

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**  
**з дисципліни**  
**«СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»**  
**для студентів напряму підготовки**  
**6.050702 «Електромеханіка»**

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки**  
**до організації самостійної роботи студентів з дисципліни**  
**«Спеціальні електричні машини»**  
**для студентів напряму підготовки**  
**6.050702 «Електромеханіка»**

Вінниця  
ВНТУ  
2012

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 2 від 20.10.2011 р.)

Рецензенти:

**В. В. Кухарчук**, доктор технічних наук, професор

**В. В. Грабко**, кандидат технічних наук

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни "Спеціальні електричні машини" для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад. М. П. Розводюк. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 29 с.

У методичних вказівках наведені основні питання по організації вивчення дисципліни, перелік питань для розгляду та контрольні запитання по кожній із запропонованих тем, які відповідають навчальній та робочій навчальній програмам.

Призначені для студентів електромеханічних спеціальностей денної та заочної форм навчання.



## Зміст

Вступ.....	5
ПОЗНАЧЕННЯ Й СКОРОЧЕННЯ .....	6
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ Й ОЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ.....	7
ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	9
Опис системи поточного і підсумкового контролю і критеріїв оцінки знань студентів .....	9
Інструкція щодо вивчення курсу .....	11
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ .....	13
Тема 1. Спеціальні машини постійного струму .....	13
Мета і завдання теми 1 .....	13
Перелік питань для розгляду до теми 1 .....	13
Література до теми 1 .....	13
Контрольні запитання до теми 1.....	13
Підсумок з матеріалу теми 1 .....	15
Тема 2. Індукційні машини синхронного зв'язку (сельсини).....	16
Мета і завдання теми 2 .....	16
Перелік питань для розгляду до теми 2 .....	16
Література до теми 2.....	17
Контрольні запитання до теми 2.....	17
Підсумок з матеріалу теми 2.....	18
Тема 3. Асинхронні виконавчі двигуни і тахогенератори .....	19
Мета і завдання теми 3 .....	19
Перелік питань для розгляду до теми 3 .....	19
Література до теми 3 .....	19
Контрольні запитання до теми 3.....	19
Підсумок з матеріалу теми 3 .....	23
Тема 4. Обертові трансформатори.....	24
Мета і завдання теми 4 .....	24
Перелік питань для розгляду до теми 4 .....	24
Література до теми 4.....	25

Контрольні запитання до теми 4.....	25
Підсумок з матеріалу теми 4.....	25
Тема 5. Спеціальні синхронні машини .....	26
Мета і завдання теми 5 .....	26
Перелік питань для розгляду до теми 5 .....	26
Література до теми 5.....	26
Контрольні запитання до теми 5.....	27
Підсумок з матеріалу теми 5.....	27
Література .....	28

## Вступ

Самостійна робота студента (СРС) – це форма організації навчального процесу, при якій заплановані завдання виконуються студентом під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі. СРС є основним засобом засвоєння навчального матеріалу під час позааудиторної навчальної роботи. СРС спрямована на закріплення теоретичних знань, отриманих студентами за час навчання, їх поглиблення, набуття і удосконалення практичних навичок та умінь відповідно до обраного напрямку підготовки.

Самостійна робота студентів включає:

- підготовку до аудиторних занять (лекцій, лабораторних);
- виконання завдань з навчальної дисципліни протягом семестру;
- роботу над окремими темами навчальних дисциплін, які згідно з робочою навчальною програмою дисципліни винесені на самостійне опрацювання студентів;
- підготовку до всіх видів контрольних випробувань, у тому числі до модульних і комплексних контрольних робіт;
- підготовку до підсумкової державної атестації, у тому числі й виконання випускної кваліфікаційної роботи відповідного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися у бібліотеці, навчальних кабінетах і лабораторіях, комп'ютерних класах, а також в домашніх умовах.

У необхідних випадках ця робота проводиться згідно із заздалегідь складеним графіком, що гарантує можливість індивідуального доступу студента до потрібних дидактичних засобів.

Графік доводиться до відома студентів на початку поточного семестру.

Згідно з навчальним планом напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» вивчення курсу «Спеціальні електричні машини» проводиться в десятому триместрі студентами денної форми навчання та в сьомому триместрі студентами заочної форми навчання.

Для полегшення самостійної роботи над підручниками та навчальними посібниками програма курсу поділена на окремі теми. До кожної теми наведені конкретні запитання для самостійної перевірки, які служать водночас для орієнтації студента на найбільш важливі питання кожної теми.

## ПОЗНАЧЕННЯ Й СКОРОЧЕННЯ

ЕРС – електрорушійна сила

ЕМП – електромашинний підсилювач

БДПС – безконтактний двигун постійного струму

ДПР – датчик положення ротора

БК – блок комутатора

ІР – індукційний регулятор

ФР – фазорегулятор

ОЗ – обмотка збудження

КО – компенсаційна обмотка

ВД – виконавчий двигун



## ОСНОВНІ ТЕРМІНИ Й ОЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

**Тахогенератори** – електричні мікромашини, що працюють в генераторному режимі і служать для перетворення швидкості обертання в пропорційний електричний сигнал.

**Вхідною характеристикою** тахогенератора постійного струму є залежність величини напруги на затискачах якоря  $U$  від частоти обертання  $n$  (кутової швидкості  $\omega$ ) якоря при незмінному магнітному потоці  $\Phi$  ( $\Phi = \text{const}$ ) і незмінному опорі навантаження  $R_n$  ( $R_n = \text{const}$ ).

