

Міністерство освіти і науки України
Технічний коледж Луцького НТУ



ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Методичні вказівки до практичних занять
для студентів напрямку підготовки
5.050701 «Електротехніка та електротехнології»
денної форми навчання

Луцьк
РВВ Луцького НТУ
2015

УДК 621.3 (07)
Е 85

До друку _____ Голова Навчально-методичної ради Луцького НТУ

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій Луцького НТУ

_____ директор бібліотеки.

Затверджено Навчально-методичною радою Луцького НТУ,
протокол № _ від « » _____ 2015 року.

Рекомендовано до видання Навчально-методичною радою Технічного коледжу Луцького НТУ, протокол № _ від « » _____ 2015 року.
_____ Голова Навчально-методичної ради коледжу

Розглянуто і схвалено на засіданні циклової комісії викладачів зі спеціальності «Електропостачання» Технічного коледжу Луцького НТУ, протокол № _ від « » _____ 2015 року.

Укладач: _____ В.В. Лишук, кандидат технічних наук, доцент Луцького НТУ

Рецензент: _____ А.М. Падалко, кандидат фізико-математичних наук, доцент Луцького НТУ

Відповідальний

за випуск _____ Т.М. Бондарук, заст. дир. з НВЧ Технічного коледжу Луцького НТУ

Електричні машини [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять для студентів напряму 5.050701 «Електротехніка та електротехнології» денної форми навчання /уклад. Лишук В.В. – Луцьк: Технічний коледж Луцького НТУ, 2015. – 64 с.

Призначене для студентів напряму підготовки 5.050701 «Електротехніка та електротехнології» денної форми навчання.

© В.В. Лишук, 2015

Передмова

Зростання використання електричної енергії в усіх галузях людської діяльності призводить до зростання її виробництва. Це вимагає нарощення потужностей генераторів електростанцій та розвитку систем передачі та розподілу електроенергії, що призводить до вилучення значних земельних площ для спорудження електростанцій та електричних ліній. Останнє негативно впливає на довкілля: збільшуються шкідливі викиди, забруднюються водоймища тощо. Ось тому перед фахівцями-електроенергетиками постають проблеми зменшення негативного впливу електроенергетики на довкілля при одночасному забезпеченні комфортних умов життя людини.

Електрична енергія виробляється за допомогою генераторів, які перетворюють механічну енергію в електричну, встановлених на теплових або гідроелектростанціях. Підвищення чи зменшення напруги в лініях електропередач, яке необхідне для зменшення втрат або забезпечення необхідного рівня, що вимагає споживач, здійснюється за допомогою трансформаторів. Електричні двигуни постійного і змінного струмів перетворюють електричну енергію в механічну.

Теорія, конструкція, експлуатація генераторів, трансформаторів та електродвигунів вивчається в курсі „Електричні машини”. Вивчення даного курсу забезпечить можливість раціональної побудови та ощадної експлуатації електричних станцій, ліній електропередач і розподільчих мереж, а також сформує теоретичну базу для ощадного використання електроенергії споживачами та правильного використання електрообладнання.

Крім цього, знання, набуті при вивченні курсу електричних машин їх властивостей і характеристик, є базою для подальшого вивчення багатьох фахових дисциплін.

Дане навчально-методичне видання призначене для студентів денної форми навчання за спеціальністю „Електропостачання” як методичні вказівки при вивченні дисципліни „Електричні машини”.

1. Методичні вказівки до вивчення розділів курсу

1.1. Вступ

Основні етапи розвитку електричних машин, їх роль і значення в сучасній техніці та електроенергетиці. Класифікація, номінальні дані та конструкції електричних машин. Матеріали, що використовуються в електромашинобудуванні. Закони електромеханіки.

Література: [1,с.8-27; 3,с.11-20; 5,с.6-19; 9,с.5-16, 21-23, 490-496, 701-703]

Запитання для самоконтролю

- За якими ознаками класифікують електричні машини?
- Які величини називають номінальними величинами електричних машин?
- Які матеріали відносять до активних, ізоляційних, конструктивних?
- Назвіть класи нагрівостійкості ізоляційних матеріалів.
- Назвіть закони електромеханіки.

Методичні рекомендації до вивчення розділу

Під час вивчення вступу до дисципліни „Електричні машини” необхідно звернути увагу на: основні етапи історії розвитку електричних машин; вклад українських та російських вчених у розвиток електромашинобудування; конструкцію, класифікацію та номінальні дані електричних машин; закони електромеханіки.

Після вивчення цього розділу студенти повинні:

- Знати структуру курсу електричних машин та його зв'язок з іншими дисциплінами, основні етапи розвитку електромашинобудування, закони електромеханіки, класифікацію та номінальні дані електричних машин.
- Розуміти, що режим роботи електричної машини визначається не тільки видом енергетичного процесу, що протікає в ній, але й має кількісну оцінку (потужність, напруга, струм, ККД, тощо).
- Вміти обґрунтувати значення робіт вчених у розвитку електричних машин як науки, пояснити особливості конструкцій електричних машин, пов'язаних з різними факторами.

1.2. Трансформатори

1.2.1. Основні відомості про трансформатори. Призначення, сфера застосування і номінальні дані трансформаторів. Конструкції магнітопроводів та обмоток трансформаторів. Охолодження трансформаторів.

Література: [1, с.28-48; 3, с.241-262; 5, с.21-33; 9, с.18-28]

Запитання для самоконтролю

- Призначення та сфери застосування трансформаторів.
- Поясніть принципи роботи трансформатора.
- Назвіть конструкції магнітопроводів та обмоток трансформаторів.
- Назвіть величини, що вказують у паспорті трансформатора.
- Що називають коефіцієнтом трансформації трансформатора?
- Для чого потрібні відводи трансформаторів?
- Як відбувається охолодження трансформаторів?

1.2.2. Електромагнітні процеси в трансформаторі при неробочому ході. Рівняння напруг трансформатора при неробочому ході. Векторна діаграма напруг. Намагнічуючий струм і струм неробочого ходу трансформатора. Заступна схема та втрати в трансформаторі при неробочому ході. Дослід неробочого ходу трансформатора.

Література: [1, с.49-52; 3, с.278-294; 5, с.34-42; 9, с.33-43].

Запитання для самоконтролю

- Від чого залежить величина магнітного потоку в трансформаторі?
- Що таке намагнічуючий струм і струм неробочого ходу трансформатора?
- Нарисуйте заступну схему трансформатора при неробочому ході.
- Для визначення яких величин використовують дослід неробочого ходу трансформатора?
- Нарисуйте схему дослід неробочого ходу трансформатора.

1.2.3. Електромагнітні процеси в трансформаторі при навантаженні. Магнітне поле і рівняння магніторушійних сил трансформатора при навантаженні. Рівняння напруг обмоток

трансформатора при навантаженні. Зведення вторинних величин до первинної обмотки. Заступна схема та векторна діаграма трансформатора при навантаженні. Дослід короткого замикання трансформатора.

Література: [1, с.58-61; 3, с.298-301; 5, с.43-51].

Запитання для самоконтролю

- Запишіть рівняння електричної рівноваги трансформатора при навантаженні.
- Запишіть рівняння магнітного стану трансформатора при навантаженні.
- Чому відбувається зведення вторинних величин до первинної обмотки?
- Нарисуйте заступну схему та векторну діаграму трансформатора при активно-індуктивному навантаженні.
- Яка мета та умови проведення досліду короткого замикання трансформатора?
- Нарисуйте схему досліду короткого замикання однофазного трансформатора?

1.2.4. Характеристики трансформаторів. Зміна вторинної напруги трансформатора при навантаженні. Регулювання вторинної напруги та зовнішні характеристики трансформатора. Розрахунок магнітного кола, втрати потужності та коефіцієнт корисної дії трансформатора.

Література: [1, с.68-73; 3, с.267-270, 308-311; 5, с.52-64].

Запитання для самоконтролю

- Як визначається зміна вторинної напруги трансформатора при навантаженні?
- Поясніть як здійснюється регулювання напруги трансформаторів під навантаженням і без навантаження.
- Що таке зовнішня характеристика трансформатора?
- Для чого проводиться розрахунок магнітного кола трансформатора?
- Назвіть втрати, які виникають у трансформаторі, від чого вони залежать та запишіть вираз для визначення коефіцієнта корисної дії.

1.2.5. Трифазні трансформатори. Магнітні системи і способи з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Групи з'єднань обмоток трансформаторів. Паралельна робота трансформаторів.

Література: [1, с.74-83, 92-96; 3, с.245-257, 311-316; 5, с.64-74].

Запитання для самоконтролю

- Назвіть конструкції магнітопроводів трифазних трансформаторів.
- Які існують схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів?
- Які групи з'єднань передбачені держстандартами?
- Як експериментально визначити групу з'єднань обмоток трансформатора?
- Назвіть умови вмикання трансформаторів на паралельну роботу.
- Як розподіляється навантаження між паралельно ввімкненими трансформаторами з різними напругами короткого замикання?

1.2.6. Трансформатори спеціального призначення. Автотрансформатори. Триобмотковий трансформатор. Вимірювальні трансформатори напруги і струму. Інші трансформатори спеціального призначення.

Література: [1, с.117-130; 3, с.345-356; 5, с.74-84].

Запитання для самоконтролю

- Поясніть будову триобмоткового трансформатора, накресліть його заступну схему.
- Поясніть будову та принципи роботи автотрансформатора.
- Призначення, схема вмикання та особливості роботи вимірювальних трансформаторів напруги та струму.
- Назвіть особливості роботи зварювальних трансформаторів, пік-трансформаторів, височастотних трансформаторів.

1.2.7. Несиметричне навантаження трифазних трансформаторів. Використання методу симетричних складових для аналізу несиметричних режимів роботи трансформаторів. Несиметричне навантаження трансформаторів за наявності та відсутності струмів нульової послідовності. Експериментальне визначення опору нульової послідовності.

Література: [1, с.112-116; 3, с.317-328; 5, с.85-95]

Запитання для самоконтролю

- За допомогою якого методу проводять дослідження несиметричних режимів трансформатора? В чому полягає суть цього методу?
- За наявності яких факторів появляються струми нульової послідовності при різних схемах з'єднань обмоток?
- Опишіть дію струмів нульової послідовності зі схемою з'єднань обмоток Y/Y_n .
- Опишіть дію струмів нульової послідовності зі схемою з'єднань обмоток Δ/Y_n .
- Як експериментально визначають опір нульової послідовності?

1.2.8. Перехідні процеси в трансформаторі. Перехідні процеси в трансформаторі при короткому замиканні на затискачах вторинної обмотки та при вмиканні ненавантаженого трансформатора в мережу. Перенапруги в трансформаторах.

Література: [1, с.101-111; 3, с.329-344; 5, с.96-106].

Запитання для самоконтролю

- Опишіть перехідні процеси в трансформаторі при короткому замиканні.
- Опишіть перехідні процеси при вмиканні ненавантаженого трансформатора в мережу.
- Який захист використовують від грозових перенапруг в електромережах?

Методичні рекомендації до вивчення розділу

Принцип роботи трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції, що забезпечує виникнення ЕРС в обмотках трансформатора. Необхідно звернути увагу на те, що передача електричної енергії від первинної обмотки до вторинної відбувається за рахунок магнітного поля. При цьому магнітний потік залишається незмінним при зміні навантаження трансформатора від неробочого ходу до номінального .

Векторна діаграма та заступна схема трансформатора дають можливість краще зрозуміти вплив навантаження трансформатора на його зовнішні характеристики.

При вивченні трифазних трансформаторів необхідно звернути увагу на їх конструкцію, групи з'єднання обмоток, умови вмикання на паралельну роботу.

При вивченні трансформаторів спеціального призначення необхідно розібратися в схемах їх вмикання.

Після вивчення цього розділу студенти повинні:

- Знати конструкцію однофазних та трифазних трансформаторів, їх характеристики та способи охолодження; схеми вмикання автотрансформаторів та вимірювальних трансформаторів струму та напруги.
- Розуміти принцип роботи трансформатора; побудову його векторних діаграм при неробочому ході та навантаженні; розподіл витрат енергії у трансформаторі; роль групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора при вмиканні його на паралельну роботу.
- Вміти визначати коефіцієнт корисної дії при різних навантаженнях; експериментально визначити групу з'єднань обмоток; вмикати електровимірювальні прилади через вимірювальні трансформатори.

Задачі до розділу „Трансформатори”

Задача 1.2.1. Чому дорівнює ККД трансформатора, якщо загальні втрати складають 5% від корисної потужності?

Задача 1.2.2. Первинна напруга трансформатора $U_1 = 6000 \text{ В}$, а вторинна $U_2 = 400 \text{ В}$. Для визначення числа витків первинної і вторинної обмоток намотали додаткову обмотку з числом витків $W_d = 15$. Напруга на затискачах додаткової обмотки $U_d = 120 \text{ В}$ в режимі неробочого ходу. Визначити числа витків первинної W_1 і вторинної W_2 обмоток.

Задача 1.2.3. Однофазний трансформатор працює в режимі неробочого ходу. Напруги обмоток: $U_1 = 6000 \text{ В}$, $U_2 = 400 \text{ В}$. Потужність втрат $P_0 = 1300 \text{ Вт}$ при струмі $I_{10} = 2 \text{ А}$. Визначити коефіцієнти потужності та трансформації.

Задача 1.2.4. Визначити площу перерізу магнітопроводу S понижувального трансформатора з коефіцієнтом трансформації $n = 45$

і під'єданого до мережі напругою $U_1 = 10 \text{ кВ}$, $f = 50 \text{ Гц}$, якщо індукція в магнітопроводі $B = 1 \text{ Тл}$, а число витків вторинної обмотки $W_2 = 200$.

Задача 1.2.5. При повному навантаженні трансформатор працює 7 годин на добу, а решта часу – в режимі неробочого ходу. Визначити річний ККД $\eta_{р\text{чн}}$ трансформатора, якщо корисна потужність його $P_2 = 10 \text{ кВт}$. Втрати в сталі складають 3% , а втрати в міді 2% від потужності P_2 . Тривалість року 365 днів.

