Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електротехніки та енергоефективності

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

 Декан факультету енергетики, електроніки

та інформаційних технологій

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_В.Л. Коваленко\_\_\_\_\_\_\_

(підпис) (ініціали і прізвище)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 р.

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«Електричні машини, Ч.1»**

|  |  |
| --- | --- |
| рівня вищої освіти | першого (бакалаврського) |
|  | (назва рівня вищої освіти) |

|  |  |
| --- | --- |
| спеціальності | 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка |
|  | (шифр, назва спеціальності) |

|  |  |
| --- | --- |
| освітньо-професійна | 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка |
| програма | (назва програми) |

|  |  |
| --- | --- |
| **Укладач/Укладачі** | Артемчук В.В., д.т.н., доцент, професор |
|  | (ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада) |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Обговорено та ухвалено |  |  | Ухвалено науково-методичною радою |
| на засіданні кафедри | електротехніки |  | факультету | енергетики, електроніки та |
| та енергоефективності |  | інформаційних технологій |
|  |  |  |  |  |
| Протокол № від « » 20 р. |  | Протокол № від « » 20 р. |
| Завідувач кафедри | ЕЕЕ |  | Голова науково-методичної ради |
|  |  |  | факультету | ЕЕІТ |
| (підпис) | (ініціали, прізвище) |  |  |  |
|  |  |  | (підпис) | (ініціали, прізвище) |

2020

# Вступ

Програма навчальної дисципліни «Електричні машини» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань, практичних навичок та уявлень з основних понять та законів щодо електричних машин.

Міждисциплінарні зв’язки: дисципліна «Електричні машини» є складовою частиною циклу дисциплін загальнопрофесійної підготовки студентів за спеціальністю 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вивчення курсу передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із курсів: «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка», «Теоретичні основи електротехніки», а також цілеспрямованої роботи над вивченням спеціальної літератури, активної роботи на лекціях, практичних заняттях, самостійної роботи та виконання поставлених задач.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

# Анотація

У курсі „Електричні машини” на базі фізики, математики теоретичної електротехніки й теоретичної механіки висвітлюються процеси перетворення одних видів енергії в інші й електричної енергії однієї напруги в електричну енергію іншої напруги (генератори, двигуни, трансформатори).

Внаслідок вивчення різних типів електричних машин і трансформаторів студенти повинні знати принцип їх дії і будову, фізичні явища, які протікають в різних режимах роботи, і основні характеристики, а також вміти аналізувати і описувати стаціонарні і перехідні процеси в них.

При вивченні будови і режимів роботи електричних машин необхідні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки і електричних вимірів.

Дисципліна містить у собі теоретичну базу, яка необхідна при засвоєнні прикладних питань надійної роботи, контролю, діагностики та ефективної експлуатації електричних машин.

Викладання курсу „Електричні машини” підпорядковане з’ясуванню проблем, які виникають під час експлуатації ЕМ, розгляду питань модернізації, збірки/розбірки, встановлення технічного діагнозу несправностей.

Викладення дисципліни “Електричні машини” обумовлено необхідністю формування у студентів чіткої системи уявлень про цілісний комплекс проблем, що мають бути вирішені в процесі ефективної роботи з ЕМ.

Основою лекційного курсу служить ґрунтовне з’ясування фізичного змісту розглядуваних процесів і явищ в електричних колах, приладах і машинах. Лекційний матеріал супроводжується розбором прикладів розв’язування задач, постановкою демонстрацій, показом таблиць.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: електричні машини, векторна діаграма, обмотки, полюс, статор, ротор, колектор.

**Abstract**

The course "Electric Machines" on the basis of physics, mathematics of theoretical electrical engineering and theoretical mechanics covers the processes of conversion of some types of energy into others and electrical energy of one voltage into electrical energy of another voltage (generators, motors, transformers).

As a result of studying different types of electrical machines and transformers, students must know the principle of their operation and structure, physical phenomena that occur in different modes of operation, and basic characteristics, as well as be able to analyze and describe stationary and transient processes in them.

When studying the structure and modes of operation of electrical machines also requires knowledge of engineering graphics, electrical materials, applied mechanics and electrical measurements.