**Статичний коефіцієнт підсилення тахогенератора** характеризує співвідношення між вихідною напругою на затискачах обмотки якоря і швидкістю обертання якоря.

**Асиметрія вихідної напруги** в тахогенераторах постійного струму полягає в тому, що при обертанні якоря, замкнутого на навантаження, з однаковою швидкістю в протилежних напрямках величина вихідної напруги виявляється різною.

**Виконавчі двигуни** – електричні мікродвигуни, призначені для перетворення підведеного до них електричного сигналу (напруги управління) в кутове переміщення (або швидкість) вала.

**Напруга рушання** – напруга, при якій вал двигуна починає обертатися.

**Коефіцієнт внутрішнього демпфування** – характеризує величину і знак власного демпфування моменту, який розвивається двигуном при зміні швидкості обертання ротора виконавчого двигуна.

**Універсальні колекторні двигуни** – двигуни, що можуть працювати як від мережі постійного струму, так і від однофазної мережі змінного струму.

**Електромашинні підсилювачі** застосовують у схемах автоматики для посилення керуючих сигналів, одержуваних від різних датчиків, сельсинів, поворотних трансформаторів й інших пристроїв.

**Коефіцієнт підсилення за потужністю електромашиного підсилювача** – відношення вихідної потужності до потужності управління.

**Безконтактний двигун постійного струму** – двигун з безконтактним комутатором.

**Сельсини** – електричні машини синхронного зв'язку, які використовуються для синхронного й синфазного повороту (обертання) двох або декількох осей, механічно не зв'язаних між собою.

**Індикаторний режим роботи сельсинів** застосовують в тому випадку, коли до ведучої осі прикладений досить малий момент опору.

**Трансформаторний режим роботи сельсинів** застосовують тоді, коли до ведучої осі прикладений значний момент опору, тобто коли потрібно обертати деякий механізм.

**Магнесини** – мініатюрні безконтактні сельсини, що застосовуються в системах передачі кута при досить малих моментах опору на валі приймача (індикаторний режим) і малій відстані між датчиком і приймачем.

**Індукційний регулятор** – це поворотний автотрансформатор. Його використовують для регулювання напруги трифазної мережі змінного струму.

**Фазорегулятор** – призначений для зміни фази вторинної напруги відносно первинної при незмінній вторинній напрузі.

**Обертіві трансформатори** – електричні мікромашини змінного струму, що перетворюють кут повороту ротора в напругу, пропорційну деяким функціям цього кута чи самому куту.

**Крокові двигуни** – двигуни, що призначені для перетворення електричних імпульсів напруги в дискретні кутові або лінійні переміщення – кроки.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### Опис системи поточного і підсумкового контролю і критеріїв оцінки знань студентів

Спеціальні електричні машини, що вивчаються в курсі, є складовою систем автоматизації технологічних процесів. Знання матеріалу курсу забезпечує розуміння принципу побудови виконавчих елементів систем керування електроприводами.

Мета викладання дисципліни – отримання студентами теоретичних і практичних знань процесів електромагнітного та електромеханічного перетворення енергії, конструкцій та характеристик електричних машин спеціального виконання.

Завдання – розширити світогляд студента з електричних машин, доповнивши їх спеціальними видами, які використовуються в системах керування та автоматизації електроприводів.

Студент повинен знати будову та принцип роботи спеціальних електричних машин, теорію протікання електромагнітних процесів, а також експлуатаційні характеристики машини.

Студент повинен уміти вибрати електричну машину для конкретних умов її використання, аналізувати та описувати усталені та перехідні процеси в ній, виконувати випробування основних типів машин та їх технічне обслуговування в експлуатації.

Теоретичною базою курсу є такі дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини».

Матеріал, що вивчається в дисципліні, забезпечує основу для вивчення дисциплін: «Автоматизація технологічних комплексів», «Системи керування електроприводами», «Спеціальні системи керування електроприводами», «Проектування систем керування електроприводами».

Дисципліна вивчається один триместр (табл. 1), протягом якого студент виконує завдання з двох модулів. Контроль знань в модулі здійснюється за допомогою теоретичного колоквиуму та захисту лабораторних робіт. Підсумковий контроль реалізується за допомогою диференційованого заліку в кінці триместру. Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу.

На позааудиторну роботу виносяться вивчення окремих проблем курсу, підготовка до колоквиумів, написання контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання), підготовка до лабораторних занять, колоквиумів, тестування, заліку.

Таблиця 1 – Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 2,5	Галузь знань 0507 – «Електротехніка та електромеханіка» (шифр і назва)	Вільного вибору	
	Напрямок підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» (шифр і назва)		
Модулів – 2	Спеціальність (професійне спрямування): 7.05070204 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 5		4	4
Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри)		Триместр	
Загальна кількість годин – 90		10-й	7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 2,625	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Лекції	
		32 год.	8 год.
		Практичні, семінарські	
		Не передбачені	Не передбачені
		Лабораторні	
		16 год.	4 год.
		Самостійна робота	
42 год.	78 год.		
Вид контролю: диф. залік			

## Інструкція щодо вивчення курсу

При вивченні курсу для отримання максимального результату від його вивчення слід поєднувати вивчені теоретичні знання з їх перевіркою на лабораторних роботах під час експериментального дослідження спеціальних електричних машин.

