

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ



Державний біотехнологічний університет

Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних
технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

“ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА”

(розрахунок та побудова механічних характеристик
двигунів постійного струму послідовного збудження)

Для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальностей:

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено
на засіданні кафедри ЕРБМІЕ
протокол №1 від 03.09.2024р.

Затверджено рішенням
Науково-методичної ради
Факультету ФЕРКТ
Протокол № 1
від 22.10.2024 р.

Харків 2024

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних
технологій

Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**

“ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА”

(розрахунок та побудова механічних характеристик
двигунів постійного струму послідовного збудження)

**Для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальностей:**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено рішенням Науково-методичної ради
Факультету ФЕРКТ

Протокол № 1

від 22.10.2024 р.

Харків
2024

УДК 621.3

E11

Схвалено
на засіданні кафедри
електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки

Протокол № 1
Від 03.09.2024

Основи електропривода: Методичні вказівки до оформлення розрахунково-графічної роботи “Розрахунок і побудова механичних характеристик двигунів постійного струму послідовного збудження” для здобувачів першого (бакалаврського) РВО, денної та заочної форми навчання спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. / Держ. біотехнол. у-т; упоряд.: Ю.М. Хандола, В.В. Гузенко. - Харків: [б. в.], 2024. - 24 с.

Методичні вказівки складені у відповідності до навчального плану. Видання включає рекомендації призначені для отримання практичних навичок в вирішенні практичних задач з дисципліни.

Рецензенти:

Рецензенти:

Н.Г. Косуліна, доктор технічних наук, професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки (ДБТУ)

М.Ю. Середин, консультант з обслуговування та ремонту електронного обладнання бурового верстату, бурового управління “УКРБУРГАЗ”.

Відповідальний за випуск : В.В. Гузенко, канд. техн. наук, доцент.

© Хандола Ю.М., Гузенко В.В. упорядкування, 2024

© ДБТУ, 2024

ВСТУП

Електропривод (ЕП) в даний час є не тільки основною енергетичною базою стаціонарних технологічних процесів, але і служить головною ланкою в організації та управлінні технологічним виробництвом.

Мета дисципліни - формування у майбутніх інженерів-енергетиків знання, що дозволяють самостійно і творчо вирішувати задачі проектування та експлуатації раціональних автоматизованих електроприводів, а також їх дослідження в експлуатаційних умовах для визначення напрямку вдосконалення та модернізації елементів і систем електроприводів.

Як показує практика, у зв'язку з автоматизацією управління виробничими процесами і механізмами розширюється область застосування малопотужних двигунів постійного струму загального застосування потужністю від одиниць до сотень ват.

Тільки там, де вимагається великий діапазон регулювання швидкості та більша точність підтримання швидкості обертання привода, саме з високим пусковим моментом, з успіхом і на цей сучасний час використовують двигуни постійного струму.

Методичні вказівки допоможуть студентам у вирішенні розрахункового завдання по двигунам постійного струму (ДПС) з будь-яким збудженням. Саме на першочерговому етапі дослідження електродвигунів виникають задачі по розрахунку характеристик, які виражають всі основні властивості самих двигунів. У посібнику зібрано основний лекційний та практичний матеріал, який для студента є цінним та стане невідомою частиною із порад для виконання індивідуальних завдань.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ

На тему: “Розрахунок та побудова механичних характеристик двигунів постійного струму послідовного збудження”.

ДВИГУНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Незважаючи на конструктивну складність двигунів постійного струму в порівнянні з двигунами змінного струму, вони досить широко використовуються в металургійній промисловості, у верстатобудуванні, на транспорті, в системах автоматичного регулювання – скрізь, де необхідно, за умовами виробництва, в значних межах регулювати частоту обертання.

Це пояснюється тим, що такі двигуни мають кращі експлуатаційні характеристики у відношенні регулювання частоти обертання, пуску, зміни напрямку обертання (реверсування), а також допускають більш значні перевантаження в порівнянні з двигунами змінного струму.

Класифікуються двигуни постійного струму, як і генератори, за способом збудження і поділяються на двигуни магнітоелектричного та електромагнітного збудження. Слід зазначити, що на відміну від генераторів, двигуни незалежного і паралельного збудження можна було б розглядати як один тип двигуна, адже нерационально мати окремі джерела живлення для обмоток збудження та якоря, але в системах регулювання зі зміною напруги в колі якоря, обмотка збудження завжди живиться від незалежного джерела.