Задача 1.2.6. Яку кількість витків має первинна W_1 і вторинна W_2 обмотки трансформатора, під'єданого до мережі змінної напруги $U_1 = 380 \text{ В}$, якщо в режимі неробочого ходу напруга на вторинній обмотці $U_2 = 38 \text{ В}$, а магнітний потік у сердечнику $\Phi = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$?

Задача 1.2.7. Однофазний трансформатор номінальною потужністю $S_H = 1 \text{ кВА}$ має номінальні напруги на обмотках: $U_{1H} = 400 \text{ В}$ і $U_{2H} = 80 \text{ В}$. Потужність втрат у режимі неробочого ходу $P_0 = 100 \text{ Вт}$, у режимі короткого замикання $P_K = 150 \text{ Вт}$. Визначити площу поперечного перерізу провідника $S_{пр}$ вторинної обмотки, щоб густина струму j не перевищувала 4 А/мм^2 , і ККД трансформатора η при $\cos \varphi_2 = 0,8$ та заданих втратах.

Задача 1.2.8. Для однофазного трансформатора з такими даними: $S_H = 5 \text{ кВА}$, $U_{1H} = 3000 \text{ В}$, $U_{2H} = 220 \text{ В}$, $P_0 = 60 \text{ Вт}$, $P_K = 150 \text{ Вт}$, $I_{10} = 10\%$, $U_K = 5\%$. Визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при номінальному активному навантаженні.

Задача 1.2.9. Первинна обмотка автотрансформатора має $W_1 = 700$ витків і ввімкнена в мережу напругою $U_1 = 380 \text{ В}$. Яку напругу U_2 можна отримати на вторинній обмотці, якщо $W_2 = 300$?

Задача 1.2.10. Два трансформатори з однаковими номінальними потужностями $S_{H1} = S_{H11} = 100 \text{ кВа}$, але різними напругами короткого замикання ($U_{K1} = 5,5\%$; $U_{K11} = 7\%$) ввімкнені на паралельну роботу. Як розподілиться навантаження між ними?

1.3. Асинхронні машини

1.3.1. Загальні відомості про асинхронні машини. Области використання, конструкція та принцип роботи асинхронних машин. Трифазна асинхронна машина при нерухомому роторі. Робота асинхронної машини з загальмованим ротором як фазорегулятор та індукційний регулятор.

Література: [1, с.178-188; 3, с.477-485; 5, с.144-155].

Запитання для самоконтролю

- Опишіть конструкцію та принцип роботи асинхронних машин.
- Опишіть фізичні процеси, що відбуваються в асинхронній машині з нерухомим ротором при неробочому ході та навантаженні.
- Поясніть принцип роботи асинхронної машини як фазорегулятора та індукційного регулятора.

1.3.2. Електромагнітні процеси в асинхронній машині при рухомому роторі. Заміна обертового ротора нерухомим. Механічна характеристика та стійкість роботи асинхронного двигуна. Робочі характеристики асинхронного двигуна.

Література: [1, с.204-213; 3, с.511-525; 5, с.156-168].

Запитання для самоконтролю

- У чому полягає суть заміни обертового ротора нерухомим?
- Накресліть T і Γ – подібні заступні схеми асинхронної машини.
- Намалуйте енергетичну діаграму асинхронного двигуна.
- Дайте визначення електромагнітної, механічної та корисної потужностей.
- Виведіть формулу для визначення електромагнітного моменту асинхронного двигуна.
- Запишіть вираз для обчислення електромагнітного моменту асинхронного двигуна за величиною максимального моменту (формула Клосса).
- Що називають механічною характеристикою асинхронного двигуна? Нарисуйте її та покажіть характерні точки.
- Покажіть область стійкої роботи асинхронного двигуна на механічній характеристиці.
- Які залежності називають робочими характеристиками?

- Нарисуйте робочі характеристики та поясніть їх вигляд.

1.3.3. Пуск асинхронних двигунів. Пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим та фазним ротором. Асинхронні двигуни з покращеними пусковими характеристиками.

Література: [1, с.214-221; 3, с.566-572; 5, с.169-174].

Запитання для самоконтролю

- Які існують способи пуску асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором?
- Як відбувається пуск асинхронного двигуна з фазним ротором?
- Поясніть принципи роботи глибокопазного асинхронного двигуна.
- Опишіть будову та принцип роботи двокліткового асинхронного двигуна.

1.3.4. Регулювання швидкості обертання та гальмівні режими роботи асинхронних двигунів. Регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим та фазним ротором. Гальмівні режими роботи асинхронного двигуна.

Література: [1, с.223-232; 3, с.573-584; 5, с.177-189]

Запитання для самоконтролю

- Назвіть можливі способи регулювання швидкості ротора асинхронного двигуна.
- Наведіть способи регулювання швидкості обертання двигунів із фазним ротором.
- Назвіть гальмівні режими роботи асинхронних двигунів.
- Що таке рекуперативне гальмування?
- У чому полягає суть гальмування противмиканням?
- Як здійснюють динамічне гальмування?

1.3.5. Однофазні асинхронні двигуни. Однофазний конденсаторний двигун. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі. Однофазні двигуни з екранованими полюсами.

Література: [1, с.248-250; 3, с.605-614; 5, с.198-207].

Запитання для самоконтролю

- Будова та принцип роботи однофазного конденсаторного двигуна.
- Опишіть роботу трифазного асинхронного двигуна в однофазному режимі.
- Розкажіть будову та принцип роботи однофазного асинхронного двигуна з екранованими полюсами.

Методичні рекомендації до вивчення розділу

Нині асинхронні двигуни є найбільш розповсюджені завдяки малій вартості та надійності. Принцип роботи асинхронного двигуна ґрунтується на використанні обертового магнітного поля. Варто зазначити, що фізичні процеси в асинхронних двигунах описуються рівняннями електричної і магнітної рівноваги, що аналогічні рівнянням трансформатора. Відмінна особливість цих рівнянь пов'язана з наявністю величини, яка називається ковзанням.

При вивченні рівняння електромагнітного моменту доцільно звернути увагу на квадратичну залежність електромагнітного моменту від напруги живлення, а також на вплив додаткових опорів у колі ротора на пусковий момент і струм двигуна.

Вивчаючи питання пуску, регулювання швидкості обертання, та гальмівні режими доцільно вивчити характер зміни механічних характеристик при різних режимах.

Після вивчення цього розділу студенти повинні:

- Знати будову трифазних асинхронних двигунів з фазним та короткозамкненим ротором; способи пуску, регулювання швидкості обертання та гальмівні режими роботи асинхронних двигунів; механічні та робочі характеристики.
- Розуміти електромагнітні процеси в трифазному асинхронному двигуні; фактори, що впливають на швидкість обертання ротора.
- Вміти під'єднати трифазний асинхронний двигун до мережі живлення і провести його пуск; змінити напрям обертання ротора; визначити за каталожними даними номінальний, максимальний і пусковий момент, пусковий струм, номінальне ковзання.

Задачі до розділу „Асинхронні машини”

Задача 1.3.1. Номінальна швидкість обертання асинхронного двигуна $n_{2H} = 1440 \text{ об/хв}$. Визначити число пар полюсів p обмотки статора двигуна, номінальне ковзання s_H , частоту ЕРС в обмотці ротора f_{2H} для номінальної швидкості обертання, якщо частота напруги живлення $f_1 = 50 \text{ Гц}$.

Задача 1.3.2. Число витків фази обмотки статора асинхронного двигуна $W_1 = 85$, ротора $W_2 = 70$, а обмоткові коефіцієнти відповідно дорівнюють: $K_{\sigma 01} = 0,95$ і $K_{\sigma 02} = 0,96$. Визначити електрорушійні сили, що індукуються у фазах обмоток статора E_1 і ротора E_2 двигуна у нерухомому роторі та за умови обертання його з ковзанням $s = 0,03$, якщо магнітний потік $\Phi = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$. Двигун під'єднаний до мережі змінного струму частотою $f_1 = 50 \text{ Гц}$.

Задача 1.3.3. При зміні частоти напруги живлення у 2 рази швидкість обертання магнітного поля асинхронного двигуна збільшилася на 600 об/хв . Двигун має обмотку з числом пар полюсів $p = 4$. Яка була початкова частота f_1 напруги живлення?

Задача 1.3.4. Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором споживає з мережі потужність 3 кВт зі струмом статора $I_1 = 15 \text{ А}$ і напрузі $U_1 = 220 \text{ В}$. Визначити ККД η і $\cos \varphi_1$, якщо корисна потужність двигуна $P_2 = 2,4 \text{ кВт}$.

Задача 1.3.5. Асинхронний двигун розвиває номінальну потужність $P_{2H} = 60 \text{ кВт}$ при номінальній швидкості обертання ротора $n_{2H} = 1460 \text{ об/хв}$. Перевантажувальна здатність $K_M = M_{\max} / M_H = 2,1$. Вивести залежність між обертовим моментом M і ковзанням s .

Задача 1.3.6. Напруга живлення асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором зменшилась на 20%. Як зміниться обертовий момент асинхронного двигуна?

Задача 1.3.7. Трифазний асинхронний двигун з фазним ротором має такі параметри: $P_{2H} = 5,8 \text{ кВт}$, $U_{1H} = 380 / 220 \text{ В}$, з'єднання

обмоток статора Y/Δ , $n_{2H} = 1450 \text{ об/хв}$, $\cos \varphi_{1H} = 0,7$, $\eta_H = 0,8$.
Визначити: потужність P_1 , що споживає двигун; струми в обмотці статора при з'єднанні обмоток зіркою I_{1Y} і трикутником $I_{1\Delta}$; обертовий момент і ковзання при номінальному режимі роботи.

Задача 1.3.8. За умови обертання ротора асинхронного двигуна з швидкістю $n_{2H} = 900 \text{ об/хв}$ потужність, що споживає двигун, $P_1 = 22 \text{ кВт}$, а сумарна потужність втрат $\Delta P = 2,5 \text{ кВт}$. Визначити ковзання двигуна і його ККД, якщо $p = 3$.

Задача 1.3.9. За умови збільшення споживаної потужності асинхронного двигуна в 2 рази, ККД збільшився на 10%. Визначити початкову величину P_1 і η , якщо сума втрат $\Delta P = 0,6 \text{ кВт}$.

Задача 1.3.10. Ковзання чотириполюсного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором змінюється від 30% до 50% зі зміною навантаження. Визначити діапазон зміни швидкості ротора, якщо $f_1 = 50 \text{ Гц}$.

1.4. Синхронні машини

1.4.1. Загальні питання синхронних машин. Конструктивні схеми і принцип роботи синхронної машини. Охолодження синхронних машин. Системи збудження синхронних машин.

Література: [2, с.45-59; 5, с.208-219; 9, с.490-512].

Запитання для самоконтролю

- Опишіть конструкції і принцип роботи синхронних машин.
- Розкажіть про охолодження синхронних машин.
- Що таке електромашинна та вентильна системи збудження?

1.4.2. Електромагнітні процеси в синхронному генераторі при неробочому ході. Робота синхронного генератора при неробочому ході. Розрахунок магнітного кола синхронних машин при неробочому ході.

Література: [2, с.60-63; 9, с.513-529; 5, с.220-228].

Запитання для самоконтролю

- За якою формулою визначають діюче значення електрорушійної сили обмотки якоря?
- Якими коефіцієнтами характеризується магнітне поле обмотки збудження?
- За яким алгоритмом відбувається розрахунок магнітного кола синхронних машин у режимі неробочого ходу?

1.4.3. Електромагнітні процеси в синхронному генераторі при навантаженні. Реакція якоря синхронного генератора. Векторні діаграми неявнополюсного та явнополюсного синхронних генераторів з урахуванням та без урахування насичення магнітного кола.

Література: [2, с.64-73; 5, с.229-245; 9, с.544-562].

Запитання для самоконтролю

- Що таке реакція якоря?
- Від чого залежить напрям реакції якоря?
- Запишіть рівняння електричної рівноваги обмотки якоря для явнополюсного і неявнополюсного синхронного генератора.
- Побудуйте векторні діаграми напруг неявнополюсного і явнополюсного синхронного генератора, якщо задані: напруга обмотки якоря, струм якоря, кут φ і параметри машини.
- Як враховують насичення магнітного кола у векторних діаграмах синхронних генераторів?

1.4.4. Параметри і характеристики синхронного генератора при автономному навантаженні. Характеристики синхронного генератора при роботі на автономне навантаження. Визначення індуктивних опорів синхронної машини.

Література: [2, с.74-75; 9, с.569-582; 5, с.246-257].

Запитання для самоконтролю

- Що називають характеристикою неробочого ходу синхронного генератора та який вона має вигляд?
- Яку характеристику називають характеристикою короткого замикання синхронного генератора та який вона має вигляд?

- Що називають зовнішньою характеристикою синхронного генератора? Який вигляд вона має для активного, індуктивного і ємнісного навантаження?
- Що називають регулювальною характеристикою синхронного генератора? Як залежить вигляд цієї характеристики від характеру навантаження?
- Як визначаються індуктивні опори X_d , X_q , X_σ ?

1.4.5. Паралельна робота синхронних генераторів. Вмикання синхронного генератора на паралельну роботу. Регулювання активної і реактивної потужностей генератора, що працює паралельно з мережею. Потужність, електромагнітний момент, статична стійкість та режими роботи синхронного генератора при паралельній роботі з мережею.

Література: [2, с.80-93; 5, с.258-274; 9, с.586-605].

Запитання для самоконтролю

- Назвіть умови вмикання синхронного генератора на паралельну роботу з мережею.
- У яких випадках використовують грубу синхронізацію та як вона виконується?
- Як навантажити ввімкнену в мережу синхронну машину реактивною потужністю?
- Як навантажити ввімкнену в мережу синхронну машину активною потужністю у режимі генератора та двигуна?
- Намалуйте куту характеристику активної потужності неявнополосної та явнополосної синхронної машини.
- Як залежать максимальний момент синхронної машини при роботі її паралельно з мережею від напруги мережі та струму збудження?
- Що називають статичною переважувальною здатністю синхронної машини та від чого вона залежить?
- Дайте означення V-подібної характеристики, поясніть характерні точки та її вигляд.

1.4.6. Синхронні двигуни. Робота синхронної машини в режимі двигуна. Характеристики синхронного двигуна. Пуск та регулювання швидкості обертання ротора синхронного двигуна. Синхронний компенсатор.