Весь необхідний матеріал для вивчення розміщений на сайті центру дистанційної освіти ВНТУ <http://elearn.vntu.edu.ua>. Потрібно кожному студенту особисто здійснити авторизацію (ввести ім'я та пароль) або ж подати заявку на прослуховування курсу.

Для останнього випадку необхідно натиснути закладку «Подати заявку» (рис. 1) та вибрати із запропонованих рубрику «Інженерія» (рис. 2), в якій вибрати курс «Спеціальні електричні машини» та натиснути закладку «Подати заявку» (рис. 3). У вікні, що відкриється, вводяться дані про слухача та його контактна інформація. Результатом таких операцій будуть отримані по електронній пошті (вказаній при реєстрації) ім'я та пароль для доступу до матеріалів вибраного курсу.

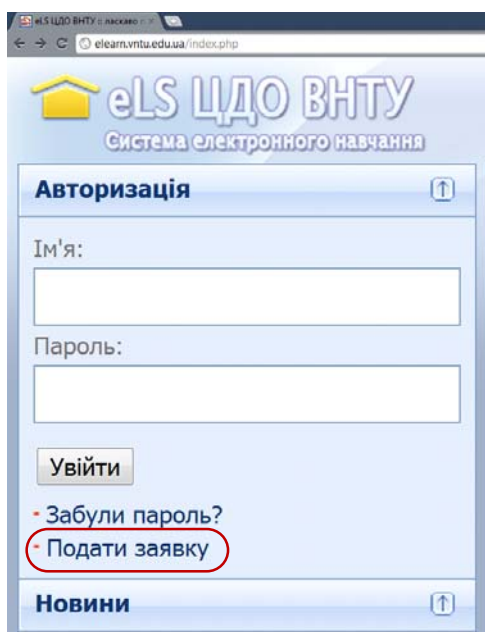


Рисунок 1 – Фрагмент вікна сайту центру дистанційної освіти ВНТУ

Серед матеріалів, виставлених на сайті, є вся необхідна теоретична частина курсу та частина, яка відноситься до виконання лабораторних робіт. До кожної теоретичної та лабораторної частин наведені тестові запитання, перелік яких є і в контрольних запитаннях до тем в даних методичних рекомендаціях, що полегшує студенту краще засвоїти матеріал з поточною самоперевіркою.

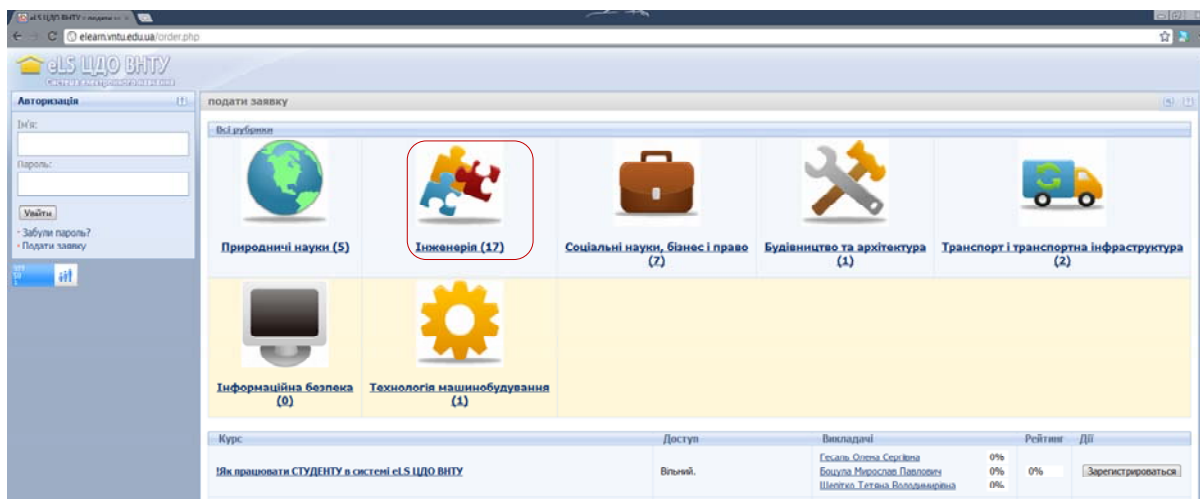


Рисунок 2 – Вибір необхідної рубрики на сайті центру дистанційної освіти ВНТУ

Організація баз даних і знань	Послідовність узгоджень: Реєстрація викладачем	Савчук Тамара Олександрівна	0%	0%	[Подати заявку]
Основи автоматизованого проектування складних об'єктів і систем	Послідовність узгоджень: Реєстрація викладачем	Савчук Тамара Олександрівна	0%	0%	[Подати заявку]
САПР програмного забезпечення	Послідовність узгоджень: Реєстрація викладачем	Войтко Вікторія Володимирівна	0%	0%	[Подати заявку]
Спеціальні електричні машини (6.092203)	Послідовність узгоджень: Реєстрація викладачем	Розводюк Михайло Петрович	0%	0%	[Подати заявку]

Рисунок 3 – Вибір необхідної дисципліни

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ

### Тема 1. Спеціальні машини постійного струму

#### *Мета і завдання теми 1*

Вивчення будови, принципу роботи, характеристик спеціальних машин постійного струму, а саме:

- тахогенераторів;
- мікродвигунів;
- виконавчих двигунів;
- універсальних колекторних двигунів;
- електромашинного підсилювача;
- безконтактного двигуна постійного струму.