Характер збудження двигуна суттєво впливає на характеристики двигуна, а отже, і на сферу його використання. Так двигуни магнітоелектричного збудження, магнітний потік яких створюється постійними магнітами, використовуються, як малопотужні двигуни, в системах автоматики, обчислювальної техніки, а також, в дитячих іграшках та як двигуни середньої

потужності в системах з плавним регулюванням швидкості потужністю до 30 кВт. Двигуни послідовного збудження застосовуються як потужні тягові двигуни, в електротранспорті, в приводах металургії тощо. Двигуни паралельного збудження використовуються на електростанціях для приводу механізмів, що потребують широкого і плавного регулювання частоти обертання, а також, для приводу деяких особливо відповідальних резервних механізмів незначної потужності.

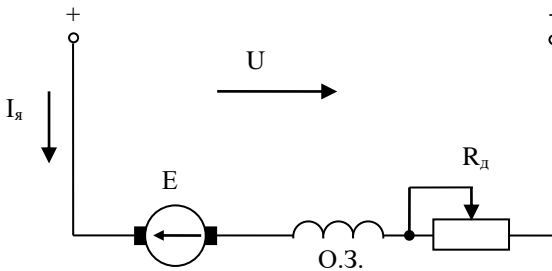


Рисунок 1 – Схема вмикання двигуна постійного струму послідовного збудження

1. Статичні характеристики двигуна постійного струму послідовного збудження

1.1. Загальні питання

Переходячи до вивчення даної теми, важливо зрозуміти, що схема вмикання двигуна постійного струму послідовного збудження (ДПС ПЗ) (рис.1) відрізняється від схеми ДПС НЗ, тим, що обмотка ввімкнена послідовно з обмоткою якоря, тому його магнітний потік Φ залежить від сили струму I_a в якірному колі, тобто змінюється із зміною навантаження. Залежність між струмом збудження і магнітним потоком (крива намагнічування), має нелінійний характер і не має точного аналітичного виразу, тому не можна одержати аналітичного виразу МХ.

В дійсності ж при холостому ході в двигуні є механічні втрати та невеликий остаточний магнітний потік. Тому, в

реальних умовах частота обертання може досягнути 5-6-кратного перевищення порівняно з номінальною. Слід пам'ятати, що при режимах, близьких до холостого ходу, двигун "Йде в рознос". Вивчаючи дану тему, слід виділити особливості двигуна послідовного збудження: пускові властивості його порівняно з ДПС НЗ характеризуються більшими пусковими моментами при менших, пускових струмах.

Розрахунок і побудова любых характеристик двигуна послідовного збудження проводиться на основі каталожних даних і універсальних характеристик. Ці характеристики являють собою залежності відносних значень кутової частоти

обертання $\omega^* = \frac{\omega}{\omega_n}$ і моменту $M^* = \frac{M}{M_n}$ від відносного

значення струму $I_a^* = \frac{I_a}{I_{я.н}}$. якоря при номінальній напрузі і

відсутності зовнішніх додаткових опорів у якірному колі.

Універсальні характеристики ДПС послідовного збудження приведені на *рис. 1*.

2.1. Розрахунок та побудова природних та штучних електромеханічних й механічних характеристик ДПС ПЗ.

Універсальні характеристики визначають експериментально, тому вони враховують насичення магнітного кола і вплив реакції якоря двигуна.

Спочатку з універсальних характеристик виписують три рядки даних для розрахунку координат для побудови природних ЕМХ і МХ.

У першій рядок записують ряд довільних значень струмів і за характеристиками $M^*(I^*)$ і $\omega^*(I^*)$ знаходять відповідні значення $M_1^*, M_2^*, \dots, M_i^*$, та швидкості $\omega_1^*, \omega_2^*, \dots, \omega_i^*$ і записують їх відповідно у другий і третій рядки *табл. 1*.