The discipline contains a theoretical basis, which is necessary for mastering the applied issues of reliable operation, control, diagnostics and efficient operation of electrical machines.

Teaching the course "Electric Machines" is subject to clarifying the problems that arise during the operation of the EM, consideration of modernization, assembly / disassembly, technical diagnosis of faults.

The teaching of the discipline "Electric Machines" is due to the need to form in students a clear system of ideas about a holistic set of problems that must be solved in the process of effective work with EM.

The basis of the lecture course is a thorough elucidation of the physical content of the considered processes and phenomena in electrical circuits, devices and machines. The lecture material is accompanied by an analysis of examples of solving problems, setting demonstrations, showing tables.

KEY WORDS: electric machines, vector diagram, windings, pole, stator, rotor, collector.

# ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування показників | Галузь знань, напрямпідготовки, освітньо- кваліфікаційний рівень | Характеристиканавчальної дисципліни |
| **денна форма навчання** |
| Кількість кредитів - 5 | Галузь знань: **14 «Електрична** **інженерія»**(шифр і назва) | Нормативна |
| Загальна кількість годин –**150** | Спеціальність:**141 «Електроенергети-** **ка, електротехніка і** **електромеханіка»** | Курс | Семестр |
| 2-й | 4-й |
| Змістових модулів - **2** |
| Тижневе навантаження: аудиторних занять - **4** самостійна робота студента – 7 | Ступінь вищої освіти: **«Бакалавр»** | **Вид занять** | **Кількість годин** |
| Лекції | 24 год. |
| Практичнізаняття | 24 год. |
| Самостійнаробота | 102 год. |
| Форма контролю:**екзамен** |

1. **МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Метою** навчальної дисципліни «Електричні машини» є:

* вивчення основних фізичних законів, на яких базується принцип дії і процеси перетворення енергії в електричних машинах;
* набуття та свідоме застосування знань з електричних машин;
* вивчення взаємозалежності електричних, енергетичних і техніко- економічних характеристик і показників електричних машин.

**Завданнями** навчальної дисципліни є опанування студентами:

* знаннями основних положень теорії електричних машин;
* вміннями творчого вирішення питань проектування, експлуатації і ремонту електричних машин;
* навичками проведення досліджень, випробувань та оцінки показників електричних машин в різних експлуатаційних режимах.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Електричні машини» студент повинен

**знати**: призначення та будову машин постійного струму загальнопромис- лового виконання; основи теорії машин постійного струму, поняття і оцінюван- ня комутації; призначення, будову і принцип дії силових трансформаторів, ос- нови теорії трансформаторів, енергетику силових трансформаторів; методики проведення досліджень і випробувань силових трансформаторів, експлуатацій- ні якості трансформаторів; особливості будови, принцип дії і галузі викорис- тання спеціальних видів трансформаторів.

**вміти:** визначати номінальні величини за каталожними даними машин постійного струму; проводити типові випробування машин постійного струму в різних режимах роботи; визначати номінальні величини і ударний струм к. з. силового трансформатора; проводити типові випробування і визначати за дос- лідними даними параметри і величини, які визначають якості силових трансфо- рматорів, вміти оцінювати перехідні процеси в силових трансформаторах.

**володіти:** методами розрахунку енергетичних показників генераторів по- стійного струму за паспортними даними; - методами розрахунку енергетичних показників двигунів постійного струму за паспортними даними; методами дос- лідного визначення коефіцієнту трансформації та групи з’єднань обмоток сило- вого трансформатора; методами розрахунку енергетичних показників та числа витків обмоток силового трансформатора; методами розрахунку та побудови графіку ККД та зовнішніх характеристик силового трансформатора.

# ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Змістовий модуль 1. Машини постійного струму.**

**Тема1. Основні теоретичні відомості і загальні питання будови і устрою машин постійного струму**

Задачі і зміст курсу «Електричні машини». Призначення та види машин постійного струму. Будова і принцип дії машини постійного струму. Принцип оберненості електричних машин.

