

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ**

Для спеціальності № 5.05070205

*“ Обслуговування та ремонт електроустаткування
автомобілів і тракторів*

Методичний посібник

для виконання самостійних робіт

з навчальної дисципліни Електричні машини та основи електроприводу

2017

Автор – Саун О. В., викладач Харківського державного політехнічного коледжу

Методичний посібник для виконання самостійних робіт
затверджений на засіданні циклової комісії з електроенергетики та
електротехніки

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20__ р.

Голова циклової комісії _____ А.О.Бледний

Схвалено методичною радою Харківського державного
політехнічного коледжу

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20__ р.

Голова методичної ради _____ В.О. Величко

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ I. ТРАНСФОРМАТОРИ.....	6
1.1 Пристрій трансформаторів.....	6
1.2 Режими роботи трансформаторів.....	7
1.3 Параметри і характеристики трансформаторів.....	8
1.4 Рівнобіжна робота трансформаторів.....	10
1.5 Спеціальні трансформатори.....	11
Розділ II. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ.....	14
2.1 Трифазні асинхронні двигуни перемінного струму.....	14
Задача 1.....	16
Задача 2.....	17
Задача 3.....	18
2.2 Однофазні і двофазні асинхронні двигуни.....	19
2.3 Синхронні генератори.....	20
Задача 1.....	21
Задача 2.....	22
Задача 3.....	23
Задача 4.....	23
2.4 Синхронні двигуни.....	24
Розділ III. МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....	27
3.1 Пристрій машин постійного струму.....	27
3.2 Принцип дії генераторів постійного струму.....	27
3.3 Фізичні процеси в генераторах постійного струму.....	27
3.4 Типи генераторів та їх характеристики.....	27

3.5 Принцип дії двигунів постійного струму.....	27
3.6 Керування роботою двигуна.....	28
3.7 Двигун рівнобіжного збудження.....	28
3.8 Двигун послідовного і змішаного збудження.....	28
3.9 Втрати і КПД машин постійного струму.....	28
Задача 1.....	30
Задача 2.....	31
Рекомендований перелік теоретичних питань до класної контрольної роботи.....	35
КРИТЕРІЇ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ.....	38
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	39

ВСТУП

Сучасний науково-технічний прогрес висуває підвищені вимоги до системи підготовки кваліфікованих кадрів для виробничої сфери нашого суспільства. Прискорення темпів науково-технічного прогресу породжує протиріччя між постійно збільшувальним обсягом навчальної інформації і лімітованими термінами навчання.

Усунення зазначеного протиріччя можливо в умовах ефективного використання не тільки навчального часу, відведеного навчальним планом на лекції і лабораторно-практичні заняття по дисципліні "Електричні машини", але також активізації самостійної діяльності студентів не тільки в аудиторних умовах, але і поза них. Удосконалювання самостійної роботи студентів є головним резервом підвищення ефективності процесу навчання і якості підготовки молодих фахівців, а також буде привчати самостійно поповнювати свої знання в постійно збільшувальному потоці науково-виробничої інформації після закінчення технікуму, навчить студента працювати з літературою, розвивати свої творчі можливості при рішенні висунутих практикою задач.

Навчальною програмою дисципліни "Електричні машини" передбачається вивчення пристрою і принципу дії електричних машин:

трансформатори,

генератори і двигуни перемінного і постійного струмів, аналіз фізичних процесів, що відбуваються в цих машинах, їх властивості та практичне застосування.

Вивчення навчального матеріалу дисципліни ґрунтується на знаннях, отриманих при вивченні попередніх дисциплін: "Математика", "Фізика", "Хімія", "Теоретичні основи електротехніки" та ін. Наприклад, принцип дії будь-якої електричної машини неможливо розглядати без розуміння сутності таких явищ як електромагнітна індукція, взаємоіндукція, самоіндукція, досліджуваних як у фізиці, так і в електротехніці. Розрахунки магнітних ланцюгів електричних машин неможливі без застосування законів

Кірхгофа, для чого будуть потрібні знання придбані студентом раніше по математиці .(система алгебраїчних рівнянь, визначники). У свою чергу знання, придбані з дисципліни "Електричні машини" знадобляться при вивченні навчального матеріалу наступних дисциплін: "Електропостачання та електрообладнання промислових підприємств і цивільних споруд", "Основи електропривода", "Монтаж і експлуатація тягових і трансформаторних підстанцій ", "Електроустаткування автомобілів і тракторів" та ін.

Метою даного методичного посібника допомогти студенту самостійно поповнювати свої знання та уміння., навчити користуватися необхідною літературою, орієнтуватися в потоці науково-технічної інформації. При доборі навчального матеріалу необхідного для самостійного вивчення студентами спеціальностей "Монтаж експлуатація електрообладнання підприємств і цивільних споруд", "Електропостачання" і "Обслуговування і ремонт електроустаткування автомобілів і тракторів" було взято в основу загальні напрямки функціональної діяльності випускників зазначених спеціальностей на виробництві в наступних ситуаціях:

- а) при експлуатації виробничого устаткування, постаченого електротехнічним;
- б) орієнтування в арсеналі типового устаткування, для правильного використання;
- в) знання сфер застосування цього устаткування, його потенційних і технічних можливостей;
- г) уміння аналізувати роботу електротехнічних пристроїв;
- д) при постачанні виробничого устаткування електротехнічним;
- є) при проведенні наукових пошуків і експериментів;
- ж) при самоосвіті в області електротехнічних знань;
- з) при читанні науково-технічної літератури;
- і) уміння керувати персоналом, що обслуговував електроустановки;
- к) створення нової техніки з застосуванням автоматичного електрообладнання;

- л) створення нового технологічного процесу;
- м) уміння співпрацювати з електротехнічним персоналом.

Перераховані ситуації були виявлені шляхом глибокого і всебічного аналізу різних областей діяльності випускників нашого технікуму шляхом бесіди з головними фахівцями й аналізу технічної, винахідницької і творчої літератури.

У процесі вивчення дисципліни "Електричні машини" необхідно досягти, як мінімум, два рівні знань - рівень репродуктивного характеру, тобто не тільки знати, але розказати, передати усно те, що вивчив, і рівень уміння, тобто вміти застосувати отримані знання при рішенні визначеного класу теоретичних і прикладних задач.

Щоб одержати, придбати знання репродуктивного характеру необхідно прочитати навчальний матеріал теми, переосмислити і проаналізувати на рівні розуміння, а не механічного запам'ятовування, відповісти на питання самоконтролю, приведені в даному посібнику. Потім переказати те що вивчив уголос собі або товаришеві чи на наявний записуючий пристрій. Після пересказаного можна бути упевненим, що навчальний матеріал вивчений на рівні репродуктивного характеру.

Для одержання рівня уміння необхідно уважно розглянути і проаналізувати методику рішення типових задач приведених у методичному посібнику після кожного розділу. Після чого вирішити самостійно запропоновані задачі з вихідними даними по своєму варіанті, обумовленого викладачем дисципліни "Електричні машини".

У результаті вивчення дисципліни "Електричні машини" студент одержує теоретичні і практичні знання й уміння по пристрою і принциповій дії електричних машин необхідних для їхнього практичного використання у своїй професійній діяльності на виробництві.

Розділ I. ТРАНСФОРМАТОРИ

1.1 Пристрій трансформаторів

Призначення трансформаторів. Загальні відомості про конструкцію трансформаторів, основні типи і марки трансформаторів. Принциповий пристрій трифазного трансформатора. Перемикаючі пристрої трансформаторів. Система охолодження трансформаторів. Захисні пристрої, їхнє призначення і конструкції, принцип дії.