Література: [2, с.99-113; 3, с.743-750; 5, с.275-284].

Запитання для самоконтролю

- Назвіть переваги й недоліки синхронних двигунів порівняно з асинхронними.
- Назвіть характеристики синхронних двигунів.
- Які існують способи пуску синхронних двигунів?
- Як регулюють швидкість обертання ротора синхронного двигуна?
- Для чого використовують синхронний компенсатор?

Методичні рекомендації до вивчення розділу

Оскільки вся електрична енергія виробляється на електричних станціях синхронними машинами, то особливу увагу слід звернути на конструкцію ротора: неявнополюсну (турбогенератор) і явнополюсну (гідрогенератор). При навантаженні синхронної машини осі полюсів статора і ротора розходяться на кут що визначається навантаженням. Якщо цей кут досягає критичного значення, ротор випадає із синхронізму. При вивченні механічних і робочих характеристик синхронного двигуна необхідно звернути увагу на його перевантажувальну здатність, залежність коефіцієнта потужності від навантаження та струму збудження. Широкого практичного використання набули синхронні машини спеціального виконання. Зверніть увагу на їх будову та сфери застосування.

Після вивчення цього розділу студенти повинні:

- Знати будову синхронних машин з явно та неявно вираженими полюсами; принцип їх роботи в режимі генератора та двигуна; кутові, механічні та робочі характеристики; способи регулювання коефіцієнта потужності двигуна.
- Розуміти електромагнітні процеси в синхронних машинах; залежність моменту від кута між осями полюсів статора і ротора; роль короткозамкненої обмотки ротора трифазного синхронного двигуна.
- Вміти визначити конструкцію явно та неявнополюсної синхронної машини; оцінити вплив коефіцієнта потужності синхронного двигуна на економію електричної енергії.

Задачі до розділу „Синхронні машини”

Задача 1.4.1. Вольтметр, що під'єднаний до фазних затискачів синхронного генератора з внутрішнім опором обмотки якоря $0,2 \text{ Ом}$, при неробочому ході показує 232 В . Визначити покази вольтметра у навантаженій фазі генератора струмами 50 А і 100 А при постійних ЕРС та опорі обмотки якоря.

Задача 1.4.2. Обмотка статора синхронного генератора з'єднана трикутником. Для вимірювання опору фазної обмотки використали два затискачі та джерело постійної напруги. Покази амперметра дорівнювали 1 А , вольтметра – 2 В . Визначити опір R кожної фазної обмотки.

Задача 1.4.3. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при зменшенні: а) струму збудження на 5% ; б) частоти напруги живлення на 5% ?

Задача 1.4.4. Синхронний генератор має 12 пар полюсів і обертається зі швидкістю 1200 об/хв . Скільки раз за секунду змінює свій напрям струм, що протікає по фазній обмотці генератора?

Задача 1.4.5. Яке число обертів за хвилину можна допустити для ротора турбогенератора, якщо допустима лінійна швидкість $V_d = 50 \text{ м/с}$, а діаметр ротора $D = 1,1 \text{ м}$?

Задача 1.4.6. Визначити ЕРС фази синхронного генератора, якщо: $W_1 = 15$; $K_{ос1} = 0,91$; $f = 50 \text{ Гц}$; $\Phi = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$.

Задача 1.4.7. Сумарна потужність втрат у синхронному двигуні $\Delta P = 0,2 \text{ кВт}$. Яку потужність споживає двигун із мережі, якщо $\eta = 0,95$?

Задача 1.4.8. Яке число полюсів $2p$ повинен мати синхронний генератор при частоті ЕРС $f = 50 \text{ Гц}$, якщо його ротор обертається зі швидкістю 300 об/хв ?

Задача 1.4.9. Визначити корисну потужність, що віддає синхронний генератор за умови симетричного навантаження, якщо кут між векторами фазних напруги та струму $\varphi_\phi = 90^\circ$.

Задача 1.4.10. При магнітному потоці $\Phi = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$ у фазі обмотки статора при неробочому ході синхронного генератора індукується ЕРС $E = 30 \text{ В}$ частотою $f = 50 \text{ Гц}$. Яке число витків W_1 фазної обмотки, якщо обмотковий коефіцієнт $K_{об1} = 0,91$?

1.5. Машини постійного струму

1.5.1. Загальні питання машин постійного струму. Будова, принцип роботи і конструкція машин постійного струму. Електро-рушійна сила обмотки якоря і електромагнітний момент машини постійного струму.

Література: [2, с.151-160; 3, с.27-38; 5, с.313-323].

Запитання для самоконтролю

- Поясніть принцип роботи машини постійного струму у режимах двигуна та генератора.
- Яку форму мають електрорушійна сила та струм в обмотці якоря і зовнішньому колі?
- За якими формулами визначають електрорушійну силу обмотки якоря і електромагнітний момент машини постійного струму?

1.5.2. Якірні обмотки машин постійного струму. Класифікація обмоток машин постійного струму та їх елементи. Проста петльова обмотка. Проста хвильова обмотка.

Література: [2, с.161-167; 3, с.53-89; 5, с.324-330].

Запитання для самоконтролю

- Що називають секцією обмотки?
- Що таке елементарний паз, реальний паз?
- Що називають першим і другим частковим кроком, результируючим кроком та кроком по колектору?
- Покажіть їх на прикладі простої петльової обмотки.
- Петльова та хвильова обмотки. У чому їх відмінність?
- Для чого призначені зрівнювальні з'єднання, в яких обмотках їх використовують?

1.5.3. Реакція якоря в машинах постійного струму. Поперечна та поздовжня реакція якоря. Круговий вогонь на колекторі.
Література: [2, с.168-175; 3, с.99-109; 5, с.331-340].

Запитання для самоконтролю

- Що таке реакція якоря?
- У яких випадках виникає поздовжня реакція якоря? Як вона впливає на магнітний потік полюсів?
- Для чого використовують компенсаційну обмотку, де вона розташовується, як вмикається?
- Коли виникає круговий вогонь на колекторі?

1.5.4. Комутація струму в машинах постійного струму. Загальні відомості про комутацію. Рівняння комутаційного процесу. Види комутації. Основні способи покращення комутації. Експериментальне налагодження комутації.

Література: [2, с.176-203; 3, с.110-138; 5, с.341-352].

Запитання для самоконтролю

- Назвіть причини, які можуть спричинити іскріння під щітками.
- Які процеси відбуваються у секції при переході її з однієї паралельної вітки в іншу?
- Що таке сповільнена та прискорена комутація?
- Які є способи покращення комутації?
- Призначення та конструкція додаткових полюсів. Де їх розташовують та як вони з'єднуються з обмоткою якоря?
- Як експериментально відбувається налагодження комутації?

1.5.5. Генератори постійного струму. Класифікація генераторів постійного струму за способами збудження. Характеристики генераторів постійного струму. Паралельна робота генераторів постійного струму.

Література: [2, с.204-216; 3, с.172-199; 5, с.353-369].

Запитання для самоконтролю

- Як класифікують генератори постійного струму за способами збудження?

- Назвіть основні характеристики генераторів постійного струму.
- Що називають характеристикою неробочого ходу? Який вигляд вона має?
- Що називають зовнішньою характеристикою? Нарисуйте зовнішні характеристики генераторів постійного струму незалежного та паралельного збудження, поясніть їх вигляд.
- Що називають регулювальною характеристикою генератора постійного струму?
- Сформулюйте умови самозбудження генератора з паралельним збудженням. Поясніть процес самозбудження.
- Сформулюйте умови вмикання генераторів постійного струму на паралельну роботу.

1.5.6. Двигуни постійного струму. Класифікація двигунів постійного струму за способами збудження. Характеристики двигунів постійного струму. Пуск, регулювання швидкості обертання та гальмівні режими роботи двигунів постійного струму.

Література: [2, с.217-242; 3, с.200-225; 5, с.163-184].

Запитання для самоконтролю

- Накресліть електричні схеми двигунів постійного струму з різними способами збудження.
- За якими характеристиками оцінюють робочі властивості двигунів постійного струму?
- Нарисуйте механічні характеристики двигунів із різними способами збудження, поясніть їх вигляд.
- Як здійснюють пуск двигунів постійного струму?
- Чому не можна допускати розриву кола збудження двигуна з паралельним збудженням?
- Які є способи регулювання швидкості обертання двигунів постійного струму? У чому їх переваги і недоліки?
- Де використовують двигуни з послідовним збудженням? У чому їх переваги порівняно з двигунами паралельного збудження?
- Назвіть електричні способи гальмування двигунів постійного струму.

Методичні рекомендації до вивчення розділу

Вивчаючи будову і принцип роботи машин постійного струму необхідно звернути увагу на роль колектора в цих машинах, різні способи збудження.

Аналізуючи основні рівняння, що характеризують роботу машин постійного струму, необхідно усвідомити, що при незмінному струмі збудження ЕРС пропорційна швидкості обертання, а електромагнітний момент – струму якоря. Причини іскріння на колекторі пов'язані з реакцією якоря.

Зверніть увагу на можливість широкого, плавного і економічного регулювання швидкості обертання ротора двигунів постійного струму та використання цього в регульованих електроприводах.

Після вивчення цього розділу студенти повинні:

- Знати будову машин постійного струму і способи їх збудження; способи регулювання швидкості двигунів постійного струму та напруги генератора; як змінити напрям обертання якоря.
- Розуміти електромагнітні процеси в машинах постійного струму, роль послідовної обмотки збудження та додаткових полюсів, особливості пуску двигунів постійного струму.
- Вміти під'єднати двигун постійного струму до мережі живлення, експериментально визначити характеристики двигуна, під'єднати колекторний двигун до мережі постійної та змінної напруги.

Задачі до розділу „Машини постійного струму”

Задача 1.5.1. При збільшенні швидкості обертання генератора постійного струму в 2 рази ЕРС збільшилась на 50 В. Визначити початкову величину ЕРС E_H при номінальному незмінному потоці.

Задача 1.5.2. У генераторі паралельного збудження $I_3 = 3 \text{ A}$. Визначити напругу U на затискачах генератора, якщо $R_3 = 5 \text{ Ом}$, опір регульовального реостата $R_p = 35 \text{ Ом}$.

Задача 1.5.3. Генератор паралельного збудження має напругу на затискачах $U = 240 \text{ В}$ при струмі навантаження $I = 150 \text{ A}$. Опір кола обмотки збудження $R_3 = 57,6 \text{ Ом}$, а опір кола якоря $R_{\text{я}} = 0,15 \text{ Ом}$.

Втрати у сталі в цьому режимі дорівнюють $P_C = 2800 \text{ Вт}$, а механічні та додаткові $P_M = 1200 \text{ Вт}$. Визначити потужність первинного двигуна P_1 і ККД генератора η .

Задача 1.5.4. Визначити номінальну швидкість обертання двигуна постійного струму послідовного збудження за паспортними даними: $P_H = 1414 \text{ кВт}$; $U_H = 440 \text{ В}$; $\eta_H = 0,83$, якщо задано $R_{\text{я}} = 0,3 \text{ Ом}$, $R_3 = 0,7 \text{ Ом}$, $c_E \Phi = 0,4 \text{ Вб}$.

Задача 1.5.5. Визначити потужність P_1 , яку споживає двигун паралельного збудження при номінальному навантаженні, якщо $U_H = 110 \text{ В}$, $I_{\text{яH}} = 10 \text{ А}$, $R_3 = 110 \text{ Ом}$.

Задача 1.5.6. Визначити номінальну потужність генератора з паралельним збудженням при заданих параметрах: $U_H = 110 \text{ В}$, $I_{\text{яH}} = 10 \text{ А}$, $R_3 = 110 \text{ Ом}$.

Задача 1.5.7. Визначити опір обмотки якоря двигуна постійного струму з паралельним збудженням і номінальними даними: $U_H = 110 \text{ В}$, $I_{\text{яH}} = 50 \text{ А}$, $E_{\text{яH}} = 105 \text{ В}$.

Задача 1.5.8. Двигун послідовного збудження вмикається на напругу 220 В через пусковий реостат $1,7 \text{ Ом}$. Визначити кратність пускового струму, якщо: $I_H = 50 \text{ А}$, $R_{\text{я}} = 0,1 \text{ Ом}$, $R_3 = 0,4 \text{ Ом}$.

Задача 1.5.9. Визначити обертовий момент двигуна постійного струму, якщо задано: $c = \frac{pN}{2\pi a} = 100$, $\Phi = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$, $I_{\text{я}} = 250 \text{ А}$.

Задача 1.5.10. Двигун з послідовним збудженням під'єднаний до напруги $U = 220 \text{ В}$. Яку максимальну потужність має двигун, якщо сумарний опір якорного кола $R = 40 \text{ Ом}$?

2. Тестові задачі

2.1. Тестові задачі з розділу «Трансформатори»

Задача 2.1.1. Трансформатором називають статичний електромагнітний апарат, який перетворює (вказати правильний варіант відповіді):

1. Електричну енергію однієї частоти на електричну енергію іншої частоти.
2. Змінний струм однієї напруги на змінний струм іншої напруги при незмінній частоті.
3. Постійний струм на змінний.
4. Електричну енергію на інший вид енергії.

Задача 2.1.2. На якому струмі можлива робота трансформатора? Вказати правильний варіант відповіді:

1. Тільки на постійному струмі.
2. На постійному або на змінному струмі.
3. Тільки на змінному струмі.
4. Інша відповідь.

Задача 2.1.3. Вказати вираз для визначення коефіцієнта трансформації трансформатора K , якщо w_1 , w_2 – число витків його первинної та вторинної обмоток.

1. $K = w_1 \cdot w_2$.
2. $K = w_1 / w_2$.
3. $K = r_1 / r_2$.
4. $K = x_1 / x_2$.

Задача 2.1.4. Визначити коефіцієнт трансформації однофазного понижувального трансформатора, якщо число витків його первинної та вторинної обмоток відповідно дорівнює 300 і 20. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 10.
2. 15.
3. 20.
4. 1,5.

Задача 2.1.5. Визначити коефіцієнт трансформації однофазного двообмоткового понижувального трансформатора, якщо е.р.с., індуковані в первинній та вторинній обмотках відповідно дорівнюють 500 і 127 В. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 15.
2. 20.
3. $\approx 1,5$.
4. $\approx 3,97$.