# Тема 2. Генератори постійного струму

Призначення та види генераторів постійного струму (ГПС). Принцип дії та основні рівняння ГПС. Режим холостого ходу та навантаження ГПС. Енерге- тична діаграма перетворення потужності в ГПС. Енергетичні показники ГПС. Реакція якоря. ГПС незалежного збудження: електрична схема, характеристики та властивості. ГПС паралельного і змішаного збудження: електрична схема, характеристики та властивості. Принцип самозбудження ГПС.

# Тема 3. Двигуни постійного струму

Призначення та види двигунів постійного струму (ДПС). Принцип дії та основні рівняння ДПС. Енергетична діаграма перетворення потужності в ДПС. Номінальні дані та методика розрахункового визначення енергетичних показників ДПС за паспортними даними. Способи пуску і регулювання частоти обертання ДПС. Статичні характеристики ДПС незалежного збудження. Регу- лювання частоти обертання ДПС незалежного збудження. Статичні характерис- тики і властивості ДПС послідовного збудження. Статичні характеристики і властивості ДПС змішаного збудження. Регулювання частоти обертання ДПС послідовного збудження. Регулювання частоти обертання ДПС змішаного збу- дження.

# Тема 4. Комутація машин постійного струму

Поняття і оцінка комутації МПС. Принципи та причини іскріння щіток МПС. Процес і види комутації МПС. Способи і шляхи полегшення комутації в процесі роботи МПС. Методика експериментальної перевірки і налагодження комутації. Комутаційна ЕРС якоря.

# Змістовий модуль 2. Трансформатори

**Тема 5. Основні теоретичні відомості і загальні питання будови і устрою силових трансформаторів**

Призначення і види трансформаторів. Будова і принцип дії трансформатора. Паспортні та номінальні дані трансформаторів. Схеми та групи з’єднання обмоток силових трансформаторів. Основні рівняння трансформатора у векторній і дифере- нційній формі. Векторні діаграми трансформатора. Приведений силовий трансфор- матор. Схеми заміщення силового трансформатора та їх параметри. Методика ви- значення параметрів схем заміщення за паспортними даними.

# Тема 6. Енергетика силових трансформаторів

Енергетичні діаграми перетворення потужності в силовому трансформа- торі. Дослід холостого ходу і аналіз характеристик холостого ходу. Дослід ко- роткого замикання і аналіз характеристик короткого замикання. Методика ви- значення енергетичних показників силового трансформатора за паспортними даними. Втрати і ККД силового трансформатора. Методика розрахунку і побу- дови графіка ККД силового трансформатора.

# Тема 7. Режими роботи силових трансформаторів

Режим холостого ходу силового трансформатора. Режим навантаження си- лового трансформатора. Робочі характеристики силового трансформатора. Парале- льна робота силових трансформаторів. Змінення вторинної напруги силового тран- сформатора. Принципи і способи регулювання напруги силового трансформатора. Перехідні процеси в трансформаторі при вмиканні до мережі. Раптове коротке за- микання в силових трансформаторах. Ударний струм короткого замикання.

# Тема 8. Спеціальні трансформатори

Призначення, особливості конструкції і властивості автотрансформато- рів. Призначення, особливості конструкції і властивості автотрансформаторів багатообмоточних трансформаторів. Призначення, особливості конструкції і властивості вимірювальних трансформаторів струму і напруги. Призначення особливості конструкції, схеми вмикання і принцип дії зварювальних трансфо- рматорів. Призначення особливості конструкції, схеми вмикання і принцип дії групових трансформаторів.

# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер тижня (теми)** | **Вид занять** | **Тема заняття або завдання на самостійну роботу** | **Кількість годин** | **Бали** |
| лек | лаб | прак | срс |
| **Змістовий модуль 1-5. Машини постійного струму** |
| 1 | Лекція 1 | Будова, принцип дії і особ- ливості роботи машин пос-тійного струму | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 1 | Вивчення будови машин постійного струму з вимі-рюванням опорів обмоток якоря та збудження | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 1 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |
| 2 | Лекція 2 | Основні рівняння та режи- ми роботи генераторів пос-тійного струму | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 2 | Дослідження ГПС незале-жного збудження в режимі холостого ходу | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 2 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |
| 3 | Лекція 3 | Процеси перетворення ене- ргії, характеристики і влас- тивості ГПС паралельного ізмішаного збудження | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 3 | Дослідження генератора постійного струму незале- жного збудження в режимінавантаження | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 3 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |
| 4 | Лекція 4 | Основні рівняння та режи- ми роботи двигунів постій-ного струму | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 4 | Дослідження - генераторапостійного струму парале- льного збудження | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 4 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер тижня (теми)** | **Вид занять** | **Тема заняття або завдання на самостійну роботу** | **Кількість годин** | **Бали** |
| 5 | Лекція 5 | Енергетичні показники, ре- гулювальні і пускові влас- тивості ДПС. Характерис- тики і способи регулюван-ня частоти обертання ДПС незалежного збудження | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 5 | Дослідження – ГПС змішаного збудження | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 5 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |
| 6 | Лекція 6 | Характеристики і способи регулювання частоти обертання ДПС. Комутація в МПС. | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 6 | Дослідження ДПС паралельного та змішаного збудження | - | 2 | - | - | 2,5 |
| Самостійна робота 6 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 9 | 1,6 |
| 7,8 | ПМК 1 | - | - | - | - | 10 |
| ***Всього за змістовий модуль 1 - 77 год.*** | ***12*** | ***12*** | ***-*** | ***53*** | ***35*** |
|  |
| **Змістовий модуль 6-10. Трансформатори** |
| 9 | Лекція 7 | Будова та принцип дії силових трансформаторів | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 7 | Вивчення будови силових трансформаторів з вимірю- ванням опорів первинної та вторинної обмоток | - | 2 | - | - | 3 |
| Самостійна робота 7 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 13 | 2 |
| 10 | Лекція 8 | Робочий процес силового трансформатора. Перетво- рення енергії в силовому трансформаторі | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 8 | Дослідне визначення кое- фіцієнту трансформації трифазного силового трансформатора | - | 2 | - | - | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Самостійна робота 8 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 10 | 2 |
| 11 | Лекція 9 | Енергетичні показники, коефіцієнт корисної дії силового трансформатора | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 9 | Дослідне визначення групи з’єднання обмоток трифазного силового трансформатора | - | 2 | - | - | 3 |
| Самостійна робота 9 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 10 | 2 |
| 12 | Лекція 10 | Режими роботи і робочі характеристики силовоготрансформатора | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 10 | Дослід холостого ходу і короткого замикання три- фазного силового трансформатора | - | 2 | - | - | 3 |
| Самостійна робота 10 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 10 | 2 |
| 13 | Лекція 11 | Паралельна робота силових трансформаторів. Спеціальні трансформатори | 2 | - | - | - | - |
| Практична робота 11 | Дослід трифазного силово- го трансформатора в режимі навантаження | - | 2 | - | - | 3 |
| Самостійна робота 11 | Підготовка до практичної роботи | - | - | - | 10 | 2 |
| 14,15 | ПМК 2 | - | - | - | - | 10 |
| ***Всього за змістовий модуль 2 - 73 год.*** | ***10*** | ***10*** | ***-*** | ***53*** | ***35*** |
|  |
| ***Екзамен*** |  | ***30*** |
| ***Всього з навчальної дисципліни - 150 год.*** | ***22*** | ***22*** | ***-*** | ***106*** | ***100*** |
|  |

1. **ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ**

**ПМК-1**

1. Машиною постійного струму називається…
2. Індуктор машини постійного струму призначений для створення…
3. У електричній машині постійного струму літерами Ш1 (Е1) та Ш2 (Е2) позначаються виводи…
4. Наведіть рівняння для визначення моменту первинного двигуна для

ГПС.

що…

1. Принцип оберненості машини постійного струму полягає в тому,
2. Наведіть рівняння для визначення полюсної поділки машини постій-

ного струму.