#### *Перелік питань для розгляду до теми 1*

1. Тахогенератори постійного струму.
2. Мікродвигуни постійного струму.
3. Виконавчі двигуни постійного струму.
4. Універсальні колекторні двигуни.
5. Електромашинний підсилювач.
6. Безконтактний двигун постійного струму.
7. Мікродвигуни з печатною обмоткою якоря.
8. Порівняння властивостей виконавчих двигунів при різних способах управління.

#### *Література до теми 1*

Рекомендується література [1 – 6, 9].

#### *Контрольні запитання до теми 1*

1. В якому режимі працюють тахогенератори?
2. Якого способу збудження бувають тахогенератори постійного струму?
3. Якою залежністю є вихідна характеристика тахогенератора постійного струму?
4. Який вигляд має рівняння вихідної характеристики тахогенератора постійного струму?
5. Який зовнішній вигляд вихідних характеристик тахогенератора постійного струму?
6. Чим спричинена похибка вихідної характеристики тахогенератора постійного струму?

7. Що необхідно зробити для зменшення впливу розмагнічувальної дії реакції якоря тахогенератора постійного струму?
8. Чим викликана зона нечутливості вихідної характеристики тахогенератора постійного струму та як її можна усунути?
9. Що необхідно зробити для стабілізації струму збудження в тахогенераторах постійного струму?
10. Що необхідно зробити для підвищення лінійності вихідної характеристики тахогенератора постійного струму?
11. Від чого залежить статичний коефіцієнт підсилення тахогенератора?
12. В чому полягає асиметрія вихідної напруги в тахогенераторах постійного струму та які способи її зменшення?
13. Чим обумовлена відносна швидкісна амплітудна похибка тахогенератора постійного струму?
14. Чим відрізняються мікродвигуни постійного струму від двигунів постійного струму?
15. Які характерні риси в будові мікродвигуна з пустотілим якорем порівняно з двигуном постійного струму звичайного виконання?
16. Як класифікуються мікродвигуни із друкованою обмоткою якоря?
17. Які переваги мікродвигуна із друкованою обмоткою якоря порівняно з мікродвигуном звичайного виконання?
18. В чому полягає суть явища самоходу?
19. Який математичний запис має рівняння механічної характеристики у відносних одиницях для виконавчого двигуна постійного струму при якірному та полюсному управлінні?
20. Який зовнішній вигляд мають механічні характеристики виконавчого двигуна постійного струму при якірному та полюсному управлінні?
21. На якому діапазоні механічних характеристик виконавчого двигуна постійного струму при якірному управлінні забезпечується статична стійкість його роботи?
22. За яких умов виконавчий двигун постійного струму при якірному управлінні розвиває максимальний обертовий момент?
23. Яке допустиме перевищення напруги рушання відносно номінальної напруги для виконавчих двигунів?
24. Що характеризує коефіцієнт внутрішнього демпфування?
25. Яка критична частота обертання якоря виконавчого двигуна постійного струму при якірному управлінні?
26. Які переваги та недоліки мають один перед одним виконавчі двигуни постійного струму при якірному та полюсному управлінні?



27. Які особливості будови універсального колекторного двигуна?
28. Що таке симетрування обмотки збудження і що воно забезпечує в універсальному колекторному двигуні?
29. Що необхідно зробити для стабілізації частоти обертання при переході з постійного струму на змінний в універсальному колекторному двигуні?
30. Які переваги універсальних колекторних двигунів?
31. Яка особливість комутації універсального колекторного двигуна при живленні від мережі змінного струму?
32. З якою метою виготовляються електромашинні підсилювачі?
33. Як визначається коефіцієнт підсилення електромашинного підсилювача та яким чином можна його змінювати?
34. Що таке зовнішня характеристика та який вона має вигляд?
35. Що таке регульовальна характеристика та який вона має вигляд?
36. Яким чином залежить коефіцієнт підсилення при зміні струму навантаження?
37. В чому відмінність безконтактного двигуна постійного струму від колекторних двигунів традиційної конструкції?
38. Де знаходиться робоча обмотка безконтактного двигуна постійного струму?
39. Де знаходяться постійні магніти безконтактного двигуна постійного струму?
40. Для чого призначений датчик положення ротора?
41. Як співвідноситься коефіцієнт корисної дії безконтактного двигуна постійного струму порівняно з колекторними двигунами постійного струму?
42. Які втрати в безконтактному двигуні постійного струму зменшені порівняно з колекторними двигунами постійного струму?

#### *Підсумок з матеріалу теми 1*

Після проходження даної лекції студент повинен знати:

- різновиди тахогенераторів постійного струму;
- принцип їх роботи;
- особливості використання;
- похибки, що притаманні тахогенераторам постійного струму;
- їхні переваги та недоліки порівняно з тахогенераторами змінного струму;
- класифікацію мікродвигунів постійного струму;
- будову мікродвигунів постійного струму;

- переваги та недоліки різних типів мікродвигунів постійного спеціального виконання порівняно з мікродвигунами звичайного виконання;
- які є типи виконавчих двигунів постійного струму;
- механічні характеристики виконавчих двигунів постійного струму при якірному і полюсному управліннях;
- регульовальні характеристики виконавчих двигунів постійного струму при якірному і полюсному управліннях;
- співвідношення між потужностями збудження і управління виконавчих двигунів постійного струму при якірному і полюсному управліннях;
- переваги і недоліки виконавчих двигунів постійного струму при різних способах управління;
- вимоги до виконавчих двигунів постійного струму;
- будову універсального колекторного двигуна;
- його принцип роботи;
- робочі характеристики при живленні від мережі постійного та мережі змінного струму;
- особливості комутації універсального колекторного двигуна при живленні від мережі змінного струму;
- переваги універсального колекторного двигуна над виконавчими двигунами звичайного виконання;
- будову безконтактного двигуна постійного струму;
- принцип роботи;
- особливості керування безконтактним двигуном постійного струму;
- характеристики даного двигуна;
- галузі використання безконтактного двигуна постійного струму.