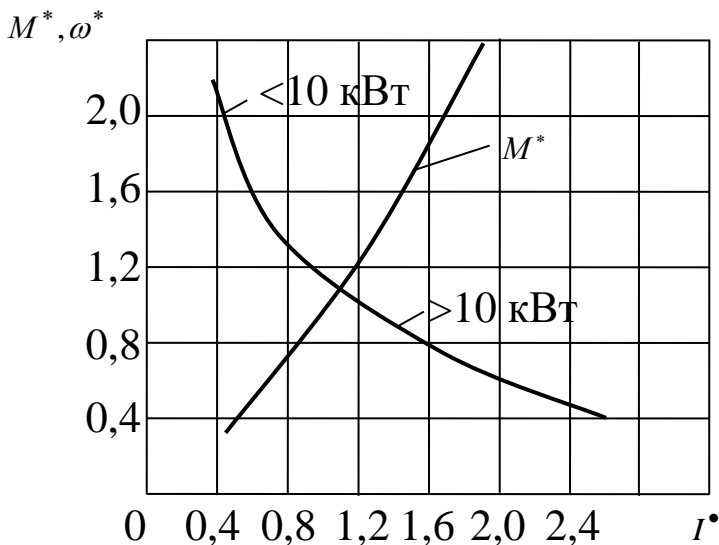


Рисунок 2 – Універсальні характеристики ДПС ПЗ

Рядки 4 – 6 заповнюють даними в іменованих одиницях. За даними рядків 4 і 5 будують природну МХ двигуна, а за даними рядків 4 і 6 – природну ЕМХ .

Приклад. Побудувати ЕМХ і МХ для ДПС ПЗ паспортні дані якого: $P_n = 3,3$ кВт; $U_n = 40$ В; $n_n = 1250$ об/хв. Універсальна характеристика наведена на рис.2.

Розв'язок:

1. Номінальна кутова швидкість:

$$\omega_n = 0,105 \cdot n_n = 0,105 \cdot 1250 = 131 \text{ рад/с.}$$

2. Номінальний момент двигуна:

$$M_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_n} = 3300/131 = 25,2 \text{ Нм}$$

3. За рис.9 записуємо в *табл. 1* перші 3 рядки значення струмів I^* , моментів M^* та кутових швидкостей ω^* .

4. За формулами наведеними в *табл. 1* розраховуємо значення моментів, кутових швидкостей і струмів в іменованих одиницях.

5. За даними рядків 4 і 6 на *рис. 3а* побудована природна ЕМХ ДПС ПЗ.

6. За даними рядків 4 і 5 на *рис. 3б* побудована природна МХ ДПС ПЗ.

Таблиця 1 – Розрахункові дані для побудови МХ і ЕМХ ДПС ПЗ

| | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 | I^* , о.е. | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| 2 | M^* , о.е. | 0,3 | 0,8 | 1,25 | 1,7 | 2,38 |
| 3 | ω^* , о.е. | 2,1 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 0,6 |
| 4 | $\omega = \omega^* \omega_n, c^{-1}$ | 274,89 | 175,08 | 117,8 | 91,63 | 78,54 |
| 5 | $M = M^* M_n, Н \cdot м$ | 7,56 | 20,17 | 31,51 | 42,86 | 60,0 |
| 6 | $I = I^* I_n, А$ | 38,40 | 76,8 | 115,2 | 153,6 | 192 |

Для побудови штучної ЕМХ при відомому R_δ зручно користуватися аналітичним методом. Рівняння природної і штучної ЕМХ записують у такому вигляді:

$$\omega_{n,i} = \frac{U_n - I_i R_{\delta\sigma}}{k \cdot \Phi} = \frac{U_n}{k\Phi} \left(1 - \frac{I_i R_{\delta\sigma}}{U_n}\right). \quad (2.1)$$

$$\omega_{ш,i} = \frac{U_n}{k\Phi} \left[1 - \frac{I_i (R_{\delta\sigma} + R_\delta)}{U_n}\right]. \quad (2.2)$$

Знаходять відношення швидкостей ДПС ПЗ на природній $\omega_{п,i}$ і штучній $\omega_{ш,i}$ характеристиках при фіксованому струмі I_i і визначають швидкість $\omega_{ш,i}$ за виразом:

$$\omega_{ш,i} = \omega_{п,i} \frac{U_n - I_i \cdot (R_{\delta\sigma} + R_\delta)}{U_n - I_i \cdot R_{\delta\sigma}}, \quad (2.3)$$

