
5. Тема: Випробування з подачею підвищеної напруги. Вимоги до персоналу, та їх функції
6. Тема: Загальні характеристики електровимірювальних приладів
7. Тема: Прилади магнітоелектричної системи. Принцип дії приладів магнітоелектричної системи
8. Тема: Прилади електромагнітної системи. Принцип дії приладів магнітоелектричної системи
9. Тема: Високовольтні апарати для випробувань ізоляції
10. Тема: Апаратура для перевірки релейного захисту, приладів і автоматики
11. Тема: Апаратура для перевірки релейного захисту, приладів і автоматики. Прилади для регулювання частоти
12. Тема: Види випробувань електрообладнання. Випробування окремих частин електрообладнання
13. Тема: Перевірка схем електричних з'єдань. Перевірка під напругою схем керування
14. Тема: Вимір опору ізоляції електрообладнання. Визначення ступеня зволоженості ізоляції
15. Тема: Випробування ізоляції підвищеною напругою
16. Тема: Загальні випробування електричних машин
17. Тема: Перший пуск двигуна. Вимірювання вібрації електричних машин

18. Тема: Налагодження асинхронних двигунів
19. Тема: Налагодження двигунів постійного струму
20. Тема: Налагодження синхронних генераторів
21. Тема: Налагодження трансформаторів
22. Тема: Перевірка роботи схем керування двигуна постійного струму
23. Тема: Загальні відомості про налагодження релейного захисту та систем автоматики
24. Тема: Електричні апарати для релейних захистів
25. Тема: Загальні вимоги до вторинних ланцюгів. Перевірка вторинних ланцюгів та їх елементів
26. Тема: Максимальний струмовий захист та його елементи
27. Тема: Струмове відсічення. Загальні відомості про струмове відсічення
28. Тема: Струмовий спрямований. Принцип дії струмового спрямованого захисту
29. Тема: Дослідження технічних характеристик автоматичних викивачів

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

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

ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

РОЗРАХУНОК ЗАХИСТУ ДВИГУНА ВІД МІЖФАЗНИХ КЗ

Виконуємо захист від міжфазних замикань асинхронного електродвигуна серії А4-450У-4МТЗ

Початкові дані для розрахунку:

Пуск двигуна прямої дії від напруги живлячої мережі двигун бере участь в само запуску

Номінальна потужність на валу двигуна $P_{\text{ном. д}}$	800кВт
---	--------

Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$	0,89
Номінальна напруга валу двигуна $U_{\text{ном. дв}}$	6кВ
ККД η	0,95
Кратність пускового струму $K_{\text{пуск.}}$	5,5
Значення струму трифазного КЗ на введеннях живлення АД в мінімальному режимі роботи системи $I_{\text{ш. min}}$	3,6кА
Значення струму трифазного КЗ на введеннях живлення АД в максимальному режимі роботи системи $I_{\text{ш. max}}$	3,9кА
Середня напруга на секції шин живлення двигуна $U_{\text{сер.}}$	8кВ
Максимальний опір струмових ланцюгів з боку живлення електродвигуна (за проектом) не більше	0,7 Ом
Максимальний опір струмових ланцюгів з боку нейтралі електродвигуна (за проектом) не більше	1,2 Ом

Для захисту двигуна використовується БМРЗ-УЗД. Діапазон регулювання уставок струмового відсічення і ДТО від 1,00 до 65,00 А (вторинних). Діапазон регулювання уставок ДЗТ від 0,10 до 10,00А, коефіцієнта гальмування - від 0,20 до 0,70.

Встановлені ТТ типу ТЛМ 10-5-82 з сердечником Р і коефіцієнтом

трансформації $k_{\text{ТТ}}=150/5$

Визначаємо значення номінального струму електродвигуна:

$$I_{\text{ном. дв.}} = \frac{P_{\text{ном. дв.}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном. дв.}} \eta \cdot \cos\varphi} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,95 \cdot 0,89} = 90,91 \text{ А}$$

Визначимо каталожне значення пускового струму електродвигуна

$$I_{\text{пуск.дв..}} = 5,5 \cdot 90,91 = 518,19 \text{ A}$$

Вибираємо струм спрацювання ТО

$$I_{\text{пуск.дв..}} = 2,5 \cdot 9518,19 = 1295,48 \text{ A}$$

$$\text{або } I_{\text{пуск.дв..}} = \frac{1295,48}{30} = 43,18 \text{ A}$$

У вторинних значеннях отримане значення знаходиться в межах діапазону завдання уставки

Визначимо значення струму двофазного КЗ на введеннях живлення електродвигуна I_k і коефіцієнта чутливості захисту при двофазному КЗ k_r за формулами:

$$I_k = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{ш.мах}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3600 = 3060 \text{ A} \quad k_r = \frac{I_k}{I_{\text{ТО}}} = \frac{3060}{1295,48} = 2,36$$

Коефіцієнт чутливості вийшов більше двох, проведення уточнення пускового струму електродвигуна не потрібно.

Але для підтвердження виконаємо цей розрахунок:

$$X_{\text{с.мах.}} = \frac{U_{\text{сер.}}}{\sqrt{3} I_{\text{ш.ном.}}} = \frac{8000}{\sqrt{3} \cdot 3900} = 1,2 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{пуск.дв...}} = \frac{U_{\text{ном.дв.}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{пуск.дв.}}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 518,19} = 6,81 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{пуск.дв...}} = \frac{U_{\text{сер.да}}}{\sqrt{3} (X_{\text{пуск.дв.}} + X_{\text{с.мах.}})} = \frac{8000}{\sqrt{3} \cdot (1,2 + 6,81)} = 587 \text{ A}$$

Вибираємо струм спрацювання ТО по формулі

$$I_{\text{ТО}} \geq 2,5 \cdot 58,75 = 1468,75 \text{ A}$$

Визначимо значення коефіцієнта чутливості захисту при двофазному КЗ

$$k_r = \frac{I_k}{I_{\text{ТО}}} = \frac{3060}{1468,75} = 2,08$$

Коефіцієнт чутливості ТО вийшов більше двох, тому застосовувати диференціальний захист не потрібно.

$$\text{Остаточно приймаємо } I_{\text{ТО}} = 1468,75 \text{ A} \quad \text{або } \frac{1468,75}{30} = 49 \text{ A}$$

У зв'язку з тим, що коефіцієнт чутливості ТО вийшов невеликим застосуємо додатково МТЗ з уставками розрахованими за формулами:

$$I_{\text{МТЗ..}} = 1,5 \cdot I_{\text{пуск.дв.}} = 1,5 \cdot 587,5 = 881,25 \text{ A}$$

Навчальне видання

ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ:

Завдання та методичні рекомендації

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

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 1,0.
Тираж 75 прим. Зам. № 10.

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.