Методичні вказівки

При вивченні цієї теми необхідно добре з'ясувати, що проблема сучасності - це передача електроенергії на великі відстані. З курсу фізики Вам відомо, що електрична енергія передається на величезні відстані за допомогою високовольтних ліній електропередач, що будь-яка передача електричної енергії зв'язана з утратами напруги і потужності в лінії. З курсу електротехніки відомо, що ці втрати можна зменшити збільшенням переданої напруги і зменшенням величини струму. Тому виникає необхідність у такому апараті, за допомогою якого можна було б перетворювати електричну енергію, вироблювану на електростанціях до такої величини, що була оптимальною для передачі її з малими втратами на великі відстані. Таким апаратом сьогодні є трансформатор.

Трансформатор являє собою статичний електромагнітний пристрій, призначений для зміни величини напруги при передачі і розподілі електричної енергії.

Необхідно ясно представляти собі конструкцію трансформатора, його головні деталі і вузли, основні типи і марки трансформаторів. При вивченні конструкції трансформатора зверніть увагу на перемикаючі і захисні пристрої, важливо знати їхнє призначення, конструкцію і принцип дії.

При вивченні трансформатора потрібно повторити з курсу електротехніки навчальний матеріал по магнітних ланцюгах, тому що магнітні ланцюги відіграють важливу роль в трансформаторних процесах.

Питання для самоконтролю

1. Які втрати електричної енергії виникають при передачі її по дротам?
2. Яке призначення мають трансформатори?
3. Перечисліть основні конструктивні елементи трансформатора.
4. Для чого призначений магнітопровід трансформатора?
5. Яку форму перетину має магнітопровід трансформаторів?
6. Як розташовані на магнітопроводі трансформатора обмотки низької і високої напруги?
7. Для чого призначене трансформаторне мастило?

1.2 Режими роботи трансформаторів

Режим холостого ходу, е.р.с. первинної і вторинної обмоток трансформатора, коефіцієнт трансформації трансформатора, векторна діаграма холостого ходу трансформаторів, утрати холостого ходу.

Режим навантаження, рівняння для напруги первинної обмотки трансформатора, рівняння для е.р.с. вторинної обмотки трансформатора, векторна діаграма трансформатора для випадку активного навантаження.

Методичні вказівки

Перш ніж приступити до вивчення даної теми, необхідно повторити з курсу електротехніки явище електромагнітної індукції і явище взаємоіндукції, тому що в основу принципу дії трансформатора покладені ці явища. Потім необхідно повторити електричні ланцюги однофазного струму,

що містять котушку зі сталевим осердям, після чого перейти безпосередньо до вивчення режимів роботи трансформатора.

Вивчаючи фізичні явища, що виникають у трансформаторі при його роботі, необхідно звернути особливу увагу на те, що магнітний потік у магнітопроводі при зміні навантаження практично не залежить від навантаження і залишається рівним магнітному потокові при холостому ході. Саме звідси випливає, що при зростанні навантаження, тобто вторинного струму, збільшується і первинний струм.

Важливе значення має векторна діаграма трансформатора, що дозволяє наочно бачити вплив величини і характеру навантаження на зміну вторинної напруги трансформатора і на коефіцієнт потужності трансформатора.

Питання для самоконтролю

1. Принцип роботи трансформатора. Яке явище покладене в основу принципу дії трансформатора?
2. Чому трансформатор може працювати тільки на перемінному струмі?
3. Чому при збільшенні навантаження у вторинній обмотці трансформатора збільшується струм у первинній обмотці?
4. Чому магнітний потік трансформатора практично не залежить від навантаження?
5. Користуючись векторною діаграмою, покажіть, як зміниться первинний струм трансформатора при зміні вторинного струму, дайте цьому фізичне пояснення.

1.3 Параметри і характеристики трансформаторів

Утрати трансформатора. Досліди холостого ходу і короткого замикання, к.к.д. трансформатора. Зміна напруги на затисках вторинної обмотки трансформатора при навантаженні. Зовнішня характеристика трансформатора. Регулювання напруги трансформатора.

Методичні вказівки

Вивчення цієї теми варто починати з повторення навчального матеріалу з курсу електротехніки по феромагнетикам, їхньому намагнічуванню і перемагнічуванню, про магнітний гістерезис, коерцитивній силі. Це дасть можливість більш ясно представити характер втрат у сталі трансформатора.

З попередньої теми ми дізналися, що магнітний потік у магнітопроводі при зміні навантаження практично не залежить від навантаження і залишається рівним магнітному потокові при холостому ході. Це дає можливість визначати втрати в сталі трансформатора за допомогою досвіду холостого ходу.

При вивченні фізичних явищ, що виникають у трансформаторі при досвідченому короткому замиканні, ми бачимо, що магнітний потік у магнітопроводі мізерно малий і ним можна зневажити, тому втрати в сталі трансформатора практично дорівнюють нулеві, утрати ж у міді, тобто в обмотках трансформатора, дорівнюють утратам при роботі трансформатора в режимі номінального навантаження. Величини струмів, напруг і потужностей, отримані з режиму холостого ходу і досвідченого короткого замикання, дозволяють визначити основні параметри трансформатора, що працює під навантаженням, зокрема, можна підрахувати к.к.д. трансформатора. При цьому варто звернути особливу увагу на залежність к.к.д. трансформатора від коефіцієнта потужності навантаження. Це допоможе глибше зрозуміти значення підвищення коефіцієнта потужності споживачів для економії електроенергії.

При вивченні фізичної сутності зміни напруги на вторинній обмотці трансформатора необхідно звернути увагу на причини зміни напруги, з'ясувати, від яких величин залежить характер зміни.

Програмою предмета передбачене виконання лабораторної роботи по даній темі. Ціль її виконання полягає в дослідженні однофазного трансформатора, для чого необхідно ознайомитися з його пристроєм, провести досліді холостого ходу і короткого замикання, а також

ознайомитися зі способом безпосереднього навантаження і зробити оцінку властивостей трансформатора на підставі досвідчених даних.

Питання для самоконтролю

1. Зобразіть схему досліду холостого ходу трансформатора і поясніть, які величини визначаються в цьому досвіді.
2. Чому в досвіді холостого ходу потужність втрат у міді настільки мала, що нею можна зневажити?
3. Зобразіть схему досвіду короткого замикання трансформатора і поясніть, які величини визначаються в цьому досвіді.
4. Чому в досвіді короткого замикання потужність втрат у сталі настільки мала, що нею можна зневажити?
5. Яку найбільшу величину може мати к.к.д. трансформатора при номінальному навантаження?

1.4 Рівнобіжна робота трансформаторів

Схеми і групи з'єднання обмоток трансформатора. Умови рівнобіжної роботи трансформаторів. Нагрівання й охолодження трансформаторів.

Методичні вказівки

Вивчення теми варто починати з пристрою і принципу дії трифазних трансформаторів. Спочатку розгляньте конструктивні особливості магнітопроводів і обмоток, потім принципи трансформування трифазного струму за допомогою однофазних і трифазних трансформаторів. Після, цього вивчите питання з'єднання обмоток трансформатора, розгляньте матеріал про групи з'єднання обмоток трансформатора, добре ознайомтеся зі способами визначення груп з'єднання обмоток.

При вивченні рівнобіжної роботи трансформаторів необхідно вивчити потребу й умови рівнобіжної роботи трансформаторів, з'ясувати можливі наслідки порушень роботи трансформаторів при невиконанні якого-небудь з умов.