або у відносних одиницях

$$\omega_{ш.і}^{\bullet} = \omega_{n.і}^{\bullet} \frac{1 - I_i \cdot R^*}{1 - I_i \cdot R_{\partial\epsilon}} \quad (2.4)$$

$$\text{де } R^* = \frac{R_{\partial\epsilon} + R_{\partial}}{R_n}; \quad R_{\partial\epsilon}^{\bullet} = \frac{R_{\partial\epsilon}}{R_n}; \quad I_i^{\bullet} = \frac{I_i}{I_n};$$

$$\omega_{ш.і}^{\bullet} = \frac{\omega_{ш.і}}{\omega_n}; \quad \omega_{n.1}^* = \omega_{n.і}^{\bullet} = \frac{\omega_{n.і}}{\omega_n}.$$

Потрібні для розрахунку значення $R_{\partial\epsilon}$ знаходять у каталогах, експериментально або за формулою:

$$R_{\partial\epsilon} \approx 0,75(1 - \eta_n) \frac{U}{I_n} = 0,75(1 - \eta_n) R_n \quad (2.5)$$

Послідовність побудови штучних характеристик така:

За даними рядків 4 і 6 *табл. 1* у першому квадранті будують природну ЕМХ (*рис. 3а*) в іменованих одиницях або за даними рядків 1 і 3 – у відносних. Задають ряд значень струму I_1, I_2, \dots, I_n або $I^*_1, I^*_2, \dots, I^*_n$ і знаходять на природній характеристиці точки, ординати яких відповідають $\omega_{ш1}$.

За формулами (2.3) або (2.4) при заданому значенні R_{∂} і $R_{\partial\epsilon}$ визначають $\omega_{ш1}, \omega_{ш2}, \dots, \omega_{шn}$ або $\omega_{ш1}^*, \omega_{ш2}^*, \dots, \omega_{шn}^*$, що відповідають прийнятому ряду струмів і за визначеними даними будують штучну ЕМХ.

$$\omega_{ш2}, \dots, \omega_{шn} \text{ або } \omega_{ш1}^*, \omega_{ш2}^*, \dots, \omega_{шn}^*$$

Для побудови штучної МХ використовують універсальні робочі характеристики двигуна (рис. 3б), за допомогою яких для заданого ряду струмів I_1, I_2, \dots, I_n або $I^*_1, I^*_2, \dots, I^*_n$ визначають відповідні значення моментів M_1, M_2, \dots, M_n або $M^*_1, M^*_2, \dots, M^*_n$.

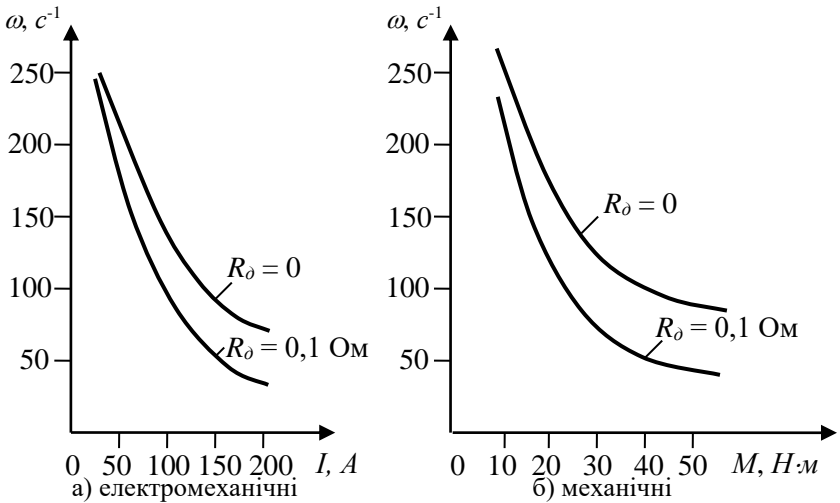


Рисунок 3 .а,б – Природні та штучні характеристики ДПС послідовного збудження.

У координатних осях (ω, M) або (ω^*, M^*) відкладають знайдені значення моменту і швидкості при таких же значеннях струму. Точки з'єднують плавною кривою, яка й буде штучною МХ.