Задача 2.1.6. Є однофазний двообмотковий трансформатор на номінальну первинну напругу 500 В з числом витків первинної обмотки 1000. Визначити число витків вторинної обмотки цього ж трансформатора, потрібне для утворення на її загисках при неробочому ході напруги 127 В. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 127.
2. ≈ 64 .
3. 500.
4. 254.

Задача 2.1.7. Є однофазний двообмотковий трансформатор на номінальну первинну напругу 500 В з числом витків первинної обмотки 1000. Яка напруга буде на вторинній обмотці при неробочому ході цього ж трансформатора, якщо число її витків 440? Вказати правильний варіант відповіді:

1. 0. 2. 110 В. 3. 220 В. 4. 440 В.

Задача 2.1.8. Вказати вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої в первинній обмотці трансформатора основним магнітним потоком.

1. $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$. 2. $e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt}$. 3. $E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m$. 4. $E_1 = w_1 f \Phi_m$.

Задача 2.1.9. Визначити ефективне значення е.р.с., індукованої в первинній обмотці однофазного трансформатора при стандартній частоті мережі, якщо кількість витків обмотки 100, а амплітудне значення магнітного потоку $1 \cdot 10^{-2}$ Вб. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 110 В. 2. 222 В. 3. 380 В. 4. 400 В.

Задача 2.1.10. Вказати правильний вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої у вторинній обмотці трансформатора основним магнітним потоком.

1. $e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt}$. 2. $e_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt}$. 3. $E_2 = f w_2 \Phi_m$. 4. $E_2 = 4,44 w_2 f \Phi_m$.

Задача 2.1.11. Визначити ефективне значення е.р.с., індукованої у вторинній обмотці однофазного трансформатора при стандартній частоті мережі, якщо кількість витків обмотки 200, а амплітудне значення магнітного потоку $1 \cdot 10^{-2}$ Вб. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 127 В. 2. 222 В. 3. 444 В. 4. 380 В.

Задача 2.1.12. Вказати вираз для визначення миттєвого значення е.р.с., індукованої в первинній обмотці трансформатора основним магнітним потоком.

1. $E_1 = Blv \sin \alpha$. 2. $e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt}$. 3. $E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m$. 4. $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$.

Задача 2.1.13. Визначити первинний та вторинний номінальні струми однофазного трансформатора, що має такі паспортні дані:

$S=5 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; $U_1/U_2=3000/220 \text{ В}$; $U_\kappa=5\%$; $I_0=10\%$; $P_0=60 \text{ Вт}$. Вказати правильний варіант відповіді:

1. $I_1=1,66 \text{ А}$; $I_2=22,7 \text{ А}$.
2. $I_1=0,96 \text{ А}$; $I_2=13,1 \text{ А}$.
3. $I_1=16,6 \text{ А}$; $I_2=227 \text{ А}$.
4. $I_1=22,7 \text{ А}$; $I_2=1,66 \text{ А}$.

Задача 2.1.14. Визначити первинний та вторинний номінальні струми трифазного трансформатора, що має такі паспортні дані: $S=10 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; $U_1=6,3 \text{ кВ}$; $U_2=0,4 \text{ кВ}$; $U_\kappa=5,5\%$; $I_0=10\%$; втрати неробочого ходу $P_0=105 \text{ Вт}$; втрати короткого замикання $P_\kappa=335 \text{ Вт}$. Вказати правильний варіант відповіді:

1. $I_1=2,76 \text{ А}$; $I_2=43,2 \text{ А}$.
2. $I_1=25 \text{ А}$; $I_2=1,58 \text{ А}$.
3. $I_1=1,58 \text{ А}$; $I_2=25 \text{ А}$.
4. $I_1=0,92 \text{ А}$; $I_2=14,4 \text{ А}$.

Задача 2.1.15. Визначити струм неробочого ходу трифазного трансформатора з номінальними даними: $S=10 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; $U_1=6,3 \text{ кВ}$; $U_2=0,4 \text{ кВ}$; $U_\kappa=5,5\%$; $I_0=10\%$; $P_\kappa=335 \text{ Вт}$; $P_0=105 \text{ Вт}$ при проведенні досліду зі сторони високої напруги. Вказати правильний варіант відповіді:

1. $0,92 \text{ А}$.
2. $1,44 \text{ А}$.
3. $9,2 \text{ А}$.
4. $0,154 \text{ А}$.

Задача 2.1.16. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для первинної обмотки трансформатора при неробочому ході.

1. $e_{10} = u_{10} + Z_1 i_{10}$.
2. $u_{10} = -e_{10}$.
3. $\dot{U}_{10} = r_1 \dot{I}_{10} + jx_1 \dot{I}_{10}$.
4. $u_{10} = -e_{10} + r_1 i_{10} + L_1 \frac{di_{10}}{dt}$.

Задача 2.1.17. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих напруг для первинної обмотки трансформатора при неробочому ході.

1. $\dot{U}_{10} = -\dot{E}_{10} - Z_1 \dot{I}_{10}$.
2. $\dot{E}_{10} = \dot{U}_{10} + Z_1 \dot{I}_{10}$.
3. $U_{10} = (r_1 + jx_1) \dot{I}_{10}$.
4. $\dot{U}_{10} = -\dot{E}_{10} + (r_1 + jx_1) \dot{I}_{10}$.

Задача 2.1.18. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для первинної обмотки навантаженого трансформатора.

1. $e_1 = u_1 + Z_1 i_1$.
2. $\dot{E}_1 = -\dot{U}_1 + Z_1 \dot{I}_1$.
3. $\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1$.
4. $e_1 = \dot{U}_1 + Z_1 i_1$.

Задача 2.1.19. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень напруг для первинної обмотки навантаженого трансформатора.

$$1. \dot{E}_1 = \dot{U}_1 + Z_1 \dot{I}_1. \quad 2. \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + Z_1 \dot{I}_1. \quad 3. \dot{U}_1 = (r_1 + jx_1) \dot{I}_1. \quad 4. e_1 = -u_1 + Z_1 i_1.$$

Задача 2.1.20. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для первинної обмотки трансформатора при короткому замиканні.

$$1. u_{1к} = -e_{1к} + r_1 i_{1к} + L_1 \frac{di_{1к}}{dt}. \quad 2. u_{1к} = -e_{1к} + r_1 i_{1к}. \\ 3. u_{1к} = -e_{1к} + x_1 i_{1к}. \quad 4. \dot{U}_{1к} = -\dot{E}_{1к} + Z_1 \dot{I}_{1к}.$$

Задача 2.1.21. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень напруг для первинної обмотки трансформатора при короткому замиканні.

$$1. \dot{U}_{1к} = -\dot{E}_{10} + Z_1 \dot{I}_{10}. \quad 2. \dot{U}_{1к} = -\dot{E}_{1к} + Z_1 \dot{I}_{1к}. \\ 3. \dot{E}_{1к} = \dot{U}_{1к} + Z_1 \dot{I}_{1к}. \quad 4. u_{1к} = -e_{1к} + Z_1 i_{1к}.$$

Задача 2.1.22. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для вторинної обмотки трансформатора при неробочому ході.

$$1. e_{20} = u_{20} + r_2 i_{20}. \quad 2. e_{20} = u_{20}. \quad 3. e_{20} = Z_2 i_{20}. \quad 4. \dot{E}_{20} = \dot{U}_{20}.$$

Задача 2.1.23. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень напруг для вторинної обмотки трансформатора при неробочому ході.

$$1. e_{20} = z_2 i_{20}. \quad 2. \dot{E}_{20} = \dot{U}_{20}. \quad 3. \dot{E}_{20} = \dot{U}_{20} + Z_1 \dot{I}_{20}. \quad 4. \dot{U}_{20} = \dot{E}_{20} + Z_2 \dot{I}_{10}.$$

Задача 2.1.24. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для вторинної обмотки навантаженого трансформатора.

$$1. E_2 = \dot{U}_2 + Z_2 \dot{I}_2. \quad 2. e_2 = u_2 + x_2 i_2. \\ 3. e_2 = r_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + u_2. \quad 4. e_2 = u_2 + r_2 i_2.$$

Задача 2.1.25. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень напруг для вторинної обмотки навантаженого трансформатора.

$$1. e_2 = u_2 - Z_2 i_2. \quad 2. e_2 = u_2 + Z_2 i_2. \\ 3. \dot{E}_2 = \dot{U}_2 + r_2 \dot{I}_2. \quad 4. \dot{U}_2 = \dot{E}_2 + Z_2 \dot{I}_2.$$

Задача 2.1.26. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг для вторинної обмотки трансформатора при короткому замиканні.

$$1. e_{2k} = r_{2k} i_{2k} + L_2 \frac{di_{2k}}{dt}. \quad 2. e_{2k} = u_{2k} + Z_2 i_{2k}. \quad 3. e_{2k} = r_k i_{2k}. \quad 4. \dot{E}_{2k} = Z_2 \dot{I}_{2k}.$$

Задача 2.1.27. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень напруг для вторинної обмотки трансформатора при короткому замиканні.

$$1. \dot{E}_{2k} = Z_k \dot{I}_k. \quad 2. \dot{E}_{2k} = Z_2 \dot{I}_{2k}. \quad 3. \dot{U}_{2k} = r_k \dot{I}_k. \quad 4. e_{2k} = Z_2 i_{2k}.$$

Задача 2.1.28. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень струмів навантаженого трансформатора.

$$1. i_1 = i_2. \quad 2. i_1 = i_0 + i_2. \quad 3. i_1 = i_{10} - \frac{w_1}{w_2} i_2. \quad 4. i_1 = i_{10} - \frac{w_2}{w_1} i_2.$$

Задача 2.1.29. Вказати рівняння рівноваги комплексних діючих значень струмів навантаженого трансформатора.

$$1. i_1 = i_{10} + i_2. \quad 2. i_1 = i_{10} - \frac{w_2}{w_1} i_2. \quad 3. \dot{I}_1 = \dot{I}_{10} - \frac{w_2}{w_1} \dot{I}_2. \quad 4. \dot{I}_1 = \dot{I}_{10} - \frac{w_1}{w_2} \dot{I}_2.$$

Задача 2.1.30. Для однофазного трансформатора з паспортними даними: $S=5$ кВ·А; $U_1/U_2=3000/220$ В; $P_0=60$ Вт; $I_0=10\%$; $P_\epsilon=150$ Вт; $U_\epsilon=5\%$ визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при номінальному активному навантаженні. Вказати правильний варіант відповіді:

$$1. 6,6 \text{ В}. \quad 2. 8,8 \text{ В}. \quad 3. 10,75 \text{ В}. \quad 4. 90 \text{ В}.$$

Задача 2.1.31. Визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при номінальному активно-індуктивному ($\cos\varphi_2=0,8$; $\sin\varphi_2=0,6$) навантаженні трансформатора ($S=5$ кВА; $U_1/U_2=3000/220$ В; $I_0=10\%$; $P_\kappa=150$ Вт; $U_\kappa=5\%$). Вказати правильний варіант відповіді:

$$1. 90 \text{ В}. \quad 2. 144 \text{ В}. \quad 3. 6,6 \text{ В}. \quad 4. 10,75 \text{ В}.$$

Задача 2.1.32. Визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при номінальному ємнісному навантаженні трансформатора ($S=5$ кВА; $U_1/U_2=3000/220$ В; $I_0=10\%$; $P_\kappa=150$ Вт; $U_\kappa=5\%$). Вказати правильний варіант відповіді:

1. 90 В. 2. 120 В. 3. -8,8 В. 4. 10,75 В.

Задача 2.1.33. Для однофазного трансформатора ($S=5\text{кВА}$; $U_1/U_2=3000/220\text{В}$; $I_0=10\%$; $P_{\kappa}=150\text{Вт}$; $U_{\kappa}=5\%$). визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при активному навантаженні, яке дорівнює 50% номінального. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 45 В. 2. 3,3 В. 3. 4,4 В. 4. 5,4 В.

Задача 2.1.34. Для однофазного трансформатора ($S=5\text{кВА}$; $U_1/U_2=3000/220\text{В}$; $I_0=10\%$; $P_{\kappa}=150\text{Вт}$; $U_{\kappa}=5\%$). визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при активно-індуктивному навантаженні, яке дорівнює 50% номінального ($\cos\varphi_2=0,8$; $\sin\varphi_2=0,6$). Вказати правильний варіант відповіді:

1. 36 В. 2. 3,3 В. 3. 72 В. 4. 4,4 В.

Задача 2.1.35. Для однофазного трансформатора з попередньої задачі визначити зміну вторинної напруги ΔU_2 при ємнісному навантаженні, яке дорівнює 50% номінального. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 60 В. 2. 45 В. 3. 3,3 В. 4. -4,4 В.

Задача 2.1.36. Вказати правильну залежність між дійсним E_2 та зведеним E_2' значеннями е.р.с. вторинної обмотки трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $E_2' = \frac{E_2}{K}$. 2. $E_2' = \frac{E_2}{K^2}$. 3. $E_2' = KE_2$. 4. $E_2' = K^2 E_2$.

Задача 2.1.37. Визначити е.р.с. вторинної обмотки трансформатора E_2' , зведену до кількості витків первинної обмотки, якщо дійсне значення е.р.с. вторинної обмотки 100 В, а коефіцієнт трансформації 2. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 50 В. 2. 100 В. 3. 102 В. 4. 150 В.

Задача 2.1.38. Вказати правильну залежність між дійсним I_2 та зведеним I_2' значеннями е.р.с. вторинної обмотки трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $I_2' = \frac{I_2}{K}$. 2. $I_2' = \frac{I_2}{K^2}$. 3. $I_2' = KI_2$. 4. $I_2' = K^2 I_2$.

Задача 2.1.39. Визначити струм вторинної обмотки трансформатора I'_2 , зведений до кількості витків первинної обмотки, якщо дійсне значення струму вторинної обмотки 100 А, а коефіцієнт трансформації 10. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 10 А. 2. 90 А. 3. 100 А. 4. 110 А.

Задача 2.1.40. Вказати правильну залежність між дійсним r_2 та зведеним r'_2 значеннями активних опорів вторинної обмотки трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $r'_2 = r_2$. 2. $r'_2 = Kr_2$. 3. $r'_2 = \frac{r_2}{K^2}$. 4. $r'_2 = \frac{r_2}{K}$. 5. $r'_2 = K^2 r_2$.