Питання для самоконтролю

1. Як улаштований трифазний трансформатор?
2. Чи відрізняється принцип дії трифазного трансформатора від однофазного?
3. Що являють собою фазні і лінійні коефіцієнти трансформації?
4. Які групи з'єднання обмоток можуть бути у трифазних трансформаторів?
5. Перелічіть умови рівнобіжної роботи трансформаторів. Що відбудеться, якщо на рівнобіжну роботу включити трансформатори, у яких напруги короткого замикання будуть неоднакові?

1.5 Спеціальні трансформатори

Автотрансформатори. Зварювальні трансформатори. Вимірювальні трансформатори. Трансформатори для випрямних пристроїв.

Методичні вказівки

Необхідно вивчити пристрій і принцип дій спеціальних трансформаторів, їхні конструктивні особливості, уміти накреслити і пояснити схеми включення спеціальних трансформаторів. Особливу увагу варто приділити роботі з вимірювальними трансформаторами.

Питання для самоконтролю

1. Яка конструктивна відмінність автотрансформатора від звичайного трансформатора?
2. Якими перевагами володіє автотрансформатор у порівнянні зі звичайним трансформатором?
3. Навіщо у вторинний ланцюг зварювального трансформатора послідовно включають реактивну котушку з розсувним осереддям?
4. На який струм звичайно розрахована вторинна обмотка трансформатора струму?
5. Чому не можна залишати розімкнутою вторинну обмотку трансформатора струму?

6. Накресліть схему включення амперметра, вольтметра і ватметра через вимірювальні трансформатори.

Для кращого засвоєння навчального матеріалу розділу I та одержання необхідних знань за методикою рішення задач учні повинні уважно розібрати рішення наступної типової задачі:

Для трифазного трансформатора задані основні величини:

- номінальна потужність $S_n = 2500$ кВА;
- номінальна напруга $U_n = 35$ кВ;
- коефіцієнт трансформації по лінійним напругам $K = 3,33$;
- утрати холостого ходу $P_x = 5,1$ кВт;
- утрати короткого замикання $P_k = 25$ кВт;
- коефіцієнт потужності вторинного ланцюга $\cos\varphi_2 = 0,9$ та спосіб

з'єднання обмоток Y/Д.

Необхідно визначити:

- номінальну напругу U_2 ;
- коефіцієнт трансформації по фазним напругам U ;
- лінійні і фазні струми обмоток вищої і нижчої напруг;
- к.к.д. трансформатора при значеннях коефіцієнта навантаження $P_n = 0,20, 0,40, 0,70, 1,0$ та максимальний к.к.д.;
- побудувати характеристику к.к.д.

Примітка. Номінальною напругою і струмом трансформатора є їхні лінійні значення.

Рішення.

По відомій первинній лінійній напрузі і коефіцієнтові трансформації визначається вторинна лінійна напруга:

$$U_2 = \frac{35}{3,33} = 10,5 \text{ кВ}$$

Для визначення коефіцієнта трансформації треба підрахувати фазну напругу обмоток. Первинна обмотка з'єднана зіркою, тому:

$$U_\phi = \frac{U_l}{\sqrt{3}} = 20,2 \text{ кВ}$$

Вторинна обмотка з'єднана трикутником, тому:

$$U_{\phi} = U_T = 10,5 \text{ кВ.}$$

Коефіцієнт трансформації по фазним напругам:

$$\frac{U_{\phi}}{U_T} = \frac{20,2}{10,5} = 1,92$$

Лінійні струми визначаються із формули повної потужності відкля одержуємо:

$$I_L = \frac{2500}{\sqrt{3} * 35} = 41,4 \text{ А}$$

Первинна обмотка з'єднана зіркою, тому лінійний і фазний струми рівні:

$$I_{L1} = I_{\phi 1} = 41,4 \text{ А.}$$

Лінійний струм вторинної обмотки:

$$I_{L2} = \frac{2500}{\sqrt{3} * 10,5} = 138 \text{ А}$$

Оскільки вона з'єднана трикутником, фазний струм буде дорівнювати $I_{\phi} = 792 \text{ А}$

К.к.д. трансформатора підраховується по формулі:

$$\eta = 1 - (\Sigma P - (P_2 + \Sigma P)),$$

де $\Sigma P = P_{\text{эл}} + P_{\text{мг}}$ – повні втрати в трансформаторі.

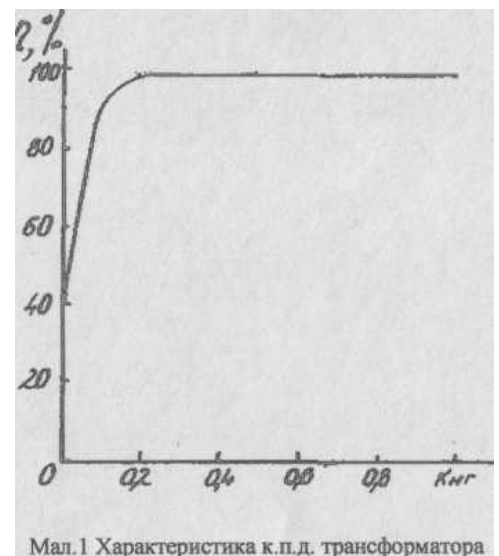
Максимальний к.к.д. трансформатор має при рівності втрат холостого ходу і короткого замикання, тобто:

$$R_{\text{нг}} = \sqrt{\frac{P_x}{P_k}}$$

З цієї рівності визначається коефіцієнт навантаження, що відповідає максимальному к.к.д.

Максимальний к.п.д. буде дорівнювати

$$R_{\text{нг}} = \sqrt{\frac{P_x}{P_k}} = \sqrt{\frac{5,1}{25}} = 0,451$$



Побудовану характеристику к.к.д. трансформатора показано на мал.1.

Розділ II. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ

2.1 Трифазні асинхронні двигуни перемінного струму

Основні конструктивні елементи асинхронного двигуна, пристрій статора і ротора, обмотки статора і ротора, схеми з'єднання обмоток статора і ротора.

Принцип дії асинхронного двигуна, двох полюсне поле що обертається, багатополюсне поле, що обертається.

Ковзання, синхронна швидкість, е.р.с. в обмотках статора і ротора.

Обертаючий момент асинхронного двигуна. Механічна характеристика, робочі характеристики, енергетична діаграма.

Пуск у хід асинхронного двигуна, способи пуску, асинхронні двигуни з поліпшеними пусковими властивостями. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів, способи регулювання.

Методичні вказівки

Вивчати дану тему слід з глибокого засвоєння пристрою асинхронного двигуна, докладного вивчення пристроїв статора і ротора з їх обмотками, схемами з'єднання цих обмоток, їхнього призначення.

Важливо докладно розглянути трифазну обмотку статора, висновки її початків і кінців і переконатися в можливості з'єднання їх зіркою або трикутником. При цьому варто звернути увагу на напругу окремих фаз при їхньому з'єднанні. Потрібно ґрунтовно розібратися в призначенні статорної обмотки, ув'язав цей навчальний матеріал з поняттям про обертове магнітне поле.

Після цього варто докладно розглянути матеріал про обмотку ротора, чим відрізняються обмотки короткозамкнутого і фазного ротора; пристрій фазного ротора.

Потім потрібно перейти до вивчення взаємодії основних вузлів асинхронного двигуна, тобто до принципу їхньої дії. Оскільки принцип дії асинхронного двигуна заснований на використанні обертового магнітного

поля, створюваного трифазною системою перемінного струму, необхідно детально розібратися в принципі створення обертового поля трифазною системою струмів, а також обертового моменту, що приводять ротор в обертання. Тут же доцільно з'ясувати фізичну сутність ковзання як величини, що показує відносне відставання частоти обертання ротора від частоти обертання магнітного поля статора.