Для розрахунку й побудови механічних характеристик двигуна при:

- регулюванні напруги живлення потрібно у виразі природної механічної характеристики (для двигуна послідовного збудження – (замість U_n взяти напруги: $0,2U_n$;

$0,4U_n$; $0,6U_n$; $0,8U_n$; U_n . Зовнішній вигляд характеристик показаний на рис. 4.

- регулюванні струму збудження, то замість Φ_n взяти магнітні потоки Φ_n ; $0,8\Phi_n$; $0,6\Phi_n$; $0,4\Phi_n$;

По закінченні розрахунково-графічної роботи “Розрахунок та побудова механічних характеристик двигунів постійного струму послідовного збудження” повинні бути побудовані графіки на одній площині. Графік механічної характеристики двигуна постійного струму послідовного збудження.

Механічною характеристикою двигуна постійного струму послідовного збудження – називають залежність кутової швидкості від електромагнітного обертального моменту.

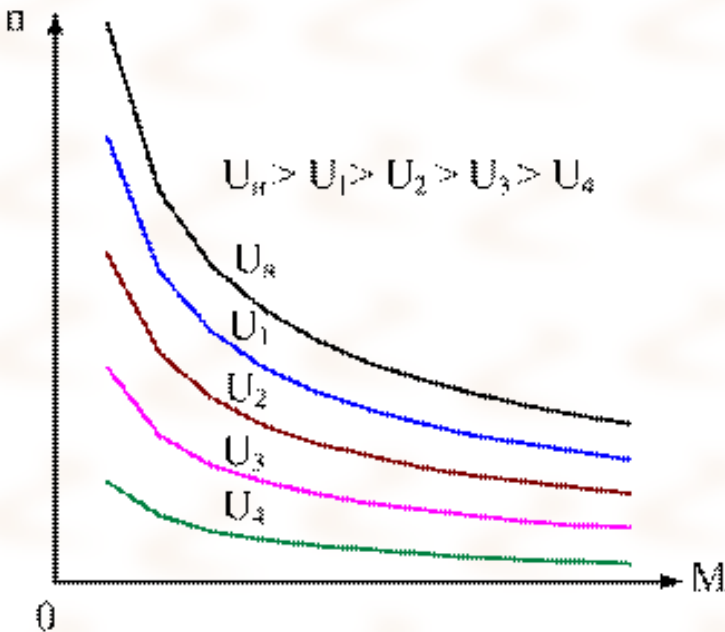


Рисунок 4 – Механічні характеристики двигуна послідовного збудження при регулюванні напруги живлення.

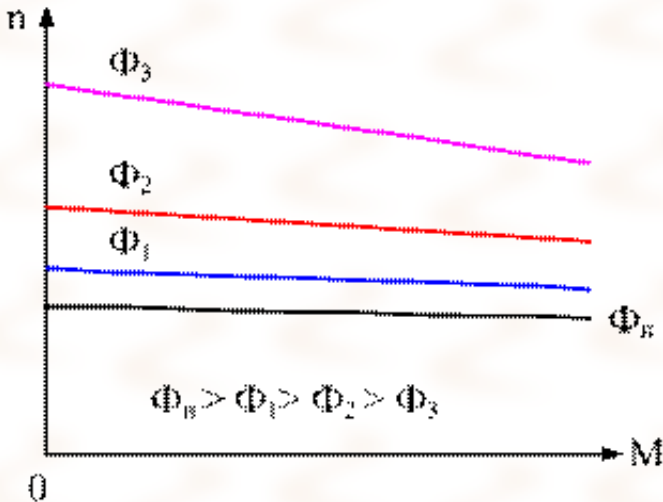


Рисунок 5– Механічні характеристики двигуна паралельного збудження при регулюванні магнітного потоку.

Висновок по роботі.

За результатами розрахунку ДПС ПЗ необхідно зробити висновок, чи змінюються номінальна кутова швидкість, момент короткого замикання при додаванні додаткового опору, швидкість ідеального холостого ходу? Порівняти, наскільки змінюється швидкість ідеального холостого ходу в випадку зміни напруги чи магнітного потоку відносно природної характеристики. Та що відбувається з моментами та струмами в тих чи інших випадках.

II. ДВИГУНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗМІШАНОГО ЗБУДЖЕННЯ

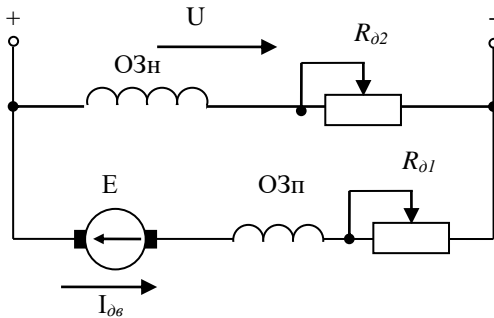


Рисунок 6 — Схема вмикання двигуна постійного струму змішаного збудження

1. Характеристики двигунів змішаного збудження.

При вивченні механічних характеристик електродвигунів змішаного збудження необхідно знати схему вмикання електродвигуна (рис.6) і те, що магнітний потік створюється сумарною дією паралельної та послідовної обмоток. Характеристики цих двигунів залежать від відношення намагнічуючих сил обох обмоток збудження.

Швидкісна та механічна характеристики двигуна змішаного збудження займають проміжне положення по відношенню до характеристик двигунів паралельного та послідовного збудження і будуються також, як і для двигуна послідовного збудження. Необхідно зрозуміти, що двигун зі змішаним збудженням не має аналітичного виразу для механічної характеристики.

Внутрішній опір двигуна змішаного збудження визначається:

$$R_{ав} = 0,6(1 - \eta_{ном})R_{ном}. \quad (3.1)$$

У відносних величинах може бути орієнтовно визначено за формулою

$$R_o^* = 0,6(1 - \eta_{ном}). \quad (3.2)$$

Різниця у способах збудження розглянутих ДПС приводить до відмінності у їх характеристиках, властивостей, областях використання та у способах експлуатації. У двигуна паралельного збудження, наприклад, обертаючий момент практично пропорційний струму якоря (струм холостого ходу приблизно дорівнює нулю). У двигуна послідовного збудження магнітний потік змінюється з навантаженням.

Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи

Студент повинен виконувати розрахункову роботу на стандартному форматі *A4* у рукописному або друкованому вигляді. Оформлення роботи повинно бути виконано акуратно, згідно *ДСТУ 3008-95*.

Відповідно з Вашим номером в журналі і номером групи випишіть технічні каталожні дані ДПС ПЗ з таблиці.

На основі паспортних даних ДПС ПЗ типа 4П... необхідно:

1. Накреслити схему вмикання ДПС НЗ і визначити величини, що характеризують його роботу у номінальному режимі;

2. Визначити координати характерних точок і побудувати природні ЕМХ і МХ;

3. Визначити координати характерних точок і побудувати штучні ЕМХ і МХ при:

3.1. Реостатному пуску електродвигуна (ЕД);

3.2. Пуску ЕД при зниженні напруги живлення кола якоря;

3.3. Регулювання кутової швидкості обертання ЕД зміною магнітного потоку;

4. Висновки.

5. Перелік посилань.

Особливо слід зазначити, що вищої оцінки заслуговує та робота, яка містить у собі теоретичні відомості, формули та рішення з системою виміру одиниць та пояснення деяких моментів з побудови графічної частини.

Всі листи повинні бути пронумеровані, окрім титульного і листа з даними.

За результатами розрахунку двигуна постійного струму послідовного збудження (ДПС ПЗ) необхідно зробити висновок, чи змінюються номінальна кутова швидкість, момент короткого замикання при додаванні додаткового опору, та швидкість

ідеального холостого ходу? Порівняти, наскільки змінюється швидкість ідеального холостого ходу в випадку зміни напруги чи магнітного потоку відносно природної характеристики. Та що відбувається з моментами та струмами в тих чи інших випадках. Проаналізувати отримані розрахункові результати.

Контрольні питання.