Задача 2.41. Визначити активний опір вторинної обмотки трансформатора r'_2 , зведений до кількості витків первинної обмотки, якщо дійсне значення активного опору 0,5 Ом, а коефіцієнт трансформації 4. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 1 Ом. 2. 4 Ом. 3. 6 Ом. 4. 8 Ом.

Задача 2.1.42. Вказати правильну залежність між дійсним x_2 та зведеним x'_2 значеннями індуктивних опорів розсіювання вторинної обмотки трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $x_2 = Kx'_2$. 2. $x_2 = \frac{x'_2}{K^2}$. 3. $x_2 = \frac{x'_2}{K}$. 4. $x_2 = x'_2$.

Задача 2.1.43. Визначити індуктивний опір розсіювання вторинної обмотки трансформатора x'_2 , зведений до кількості витків первинної обмотки, якщо дійсне значення опору вторинної обмотки 0,8 Ом, а коефіцієнт трансформації 2. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 1,6 Ом. 2. 2 Ом. 3. 3,2 Ом. 4. 16 Ом.

Задача 2.1.44. Вказати правильну залежність між дійсним z_2 та зведеним z'_2 значеннями повних опорів розсіювання вторинної обмотки трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $z_2 = Kz'_2$. 2. $z_2 = \frac{z'_2}{K}$. 3. $z_2 = \frac{z'_2}{K^2}$. 4. $z_2 = K^2 z'_2$.

Задача 2.1.45. Визначити повний опір вторинної обмотки трансформатора z'_2 , зведений до кількості витків первинної обмотки, якщо дійсне значення повного опору 1 Ом, а коефіцієнт трансформації 2. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 1 Ом. 2. 2 Ом. 3. 3 Ом. 4. 4 Ом.

Задача 2.1.46. Вказати правильну залежність між е.р.с. первинної обмотки E_1 та зведеним значенням е.р.с. вторинної обмотки E'_2 трансформатора з коефіцієнтом трансформації K .

1. $E'_2 = KE_1$. 2. $E'_2 = K^2 E_1$. 3. $E'_2 = E_1$. 4. $E'_2 = \frac{E_1}{K}$.

Задача 2.1.47. Визначити е.р.с. вторинної обмотки трансформатора E'_2 , зведену до кількості витків первинної обмотки, якщо е.р.с. первинної обмотки 100 Ом, а коефіцієнт трансформації 5. Вказати правильний варіант відповіді:

1. 100 В. 2. 127 В. 3. 500 В. 4. 20 В.

Задача 2.1.48. Вказати вирази для визначення параметрів намагнічуючої вітки Г-подібної схеми заміщення однофазного трансформатора з коефіцієнтом трансформації K на основі даних досліду неробочого ходу.

1. $r_0 = \frac{P_K}{I_0^2}$; $x_0 = \sqrt{z_K^2 - r_0^2}$; $z_0 = \frac{U_K}{I_K}$. 2. $r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}$; $x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}$; $z_0 = \frac{U_0}{I_0}$.

3. $r_0 = \frac{P_0}{I_0^2} + \frac{P_K}{I_K^2}$; $x_0 = \sqrt{\left(\frac{U_0}{I_0}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{U_K}\right)^2}$; $z_0 = \frac{U_0}{I_0} + \frac{U_K}{I_K}$.

4. $r_0 = \frac{P_0}{I_0^2} K$; $x_0 = r_0 \operatorname{tg} \varphi_0$; $z_0 = \frac{r_0}{\cos \varphi_0}$.

Задача 2.1.49. Вказати вирази для визначення активних опорів первинної та вторинної обмоток симетричного ($r_1 = r'_2$) трансформатора з коефіцієнтом трансформації K на основі даних досліду короткого замикання.

1. $r_1 = \frac{P_K}{I_K^2}$; $r_2 = K^2 r'_2$.

2. $r_1 = \frac{P_0}{I_0^2}$; $r_2 = \frac{r_1}{K^2}$.

$$3. r_1 = \frac{P_0}{2I_0^2}; r_2 = K^2 r'_2.$$

$$4. r_1 = \frac{P_K}{2I_K^2}; r_2 = \frac{r'_2}{K^2}.$$

Задача 2.1.50. Вказати вирази для визначення індуктивних опорів розсіяння первинної та вторинної обмоток симетричного ($x_1 = x'_2$) трансформатора з коефіцієнтом трансформації K на основі даних досліду короткого замикання.

$$1. x_1 = \sqrt{\left(\frac{U_K}{I_K}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{I_K}\right)^2}; x_2 = K^2 x'_2. \quad 2. x_1 = \frac{U_K}{I_K} - \frac{P_K}{I_K^2}; x_2 = K^2 x'_2.$$

$$3. x_1 = \frac{P_K}{I_K^2}; x_2 = \frac{x'_2}{K^2}.$$

$$4. x_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{U_K}{I_K}\right)^2 - \left(\frac{P_K}{I_K^2}\right)^2}; x_2 = \frac{x_1}{K^2}.$$

2.2. Тестові задачі з розділу «Асинхронні машини»

Задача 2.2.1. Вказати вираз для визначення швидкості обертання обертового магнітного поля трифазного асинхронного двигуна.

$$1. n_1 = \frac{60f_1}{p}(1-s). \quad 2. n_1 = \frac{60f_1}{p}. \quad 3. n_1 = \frac{U - I_a r_a}{C\Phi}. \quad 4. n_s = n_1 - n_2.$$

Задача 2.2.2. Визначити швидкість обертання обертового магнітного поля трифазного асинхронного двигуна, якщо частота струму 50 Гц, а кількість пар полюсів 3. Вказати правильний варіант відповіді.

$$1. 750 \text{ об/хв.} \quad 2. 1000 \text{ об/хв.} \quad 3. 1440 \text{ об/хв.} \quad 4. 2000 \text{ об/хв.}$$

Задача 2.2.3. У яких границях змінюється швидкість обертання обертового магнітного поля статора при зміні навантаження асинхронної машини в моторному режимі? Вказати правильний варіант відповіді.

$$1. 0 \leq n_1 \leq 2n_1. \quad 2. -n_2 \leq n_1 \leq +\infty. \quad 3. 0 \leq n_1 \leq n_2. \quad 4. -\infty < n_1 < +\infty.$$

Задача 2.2.4. У яких границях змінюється швидкість обертання обертового магнітного поля статора при зміні навантаження в гальмівному режимі асинхронної машини? Вказати правильний варіант відповіді.

$$1. 0 < n_1 < n_2. \quad 2. n_2 < n_1 < 2n_2. \quad 3. 0 \leq n_1 \leq 2n_1. \quad 4. -\infty < n_1 < +\infty.$$

Задача 2.2.5. Вказати вираз для визначення швидкості обертання обертового магнітного поля струмів ротора трифазного асинхронного двигуна.

1. $n_s = n_1 - n_2$. 2. $n_2 = \frac{60f_1}{p}(1-s)$. 3. $n_1 = \frac{60f_1}{p}$. 4. $n_1 = \frac{U - I_{я}r_{я}}{C\Phi}$.

Задача 2.2.6. Визначити швидкість обертання обертового магнітного поля струмів ротора трифазного асинхронного двигуна, якщо частота струму 50 Гц, а число пар полюсів 2. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1470 об/хв. 3. 1500 об/хв. 4. 2000 об/хв.

Задача 2.2.7. У яких границях змінюється швидкість обертання обертового магнітного поля струмів ротора при зміні навантаження в моторному режимі асинхронної машини? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $0 \leq n_1 \leq 2n_1$. 2. $-\infty < n_1 < +\infty$. 3. $0 < n_1 < n_2$. 4. $-n_2 < n_1 < +\infty$.

Задача 2.2.8. У яких границях змінюється швидкість обертання обертового магнітного поля струмів ротора при зміні навантаження в гальмівному режимі асинхронної машини? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $0 \leq n_1 \leq 2n_1$. 2. $-\infty < n_1 < +\infty$. 3. $0 < n_1 < n_2$. 4. $-n_2 < n_1 < 2n_2$.

Задача 2.2.9. Вказати вираз для визначення синхронної швидкості обертання трифазної асинхронної машини.

1. $n_s = n_1 - n_2$. 2. $n_1 = \frac{60f_1}{p}(1-s)$. 3. $n_1 = \frac{U - I_{я}r_{я}}{C\Phi}$. 4. $n_1 = \frac{60f_1}{p}$.

Задача 2.2.10. Визначити синхронну швидкість обертання трифазного чотириполюсного асинхронного двигуна при частоті струму 50 Гц. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 750 об/хв. 2. 1000 об/хв. 3. 1500 об/хв. 4. 2000 об/хв.

Задача 2.2.11. Чому дорівнює швидкість обертання обертового магнітного поля асинхронної машини в момент пуску? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0. 2. n_2 . 3. $\frac{60f_1}{p}$. 4. $n_1(1-s)$.

Задача 2.2.12. Чому дорівнює швидкість обертання обертового магнітного поля асинхронної машини при номінальному навантаженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. n_{2f} . 2. 0. 3. n_2 . 4. $\frac{60f_1}{p}$.

Задача 2.2.13. Чому дорівнює швидкість обертання обертового магнітного поля струмів ротора асинхронної машини в момент пуску? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0. 2. n_1 . 3. n_2 . 4. $n_1 - n_2$.

Задача 2.2.14. Чому дорівнює швидкість обертання обертового магнітного поля струмів ротора асинхронної машини при номінальному навантаженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0. 2. n_1 . 3. n_2 . 4. $n_1 - n_2$.

Задача 2.2.15. Чому дорівнює синхронна швидкість обертання асинхронної машини в момент пуску? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0. 2. n_2 . 3. $n_{2н}$. 4. n_1 .

Задача 2.2.16. Чому дорівнює синхронна швидкість обертання асинхронної машини при номінальному навантаженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $n_{2н}$. 2. n_2 . 3. n_1 . 4. $n_1 - n_2$.

Задача 2.2.17. Вказати вираз для визначення ковзання асинхронної машини, якщо n_1 – швидкість обертання обертового магнітного поля, n_2 – швидкість обертання ротора.

1. $s = \frac{n_1}{n_2}$. 2. $s = \frac{n_2}{n_1}$. 3. $s = \frac{n_2 - n_1}{n_1}$. 4. $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$.

Задача 2.2.18. Визначити ковзання трифазного чотириполюсного асинхронного двигуна при стандартній частоті мережі і швидкості обертання ротора 1470 об/хв. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,01. 2. 0,02. 3. 0,2. 4. 0.

Задача 2.2.19. Вказати вираз для визначення ковзання асинхронної машини, якщо f_1 – частота струмів статора, f_2 – частота струмів ротора.

1. $s = \frac{f_1}{f_2}$. 2. $s = \frac{f_1}{f_1 - f_2}$. 3. $s = \frac{f_1 - f_2}{f_1}$. 4. $s = \frac{f_2 - f_1}{f_1}$.

Задача 2.2.20. Визначити ковзання асинхронного двигуна при стандартній частоті мережі і частоті струмів ротора 2 Гц. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1. 2. 0,01. 3. 0,015. 4. 0,04. 5. Інша відповідь.

Задача 2.2.21. Вказати вираз для визначення ковзання асинхронного двигуна, якщо E_{2n} – е.р.с. ротора при пуску ($s=1$) і E_2 – е.р.с. ротора при довільній швидкості.

1. $s = \frac{E_{2n} - E_2}{E_{2n}}$. 2. $s = \frac{E_2 - E_{2n}}{E_2}$. 3. $s = E_2(1 - E_{2n})$. 4. $s = \frac{E_{2n}}{E_2}$.

Задача 2.2.22. Визначити ковзання чотириполюсного асинхронного двигуна при стандартній частоті мережі та відомому навантаженні, якщо е.р.с. ротора при цьому навантаженні 20 В, а е.р.с. ротора при ковзанні дорівнює 1000 В. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,01. 2. 0,02. 3. 0,03. 4. 0,04.

Задача 2.2.23. Чому дорівнює ковзання асинхронної машини в момент пуску? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0. 2. 1. 3. $\frac{60f_1}{p}$. 4. ∞ .

Задача 2.2.24. У яких границях може змінюватися ковзання при зміні навантаження в моторному режимі асинхронної машини? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $-1 \leq s \leq +1$. 2. $+1 \leq s \leq +\infty$. 3. $0 \leq s < +\infty$. 4. $0 \leq s \leq 1$.

Задача 2.2.25. У яких межах може змінюватися ковзання в гальмівному режимі асинхронної машини? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $0 \leq s \leq 1$. 2. $-s \leq s \leq +1$. 3. $+1 \leq s \leq +\infty$. 4. $-1 \leq s < +\infty$.

Задача 2.2.26. Вказати вираз для визначення швидкості обертання ротора трифазного асинхронного двигуна.

1. $n_2 = \frac{60f_1}{p}$. 2. $n_2 = \frac{U - I_{я} r_{я}}{C\Phi}$. 3. $n_2 = n_1 - n_s$. 4. $n_2 = \frac{60f_1}{p} (1-s)$.

Задача 2.2.27. Визначити швидкість обертання ротора трифазної чотириполюсної асинхронної машини, яка ввімкнена до мережі з частотою 50 Гц і працює з ковзанням 0,02. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 490 об/хв. 2. 1470 об/хв. 3. 1020 об/хв. 4. 980 об/хв.

Задача 2.2.28. Визначити швидкість обертання ротора трифазного шестиполюсного асинхронного двигуна при стандартній частоті живлення і відомому навантаженні, якщо частота струмів ротора при цьому самому навантаженні 2 Гц. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 970 об/хв. 2. 1440 об/хв. 3. 1940 об/хв. 4. 2910 об/хв.

Задача 2.2.29. Визначити швидкість обертання ротора трифазного чотириполюсного асинхронного двигуна при стандартній частоті живлення і відомому навантаженні, якщо частота струмів ротора при цьому навантаженні 2 Гц. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 980 об/хв. 2. 960 об/хв. 3. 1440 об/хв. 4. 1460 об/хв.