Необхідно добре вивчити питання індукування е.р.с. в обмотках статора і ротора, а також розібратися в співвідношенні між величинами е.р.с. обертового і нерухомого ротора. Тут же потрібно з'ясувати причини виникнення пускового струму, що перевищує номінальний струм у 6-8 разів. При цьому потрібно з'ясувати призначення пускового реостата в асинхронних двигунах з фазним ротором.

Оскільки вивчення асинхронних двигунів викликано необхідністю правильного їхнього вибору й експлуатації, то варто знати їхньої властивості при різних умовах роботи. Ці властивості добре аналізуються за допомогою механічних, робочих і пускових характеристик. Вивчаючи механічні характеристики асинхронних двигунів і їхні пускові властивості, варто з'ясувати причини, унаслідок яких двигуни з додатковим опором у роторі і двигуни з глибоким пазом або з подвійною «білячою» кліткою мають при запуску значно великий момент, чим звичайний одноклітковий асинхронний двигун.

При вивченні способів регулювання частоти обертання асинхронних двигунів варто проаналізувати формулу обертаючого моменту двигуна, з якої впливають ті або інші способи регулювання.

При виконанні лабораторної роботи з даної теми необхідно звернути особливу увагу на визначення початків і кінців обмоток статора, пуск у хід трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором і зняття основних характеристик.

Питання для самоконтролю

1. Зобразіть схематично пристрій асинхронного двигуна.

2. Поясніть принцип утворення обертового магнітного поля за допомогою трифазної системи перемінного струму і трьох котушок, зрушених у просторі на 120° .
3. Поясніть принцип роботи асинхронного двигуна.
4. Яка можлива максимальна частота обертання ротора при частоті в мережі 50Гц?
5. Як здійснити зміну напрямку обертання ротора двигуна?
6. Напишіть рівняння електричної рівноваги для статорної обмотки.
7. Виведіть формулу обертового моменту двигуна.
8. Чому при збільшенні ковзання від 0 до 1 обертаючий момент спочатку збільшується, а потім зменшується?
9. Яка частина механічної характеристики відповідає стійкій роботі двигуна, а яка - не стійкій?
10. Як змінюється к.к.д. асинхронного двигуна при переході від холостого ходу до повного навантаження?
11. Як впливає величина опору ланцюга ротора на пускові властивості двигуна?
12. Перелічіть можливі способи регулювання частоти обертання асинхронного двигуна.
13. Для чого служить пусковий реостат у двигунів з фазним ротором?
14. Який зі способів регулювання частоти обертання асинхронних двигунів у даний час найбільш економічний?

Для кращого засвоєння навчального матеріалу по трифазних асинхронних двигунах перемінного струму й одержання деяких понять про методику рішення задач варто розібрати наступні рішення типових задач.

Задача 1

Трифазний асинхронний двигун має наступні номінальні величини: потужність на валові $P_{2\text{ном}} = 17$ кВт, лінійна напруга $U_H = 380$ В, частоту

обертання ротора $n_2 = 2900$ об/хв, к.к.д. $\eta = 88,0 \%$, коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,88$. Частота струму мережі $f = 50$ Гц.

Визначити споживану електричну потужність P_1 , що обертаючий момент на валові M_n , споживаний з мережі струм I_n , частоту обертання магнітного потоку статора - синхронну частоту n_1 і ковзання $S_{\text{ном}}$.

Рішення

По заданим номінальній потужності і к.к.д. підраховується споживана двигуном електрична потужність:

$$P_{1n} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{17}{0,88} = 19,3 \text{ кВт}$$

Корисний момент на валові двигуна визначається з формули потужності:

$$M_2 = \frac{9560 * P_n}{n_2} = \frac{9560 * 17}{2900} = 56,1 \text{ Нм}$$

Лінійний струм знаходиться з формули активної потужності:

$$I_n = \frac{P_{1n}}{\sqrt{3} * U_n * \eta} = \frac{19,3 * 10^3}{\sqrt{3} * 230 * 0,88} = 33,2 \text{ А}$$

Частота обертання магнітного потоку статора визначається по заданій номінальній частоті обертання ротора. При частоті мережі 50 Гц найближча синхронна частота потоку дорівнює 3000 об/хв, що відповідає одній парі полюсів

$$p = 1 \text{ або } 2p = 2.$$

Тепер можна підрахувати номінальне ковзання. Воно дорівнює:

$$S_{\text{ном}} = \frac{n_{\text{ном}} - n_2}{n_{\text{ном}}} = \frac{3000 - 2900}{3000} * 100 = 3,33\%$$

Задача 2

Для трифазного асинхронного двигуна задані наступні номінальні величини: лінійна напруга $U_{\text{ном}} = 380$ В, корисний момент $M_n = 85,7$ Нм, ковзання $S_n = 3,33\%$, к.к.д. $\eta = 88,5\%$, коефіцієнт потужності $\cos\varphi_n = 0,88$,

число полюсів $2p = 4$. Частота струму живильної електричної мережі $f = 50$ Гц.

Визначити номінальні потужності на валові, P_n , споживану електричну потужність P_{1n} частоти обертання ротора n_n і потоку статора n_1 струм статора I_L .

Рішення

По заданим числу пар полюсів і частоті визначається синхронна частота обертання:

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 * 50}{2} = 1500 \text{ об/хв}$$

Потім - номінальна частота обертання ротора по формулі:

$$n_n = n_1(1 - S_n) = 1500 * (1 - 0.033) = 1450 \text{ об/хв}$$

Тепер можна підрахувати корисну потужність на валові:

$$P_2 = \frac{M_n * n_n}{9560} = \frac{85,7 * 1450}{9560} = 13 \text{ кВт}$$

та споживану електричну потужність:

$$P_{1n} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{13}{0,885} = 14,7 \text{ кВт}$$

Нарешті лінійний струм:

$$I_L = \frac{P_{1n}}{\sqrt{3} * U_n * \eta} = \frac{14,7 * 10^3}{\sqrt{3} * 3800 * 0,885} = 25,3 \text{ А}$$

Задача 3

Для трифазного асинхронного двигуна дані: номінальна напруга $U_n = 220 \text{ В}$, обертаючий момент $M_n = 218 \text{ Нм}$, частота обертання ротора $n_2 = 965$ об/хв, к.к.д. $\eta = 89,5\%$, коефіцієнт потужності $\cos\phi = 0,87$, ковзання $S_n = 3,5\%$. Частота $f = 50$ Гц.

Визначити номінальні корисну потужність P_{2n} , струм I_n , синхронну частоту обертання n_n , число полюсів $2p$ і частоту f_2 е.р.с., індукованої в обмотці ротора, який обертається.

Рішення

Через корисний момент і швидкість обертання підраховується корисна потужність

$$P_2 = \frac{M_H * n_H}{9560} = \frac{218 * 965}{9560} = 22 \text{ кВт}$$

Синхронна частота обертання визначається із формули:

$$n_H = \frac{n_1}{(1 - S_H)}$$

по заданим S_H та n_1 :

$$n_H = \frac{965}{(1 - 0.035)} = 1000 \text{ об/хв}$$

Потім число полюсів машини:

$$p = \frac{60f}{n_H} = \frac{60 * 50}{1000} = 3; \quad 2p = 6$$

Номінальний струм двигуна:

$$I_H = \frac{P_2}{\sqrt{3} * U_H * \eta} = \frac{22000}{\sqrt{3} * 220 * 0.895} = 74,2 \text{ А}$$

Частота струму в обертовому роторі визначається за формулою:

$$f_2 = f * S_H = 50 * 0,035 = 1,75 \text{ Гц}$$

2.2 Однофазні і двофазні асинхронні двигуни

Однофазний двигун з пусковими елементами, конструкція і принцип дії. Двофазні двигуни з робітником і пусковими конденсаторами. Двигун з розщепленими полюсами. Двигун двофазний з порожнім немагнітним ротором.