1. Написати рівняння електромеханічної характеристики ДПС ПЗ.
2. Написати рівняння механічної характеристики ДПС ПЗ.
3. Від яких величин залежить електромагнітний момент ДПС ПЗ ?
4. Як визначити величину опору внутрішнього кола якоря ДПС ПЗ за даними каталогу?
5. Як визначити швидкість ДПС ПЗ при вмиканні в коло якоря додаткового опору ?
6. При відомих координатах хоча б однієї точки штучної і природної ЕМХ, як визначити додатковий опір в колі якоря ДПС ПЗ?
7. Як визначити додатковий опір для обмеження величини струму в обмотці збудження ДПС ПЗ при електродинамічному гальмуванні його з незалежним збудженням?
8. Викладіть методику побудови природної МХ ДПС ПЗ за універсальними робочими характеристиками
9. Поясніть на графіку, чому МХ ДПС ПЗ має істотно нелінійний характер?
10. Що общего і в чому різниця в способах реверсування ДПС НЗ і ДПС ПЗ?
11. Що общего і в чому різниця в залежностях між струмом і моментом у ДПС НЗ і ДПС ПЗ?
12. Які режими роботи має ДПС ПЗ?
13. Які гальмівні режими використовують в ДПС ПЗ?
14. Як перевести ДПС ПЗ з рушійного режиму роботи у режим динамічного гальмування з самозбудженням і поясніть, як він відбувається?

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунково-графічної роботи.

| Но- мер п/п | Тип двигуна | Потужність, кВт | Напруга, В | Номіна- льна частота обертання, об/хв | ККД, % | Макси- мальна частота обертан., об/хв |
|-------------------|-------------|--------------------|---------------|---|-----------|---|
| 1 | 4ПБМ112МО4 | 1,40 | 110 | 2240 | 79 | 4000 |
| 2 | | 1,80 | 110 | 2900 | 81 | 4000 |
| 3 | | 2,00 | 220 | 3150 | 82 | 4000 |
| 4 | 4ПБМ112ЛО4 | 1,28 | 110 | 1500 | 76 | 4000 |
| 5 | | 1,32 | 220 | 1500 | 77 | 4000 |
| 6 | | 1,85 | 110 | 2180 | 80 | 4000 |
| 7 | | 2,36 | 110 | 3150 | 83 | 4000 |
| 8 | | 2,5 | 220 | 3250 | 84 | 4000 |
| 9 | 4ПБМ132МО4 | 1,12 | 110 | 710 | 69 | 2700 |
| 10 | | 1,12 | 220 | 710 | 70 | 2500 |
| 11 | | 1,60 | 110 | 1180 | 78 | 4000 |
| 12 | | 1,60 | 220 | 1030 | 76 | 3000 |
| 13 | | 2,36 | 110 | 1500 | 80 | 4000 |
| 14 | | 3,75 | 220 | 2500 | 86 | 3750 |
| 15 | | 5,00 | 220 | 3150 | 87 | 4000 |
| 16 | 4ПБМ132ЛО4 | 1,32 | 110 | 670 | 71 | 2500 |
| 17 | | 1,40 | 220 | 710 | 72 | 2500 |
| 18 | | 2,0 | 110 | 1060 | 79 | 4000 |
| 19 | | 2,9 | 110 | 1450 | 82 | 4000 |
| 20 | | 3,15 | 220 | 1450 | 83 | 4000 |
| 21 | | 5,60 | 220 | 3070 | 88 | 4000 |
| 22 | 4ПБМ160МО4 | 2,06 | 110 | 730 | 77 | 3000 |
| 23 | | 3,00 | 110 | 1060 | 82 | 4000 |
| 24 | | 4,25 | 110 | 1450 | 85 | 4000 |
| 25 | | 4,75 | 220 | 1600 | 86 | 4000 |
| 26 | | 6,5 | 220 | 2240 | 88 | 4000 |
| 27 | | 8,00 | 220 | 3070 | 89 | 4000 |
| 28 | 4ПБМ160ЛО4 | 2,50 | 110 | 750 | 80 | 3000 |
| 29 | | 2,80 | 220 | 750 | 80 | 2500 |
| 30 | | 3,55 | 110 | 1030 | 83 | 4000 |
| 31 | | 3,75 | 220 | 1030 | 84 | 3000 |
| 32 | | 5,80 | 220 | 1600 | 88 | 4000 |
| 33 | 4ПБМ160ЛО4 | 8,0 | 220 | 2180 | 90 | 4000 |
| 34 | 4ПБМ180МО4 | 3,35 | 110 | 710 | 81 | 2700 |