Задача 2.2.30. У яких границях може змінюватися швидкість обертання ротора n_2 в моторному режимі асинхронної машини, якщо швидкість обертання обертового магнітного поля дорівнює n_1 ? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $0 \leq n_2 \leq n_1$. 2. $n_1 \leq n_2 \leq \infty$. 3. $0 \leq n_2 \leq 2n_1$. 4. $-n_1 \leq n_2 \leq +n_1$.

Задача 2.2.31. У яких границях може змінюватися швидкість обертання ротора n_2 в гальмівному режимі асинхронної машини, якщо швидкість обертового магнітного поля дорівнює n_1 ? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $n_1 \leq n_2 \leq 2n_1$. 2. $0 \leq n_2 \leq \infty$. 3. $0 \leq n_2 \leq 2n_1$. 4. $-n_1 \leq n_2 \leq +n_1$.

Задача 2.2.32. Чому дорівнює ковзання трифазної чотириполюсної асинхронної машини, яка ввімкнена до мережі з частотою 50

Гц і працює в гальмівному режимі при швидкості обертання ротора 120 об/хв? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,08. 2. -0,08. 3. 0,92. 4. 1,08.

Задача 2.2.33. Яким способом змінюють напрямок обертання обертового поля трифазного асинхронного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною напруги живлення. 2. Зміною числа пар полюсів.
3. Зміною ковзання. 4. Зміною чергування фаз.

Задача 2.2.34. Яким способом змінюють напрямок обертання ротора трифазного асинхронного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною напруги живлення. 2. Зміною числа пар полюсів.
3. Зміною ковзання. 4. Зміною чергування фаз.

Задача 2.2.35. Вказати вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої в обмотці статора асинхронного двигуна при неробочому ході.

1. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{01} \Phi_m$. 2. $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$. 3. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{10} s \Phi_m$. 4. $e_1 = E_{1m} \sin \omega t$.

Задача 2.2.36. Вказати вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої в обмотці статора асинхронного двигуна в момент пуску.

1. $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$. 2. $e_1 = \sqrt{2} E_{1m} \sin \omega t$.
3. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{01} s$. 4. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{01} \Phi_m$.

Задача 2.2.37. Вказати вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої в обмотці статора асинхронного двигуна при номінальному навантаженні.

1. $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$. 2. $e_1 = \sqrt{2} E_{1m} \sin \omega t$. 3. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{01} s \Phi_m$. 4. $E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{01} \Phi_m$.

Задача 2.2.38. Визначити величину е.р.с., індукованої в обмотці статора асинхронного двигуна, якщо величина потоку на полюс та фазу $2,5 \cdot 10^{-2}$ Вб, число витків та обмотковий коефіцієнт обмотки статора відповідно 300 і 0,912, частота мережі 50 Гц. Вказати правильний варіант відповіді.

1. $15,2 \cdot 10^{10}$ В. 2. $35 \cdot 10^{10}$ В. 3. 1520 В. 4. 350 В.

ротора: $w_1=300$; $w_2=25$; $k_{01}=0,912$; $k_{02}=0,957$. Вказати правильний варіант відповіді.

1. $\approx 6,36$ В. 2. $\approx 40,5$ В. 3. ≈ 81 В. 4. ≈ 865 В.

Задача 2.2.45. Вказати вираз, що показує зв'язок між е.р.с. обертового ротора E_2 та е.р.с. нерухомого ротора E_{2n} асинхронної машини.

1. $E_{2n} = E_2 s$. 2. $E_{2n} = E_2 (1-s)$. 3. $E_2 = E_{2n} s$. 4. $E_2 = E_{2n} (1-s)$.

Задача 2.2.46. Визначити величину е.р.с., індукованої в обмотці ротора трифазного чотириполюсного асинхронного двигуна, який при частоті мережі 50 Гц обертається із швидкістю 1400 об/хв., якщо величина е.р.с. нерухомого ротора 1000 В. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 120 В. 2. 66,7 В. 3. 30 В. 4. 20 В

Задача 2.2.47. Визначити величину е.р.с., індукованої в обмотці ротора асинхронного двигуна, який обертається з ковзанням 0,03, якщо е.р.с. нерухомого ротора 1000 В. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 127 В. 2. 220 В. 3. 254 В. 4. 380 В.

Задача 2.2.48. Вказати вираз, що показує зв'язок між частотами струмів обертового ротора (f_2) та нерухомого ротора (f_{2n}) асинхронної машини.

1. $f_2 = f_{2n} n_1$. 2. $f_2 = f_{2n} n_2$. 3. $f_2 = f_{2n} s$. 4. $f_{2n} = f_2 s$.

Задача 2.2.49. Визначити частоту струму, індукованого в обмотці ротора трифазного чотириполюсного асинхронного двигуна, який при частоті мережі 50 Гц обертається із швидкістю 1410 об/хв. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 50 Гц. 2. 1 Гц. 3. 2 Гц. 4. 3 Гц.

Задача 2.2.50. Визначити частоту струму, індукованого в обмотці ротора трифазного двополюсного асинхронного двигуна, який при частоті мережі 50 Гц працює з ковзанням 0,02. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1 Гц. 2. 2 Гц. 3. 49 Гц. 4. 50 Гц.

2.3. Тестові задачі з розділу «Синхронні машини»

Задача 2.3.1. Вказати вираз для визначення швидкості обертання обертового магнітного поля синхронного генератора.

1. $n = \frac{U - r_{\text{я}} I_{\text{я}}}{C\Phi}$. 2. $n = \frac{60f}{p}$. 3. $n = \frac{60f}{p}(2-s)$. 4. $n = pf$.

Задача 2.3.2. Визначити швидкість обертання обертового магнітного поля двополосного синхронного генератора, ввімкненого паралельно до мережі із стандартною частотою. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1500 об/хв. 3. 2000 об/хв. 4. 2950 об/хв.

Задача 2.3.3. Вказати вираз для визначення швидкості обертання ротора синхронного генератора, якщо p – число пар полюсів, f – частота генерованих струмів.

1. $n = pf$. 2. $n = \frac{p}{f}$. 3. $n = \frac{60f}{p}$. 4. $n = \frac{U - r_{\text{я}} I_{\text{я}}}{C\Phi}$.

Задача 2.3.4. Визначити швидкість обертання ротора чотириполосного синхронного генератора, ввімкненого паралельно до мережі із стандартною частотою. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1450 об/хв. 3. 1500 об/хв. 4. 2000 об/хв.

Задача 2.3.5. Визначити швидкість обертання ротора шестиполосного трифазного синхронного генератора, необхідну для генерування струмів стандартної частоти. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1500 об/хв. 3. 3000 об/хв. 4. 6000 об/хв.

Задача М3.6. Вказати вираз для визначення частоти струмів, генерованих синхронним генератором, якщо p - число пар полюсів, n – швидкість обертання ротора, об/хв.

1. $n = pf$. 2. $n = \frac{p}{f}$. 3. $n = \frac{60f}{p}$. 4. $n = \frac{U - r_{\text{я}} I_{\text{я}}}{C\Phi}$.

Задача 2.3.7. Визначити частоту е.р.с., індукованої в обмотці статора чотириполосного синхронного генератора, при швидкості обертання ротора 3000 об/хв. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 50 Гц. 2. 100 Гц. 3. 150 Гц. 4. 250 Гц.

Задача 2.3.8. З якою швидкістю треба обертати шести-полюсний ротор синхронного генератора, щоб одержати стандартну частоту генерованих струмів? Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 2000 об/хв. 3. 3000 об/хв. 4. 6000 об/хв.

Задача 2.3.9. Як можна регулювати частоту автономного синхронного генератора. Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною струму збудження. 2. Зміною струму навантаження.
3. Зміною напруги. 4. Зміною швидкості обертання.

Задача 2.3.10. Чому дорівнює ковзання синхронного генератора при номінальному навантаженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. ∞ . 2. +1. 3. -1. 4. 0.

Задача 2.3.11. Вказати вираз для визначення швидкості обертання обертового магнітного поля синхронного двигуна.

1. $n = n_1 s$. 2. $n = pf$. 3. $n = \frac{U - r_{\gamma} I_{\gamma}}{C\Phi}$. 4. $n = \frac{60f}{p}$.

Задача 2.3.12. Визначити швидкість обертання обертового магнітного поля двополюсного синхронного двигуна, ввімкненого до мережі із стандартною частотою. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1500 об/хв. 3. 2950 об/хв. 4. 3000 об/хв.

Задача 2.3.13. Вказати вираз для визначення швидкості обертання p - полюсного ротора трифазного синхронного двигуна, ввімкненого до мережі із стандартною частотою.

1. $n = \frac{U - r_{\gamma} I_{\gamma}}{C\Phi}$. 2. $n = \frac{60f}{p}$. 3. $n = pf$. 4. $n = \frac{60f}{p} (1 - s)$.

Задача 2.3.14. Визначити швидкість обертання шести-полюсного ротора трифазного синхронного двигуна, ввімкненого до мережі із стандартною частотою. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв. 2. 1450 об/хв. 3. 1500 об/хв. 4. 2000 об/хв.

Задача 2.3.15. Як можна регулювати швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною напруги.
2. Зміною частоти.
3. Зміною опору в колі збудження.
4. Зміною навантаження.

Задача 2.3.16. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при збільшенні його навантаження на 10%? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Збільшиться на 10%.
2. Зменшиться на 10%.
3. Збільшиться на 1%.
4. Залишиться без зміни.

Задача 2.3.17. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при зменшенні його струму збудження на 5%? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зменшиться на 5%.
2. Збільшиться на 5%.
3. Залишиться без зміни.
4. Визначити не можна.

Задача 2.3.18. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при збільшенні напруги живлення на 10%? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Збільшиться на 10%.
2. Зменшиться на 10%.
3. Залишиться без зміни.
4. Визначити не можна.

Задача 2.3.19. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при збільшенні частоти струмів живлення на 10%? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Збільшиться на 10%.
2. Зменшиться на 10%.
3. Залишиться без зміни.
4. Визначити не можна.

Задача 2.3.20. Як зміниться швидкість обертання ротора трифазного синхронного двигуна при зменшенні частоти струмів живлення на 5%? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Збільшиться на 5%.
2. Зменшиться на 5%.
3. Залишиться без зміни.
4. Визначити не можна.

Задача 2.3.21. Визначити швидкість обертання магнітного поля шестиполосного синхронного компенсатора, ввімкненого до мережі із стандартною частотою. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1000 об/хв.
2. 1500 об/хв.
3. 2000 об/хв.
4. 2940 об/хв.

Задача 2.3.22. Вказати вираз для визначення діючого значення е.р.с., індукованої в обмотці статора однофазного синхронного генератора.

1. $E = 2,22 f \omega k_0 \Phi_m$.
2. $E = \omega f k_0 \Phi_m$.
3. $E = E_m \sin(\omega t - 90^\circ)$.
4. $E = 4,44 f \omega k_0 \Phi_m$.

Задача 2.3.23. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг навантаженого синхронного генератора.

1. $u_0 = -e + u_L$.
2. $u = e_0 + r_a i_a$.
3. $e_0 = E_{0m} \sin \omega t$.
4. $E_0 = \dot{U}_0 + r_a \dot{I}_a + jx_c \dot{I}_a$.

Задача 2.3.24. Вказати рівняння рівноваги діючих значень напруг навантаженого синхронного генератора.

1. $\dot{E}_0 = \dot{U}_0 + r_a \dot{I}_a$.
2. $E_0 = \dot{U} + jx_c \dot{I}_y$.
3. $\dot{U} = \dot{E}_0 + r_a \dot{I}_a$.
4. $\dot{E}_0 = \dot{U} + r_a \dot{I}_a + jx_c \dot{I}_a$.

Задача 2.3.25. Вказати рівняння рівноваги миттєвих значень напруг синхронного двигуна.

1. $U = e_0$.
2. $U = e_0 + r_a i_a$.
3. $e_0 = u + r_a i_a + L \frac{di_a}{dt}$.
4. $u = \omega L I_m \sin \omega t$.

Задача 2.3.26. Вказати рівняння рівноваги діючих значень напруг синхронного двигуна.

1. $\dot{U} = -\dot{E}_0 + r_a \dot{I}_a + jx_c \dot{I}_a$.
2. $U = E_0 + r_a I_a$.
3. $\dot{U} = r_a \dot{I}_a + jx_c \dot{I}_a$.
4. $\dot{E}_0 = \dot{U} + r_a \dot{I}_a + jx_c \dot{I}_a$.

Задача 2.3.27. Яка з перелічених умов обов'язкова при ввімкненні трифазних синхронних генераторів на паралельну роботу? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Рівність швидкостей обертання.
2. Рівність частот.
3. Рівність потужностей.
4. Рівність $\cos \varphi$.

Задача 2.3.28. Яка з перелічених умов обов'язкова при ввімкненні трифазних синхронних генераторів на паралельну роботу? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Рівність швидкостей обертання.
2. Рівність струмів збудження.
3. Рівність струмів навантаження.
4. Однакове чергування фаз.

Задача 2.3.29. Яка з перелічених умов обов'язкова при ввімкненні трифазних синхронних генераторів на паралельну роботу? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Рівність к.к.д.
2. Рівність напруг.
3. Рівність $\cos\varphi$.
4. Рівність струмів збудження.

Задача 2.3.30. Який струм споживає з мережі синхронний двигун при нормальному збудженні, якщо $\theta=0$? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.31. Який струм споживає з мережі перезбуджений синхронний двигун при $\theta=0$? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.32. Який струм споживає з мережі недозбуджений синхронний двигун при $\theta=0$? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.33. Який струм споживає з мережі навантажений синхронний двигун при нормальному збудженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.34. Який струм споживає з мережі навантажений синхронний двигун при недозбудженні? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.35. Який струм віддає в мережу ввімкнений на паралельну роботу синхронний генератор, якщо він працює при перезбудженні та $P_0=0$? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.36. Який струм віддає в мережу ввімкнений на паралельну роботу синхронний генератор при недозбудженні та $P_0=0$? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активний.
2. Індуктивний.
3. Ємнісний.
4. Активно-індуктивний.

Задача 2.3.37. Яким струмом навантажиться ввімкнений в мережу на паралельну роботу синхронний генератор, якщо при нормальному збудженні збільшити обертаючий момент його приводного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активним.
2. Індуктивним.
3. Активно-індуктивним.
4. Активно-ємнісним.