Методичні вказівки

Вивчення теми потрібно починати з пристрою однофазних, двофазних двигунів з розщепленими полюсами і двигунів двофазних з порожнім немагнітним ротором.

Після цього перейти до розгляду принципу їхньої дії.

Необхідно звернути увагу на одержання пускового моменту шляхом створення обертового магнітного поля за допомогою двофазної системи струмів.

Для кращого засвоєння навчального матеріалу по асинхронним двигунам і одержання деяких понять за методикою рішення задач необхідно уважно розібрати рішення декількох типових задач.

Питання для самоконтролю

1. Для чого додаткова обмотка однофазного двигуна зрушена в просторі на визначений кут відносно головної?
2. Для чого послідовно з додатковою обмоткою однофазного конденсаторного двигуна включається конденсатор?
3. Опишіть послідовність пуску в хід однофазного асинхронного двигуна.

2.3. Синхронні генератори

Пристрій синхронного генератора, принцип дії генераторів, основні конструктивні елементи, явно полюсні та неявнополюсні генератори. Е.р.с. генератора, рівняння е.р.с. синхронного генератора, синхронізація генераторів. Реакція якорю синхронного генератора. Основні характеристики синхронного генератора. Рівнобіжна робота синхронних генераторів. Способи включення.

Методичні вказівки

При вивченні конструкції синхронного генератора потрібно звернути увагу на те, що його статор подібний статорові асинхронного двигуна, що по обмотці ротора, якщо він виконує функції збудника магнітного поля, проходить тільки постійний струм. Тут же варто врахувати, що якір генератора - це та частина генератора, у якій індукується е.р.с., і що він може бути і нерухомим, і обертовим. Найбільше поширення одержали синхронні генератори з нерухомим якорем.

При вивченні робочого процесу синхронного генератора необхідно звернути увагу на реакцію якоря, що залежить від конструкції генератора і від характеру навантаження. Тут варто з'ясувати фізичну сутність явища реакції якоря і його вплив на режим роботи генератора і його зовнішню характеристику.

Сьогодні синхронні генератори найчастіше працюють рівнобіжно з мережею, потужність якої значно перевищує потужність генератора. Тому потрібно уважно розглянути умови включення синхронного генератора в загальну мережу і способи розподілу навантаження між рівнобіжно працюючими генераторами. Разом з тим, вивчення спільної роботи синхронного генератора з могутньою мережею дозволяє до кінця зрозуміти принцип дії синхронної машини, тобто установити умови синхронізації. Це означає, що процеси, що протікають у синхронному генераторі, простіше і наочніше всього можна зрозуміти з погляду його роботи рівнобіжно з мережею.

Питання для самоконтролю

1. Як улаштований синхронний генератор?
2. Накресліть принципову схему синхронного генератора і поясніть принцип його роботи.
3. Як розрізняються синхронні генератори в залежності від роду первинного двигуна, частоти обертання і виконання ротора?
4. Яку частоту обертання може мати ротор синхронного генератора при частоті напруги мережі 50Гц у залежності від числа пар полюсів статора?
5. Поясніть, якою буде реакція якоря в синхронному генераторі при активному навантаженні.
6. Перелічіть умови і порядок включення синхронного генератора на рівнобіжну роботу з мережею трифазного струму.
7. Який вид має зовнішня характеристика синхронного генератора при чисто активному навантаженні і при індуктивному (змішаному) навантаженню?

Для кращого закріплення теоретичного матеріалу даної теми варто розібрати рішення наступних типових задач.

Задача 1

Для трифазного синхронного генератора дані: номінальна потужність $P_H = 10000$ кВт, напруга $U_H = 6,6$ кВ, коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,85$, к.к.д. $\eta_H = 0,92$, обмотка статора з'єднана зіркою.

Визначити номінальну повну потужність P_n , струм I_n , фазна напруга U_ϕ , споживану механічну потужність P_{mc} .

Рішення

По відомій активній потужності знаходиться повна потужність генератора:

$$P_n = \frac{P_H}{\cos\varphi} = \frac{10000}{0,85} = 11800 \text{ кВА}$$

Номінальний струм генератора визначається з формули:

$$I_n = \frac{S_H}{\sqrt{3} * U_H} = \frac{11800}{\sqrt{3} * 6,6} = 1030 \text{ А}$$

Оскільки обмотка з'єднана зіркою, то фазна напруга буде дорівнювати:

$$U_\phi = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{6,6}{\sqrt{3}} = 3,82 \text{ кВ}$$

Споживана генератором механічна потужність (наприклад, парової турбіни):

$$P_{mc} = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{10000}{0,92} = 10900 \text{ кВт}$$

Задача 2

Трифазний синхронний генератор має наступні величини і їхні значення: номінальну повну потужність $P_{nn} = 27800$ кВА, напруга фазної обмотки статора $U_\phi = 6,07$ кВ, що з'єднана зіркою, споживану механічну потужність $P_{1H} = 26600$ кВт і к.к.д. $\eta_H = 94 \%$.

Визначити номінальну активну потужність генератора $P_{ан}$, лінійну напругу U_L , лінійний струм I_L , коефіцієнт потужності $\cos\varphi_H$.

Рішення

Через к.к.д. $\eta_{\text{н}}$ і механічну потужність, яка підводиться, підраховується номінальна активна потужність генератора:

$$P_{\text{н}} = P_{1\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}} = 26600 \cdot 0,94 = 25000 \text{ кВт.}$$

Оскільки обмотка генератора з'єднана зіркою, то лінійна напруга буде:

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}} = \sqrt{3} \cdot 6,07 = 10,5 \text{ кВ}$$

Із формули повної потужності визначається лінійний струм:

$$I_{\text{л}} = \frac{P_{\text{пн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} = \frac{27800}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 1530 \text{ А}$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi_{\text{н}} = \frac{P_{\text{пн}}}{P_{\text{н}}} = \frac{27800}{25000} = 0,89$$

Задача 3

Для трифазного синхронного генератора задані наступні номінальні величини: повна потужність $S_{\text{н}} = 353000 \text{ кВА}$, напруга $U_{\text{н}} = 20 \text{ кВ}$, к.к.д. $\eta_{\text{н}} = 98,8\%$, коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{н}} = 0,85$, частота обертання $n_{\text{н}} = 3000 \text{ об/хв.}$

Визначити активну потужність $P_{\text{н}}$ генератора, споживану механічну потужність $P_{1\text{н}}$, номінальний струм $I_{\text{н}}$ і число полюсів машини $2p$.

Рішення

По відомим повній потужності і коефіцієнтові потужності підраховується номінальна активна потужність:

$$P_{\text{н}} = S_{\text{н}} \cdot \cos\varphi_{\text{н}} = 353000 \cdot 0,85 = 300000 \text{ кВт.}$$

Потім визначається споживана механічна потужність:

$$P_{1\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{300000}{0,988} = 302000 \text{ кВт}$$

Номінальний струм генератора знаходиться із формули повної потужності:

$$I_H = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{353000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10200 \text{ A}$$

Число пар полюсів:

$$p = \frac{60f}{n_H} = \frac{60 \cdot 50}{3000} = 1$$

Число полюсів $2p = 2$, тобто даний швидкохідний генератор приводиться в обертання паровою турбіною.