1. Які типи обмоток якоря використовуються в машинах постійного струму?
2. Секцією обмотки якоря називається…
3. Електрорушійна сила, що індукується в обмотці якоря, буде максима- льною, якщо…
4. Електрорушійна сила провідника *Епр*. обмотки якоря визначається за рівнянням…
5. Реакція якоря машини постійного струму це...
6. Генератор постійного струму призначений для…
7. Наведіть рівняння для визначення напруги на затискачах генератора постійного струму.
8. Наведіть рівняння для визначення моменту холостого ходу генерато- ра постійного струму.
9. Орієнтовна величина струму збудження генератора постійного стру- му незалежного збудження для машин малої і середньої потужності стано- вить…
10. Тип генератора постійного струму, який за способом збудження не знайшов широкого поширення.
11. Назвіть основні недоліки генератора постійного струму послідовного збудження:
12. Назвіть умови самозбудження генератора постійного струму парале- льного збудження.
13. На заводському щитку генератора постійного струму зазначено…
14. Наведіть регулювальну характеристика генератора постійного стру- му незалежного збудження.
15. Наведіть зовнішню характеристику генератора постійного струму змішаного збудження за згідного включення серієсної обмотки.
16. Причиною появи залишкової електрорушійної сили, що виникає на холостому ході генератора постійного струму за відсутності струму в обмотці збудження, є…
17. За номінального навантаження величина зміни напруги генератора постійного струму незалежного збудження становить…
18. Потужність первинного двигуна для приводу генератора постійного струму за паспортними даними визначається за рівнянням…
19. У коло обмотки збудження генератора постійного струму вводиться регулювальний реостат для регулювання…
20. Напруга на затискачах генератора постійного струму за струму нава- нтаження Іа=200 А та опору обмотки якоря Rа=0,1 Ом і значення електрору- шійної сили Еа=240 В становить:
21. Струм короткого замикання генератора постійного струму за значен- ня електрорушійної сили Еа=240 В та опору обмотки якоря Rа=0,1 Ом , дорів- нює:
22. Визначте ККД генератора постійного струму, на щитку якого вказа- но потужність 0,3 кВт, а сумарні втрати за номінального навантаження станов- лять 0,1 кВт.
23. Напруга на затискачах генератора постійного струму незалежного та паралельного збудження в разі збільшення навантаження…
24. Швидкість обертання генератора постійного струму з незалежним збудженням збільшилася в 2 рази. Як змінилась ЕРС генератора?
25. У генераторах постійного струму компенсаційна обмотка використо- вується для…
26. Основне рівняння напруги двигуна постійного струму має вигляд:
27. Назвіть способи збудження двигунів постійного струму.
28. Орієнтовне значення пускового струму двигуна постійного струму за прямого пуску становить…
29. Найбільш поширений спосіб пуску двигунів постійного струму…
30. Під час пуску двигуна постійного струму необхідно забезпечити…
31. Рівняння швидкісної характеристики двигуна постійного струму па- ралельного (незалежного) збудження має вигляд…
32. Рівняння механічної характеристики двигуна постійного струму па- ралельного (незалежного) збудження має вигляд…
33. Для зміни напряму обертання якоря двигуна постійного струму не- обхідно змінити напрям струму тільки в колі…
34. Тип збудження двигуна постійного струму, якому відповідає меха- нічна характеристика…
35. Назвіть способи регулювання частоти обертання двигуна постійного струму незалежного збудження.
36. Наведіть енергетичну діаграму перетворення потужності в двигуні постійного струму паралельного збудження.
37. Визначте значення пускового опору Rп для обмеження пускового струму Іп до значення 2Ін для двигуна постійного струму з наступними номі- нальними даними: Uн=220 В, Іа.н.=10 А, Rа=1 Ом .
38. Номінальний струм  двигуна постійного струму визначається за рі- внянням…

46 Швидкість якоря двигуна постійного струму збільшилася у 2 рази, як змінилися втрати на вихрові струми в сталі якоря?