Задача 2.3.38. Яким струмом навантажиться синхронний двигун, якщо при нормальному збудженні збільшити гальмівний момент на його валу? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активним.
2. Індуктивним.
3. Активно-індуктивним.
4. Активно-ємнісним.

Задача 2.3.39. Яким струмом навантажиться синхронний двигун, якщо його недозбудити та збільшити гальмівний момент на валу? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Активним.
2. Індуктивним.
3. Ємнісним.
4. Активно-індуктивним.

Задача 2.3.40. Яким способом можна регулювати активне навантаження синхронного генератора, який працює паралельно з мережею? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною струму збудження.
2. Зміною струму навантаження.
3. Зміною швидкості обертання.
4. Зміною механічної потужності.

Задача 2.3.41. Яким способом можна регулювати реактивне навантаження синхронного генератора, який працює паралельно з мережею? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною струму збудження.
2. Зміною струму навантаження.
3. Зміною швидкості обертання.
4. Зміною механічної потужності.

Задача 2.3.42. Яким способом можна вплинути на величину активного струму навантаження синхронного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною струму збудження.
2. Зміною гальмівного моменту.
3. Зміною швидкості обертання.
4. Інша відповідь.

Задача 2.3.43. Яким способом можна вплинути на величину реактивного струму навантаження синхронного двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зміною струму збудження.
2. Зміною механічної потужності.
3. Зміною швидкості обертання.
4. Інша відповідь.

Задача 2.3.44. При якій умові синхронна машина працює стійко? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $\frac{dM}{d\theta} > 0$.
2. $\frac{dM}{d\theta} < 0$.
3. $\frac{dM}{d\theta} = 0$.
4. $\frac{dM}{d\theta} = -1$.

Задача 2.3.45. Вказати вираз для визначення повної потужності m -фазного синхронного генератора.

1. $S = mUI \sin \varphi$.
2. $S = mUI$.
3. $S = m \frac{UE}{x_c} \sin \theta$.
4. $S = m \frac{UE}{x_c} \cos \theta$.

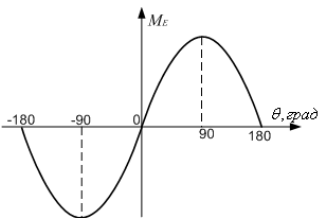
Задача 2.3.46. Вказати вираз для визначення активної потужності m -фазного синхронного генератора.

1. $P = UI \cos \varphi$.
2. $P = mUI \cos \varphi$.
3. $Q = mUI \sin \varphi$.
4. $P = m \frac{UE}{x_c}$.

Задача 2.3.47. Вказати вираз для визначення реактивної потужності m -фазного синхронного генератора.

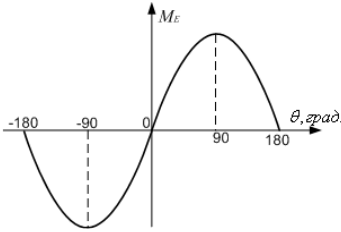
1. $Q = mUI \cos \varphi$.
2. $Q = mUI$.
3. $Q = mUI \sin \varphi$.
4. $Q = mUI \sin \theta$.

Задача 2.3.48. В яких областях кутової характеристики синхронної машини $M_e = f(\theta)$ (рисунок) можлива стійка робота генератора? Вказати правильний варіант відповіді.



1. $0 \div -90^0$.
2. $-90^0 \div -180^0$.
3. $0 \div -90^0$.
4. $90^0 \div 180^0$.

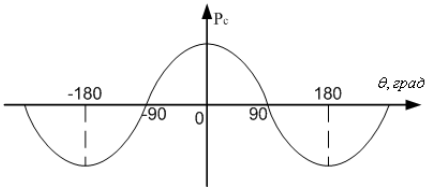
Задача 2.3.49. В яких областях кутової характеристики синхронної машини $M_e = f(\theta)$ (рисунок) можлива стійка робота



двигуна? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $0 \div -90^0$. 2. $-90^0 \div -180^0$.
 3. $0 \div 180^0$. 4. $90^0 \div 180^0$.

Задача 2.3.50. Для яких значень кута θ кутової характеристики $P_c = f(\theta)$ синхронної машини (рисунок) можлива стійка робота



генератора? Вказати правильний варіант відповіді.

1. $90^0 \div 180^0$. 2. $-90^0 \div -180^0$.
 3. $0 \div 90^0$. 4. $0 \div -90^0$.

2.4. Тестові задачі для розділу «Машини постійного струму»

Задача 2.4.1. Для чого призначені додаткові полюси в машині постійного струму? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Для компенсації поперечної складової реакції якоря в зоні комутації.
2. Для регулювання напруги при роботі двигуна.
3. Для регулювання напруги при роботі в режимі генератора.
4. Для покращення умов пуску.

Задача 2.4.2. Який з перелічених нижче елементів не є складовою частиною машини постійного струму? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Колектор.
2. Щіткотримач.
3. Основні полюси.
4. Додаткові полюси.

Задача 2.4.3. Для чого призначена компенсаційна обмотка в машині постійного струму? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Для компенсації поперечної складової реакції якоря в зоні комутації.
2. Для компенсації поперечної складової реакції якоря за зоною комутації.
3. Для компенсації поздовжньої складової реакції якоря.
4. Для зменшення струму короткого замикання машини.

Задача 2.4.4. Визначити е.р.с., наведену в обмотці якоря генератора постійного струму, якщо $C_e = \frac{pN}{60a} = 8,2$; $n = 800$ об/хв.; $\Phi = 2,5 \cdot 10^{-2}$ Вб. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 164 В.
2. 160 В.
3. 250 В.
4. 220 В.

Задача 2.4.5. Вказати вираз для визначення к.к.д. генератора постійного струму, якщо U , I , ΔP – відповідно його напруга, струм та сумарні втрати.

1. $\eta = \frac{UI - \Delta P}{UI}$.
2. $\eta = \frac{UI}{UI + \Delta P}$.
3. $\eta = \frac{\beta S_f \cos \varphi_2}{\beta S_f \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_e}$.
4. $\eta = \frac{UI + \Delta P}{UI}$.

Задача 2.4.6. Вказати вираз для визначення к.к.д. двигуна постійного струму, якщо U , I , ΔP – відповідно його напруга, струм та сумарні втрати.

1. $\eta = \frac{UI - \Delta P}{UI}$.
2. $\eta = \frac{UI}{UI + \Delta P}$.
3. $\eta = \frac{\beta S_f \cos \varphi_2}{\beta S_f \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_e}$.
4. $\eta = \frac{UI + \Delta P}{UI}$.

Задача 2.4.7. Які з перелічених втрат відсутні в машині постійного струму? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Втрати в міді обмотки збудження.
2. Втрати в міді обмотки якоря.
3. Втрати на вихрові струми в осерді статора.
4. Втрати на вихрові струми в осерді якоря.

Задача 2.4.8. Вказати вираз для визначення обертаючого моменту машини постійного струму.

1. $M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a$.
2. $M = \frac{pN}{60a} I_a^2$.

$$3. M = \frac{pN}{60a} I_{зб} \Phi. \quad 4. M = \frac{2\pi N}{\pi a} \Phi I_{я}.$$

Задача 2.4.9. Вказати дію, необхідну для переведення машини постійного струму з моторного режиму в генераторний.

1. Змінити полярність обмотки збудження.
2. Збільшити струм збудження на стільки, щоб $E_{я} > U_{м}$.
3. Збільшити швидкість обертання якоря на стільки, щоб $E_{я} > U_{м} + \Delta U_{я}$.
4. Змінити напрямок обертання якоря.

Задача 2.4.10. Вказати дію, необхідну для переведення машини постійного струму з генераторного режиму в моторний.

1. Змінити полярність обмотки збудження.
2. Збільшити струм збудження на стільки, щоб $E_{я} > U_{м}$.
3. Збільшити швидкість обертання якоря на стільки, щоб $E_{я} < U_{м} + \Delta U_{я}$.
4. Змінити напрямок обертання якоря.

Задача 2.4.11. На механічній характеристиці машини постійного струму з паралельним збудженням $M = f(n)$ вказати відрізок, що відповідає моторному режиму.

1. *ab.*
2. *bc.*
3. *cd.*
4. *ac.*

Задача 2.4.12. На механічній характеристиці машини постійного струму з паралельним збудженням $M = f(n)$ вказати відрізок, що відповідає гальмівному режиму.

1. *ab.*
2. *bc.*
3. *cd.*
4. *ac.*

Задача 2.4.13. Вказати рівняння рівноваги напруги навантаженого генератора постійного струму.

1. $U = E_{я} + r_{я} I_{я}.$
2. $U = E_{я} - r_{я} I_{я}.$
3. $\dot{U} = \dot{E}_{я} + r_{я} \dot{I}_{я} + jx_c \dot{I}_{я}.$
4. $U = E_{я} n - r_{я} I_{я}.$

Задача 2.4.14. Чи є потреба виготовляти якір машини постійного струму із листового заліза і ізоляцією між листами? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Потреба є – для зменшення вихрових втрат у якорі.

2. Такої потреби немає, тому що в постійному магнітному потоці втрат на вихрові струми немає.
3. Потреба є, але з чисто технологічного боку.
4. Потреба є і викликана поліпшенням умов охолодження якоря.

Задача 2.4.15. При навантаженні генератора постійного струму його фізична нейтраль зміщується відповідно геометричної:

1. В напрямку обертання якоря.
2. Проти напрямку обертання якоря.
3. Не зміщується.
4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.16. Визначити напругу неробочого ходу генератора з незалежним збудженням, якщо $U_i=220$ В, $I_a=30$ А, $r_a=0,1$ Ом, а зміна е.р.с. внаслідок реакції якоря $\Delta E=2$ В. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 223 В.
2. 225 В.
3. 222 В.
4. 221 В.

Задача 2.4.17. Визначити струм навантаження генератора постійного струму з незалежним збудженням, якщо струм його якоря дорівнює 20 А, а струм збудження – 0,1 А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 21 А.
2. 20,1 А.
3. 19,9 А.
4. 20 А.

Задача 2.4.18. Визначити струм навантаження генератора постійного струму з паралельним збудженням, якщо струм його якоря дорівнює 20 А, а струм збудження – 0,1 А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 20,1 А.
2. 19,9 А.
3. 20 А.
4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.19. Визначити струм збудження шунтового генератора, якщо струм його навантаження дорівнює 25 А, а струм якоря – 28 А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 3 А.
2. 25 А.
3. 28 А.
4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.20. Для шунтового генератора задано: $P_n=11$ кВт; $U_n=220$ В; $r_a=0,2$ Ом; $r_{\text{зб}}=44$ Ом. Визначити е.р.с. якоря. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 235 В.
2. 210 В.
3. 231 В.
4. 211 В.

Задача 2.4.21. Визначити е.р.с. якоря шунтового генератора постійного струму, якщо: $P_n=5,5$ кВт; $r_\alpha=0,2$ Ом; $r_{зб}=88$ Ом; $I_{зб}=2,5$ А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 220 В. 2. 229 В. 3. 214,5 В. 4. 225,5 В. 5. 210 В.

Задача 2.4.22. Для шунтового генератора задано: $r_\alpha=0,5$ Ом; $r_{зб}=215$ Ом; $E_\alpha=225$ В; $I_\alpha=20$ А. Визначити струм збудження генератора. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1,8 А. 2. 1 А. 3. 0,5 А. 4. 2,5 А.

Задача 2.4.23. Визначити номінальну потужність шунтового генератора постійного струму при відомих параметрах: $U_n=110$ В; $I_{\alpha,n}=10$ А; $r_{зб}=110$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 990 Вт. 2. 1100 Вт. 3. 1210 Вт. 4. 919 Вт.

Задача 2.4.24. Визначити струм якоря генератора постійного струму з паралельним збудженням, ввімкненого на опір навантаження 10 Ом, якщо відомі опір обмотки збудження $r_{зб}=110$ Ом та струм збудження $I_{зб}=1$ А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 10 А. 2. 9 А. 3. 11 А. 4. 13 А.

Задача 2.4.25. Визначити струм навантаження генератора постійного струму з паралельним збудженням, ввімкненого на опір навантаження 10 Ом, якщо відомі опір обмотки збудження $r_{зб}=110$ Ом та струм якоря $I_\alpha=11$ А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1 А. 2. 11 А. 3. 12 А. 4. 10 А.

Задача 2.4.26. Визначити втрати в міді шунтового генератора при номінальному навантаженні, якщо номінальні дані такі: $U_n=110$ В; $I_\alpha=20$ А; $r_{зб}=110$ Ом; $r_\alpha=0,5$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1 кВт. 2. 200 Вт. 3. 310 Вт. 4. 500 Вт.

Задача 2.4.27. Вказати дії необхідні для зміни напрямку обертання двигуна постійного струму.

1. Змінити величину струму якоря або струму збудження.
2. Змінити напрямок струму збудження або струму якоря.
3. Змінити величину струмів якоря або збудження.
4. Змінити напрямки струмів якоря і збудження.

Задача 2.4.28. При навантаженні двигуна постійного струму його фізична нейтраль зміщується відносно геометричної:

1. В напрямку обертання.
2. Проти напрямку обертання.
3. Не зміщується.
4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.29. Вказати рівняння рівноваги напруги двигуна постійного струму.

1. $U = C_e n \Phi - r_y I_y$.
2. $U = E_y - r_y I_y$.
3. $U = U_y - C_e n \Phi$.
4. $U = E_y + r_y I_y$.

Задача 2.4.30. Визначити обертовий момент двигуна постійного струму, якщо $C_m = \frac{pN}{2\pi a} = 100$, $\Phi = 1,5 \cdot 10^{-2}$ Вб, $I_y = 25$ А.

Вказати правильний варіант відповіді.

1. 365 Н·м.
2. 750 Н·м.
3. 500 Н·м.
4. 200 Н·м.

Задача 2.4.31. Визначити опір обмотки якоря двигуна постійного струму з паралельним збудженням з номінальними даними: $U_n = 220$ В; $I_y = 50$ А; $E_{y,n} = 215$ В (реакцією якоря та спадом напруги на щітковому контакті знехтувати). Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,1 Ом.
2. 1 Ом.
3. 4,4 Ом.
4. 4,3 Ом.