Задача 4

Турбогенератор Слов'янської ГРЕС потужністю $P_H = 800000$ кВт має напругу $U_H = 24$ кВ, струм $I_H = 21400$ А, к.к.д. $\eta_H = 98,7\%$, число пар полюсів $p = 2$.

Визначити повну потужність S_H генератора, його коефіцієнт потужності $\cos\varphi_H$, механічну потужність, яка підводиться, P_{1H} і частоту обертання n_H .

Рішення

Розрахунок повної потужності:

$$S_H = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_H = \sqrt{3} \cdot 24 \cdot 21400 = 890000 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності генератора:

$$\cos\varphi_H = \frac{P_H}{S_H} = \frac{800000}{890000} = 0,90$$

Споживана від парової турбіни механічна потужність при номінальному навантаженні:

$$P_{1H} = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{800000}{0,987} = 812000 \text{ кВт}$$

Частота обертання ротора:

$$n_H = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об/хв}$$

2.4 Синхронні двигуни

Конструктивні особливості синхронного двигуна. Принцип оборотності синхронних машин. Асинхронний пуск синхронних двигунів. Синхронні компенсатори.

Методичні вказівки

Синхронні двигуни - великі трифазні і малопотужні трифазні й однофазні - знаходять широке застосування в практиці транспортного будівництва. Це зв'язано з тим, що синхронні двигуни мають спеціальні властивості, відмінними від властивостей інших типів двигунів. Тому необхідно докладно розглянути їхню конструкцію, принцип дії, властивості і способи їхнього пуску. При вивченні асинхронного пуску синхронного двигуна варто пам'ятати, що цей спосіб заснований на конструктивному сполученні в одній машині властивостей асинхронного і синхронного двигунів.

Питання для самоконтролю

1. Пристрій якої частини синхронного двигуна подібно пристроєві статора асинхронного двигуна?
2. Чому синхронний двигун без додаткової пускової обмотки не розвиває на валові початкового пускового моменту?

2.4 Синхронні двигуни

Конструктивні особливості синхронного двигуна. Принцип оборотності синхронних машин. Асинхронний пуск синхронних двигунів. Синхронні компенсатори.

Методичні вказівки

Синхронні двигуни - великі трифазні і малопотужні трифазні й однофазні - знаходять широке застосування в практиці транспортного будівництва. Це зв'язано з тим, що синхронні двигуни мають спеціальні властивості, відмінними від властивостей інших типів двигунів. Тому необхідно докладно розглянути їхню конструкцію, принцип дії, властивості і способи їхнього пуску. При вивченні асинхронного пуску синхронного двигуна варто пам'ятати, що цей спосіб заснований на конструктивному сполученні в одній машині властивостей асинхронного і синхронного двигунів.

Питання для самоконтролю

1. Пристрій якої частини синхронного двигуна подібно пристроєві статора асинхронного двигуна?
2. Чому синхронний двигун без додаткової пускової обмотки не розвиває на валові початкового пускового моменту?

Розділ III. МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

3.1 Пристрій машин постійного струму

Пристрій машин постійного струму: індуктор, якір, колектор, щіткотримачі, підшипникові щити.

Обмотки машин постійного струму: обмотки збудження, обмотки якоря, пристрій обмоток, проста петлева обмотка, проста хвильова обмотка, рівнобіжні галузі.

3.2 Принцип дії генераторів постійного струму

Умова одержання електричної енергії на основі явища електромагнітної індукції.

Електрорушійна сила, індуктована обмотці якоря, висновок формули.

3.3 Фізичні процеси в генераторах постійного струму

Реакція якоря: магнітне поле індуктора і магнітне поле якоря при неодруженому ході і при навантаженні, геометрична і фізична нейтралі, способи усунення реакції якоря, її вплив на е.д.с. якоря.

Комутація в машинах постійного струму, фізична сутність комутації, способи поліпшення неї.

3.4 Типи генераторів та їх характеристики

Класифікація генераторів постійного струму по способі порушення.

Генератори з незалежним порушенням: схема включення, принцип дії, основні характеристики.

Генератори з рівнобіжним порушенням: схема включення, принцип дії, основні характеристики.

Генератори зі змішаним порушенням: схема включення, принцип дії, основні характеристики.

3.5 Принцип дії двигунів постійного струму

Принцип оборотності електричної машини, основні вузли двигунів і їхнє призначення. Принцип дії. Обертаючий момент двигуна. Класифікація

двигунів по способі порушення. Схеми включення двигунів постійного струму.

3.6 Керування роботою двигуна

Пуск двигунів, саморегулювання, робочий режим, регулювальний режим. Реверсування двигунів постійного струму.

3.7 Двигун рівнобіжного збудження

Схема включення двигунів, призначення і спосіб підключення пускового і регулювального реостатів, способи регулювання швидкості. Основні характеристики двигуна.

3.8 Двигун послідовного і змішаного збудження

Схема включення двигуна, призначення і спосіб підключення пускового реостата. Регулювання швидкості обертання. Основні характеристики двигунів. Основні поняття про двигун змішаного порушення. Електричне гальмування двигуна.

3.9 Втрати і КПД машин постійного струму

Перетворення енергії і к.п.д. машини, енергетичний баланс машини.

Методичні вказівки до розділу

Вивчати навчальний матеріал даного розділу треба починати з пристрою електричних машин. З огляду на, що машина постійного струму оборотна, тобто може працювати як у режимі генератора, так і в режимі двигуна, вивчення таких питань, як колектор, реакція якоря, електромагнітний момент, порушення і ряд інших, зазначених у програмі, необхідно розглядати в зіставленні для обох режимів.

Процес наведення е.р.с. в обмотці якоря машини постійного струму в принципі такої ж, як і синхронній машині. Специфічною частиною машини постійного струму є колектор. Необхідно засвоїти принцип пристрою обмоток машин постійного струму, їхній зв'язок з колектором і роль колектора.

Дуже важливо правильно розуміти зв'язок між напругою на затисках машини, неї $\epsilon.p.c.$ і спаданням напруги в обмотці якоря машини постійного струму в режимі генератора й у режимі двигуна.

При вивченні реакції якоря машин постійного струму потрібно врахувати, що її характер залежить від положення щіток на колекторі стосовно геометричної нейтралі.

Вивчаючи роботу машини постійного струму в режимі генератора, звернете особливу увагу на самозбудження. При розгляді характеристик генераторів постійного струму варто прагнути одержати наочне представлення про експлуатаційні властивості генераторів.

Розглядаючи властивості двигунів постійного струму, треба насамперед з'ясувати відмінності цих двигунів від електродвигунів інших типів. При цьому зверніть увагу на обертовий момент двигуна, його пускові властивості, регулювання частоти обертання, способи пуску, механічні характеристики. Дуже важливо зрозуміти, як у двигуні виникає проти електродвигна сила, її вплив на роботу двигуна. Вивчаючи роботу двигуна постійного струму послідовного порушення, необхідно звернути увагу на неприпустимість його роботи при неодруженому ході і малих навантаженнях, тому що при малому навантаженні швидкість обертання якоря може досягти неприпустимо великої величини.

Дуже важливо зрозуміти фізичну сутність електричного гальмування двигунів постійного струму.