1. Двигуни постійного струму якого типу збудження найменш уразливі у разі перевантаження за моментом і важких умов пуску?
2. Назвіть види комутації машин постійного струму.
3. Назвіть основні види причин іскріння щіток.
4. Реактивною електрорушійною силою секції називають…
5. «Круговим вогнем» називають…
6. Довготривала робота машини постійного струму припустима за сту- пеня іскріння щіток…
7. Прямолінійна комутація спостерігається за значення сумарної елект-

рорушійної сили

*e* , індукованої в секції обмотки якоря, що дорівнює…

1. «Теоретично ідеальним» випадком комутації називають…
2. Залежно від виду комутації, іскріння відбувається…

# ПМК2

1. Силовий трансформатор – це…
2. Принцип дії трансформаторів базується на явищі…
3. Магнітопровод трансформатора призначений для…
4. До складу електротехнічної сталі додається кремній для збільшення…
5. Назвіть типи магнітопроводів силових трансформаторів.
6. Призначення маслорозширювального бака.
7. Під групою з’єднування обмоток трансформатора розуміють…
8. Скільки існує можливих варіантів груп з’єднань трифазних трансфор- маторів?
9. З якими група з’єднань обмоток випускаються промисловістю трифа- зні силові трансформатори?
10. Група з’єднування обмоток трансформатора залежить від…
11. Під час проходження струму первинною обмоткою трансформатора утворюється магнітне поле, силові лінії цього поля проходять переважно магні- топроводом і зчіплюються з…
12. Як визначається амплітудне значення потоку Фm в магнітопроводі трансформатора за заданої частоти струму f, числа витків обмотки W і заданого значення ЕРС Е?
13. Чому буде дорівнювати неприведене значення активного опору вто- ринної обмотки трансформатора R2, якщо коефіцієнт трансформації дорівнює к=10 і значення приведеного опору вторинної обмотки трансформатора складає *R*2 =0,1 Ом?
14. Назвіть типи обмоток, які використовують як обмотки ВН трансфо- рматорів.
15. Наведіть рівняння, за яким визначається ККД трансформатора за зміни навантаження та параметрів навантаження.
16. Сумарні втрати *Σp* за змінного навантаження трансформатора визна- чаються за рівнянням…
17. За потужність електричних втрат у трансформаторі за стандартом приймається активна потужність короткого замикання Ркн при…
18. Струм холостого ходу в трансформаторі визначається…
19. За паспортними даними параметри короткого замикання трансфор- матора, для схеми з’єднання обмоток «зірка», визначаються…
20. Як визначається коефіцієнт завантаження трансформатора?
21. Назвіть характер навантаження, за якого ККД трансформатора буде максимальним.
22. Як експериментально визначається величина коефіцієнту трансфор- мації трансформатора?
23. Як змінюється напруга короткого замикання uк% у разі збільшення номінальної потужності трансформаторів?
24. Величина магнітних втрат Δpмг в трансформаторі залежить від…
25. Наведіть рівняння балансу ЕРС для первинної обмотки трансформа-

тора.

1. Що відбулося з навантаженням трансформатора, якщо струм пер-

винної обмотки зменшився?

1. Як зміниться величина магнітного потоку в магнітопроводі трансфо- рматора, якщо струм первинної обмотки зросте у 2 рази?
2. Повна потужність, що підводиться до трифазного трансформатора із мережі, визначається за формулою:
3. Якому режиму роботи силового трансформатора відповідає наведене визначення: «режим роботи трансформатора, за якого первинна обмотка підк- лючається до мережі з номінальною напругою номінальної частоти трансфор- матора, обмоткою протікає струм, який створює магнітний потік, у вторинній обмотці індукується ЕРС, але струм відсутній»
4. Особливості холостого ходу, притаманні трифазному груповому тра- нсформатору.
5. Що називається кутом магнітного запізнення на векторній діаграмі трансформатора за холостого ходу?
6. Назвіть режими роботи силового трансформатора.
7. Наведіть енергетичну діаграму перетворення активної потужності в силовому трансформаторі.
8. Номінальним режимом роботи силового трансформатора називається режим, при якому…
9. Зміною напруги трансформатора називається..
10. Наведіть рівняння зовнішньої характеристики трансформатора.
11. Зміна вторинної напруги трансформатора залежить від:
12. Наведіть зовнішню характеристику трансформатора за активно- індуктивного навантаження.
13. Назвіть умови включення трансформаторів на паралельну роботу
14. Характер навантаження трансформатора, за якого ККД вищій є…
15. Паралельна робота трансформаторів необхідна для:
16. Наведіть векторну діаграму паралельно працюючих трансформаторів зрізними коефіцієнтами трансформації.
17. Назвіть припустиму різницю між коефіцієнтами трансформації тран- сформаторів, що включаються на паралельну роботу, при коефіцієнті трансфо- рмації *К*>3.
18. Як завантажуватимуться трансформатори під час паралельної робо- ти, якщо в них різні напруги короткого замикання.
19. У разі включення трансформатора в мережу з розімкненою вторин- ною обмоткою, найкращою умовою проходження перехідних процесів є…
20. Триобмоткові трансформатори використовуються для..
21. Головна особливість автотрансформаторів полягає у…
22. Розрахунковою потужністю автотрансформатора називається…
23. Коефіцієнтом вигідності автотрансформатора називається…
24. Вимірювальний трансформатор напруги працює в режимі…
25. У зварювальних трансформаторах обмеження зварювального струму за короткого замикання і стабілізації горіння дуги досягається за рахунок…
26. Назвіть основні типи зварювальних трансформаторів.
27. За рахунок чого досягається збільшення напруги короткого замикан- ня в зварювальних трансформаторах?
28. Наведіть зовнішню характеристику зварювального трансформатора.
29. Назвіть основні вимоги до імпульсних трансформаторів.