## **Тема 2. Індукційні машини синхронного зв'язку (сельсини)**

### *Мета і завдання теми 2*

Вивчення будови, принципу роботи, характеристик індукційних машин синхронного зв'язку, режимів їх роботи та області застосування.

### *Перелік питань для розгляду до теми 2*

1. Принцип дії системи синхронного зв'язку і будова сельсинів.
2. Трансформаторний режим роботи однофазних сельсинів.
3. Індикаторний режим роботи однофазних сельсинів.
4. Похибки сельсинів і способи їх усунення.
5. Трифазні сельсини.

6. Використання обертових трансформаторів в системі дистанційної передачі кута.
7. Сельсини з однією обмоткою синхронізації.
8. Диференціальні сельсини.
9. Магнесини.

#### *Література до теми 2*

Рекомендується література [1, 3 – 6, 9].

#### *Контрольні запитання до теми 2*

1. Що таке сельсини?
2. Що таке кут розузгодження в сельсинах?
3. Яких типів бувають системи синхронного зв'язку?
4. В яких режимах можуть працювати сельсини?
5. Який режим сельсинів використовується при малому значенні гальмівного моменту на веденій осі сельсина?
6. В якому режимі працюють сельсини, при якому сельсин-приймач усуває неузгодженість кута?
7. Який режим сельсинів використовується при великому значенні гальмівного моменту на веденій осі сельсина?
8. Яка обмотка є первинною обмоткою сельсина, яка вторинною, яка синхронізації, а яка компенсаційною?
9. Яку електричну машину нагадує за будовою сельсин?
10. Що є лінією зв'язку сельсинів?
11. Яка напруга в трансформаторному режимі сельсинів є вихідною?
12. Чим компенсується поздовжня складова магніторушійної сили ротора в сельсині-сенсорі?
13. З якою метою сельсини для трансформаторного режиму виконують із неявновираженими полюсами?
14. За чим визначають точність роботи сельсинів у трансформаторному режимі?
15. Які моменти при індикаторному режимі роботи сельсинів виникають в сельсині-сенсорі та в сельсині-приймачі?
16. Чому дорівнюють магніторушійні сили в сенсорі й приймачі в індикаторному режимі роботи сельсинів, коли кут розузгодження дорівнює нулю?
17. Яка залежність синхронізувального моменту при індикаторному режимі роботи сельсинів?
18. Як називається момент, що припадає на 1 градус кута неузгодженості?

19. За рахунок чого можна зменшити статичну похибку сельсинів, що працюють в індикаторному режимі?
20. Як можна усунути вищі гармоніки в кривій магніторушійних сил ротора?
21. До чого приводить врахування опору лінії зв'язку при розгляді роботи сельсинів в трансформаторному режимі?
22. До чого приводить врахування опору лінії зв'язку при розгляді роботи сельсинів в індикаторному режимі?
23. Від чого залежить точність передавання кута в індикаторному режимі роботи сельсинів?
24. Що необхідно зробити для зменшення похибки при роботі кількох сельсинів-приймачів від одного сельсина-сенсора?
25. Який недолік трифазних сельсинів порівняно з однофазними?
26. Чим обумовлений несиметричний характер кривої залежності синхронізувального моменту від кута положення ротора в трифазних сельсинах?
27. Які спеціальні електричні машини дозволяють підвищити точність передачі кута порівняно з сельсинами?
28. Що таке магнесини та області їх використання?

#### *Підсумок з матеріалу теми 2*

Після проходження даної лекції студент повинен знати:

- принцип будови синхронного зв'язку;
- будову сельсинів;
- принцип роботи сельсинів;
- режими роботи сельсинів;
- принцип дії сельсинів в трансформаторному режимі роботи;
- принцип наведення ЕРС та створення МРС в обмотках сельсинів;
- як формується вихідна напруга сельсинів;
- точність сельсинів;
- принцип роботи однофазних сельсинів в індикаторному режимі;
- ЕРС, струми та магніторушійні сили, що наводяться в обмотках синхронізації;
- синхронізувальний момент сельсинів;
- які похибки існують при роботі сельсинів в трансформаторному та індикаторному режимах;
- способи усунення похибок сельсинів;
- будову трифазних сельсинів;
- принцип їх роботи;

- похибки трифазних сельсинів;
- області застосування трифазних сельсинів;
- особливості використання обертових трансформаторів в системі дистанційної передачі кута;
- що таке магнесини та області їх використання.

### **Тема 3. Асинхронні виконавчі двигуни і тахогенератори**

#### *Мета і завдання теми 3*

Вивчення будови, принципу роботи, характеристик:

- асинхронного виконавчого двигуна при різних способах управління;
- індукційного регулятора напруги;
- фазорегулятора.