Питання для самоконтролю

1. Зобразите схематично будова машини постійного струму.
2. Де при холостому ході генератора розташовується провідник обертового якоря, у якому індукується максимальна $\epsilon.p.c.$ і $\epsilon.p.c.$ рівна нулю?
3. Яка $\epsilon.p.c.$ (перемінна або постійна) індукується в обмотці якоря машини постійного струму?

4. Яка існує залежність між е.р.с., магнітним потоком полюсів, струмів порушення і швидкістю обертання якоря?
5. Які умови необхідні для того, щоб відбулося самозбудження генератора постійного струму рівнобіжного порушення?
6. Яку величину і напрямок повинна мати магніторушійна сила компенсаційної обмотки?
7. Чому зовнішня характеристика генератора рівнобіжного порушення має більш падаючий характер, ніж генератора незалежного порушення?
8. Чому під час пуску двигуна опір регулювального реостата роблять найменшим, а опір пускового реостата найбільшим?
9. Як впливає реакція якоря на механічні характеристики двигуна?
10. Чому ненавантажений двигун з послідовною обмоткою збудження збільшує частоту обертання до неприпустимих меж?
11. Яким чином можна машину постійного струму, що працює в руховому режимі, перевести в генераторний?

Для кращого засвоєння навчального матеріалу по машинах постійного струму й одержання практичних навичок за методикою рішення задач варто розглянути рішення наступних типових прикладів:

Задача 1

Для генератора постійного струму рівнобіжного порушення відома номінальна потужність $P_n = 14$ кВт, номінальна напруга $U_n = 230$ В, номінальний к.к.д. $\eta_n = 88\%$, е.р.с. якоря $U_a = 241$ В, опір ланцюга збудження $r = 75$ Ом.

Визначити витрачену механічну потужність P_{1n} , струм якоря струмпорушення I_a , опір ланцюга якоря R_a .

По відомим P_n та η_n підраховується витрачена механічна потужність:

$$P_{1n} = \frac{P_n}{\eta_n} = \frac{14}{0,88} = 15,9 \text{ кВт}$$

Для визначення струму якоря попередньо підраховується номінальний струм генератора:

$$I_H = \frac{P_H}{U_H} = \frac{14 \cdot 10^3}{230} = 60,8 \text{ A}$$

і струм збудження

$$I_3 = \frac{U_H}{r} = \frac{230}{75} = 3,06 \text{ A}$$

потім

$$I_{\text{я}} = I_H + I_3 = 60,8 + 3,06 = 63,9 \text{ A.}$$

Опір ланцюга якоря визначається з рівняння рівноваги е.д. с.

$$R_{\text{я}} = \frac{U_{\text{я}} - U_H}{I_{\text{я}}} = \frac{241 - 230}{63,9} = 0,17 \text{ Ом}$$

Задача 2

Для двигуна постійного струму рівнобіжного порушення задані наступні величини: номінальна потужність $P_a = 10 \text{ кВт}$, номінальна напруга $U_H = 220 \text{ В}$, номінальна частота обертання $n_H = 1200 \text{ об/хв}$, номінальний к.к.д. $\eta = 82\%$, струм холостого ходу $I_{\text{х.х.}} = 8 \text{ А}$, опір ланцюга якоря $R_{\text{я}} = 0,15 \text{ Ом}$, опір ланцюга збудження $r = 110 \text{ Ом}$.

Визначити частоту обертання, що обертає момент на валові і к.к.д. двигуна при струмах, що складають 0,4; 0,7; 1,0 від номінального значення струму. За результатами розрахунку побудувати робочі характеристики двигуна. Вплив реакції якоря на роботу двигуна не враховувати.

Рішення

Спочатку визначається номінальний струм і його задані частки. Тому що в умові зазначена номінальна потужність, тобто механічна потужність на валові (корисна потужність), значить треба підраховувати споживану потужність

$$S = \frac{P_a}{\eta} = \frac{10}{0,82} = 12,2 \text{ кВт}$$

Споживаний двигуном номінальний струм

$$I_H = \frac{S}{U} = \frac{12200}{220} = 55,5 \text{ A}$$

Частки цього струму:

$$0,4I_H = 0,4 \cdot 55,5 = 22,2 \text{ A}; 0,7I_H = 0,7 \cdot 55,5 = 38,8 \text{ A}; 1I_H = I_H = 55,5 \text{ A}.$$

В завданні прикладу зазначено, що реакцію якоря не враховувати, це значить, що магнітний потік вважати постійним, незалежним від струму якоря. А тому оскільки не задані величини p , a , A , що характеризують конструкцію машини, то по відомим напрузі і частоті обертання з формули швидкості обертання визначається добуток:

$$C\Phi = \frac{U_H - (I_{\text{я}} * R_{\text{я}})}{n_H} = \frac{220 - 53,5 * 0,15}{1200} = 0,177 \text{ Вб}$$

Тут,

$$I_{\text{я}} = I_H - I_{\text{в}} = 55,5 - \frac{220}{110} = 53,5 \text{ A}$$

Струм якоря при номінальному режимі.

Тепер можна підрахувати значення необхідних величин для заданих струмів двигуна.

Розрахунок для струму $0,4I_H = 22,2 \text{ A}$.

Струм якоря

$$I_{\text{я}} = 22,2 - 2 = 20,2 \text{ A}.$$

Частота обертання

$$n = \frac{U_H - I_{\text{я}}R_{\text{я}}}{C\Phi} = \frac{220 - 20,2 * 0,15}{0,177} = 1225 \text{ об/хв}$$

Корисний момент M_2 визначається з рівняння рівноваги моментів:

$$M_2 = M - M_0$$

Тому попередньо треба підрахувати електромагнітний момент і момент холостого ходу M_0 по формулі:

$$M = C_M \Phi I_{\text{я}}$$

При вираженні обертаючого, моменту в ньютон-метрах приймається

$$C_M \Phi = 9,55 C\Phi = 9,55 \cdot 0,177 = 1,69 \text{ Вб}.$$

Струм у якорі при холостому ході

$$I_{я0} = 8 - 2 = 6 \text{ А.}$$

Тоді момент холостого ходу буде:

$$M_0 = C_M \Phi I_{я0} = 1,69 \cdot 6 = 10,1 \text{ Нм.}$$

Електромагнітний момент двигуна:

$$M = C_M \Phi I_{я} = 1,69 \cdot 20,2 = 34,1 \text{ Нм.}$$

Корисний момент на валові:

$$M_2 = M - M_0 = 34,1 - 10,1 = 24 \text{ Нм.}$$

Корисна потужність двигуна

$$P_2 = \frac{M_2 n}{9,55} = \frac{24 \cdot 1225}{9,55} = 3,08 \text{ кВт}$$

Споживана з мережі потужність:

$$P_1 = U_n I_0 = 220 \cdot 22,2 = 4,89 \text{ кВт}$$

К.к.д. двигуна:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3,08}{4,89} \cdot 100 = 63\%$$

Розрахунок для струму $I_{0,7} = 38,8 \text{ А.}$

Струм якоря:

$$I_{я} = I_{я0,7} - I_b = 38,8 - 2 = 36,8 \text{ А.}$$

Швидкість обертання:

$$n = \frac{U_n - I_{я} R_{я}}{C_{\Phi}} = \frac{220 - 36,8 \cdot 0,15}{0,177} = 1212 \text{ об/хв}$$

Електромагнітний момент:

$$M = C_M \Phi I_{я} = 1,69 \cdot 36,8 = 62,1 \text{ Нм.}$$

Корисний момент

$$M_2 = M - M_0 = 62,1 - 10,1 = 52 \text{ Нм.}$$

Корисна потужність

$$P_2 = \frac{M_2 n}{9,55} = \frac{52 \cdot 1212}{9,55} = 6,6 \text{ кВт}$$

Споживана потужність

$$P_1 = U_n I_{0,7} = 220 \cdot 38,8 = 8,53 \text{ кВт.}$$

К.к.д. двигуна

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{6,6}{8,53} * 100 = 77,3\%$$

Розрахунок для номінального режиму.