| | | | | | | |
|----|------------|------|-----|------|----|------|
| 35 | | 3,75 | 220 | 775 | 81 | 2500 |
| 36 | | 4,75 | 110 | 1030 | 85 | 3700 |
| 37 | | 5,00 | 220 | 1030 | 85 | 3000 |
| 38 | | 6,30 | 110 | 1320 | 86 | 3700 |
| 39 | | 7,10 | 220 | 1500 | 88 | 3700 |
| 40 | 4ПБМ180LO4 | 4,00 | 110 | 690 | 82 | 2700 |
| 41 | | 4,12 | 220 | 750 | 83 | 2500 |
| 42 | | 5,80 | 220 | 1090 | 86 | 3000 |
| 43 | | 8,50 | 220 | 1450 | 89 | 3700 |
| 44 | | 0,90 | 110 | 900 | 58 | 4000 |
| 45 | 4ПНМ112LO4 | 0,80 | 110 | 630 | 59 | 2500 |
| 46 | | 1,32 | 110 | 850 | 62 | 4000 |
| 47 | | 1,40 | 220 | 950 | 66 | 3500 |
| 48 | | 2,50 | 220 | 1500 | 73 | 4000 |
| 49 | | 3,35 | 110 | 2000 | 75 | 4000 |
| 50 | | 3,35 | 220 | 2120 | 78 | 4000 |
| 51 | | 5,30 | 110 | 3000 | 80 | 4000 |
| 52 | 4ПНМ132MO4 | 1,60 | 110 | 750 | 66 | 3000 |
| 53 | | 2,50 | 220 | 1000 | 71 | 3000 |
| 54 | | 4,00 | 110 | 1600 | 78 | 4000 |
| 55 | | 4,00 | 220 | 1500 | 79 | 4000 |
| 56 | | 7,10 | 220 | 2240 | 82 | 4000 |
| 57 | | 10,6 | 220 | 3000 | 84 | 4000 |
| 58 | 4ПНМ132LO4 | 2,00 | 220 | 710 | 69 | 2500 |
| 59 | | 3,15 | 220 | 1000 | 74 | 3000 |
| 60 | | 5,50 | 220 | 1500 | 80 | 4000 |
| 61 | 4ПНМ160MO4 | 7,5 | 110 | 1400 | 81 | 4000 |

Список літератури для вивчення курсу:

Основна література для вивчення дисципліни

1. Лисиченко М.Л., Савченко П.І., Тищенко О.К., Гузенко В.В. Основи електропривода в питаннях і відповідях. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – 530 с.
2. О.С. Марченко, Ю.М. Лавріненко, П.І. Савченко, Є.Л. Жулай, Електропривод: ч.1. за ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 208 с.
3. Савченко П.И. Основы автоматизированного электропривода сельскохозяйственных машин в вопросах и задачах. Учебн. пособие – К.: УСХА, 1990. – 120 с.
4. Ключёв В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
5. Чиликин М.Г., Сандлер А.С, Общий курс электропривода. - М.: Энергия, 1981.

Додаткова література для вивчення дисципліни

1. Теория электропривода. Підручник/М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича.-К.: Вища школа, 1993.-494с.: іл.
2. Москаленко В.В, Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов.-М.: Энергоатомиздат; 1986.-416с: ил.
3. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами: Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 1979.-318с., ил.

ДОДАТОК А. Приклад титульного аркуша.

Міністерство освіти та науки України
Державний біотехнологічний університет
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки.

Розрахунково-графічна робота
На тему: "розрахунок та побудова механичних характеристик
двигунів постійного струму послідовного збудження"
з дисципліни Основи електропривода

Варіант №_

Виконав:
студент 4 курсу,....групи.
П.І.Б.
Перевірив:
к.т.н., доцент Гузенко В.В.

Харків 202_p

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**

“ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА”

(розрахунок та побудова механичних характеристик
двигунів постійного струму послідовного збудження)

Для студентів денної та заочної форми навчання, напряму
підготовки – бакалавр:

141 „Енергетика, електротехніка та електромеханіка”

Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки

Відповідальний за випуск: В.В. Гузенко

Комп’ютерний набір та верстка: В.В. Гузенко

Підп. до друку 10.09.24

Зам. № 27

Формат паперу 60×84 1/16 Обл.-вид. арк..1,5

Тираж 100

Ризограф TR 1510 № 80654645

ДБТУ, 61002, м.Харків, вул.. Алчевських 44, кім. 101

Підготовлено та надруковано Навчально-методичним відділом
Державним біотехнологічним університетом