#### *Перелік питань для розгляду до теми 3*

1. Будова і основні конструктивні типи асинхронних виконавчих двигунів.
2. Виконавчий двигун із амплітудним управлінням.
3. Виконавчий двигун із фазовим управлінням.
4. Виконавчий двигун із амплітудно-фазовим управлінням.
5. Швидкодія виконавчих двигунів та їх порівняння при різних способах управління.
6. Асинхронний тахогенератор.
7. Індукційний регулятор напруги і фазорегулятор.
8. Причини похибок асинхронних тахогенераторів.

#### *Література до теми 3*

Рекомендується література [2, 4, 6, 9].

#### *Контрольні запитання до теми 3*

1. Які електричні машини використовують як виконавчі двигуни змінного струму?
2. Який параметр змінюється при амплітудному керуванні асинхронним виконавчим двигуном?
3. Якої форми буде магнітне поле, що створюється обмотками збудження і керування асинхронного виконавчого двигуна, при ефективному коефіцієнті сигналу  $\alpha_e = 1$ ?

4. Якої форми буде магнітне поле, що створюється обмотками збудження і керування асинхронного виконавчого двигуна, при ефективному коефіцієнті сигналу  $\alpha_e \neq 1$ ?
5. Якої форми буде магнітне поле, що створюється обмотками збудження і керування асинхронного виконавчого двигуна, при ефективному коефіцієнті сигналу  $\alpha_e = 0$ ?
6. Як реалізується реверс асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
7. Якої форми набуде магнітне поле при зсуві векторів напруг керування та збудження асинхронного виконавчого двигуна на  $\sin\beta = 1$ ?
8. Якої форми набуде магнітне поле при зсуві векторів напруг керування та збудження асинхронного виконавчого двигуна на  $\sin\beta \neq 1$ ?
9. Якої форми набуде магнітне поле при зсуві векторів напруг керування та збудження асинхронного виконавчого двигуна на  $\sin\beta = 0$ ?
10. Як реалізується реверс асинхронного виконавчого двигуна при фазовому управлінні?
11. Що означає керованість при всіх режимах роботи виконавчим двигуном?
12. За яких умов буде мати місце найбільша асиметрія магнітного поля у виконавчому асинхронному двигуні?
13. Якої умови необхідно дотриматись для того, щоб асинхронний двигун не втрачав керування й повністю зупинявся в однофазному режимі?
14. Яка умова відсутності самоходу?
15. Коли виникає параметричний, а коли технологічний самоходи?
16. Чим не можна нехтувати при переході від реального виконавчого двигуна з амплітудним управлінням до ідеалізованого?
17. Яким виконують асинхронний виконавчий двигун для усунення самоходу й покращення форми механічних характеристик?
18. Що створює гальмівний момент в асинхронному виконавчому двигуні?
19. Що створює обертовий момент в асинхронному виконавчому двигуні?
20. За яких умов механічні характеристики є прямолінійними в асинхронному виконавчому двигуні при амплітудному управлінні?
21. Чому дорівнює відносний момент асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні при пуску?
22. Як змінюються механічні характеристики при збільшенні ефективного коефіцієнта сигналу асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?

23. Що характеризують початкові точки регулювальної характеристики асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
24. Який вигляд мають регулювальні характеристики асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
25. Як змінюється потужність обмотки управління асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні зі зменшенням коефіцієнта сигналу?
26. Коли потужність обмотки збудження асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні не залежить від коефіцієнта сигналу?
27. Коли має місце максимум механічної потужності асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні при заданому коефіцієнті сигналу?
28. При якій частоті обертання розвиває максимальну потужність асинхронний виконавчий двигун при амплітудному управлінні?
29. Як залежить використання асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні від ефективного коефіцієнта сигналу?
30. Якою є відносна частота обертання порівняно з ідеалізованим двигуном у реальному асинхронному виконавчому двигуні при амплітудному управлінні на холостому ході й ефективному коефіцієнті?
31. Чим обумовлений нелінійний вигляд реальних механічних характеристик асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
32. Як проходять реальні регулювальні характеристики асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні відносно регулювальних характеристик ідеалізованого двигуна?
33. За рахунок чого можна збільшити діапазон регулювання швидкості обертання асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
34. Як співвідноситься струм холостого ходу у асинхронного виконавчого двигуна з немагнітним порожнистим ротором відносно номінального?
35. За яких умов збільшується діапазон регулювання швидкості асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?
36. Як змінюється потужність збудження асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні зі збільшенням ефективного кута управління?
37. Як змінюється коефіцієнт потужності зі збільшенням частоти обертання асинхронного виконавчого двигуна при амплітудному управлінні?

38. Як змінюється нахил механічних характеристик до осі абсцис асинхронного виконавчого двигуна при фазовому управлінні порівняно з амплітудним управлінням?
39. Як змінюється відносна частота обертання в режимі холостого ходу асинхронного виконавчого двигуна при фазовому управлінні порівняно з амплітудним управлінням?
40. Як змінюється відносна частота обертання на холостому ході реального асинхронного виконавчого двигуна при фазовому управлінні порівняно з ідеалізованим?
41. Як змінюється при нерухомому роторі повна потужність обмотки керування реального асинхронного виконавчого двигуна при фазовому управлінні при збільшенні ефективного коефіцієнта сигналу?
42. Який параметр регулюється у реальному виконавчому двигуні з амплітудно-фазовим управлінням?
43. Як змінюється з підвищенням частоти обертання нелінійність механічних характеристик асинхронного двигуна при амплітудно-фазовому управлінні порівняно з іншими методами керування?
44. Як змінюється лінійність регулювальних характеристик асинхронного двигуна при амплітудно-фазовому управлінні порівняно з іншими методами управління?
45. Як змінюється при збільшенні частоти обертання в асинхронному двигуні при амплітудно-фазовому управлінні потужність збудження?
46. Як змінюється при збільшенні частоти обертання в асинхронному двигуні при амплітудно-фазовому управлінні потужність керування?
47. При якому способі управління лінійність механічних і регулювальних характеристик асинхронного виконавчого двигуна вища?
48. При якому способі управління спостерігаються найбільш нелінійні механічні та регулювальні характеристики асинхронного виконавчого двигуна?
49. При якому способі управління коефіцієнт сигналу практично не впливає на потужність керування асинхронного виконавчого двигуна?
50. Який параметр є вихідним сигналом тахогенератора?
51. Якого типу тахогенератор має найкращі характеристики серед асинхронних тахогенераторів?
52. Якою сукупністю елементів можна подати пустотілий ротор?
53. Що є причинами похибок асинхронного тахогенератора?