Задача 2.4.32. Шунтовий двигун вмикається через пусковий реостат з опором 1,95 Ом на напругу 220 В. Визначити відношення початкового пускового струму до номінального I_n / I_n , якщо $I_n = 52,2$ А; $r_{зб} = 110$ Ом; $r_y = 0,2$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1,5.
2. 2.
3. 4.
4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.33. Шунтовий двигун з параметрами $I_y = 15$ А; $r_y = 0,5$ Ом вмикається на напругу 120 В. Визначити опір пускового реостата, при якому $I_n / I_n = 2$. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,5 Ом.
2. 3,5 Ом.
3. 30 Ом.
4. 35 Ом.

Задача 2.4.34. Визначити опір пускового реостата для двигуна послідовного збудження, якщо $I_n = 80$ А; $U_e = 120$ В; $r_y = 0,1$ Ом; $r_{зб} = 0,4$ Ом; $I_n / I_n = 1,5$. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 0,9 Ом.
2. 1 Ом.
3. 0,6 Ом.
4. 0,5 Ом.

Задача 2.4.35. Двигун послідовного збудження вмикається на напругу 120 В через пусковий реостат з опором 1,5 Ом. Визначити кратність початкового пускового струму, якщо $I_n = 40$ А; $r_y = 0,1$ Ом; $r_{зб} = 0,4$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1,5. 2. 2. 3. 6. 4. Визначити неможливо.

Задача 2.4.36. Вказати вираз для визначення швидкості обертання шунтового двигуна постійного струму.

$$1. n = \frac{U - E_y}{C_e \Phi}.$$

$$2. n = \frac{U - r_y I_y}{E_y}.$$

$$3. n = \frac{U - C_e \Phi}{r_y} I_y.$$

$$4. n = \frac{U - r_y I_y}{C_e \Phi}.$$

Задача 2.4.37. Визначити швидкість обертання двигуна постійного струму, якщо $U = 110$ В, $I_y = 20$ А, $r_y = 0,5$ Ом, $C_e = \frac{pN}{60a} = 2$,

$\Phi = 2,5 \cdot 10^{-2}$ Вб. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 2000 об/хв. 2. 1470 об/хв. 3. 1000 об/хв. 4. 900 об/хв.

Задача 2.4.38. Визначити номінальну швидкість обертання шунтового двигуна постійного струму з паспортними даними: $P = 10$ кВт, $U = 220$ В, $\eta = 0,87$, якщо відомі параметри двигуна: $C_e \Phi = 0,1$ Вб; $r_y = 0,2$ Ом; $r_{зб} = 1000$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 3000 об/хв. 2. 2920 об/хв. 3. 2095 об/хв. 4. Інша відповідь.

Задача 2.4.39. Нехтуючи реакцією якоря, визначити зміну струму шунтового двигуна постійного струму при збільшенні обертаючого моменту на його валу в 1,2 рази та незмінних швидкості обертання і напрузі живлення. Вказати правильний варіант відповіді.

1. Струм зросте в 1,44 рази. 2. Струм зросте в 1,2 рази.
3. Струм зменшиться в 1,2 рази. 4. Струм залишиться без зміни.

Задача 2.4.40. При сталій напрузі живлення і незмінній швидкості обертання струм якоря шунтового двигуна постійного струму зростає на 10%. На скільки при цьому змінюється обертаючий момент двигуна (вплив реакції якоря знехтувати)? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Момент залишається незмінним. 2. Момент зростає на 10%.

3. Момент зменшиться на 10%. 4. Момент зростає в 1,21 раза.

Задача 2.4.41. Визначити потужність, яку споживає шунтовий двигун постійного струму при номінальному навантаженні, якщо $U_n=110$ В, $I_{я.н}=10$ А, $r_{зб}=110$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1100 Вт. 2. 990 Вт. 3. 1210 Вт. 4. 9,9 кВт.

Задача 2.4.42. Нехтуючи реакцією якоря, визначити обертаючий момент шунтового двигуна постійного струму при струмі якоря 15 А, якщо відомі номінальні дані двигуна: $M_n=1,2$ кГ·м; $I_{я.н}=20$ А. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1,2 кГ·м. 2. 1,6 кГ·м. 3. 0,9 кГ·м. 4. 1,8 кГ·м.

Задача 2.4.43. Як треба змінити напругу живлення шунтового двигуна постійного струму, щоб при незмінному моменті на валу та струмі якоря швидкість двигуна зменшилася на 10 %? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Збільшити на 10%. 2. Зменшити на 10%.
3. Зменшити на 20%. 4. Зменшити в 1,21 рази.

Задача 2.4.44. Як треба змінити напругу живлення шунтового двигуна постійного струму, щоб при незмінному моменті на валу та зменшенні швидкості на 10% струм якоря зменшився на 10 %? Вказати правильний варіант відповіді.

1. Зменшити на 10%. 2. Зменшити на 20%.
3. Збільшити на 10%. 4. Залишити без зміни.

Задача 2.4.45. Визначити втрати в міді шунтового двигуна постійного струму при номінальному навантаженні, якщо $U_n=200$ В, $r_{зб}=200$ Ом, $I_{я.н}=20$ А, $r_я=0,2$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 8 кВт. 2. 80 Вт. 3. 200 Вт. 4. 280 Вт.

Задача 2.4.46. Визначити номінальну швидкість обертання двигуна постійного струму послідовного збудження з паспортними даними: $P=16,3$ кВт; $U=440$ В; $\eta=0,83$, якщо задані параметри двигуна: $r_я=0,6$ Ом; $r_{зб}=0,4$ Ом; $C_e\Phi=0,3$ Вб. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 1320 об/хв. 2. 1440 об/хв. 3. 1500 об/хв. 4. 1200 об/хв.

Задача 2.4.47. Визначити номінальний струм двигуна постійного струму послідовного збудження, якщо $n_n=474$ об/хв.; $M_n=23,8$ кГ·м; $U_n=250$ В; $\eta_n=84,3\%$; $r_a + r_{\text{об}}=0,61$ Ом. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 12,3 А.
2. 25,5 А.
3. 55 А.
4. 65,9 А.

Задача 2.4.48. Визначити напругу живлення двигуна постійного струму послідовного збудження, якщо $C_e = \frac{pN}{60a} = 1$; $\Phi=0,4$ Вб; $r_a + r_{\text{об}}=1$ Ом; $P_e=4,1$ кВт; $n=1000$ об/хв. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 400 В.
2. 380 В.
3. 220 В.
4. 410 В.

Задача 2.4.49. Визначити потужність, яку споживає двигун постійного струму з послідовним збудженням при номінальному навантаженні, якщо відомі номінальні дані двигуна: $n_n=474$ об/хв.; $M_n=23,8$ кГ·м; $\eta_n=84,3\%$. Вказати правильний варіант відповіді.

1. 11,52 кВт.
2. 15 кВт.
3. 13,75 кВт.
4. 11 кВт.
5. Визначити неможливо.

Задача 2.4.50. Нехтуючи реакцією якоря, визначити, як зміниться струм двигуна послідовного збудження при збільшенні обертаючого моменту на його валу у 2 рази та незмінній напрузі живлення. Вказати правильний варіант відповіді.

1. Струм зросте у 2 рази.
2. Струм не зміниться, а швидкість зменшиться.
3. Струм зросте у 4 рази.
4. Струм зросте у $\sqrt{2}$ рази.

3. Перелік питань, які включені до заліково-екзаменаційних білетів

1. Класифікація та номінальні дані електричних машин.
2. Призначення, область використання та номінальні дані трансформаторів.
3. Конструкції магнітопроводів та обмоток трансформатора.
4. Охолодження трансформатора.
5. Рівняння напруг трансформатора при неробочому ході. Векторна діаграма напруг.
6. Намагнічуючий струм і струм неробочого ходу трансформатора.
7. Заступна схема та втрати в трансформаторі при неробочому ході.
8. Дослід неробочого ходу трансформатора.
9. Магнітне поле і рівняння м.р.с. трансформатора при навантаженні.
10. Рівняння напруг обмоток трансформатора при навантаженні. Зведення вторинних величин до первинної обмотки.
11. Заступна схема та векторна діаграма трансформатора при навантаженні.
12. Дослід короткого замикання трансформатора.
13. Зовнішні характеристики трансформатора.
14. Втрати потужності та к.к.д. трансформатора.
15. Групи з'єднань обмоток трансформаторів.
16. Паралельна робота трансформаторів.
17. Автотрансформатори. Триобмотковий трансформатор.
18. Вимірювальні трансформатори напруги та струму.
19. Перехідні процеси в трансформаторі при короткому замиканні на затискачах вторинної обмотки.
20. Перехідні процеси при вмиканні ненавантаженого трансформатора в мережу.
21. Перенапруги в трансформаторах.
22. Основні види машин змінного струму та їх будова.
23. Статорні обмотки машин змінного струму.
24. Електрорушійна сила котушки, котушкової групи і фази.
25. Покращення форми кривої ЕРС обмоток машин змінного струму.
26. Магніторушійна сила котушки, фазної обмотки, трифазної обмотки.
27. Області використання, конструкція та принцип роботи асинхронних машин.

28. Асинхронна машина з загальмованим ротором як фазорегулятор та індукційний регулятор.
29. Заміна обертового ротора нерухомим.
30. Механічна характеристика асинхронного двигуна.
31. Робочі характеристики асинхронного двигуна.
32. Пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.
33. Пуск асинхронних двигунів з фазним ротором.
34. Асинхронні двигуни з покращеними пусковими характеристиками.
35. Регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.
36. Регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна з фазним ротором.
37. Гальмівні режими роботи асинхронного двигуна.
38. Асинхронний двигун з масивним ротором. Однофазний конденсаторний двигун.
39. Робота трифазного асинхронного двигуна від однофазної мережі.
40. Конструктивні схеми і принцип роботи синхронної машини.
41. Охолодження синхронних машин. Системи збудження синхронних машин.
42. Робота синхронного генератора при неробочому ході.
43. Реакція якоря синхронного генератора.
44. Векторні діаграми неявнополюсного синхронного генератора з урахуванням та без урахування насичення магнітного кола.
45. Векторні діаграми явнополюсного синхронного генератора з урахуванням та без урахування насичення магнітного кола.
46. Характеристики синхронного генератора при роботі на автономне навантаження.
47. Вмикання синхронного генератора на паралельну роботу.
48. Регулювання активної та реактивної потужностей генератора, що працює паралельно з мережею.
49. Потужність, електромагнітний момент та статична стійкість синхронного генератора, що працює паралельно з мережею.
50. Робота синхронної машини в режимі двигуна.
51. Характеристики синхронного двигуна.
52. Пуск синхронних двигунів.
53. Регулювання швидкості обертання ротора синхронного двигуна.
54. Синхронний компенсатор.
55. Синхронні реактивні двигуни.

56. Синхронні машини зі збудженням від постійних магнітів.
57. Раптове трифазне коротке замикання синхронного генератора.
58. Перехідні процеси при гашенні поля.
59. Будова та принцип роботи машин постійного струму.
60. Електрорушійна сила обмотки якоря і електромагнітний момент машини постійного струму.
61. Класифікація обмоток машин постійного струму та їх елементи.
62. Поперечна та поздовжня реакція якоря машини постійного струму.
63. Круговий вогонь на колекторі.
64. Загальні відомості про комутацію.
65. Основні способи покращення комутації.
66. Класифікація генераторів постійного струму за способами збудження.
67. Характеристики генераторів постійного струму.
68. Класифікація двигунів постійного струму за способами збудження.
69. Характеристики двигунів постійного струму.
70. Пуск двигунів постійного струму.
71. Регулювання швидкості обертання двигунів постійного струму.
72. Гальмівні режими роботи двигунів постійного струму.
73. Електромашинний підсилювач з поперечним полем.
74. Мікродвигуни з безпазовим і печатним якорем.
75. Однофазні колекторні двигуни.

4. Рекомендована література

1. Основна література

1. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. – Ч.1. – М.: Высш. шк., 1987. – 319 с; Ил.
2. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. – Ч.2. – М.: Высш. шк., 1987. – 335 с; Ил.
3. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1978. – 928 с.; Ил.
4. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. – М.: Высш. шк., 1971. – 432 с; Ил.
5. Лябук М.Н. Електричні машини: Навчальний посібник. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2005. – 445 с.
6. Лябук М.Н. Рорахунок і конструювання силових трансформаторів: Навчальний посібник. – Луцьк, РВВ ЛДТУ, 2004. – 198 с.
7. Лябук М.Н. Електротехніка. Лабораторні роботи: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1998. – 284 с.
8. Лябук М.Н. Електричні машини: Методичні вказівки до виконання самостійної роботи. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2009. – 124 с.

Б. Додаткова

9. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. – М.: Энергия, 1980. – 928 с.; Ил.
10. Важков А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1968. – 768 с.; Ил.
11. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Ч.1. – Л.: Энергия, 1972. – 544 с.; Ч.2. – Л.: Энергия, 1973. – 648 с.; Ил.
12. Тихомиров П.М. Расчёт трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.; Ил.

Зміст

Передмова	3
1.1. Вступ.....	4
1.2. Трансформатори.....	5
1.3. Асинхронні машини.....	11
1.4. Синхронні машини.....	15
1.5. Машини постійного струму.....	20
2. Тестові задачі.....	25
2.1. Тестові задачі для розділу «Трансформатори».....	25
2.2. Тестові задачі для розділу «Асинхронні машини».....	33
2.3. Тестові задачі для розділу «Синхронні машини».....	41
2.4. Тестові задачі для розділу «Машини постійного струму».....	48
3. Перелік питань, які включені до заліково-екзаменаційних білетів	57
4. Рекомендована література	60

Електричні машини [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять для студентів напряму 5.050701 «Електротехніка та електротехнології» денної форми навчання /уклад. Лишук В.В. – Луцьк: Технічний коледж Луцького НТУ, 2015. – 64 с.

Комп'ютерний набір та верстка: В.В. Лишук.

Видається в авторській редакції

Підп. до друку _____
Формат 60x80/16. Папір офс. Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк. 4. Обл. вид. арк. 4,5
Тираж 50 прим. Зам.

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75.
Друк – РВВ Луцького НТУ