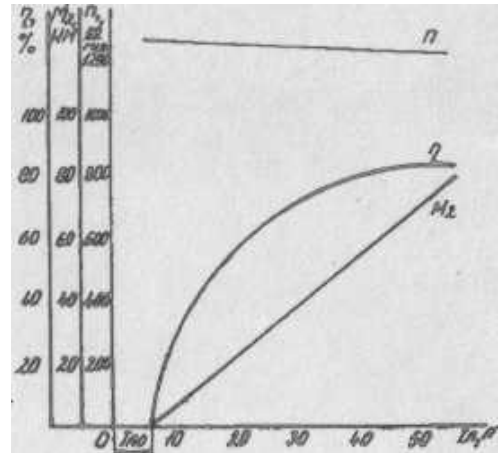
Корисний момент на валові

$$M_2 = \frac{9560 P_n}{n_n} = \frac{9560 * 10}{1200} = 79,6 \text{ Нм}$$

Номінальна швидкість обертання і номінальний к.к.д. задані в умові задачі.

Для побудови робочих характеристик варто ще підрахувати частоту обертання при холостому ході:

$$n_n = \frac{U_n - I_{я} R_{я}}{C\Phi} = \frac{220 - 6 * 0,15}{0,177} = 1238 \text{ об/хв}$$



Мал. 2 Робочі характеристики двигуна постійного струму рівнобіжного збудження

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1, потім будуюмо робочі характеристики двигуна (мал. 2).

Таблиця 1

Найменування величини	Одиниці вимірювання	Режими навантаження			
		н	0,4	0,7	1
Частота обертань, n	Об/хв	1238	1225	1212	1200
Корисний момент, M_2	Нм	0	24	52	79,6
Коефіцієнт корисної дії, η	%	0	63,0	77,3	82,0

Рекомендований перелік теоретичних питань до класної контрольної роботи

1. З якою метою застосовуються трансформатори?
2. Поясніть принцип дії трансформатора.
3. Як класифікуються трансформатори та їх обмотки?
4. Розкажіть будову однофазного трансформатора.
5. Розкажіть будову трифазного трансформатора.
6. Напишіть основні рівняння трансформатора.
7. Що таке зовнішня характеристика трансформатора?
8. Проаналізуйте коефіцієнт корисної дії трансформатора.
9. Що таке коефіцієнт трансформації трансформатора?
10. Яку величину виміряють при досліді Х.Х. трансформатора?
11. Яку величину виміряють при досліді К.З. трансформатора?
12. Накреслити принципіальну електричну схему трифазного трансформатора.
13. Визначте, як зміниться напруга на виході трансформатора, якщо зменшити кількість витків в первинній обмотці.
14. Проаналізуйте, від чого залежить ККД трансформатора.
15. Поясніть будову автотрансформатора.
16. Проаналізуйте умови вмикання трансформаторів на рівнобіжну роботу.
17. Проаналізуйте, чи буде працювати трансформатор, якщо ввімкнути його в мережу постійного струму.
18. Які переваги та недоліки автотрансформатора у порівнянні з трансформатором?
19. Проаналізувати, чому при збільшенні навантаження трансформатора збільшується струм у первинній обмотці.
20. Будова трифазного асинхронного двигуна /АД/.
21. Як різняться АД залежно від будови ротора?

22. Може швидкість обертання ротора рівнятися швидкості синхронній?
23. Проаналізуйте, чому пусковий струм АД більше номінального?
24. Від яких величин залежить обертовий момент АД?
25. Способи пуску АД.
26. Визначте способи регулювання частоти обертання АД.
27. Як робиться реверсування АД?
28. Проаналізуйте робочі характеристики АД.
29. Визначте основні засоби поліпшення коефіцієнта потужності АД?
30. Як з'єднуються фази обмотки статора залежно від напруги мережі?
31. Обґрунтуйте, процес самозбудження генератора постійного, струму /ГПС/.
32. Принцип дії ГПС.
33. Проаналізуйте роботу ГПС залежно від реакції якоря.
34. Визначити, як змінюється ЕДС ГПС, якщо відбудеться обрив в обмотці якоря.
35. Проаналізуйте, зовнішні та регульовальні характеристики ГПС рівнобіжного та змішаного збудження.
36. Принцип дії двигуна постійного струму (ДПС).
37. Способи пуску серійного двигуна.
38. Визначте, чому із збільшенням струму збудження, частота обертання ДПС зменшується.
39. Обґрунтуйте необхідність пускового реостата при пуску ДПС.
40. Дати оцінку регулювання частоти обертання серієснош двигуна різними способами.
41. Обґрунтуйте, чому серієсний двигун не можна підключати без навантаження. 42. Проаналізуйте, чому серієсні двигуни знайшли широке застосування в електротранспорті.

43. Обґрунтуйте, в якому положенні повинен знаходитись важіль регулювального реостата при пуску серієсного двигуна.

44. Проаналізуйте способи реверсування якоря ДПС.

45. Будова синхронного генератора /СГ/.

46. Принцип дії СГ.

47. Як виконується збудження синхронного генератора?

48. Проаналізувати роботу СГ залежно від реакції якоря.

49. Проаналізувати зовнішні та регулювальні характеристики СГ.

50. Будова синхронного двигуна.

51. Принцип дії СД.

52. Дати оцінку способам пуску синхронного двигуна.

КРИТЕРІЇ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Оцінка "ВІДМІННО" ставиться у випадку, якщо студент:

- обґрунтовано розкаже призначення, будову та принцип дії електричної машини, про фізичні явища, які відбуваються в процесі її роботи;
- зможе використати свої теоретичні знання для виконання завдань по визначенню основних параметрів електричної машини.;
- уміє зібрати електричну схему з необхідними елементами та включити електричну машину в роботу, зняти показники вимірювальних приладів основних параметрів, побудувати характеристики, проаналізувати їх та зробити вірні висновки.

Оцінка "ДОБРЕ" ставиться в випадку, якщо студент:

- обґрунтовано розкаже призначення, будову та принцип дії електричної машини, про фізичні явища, які відбуваються в процесі її роботи;
- недостатньо використовує свої теоретичні знання для виконання завдань по визначенню основних параметрів електричної машини.;
- зможе за допомогою викладача зібрати електричну схему з необхідними елементами та включити електричну машину в роботу, зняти показники вимірювальних, приладів основних параметрів, побудувати характеристики, проаналізувати їх та зробити вірні висновки.

Оцінка "ЗАДОВІЛЬНО" ставиться, у випадку, якщо студент:

- недостатньо розповідає про призначення, будову та принцип дії електричної машини, має недостатню уяву про фізичні явища, які відбуваються в електричній машині при її роботі;
- зможе за допомогою викладача зібрати електричну схему з необхідними елементами та включити електричну машину в роботу, зняти показники- вимірювальних приладів основних параметрів, побудувати основні характеристики.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кацман М.М. Електричні машини. М, Вища школа, 1990
2. Кацман М.М. Керівництво до лабораторних, робіт по електричним машинам та електроприводу. М., Вища школа, 1983
3. Піотровський Л.М.. Електричні машини. Л., Енергія, 1972
4. Методичні вказівки по проведенню лабораторних робіт з предмету "Електричні машини", М., 1987