54. Який параметр у тахогенераторах, що служать для вимірювання частоти обертання та вироблення прискорювальних і сповільнювальних сигналів, має більше значення?
55. Від чого залежить електромагнітна стала часу тахогенератора?
56. На основі якої електричної машини виконано індукційний регулятор напруги?
57. Яку другу назву має індукційний регулятор напруги?
58. Для чого призначений фазорегулятор?

### *Підсумок з матеріалу теми 3*

Після проходження даної лекції студент повинен знати:

- різновиди асинхронних виконавчих двигунів;
- принципи управління асинхронними виконавчими двигунами;
- вимоги до асинхронних виконавчих двигунів;
- різновиди самоходу та способи їх усунення;
- принцип управління виконавчим асинхронним двигуном із амплітудним управлінням;
- процеси перетворення енергії в даному двигуні;
- механічні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із амплітудним управлінням;
- регульовальні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із амплітудним управлінням;
- потужності управління і збудження ідеального та реального асинхронного двигуна із амплітудним управлінням;
- принцип управління виконавчим асинхронним двигуном із фазовим управлінням;
- процеси перетворення енергії в даному двигуні;
- механічні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із фазовим управлінням;
- регульовальні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із фазовим управлінням;
- потужність управління асинхронного двигуна із амплітудним управлінням;
- принцип управління виконавчим асинхронним двигуном із амплітудно-фазовим управлінням;
- процеси перетворення енергії в даному двигуні;
- умови створення кругового обертового поля;
- механічні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із фазовим управлінням;

- регулювальні характеристики ідеального та реального асинхронного двигуна із фазовим управлінням;
- потужності управління й збудження асинхронного двигуна із амплітудно-фазовим управлінням;
- переваги та недоліки даного способу управління;
- який із способів управління асинхронним виконавчим двигуном є найбільш оптимальним і чому;
- як визначається швидкодія виконавчих двигунів;
- призначення асинхронних тахогенераторів;
- будову та принцип роботи асинхронних тахогенераторів;
- переваги і недоліки асинхронних тахогенераторів;
- вимоги, що висуваються до асинхронних тахогенераторів;
- похибки асинхронних тахогенераторів;
- основні технічні показники асинхронних тахогенераторів;
- динамічні властивості асинхронних тахогенераторів;
- будову індукційного регулятора;
- принцип роботи індукційного регулятора;
- схеми вмикання індукційного регулятора;
- особливості маркування фаз;
- будову фазорегулятора;
- принцип роботи фазорегулятора.

#### **Тема 4. Обертові трансформатори**

##### *Мета і завдання теми 4*

Вивчення будови, принципу роботи, характеристик обертових трансформаторів:

- синусного;
- синусно-косинусного;
- лінійного;
- побудовника.

##### *Перелік питань для розгляду до теми 4*

1. Будова і принцип роботи обертового трансформатора.
2. Синусний і синусно-косинусний обертові трансформатори.
3. Лінійний обертовий трансформатор.
4. Обертовий трансформатор-побудовник.
5. Переваги та недоліки різних схем симетрування лінійних обертових трансформаторів.

#### *Література до теми 4*

Рекомендується література [1, 3 – 5, 9].

#### *Контрольні запитання до теми 4*

1. Для чого призначений поворотний трансформатор?
2. Скільки обмоток містить обертовий трансформатор?
3. На базі якої електричної машини виконано обертовий трансформатор?
4. В яких режимах може працювати поворотний трансформатор?
5. Для чого призначена квадратурна обмотка обертового трансформатора і як вона під'єднується?
6. Чим викликана похибка синусного обертового трансформатора?
7. Що необхідно зробити для зменшення амплітудної похибки синусного обертового трансформатора?
8. Як реалізується первинне симетрування синусно-косинусного обертового трансформатора?
9. Як реалізується вторинне симетрування синусно-косинусного обертового трансформатора?
10. Як реалізується первинне симетруванням лінійного обертового трансформатора?
11. Як реалізується вторинне симетруванням лінійного обертового трансформатора?
12. Яка умова вторинного симетрування лінійного обертового трансформатора?
13. При якому куті між віссю косинусної обмотки і віссю результуючого потоку зупиняється ротор обертового трансформатора-побудовника?
14. Яку напругу покаже вимірювальний прилад обертового трансформатора-побудовника, приєднаний до синусної обмотки, при нерухомому роторі?
15. Які класи точності є для приладу обертового трансформатора-побудовника?

#### *Підсумок з матеріалу теми 4*

Після проходження даної лекції студент повинен знати:

- призначення обертових трансформаторів;
- різновиди обертових трансформаторів;
- будову та принцип дії обертового трансформатора;
- призначення синусного обертового трансформатора;
- призначення синусно-косинусного обертового трансформатора;

- принцип формування вихідної напруги синусного обертового трансформатора;
- принцип формування вихідної напруги синусно-косинусного обертового трансформатора;
- первинне симетрування синусно-косинусного обертового трансформатора;
- вторинне симетрування синусно-косинусного обертового трансформатора;
- призначення лінійного обертового трансформатора;
- принцип формування вихідної напруги лінійного обертового трансформатора;
- способи симетрування лінійного обертового трансформатора, їх переваги та недоліки;
- призначення обертового трансформатора-побудовника;
- принцип формування вихідної напруги обертового трансформатора-побудовника;
- похибки обертового трансформатора-побудовника та способи їх усунення.

## **Тема 5. Спеціальні синхронні машини**

### *Мета і завдання теми 5*

Вивчення будови, принципу роботи, характеристик синхронних машин:

- з постійними магнітами;
- індукторних машин;
- крокових двигунів.

### *Перелік питань для розгляду до теми 5*

1. Синхронні машини з постійними магнітами.
2. Індукторні машини.
3. Крокові двигуни.
4. Синхронний тахогенератор.
5. Синхронний генератор із кігтеподібними полюсами і електромагнітним збудженням.

### *Література до теми 5*

Рекомендується література [3 – 9].

### *Контрольні запитання до теми 5*

1. Де доцільно розміщувати постійні магніти у синхронних машин з постійними магнітами для підвищення її роботоздатності?
2. Як реалізовується пуск синхронних двигунів з постійними магнітами?
3. Що необхідно зробити для одержання обертового магнітного поля при пуску синхронного двигуна з постійними магнітами?
4. В якій області має місце провал залежності результуючого пускового моменту синхронного двигуна з постійними магнітами від ковзання?
5. Які недоліки двигуна з постійними магнітами порівняно з іншими типами синхронних двигунів?
6. Яка особливість синхронних тахогенераторів не дозволяє використовувати їх у схемах автоматичних пристроїв?
7. Що таке індукторні машини?
8. На основі чого заснований принцип генерування змінного струму в індукторних машинах?
9. Як співвідноситься ККД індукторного генератора порівняно з синхронним генератором звичайного виконання?
10. Яка друга назва індукторних двигунів?
11. На базі яких електричних машин реалізовані крокові двигуни?
12. З якою кількістю полюсів отримали більше застосування крокові двигуни?
13. Як можна зменшити крок крокових двигунів?
14. Що таке статична характеристика крокового двигуна?
15. Якими величинами характеризуються робочі властивості крокових двигунів?

### *Підсумок з матеріалу теми 5*

Після проходження даної лекції студент повинен знати:

- призначення синхронних машин з постійними магнітами;
- різновиди синхронних машин з постійними магнітами;
- будову та принцип роботи синхронних машин з постійними магнітами;
- призначення індукторних машин;
- будову і принцип роботи індукторних машин;
- різновиди індукторних машин;
- призначення крокових двигунів;
- будову і принцип роботи крокових двигунів;
- основні характеристики крокових двигунів.

## Література

1. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина II. Спеціальні електричні машини : навчальний посібник / Грабко В. В., Розводюк М. П., Казак М. О. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 155 с.
2. Брускин Д. Э. Электрические машины. Ч. 1 : учебник для вузов / Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. – М. : Высш. школа, 1979. – 288 с.
3. Брускин Д. Э. Электрические машины. Ч. 2 : учебник для вузов / Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. – М. : Высш. школа, 1979. – 304 с.
4. Брускин Д. Э. Электрические машины : в 2-х ч. Ч. 2 : учебник для электротехн. спец. ВУЗов. – 2-е изд. перераб. и доп. / Д Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. – М. : Высш. школа, 1987. – 335 с.
5. Токарев Б. Ф. Электрические машины : учеб. пособие для вузов / Токарев Б. Ф. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
6. Кацман М. М. Электрические машины : учеб. для студентов сред. проф. учебных заведений. – 3-е изд., испр. / Кацман М. М. – М. : Высш. шк., Издательский центр „Академия”, 2001. – 463 с.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження асинхронного конденсаторного двигуна» з дисципліни «Спеціальні електричні машини». / Уклад. М. П. Розводюк, М. О. Казак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 29 с.
8. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Спеціальні електричні машини» для студентів напряму підготовки «Електромеханіка» на тему: «Дослідження крокового двигуна». / Уклад. М. П. Розводюк, М. О. Казак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 37 с.
9. Спеціальні електричні машини (6.092203). Дистанційний курс. – [Електронний ресурс] / М. П. Розводюк. – Режим доступу: [http://elearn.vntu.edu.ua/course\\_structure.php?CID=185](http://elearn.vntu.edu.ua/course_structure.php?CID=185) (дата звернення 17.09.2012). – Назва з екрана.

*Навчальне видання*

**Методичні вказівки  
до організації самостійної роботи студентів з дисципліни  
«Спеціальні електричні машини»  
для студентів напряму підготовки  
6.050702 «Електромеханіка»**

Редактор Т. Старічек

Укладач М. Розводюк

Оригінал-макет підготовлено М. Розводюком

Підписано до друку  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.  
Наклад        прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к. 2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.