# 6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

**Основна**

1. Вольдек А. И. Электрические машины/А. И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978.

– 832 с.

1. Брускин Д. Э. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 1/ Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов – М.: Высш. шк., 1987. – 319 с.
2. Брускин Д. Э. Электрические машины: В 2-х ч. Ч. 2./ Д. Э. Брускин, А. Е. Захарович, В. С. Хвостов – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с.
3. Куценко Ю.М. Електричні машини і апарати: навчальний посібник/ Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлєв та ін. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 449 с.
4. Назарьян Г. Н. Электрические машины: Учебное пособие для вузов / Г. Н. Назарьян. – Мелитополь, Люкс, 2011. – 827 с.
5. Загірняк М. В. Електричні машини: підручник/ М. В. Загірняк, Б. І. Невзі- лін. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К.: Знання, 2009. – 399 с.

# Допоміжна

1. Кацман М. М. Справочник по электрическим машинам: Учеб. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования/ М. М. Кацман.

– М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

1. Кацман М. М. Электрические машины автоматических устройств: Учеб. пособие для электротехнических специальностей техникумов/ М.М. Кац- ман.– М.: ФОРУМ, ИНФРА – М, 2002. – 264 с. – (Серия «Профессио- нальное образование»).
2. Кацман М. М. Расчет и конструирование электрических машин: Учеб. по- собие для техникумов./ М. М. Кацман.– М.: Энергоатомиздат, 1984. – 360 с., ил.
3. Китаев В. Е., Корхов Ю. М., Свирин В. К. Электрические машины. Ч. ІІ. Машины переменного тока: Учеб. пособие для техникумов/ Под ред. В. Е. Китаева. – М.: Высш. школа, 1978. – 184 с., ил.
4. Енергетичні засоби в АПК (Електричні машини): Лабораторний практи- кум з дисципліни «Енергетичні засоби в АПК (Електричні машини) для студентів спеціальності 6.091901 – «Енергетика сільськогосподарського виробництва»/Укл.: М. О. Чуєнко, Р. М. Чуєнко, А. Г. Кушніренко. – Ні- жин, 2009. – 276 с.

# 7 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. [Національна бібліотека України імені Вернадского: http://www.nbuv.gov.ua/](http://www.nbuv.gov.ua/) .
2. Бібліотека технічної літератури: [http://lib.toxy.cv.ua](http://lib.toxy.cv.ua/)/.
3. Електронна бібліотека Наука і Техніка: <http://www.nit.kiev.ua/>.
4. Центральна державна науково-технічна бібліотека ДМК Украиїни: [www.cgntb.h1.ru](http://www.cgntb.h1.ru/).
5. Журнал «Технічна електродинаміка» / [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://techned.org.ua/>
6. Цифрова бібліотка факультету електроніки НТТУ «КПІ» / [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://fel.kpi.ua/>
7. Електронний науковий архів НУ «Львівська політехніка» / [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua>