

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт
по електротехнічним дисциплінам

Розділ “Трансформатори і електричні машини”

РОЗГЛЯНУТО:
на засіданні кафедри
електротехніки
Протокол № 3
від 14.11.2007р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні
навчально-видавничої
ради ДонНТУ
Протокол № 2
від 12.12.2007р.

Донецьк ДонНТУ 2007

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт
по електротехнічним дисциплінам

РОЗДІЛ “ТРАНСФОРМАТОРИ І ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ”

УДК 621.3.011.1(075)

Методичні вказівки до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт по електротехнічним дисциплінам. Розділ “Трансформатори і електричні машини” /В.І.Костенко, О.М.Рак, Д.Я.Савченков, В.О.Сажин, Н.Л.Тютюнник, С.Я.Мерайс. Донецьк: ДонНТУ, 2007

Є частиною комплексу методичних матеріалів, що розроблені кафедрою електротехніки ДонНТУ для вивчення студентами практичної частини курсу “Електротехніка” за темами “Трансформатори”, “Електричні машини постійного струму”, “Електричні машини змінного струму”.

У розробці завдань (підбір довідникових матеріалів) брала участь студентка гр. ТП-03з Мірошниченко Н.М.

Автори: В.І. Костенко, проф.
О.М. Рак, доцент
Д.Я. Савченков, ст. викл.
В.О. Сажин, ст. викл.
Н.Л. Тютюнник, ст. викл.
С.Я. Мерайс, ас.

Відп. за випуск Н.Л. Тютюнник, ст. викл.

Рецензент: Є. Б. Ковальов, проф.

Лабораторна робота № 7

“Дослідження трифазного трансформатора”

Мета - ознайомлення з конструкцією і принципом дії трифазного трансформатора; визначення коефіцієнтів трансформації з різними схемами з'єднання фаз;

дослідження роботи трансформатора під навантаженням.

Домашня підготовка

- вивчити матеріал за поданою темою з [1,2]. Можна вивчати ці питання за іншими учбовими посібниками;

- вивчити це керівництво;

- підготувати бланк звіту про дану роботу;

- накреслити на рис.1 звіту ескіз конструкції трансформатора;

- при цьому необхідно внести в розд.1 паспортні дані трансформатора.

Для студентів, що займаються в лабораторії 1.103, паспорт трансформатора наступний: ТС-2.5/0.38; $S_{ном} = 2.5$ кВА; Y/Y – 380/230 В; 3.8/6.3А.

Для студентів, що навчаються в лабораторії 2.236 – ТС – 2.5/0,66; $S_{ном} = 2.5$ кВа; Y/Y – 660/230 В; 2.2/6.3 А;

- в розд.2 накреслити схеми з'єднання фаз трансформатора (Y/Y, Δ/Δ , Δ/Y , Y/ Δ) на рис.2, 3, 4, 5. Вказати на них перервною лінією приєднання вольтметрів для вимірювання лінійних і фазних напруг первинної і вторинної обмоток. За паспортними даними трансформатора розрахувати і записати в стовпчику. “Обчислювання” табл.1 напруги первинної і вторинної обмоток і коефіцієнти трансформації для всіх схем з'єднання за наступною методикою:

- записати за паспортними даними трансформатора у першому рядку табл.1 значення $U_{1л}$ та $U_{2л}$;

- обчислити за цими значеннями для поданої схеми фазні напруги $U_{1ф}$ та $U_{2ф}$;

- перенести напруги $U_{1ф}$ та $U_{2ф}$ в інші рядки тому, що з вмиканням трансформатора згідно з паспортними даними ці напруги повинні бути незмінні для будь-якої схеми з'єднання фаз;

- за цими фазними напругами визначити для кожного рядка табл.1 первинні і вторинні номінальні лінійні напруги (користуючись відомими співвідношеннями: для схеми Y- $U_{л} = \sqrt{3} U_{ф}$, для схеми Δ - $U_{л} = U_{ф}$);

обчислити для кожного рядка табл.1 коефіцієнти трансформації: лінійний $n_{л} = U_{1л}/U_{2л}$ та фазний $n_{ф} = U_{1ф}/U_{2ф} = W_1 / W_2$.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з конструкцією і паспортними даними трансформатора

Ознайомитись з конструкцією трансформатора на макеті; знайти всі елементи; звернути увагу на кількість витків і переріз проводів обмоток вищої (ВН) і нижчої (НН) напруги.

2. Дослідження схем з'єднання фаз трансформатора на холостому ході

2.1. Зібрати коло за однією з поданих схем (Y/Y, Δ/Δ , Δ/Y , Y/ Δ). Для вимірювання всіх напруг користуватись одним вольтметром на 250 В, до якого приєднати спеціальні вимірювальні щупи. Коло збирається за відсутністю вольтметрів;

2.2. Ввімкнути QF~; вольтметром виконати вимірювання лінійних і фазних напруг на первинній і вторинній обмотках. Значення, що вимірювались занести в перший рядок розділу "Вимірювання" табл.1.

2.3. Вимкнути QF~.

Вказівка. За відсутності спеціальних щупів, вимірювання виконуються почерговим приєднанням вольтметра до необхідних точок. Перемикання вольтметра здійснювати з вимкненим вимикачем QF~;

2.4. Повторити дії за (п.п. 2.1-2.3) почергово для схем рис.3,4,5. Результати вимірювань занести у відповідні рядки табл.1;

2.5. Обчислити і записати в табл.1 коефіцієнти трансформації n_L та n_ϕ для всіх схем.

3. Дослідження роботи трансформатора під навантаженням

3.1. Зібрати коло за принциповою схемою рис.6. У ролі навантаження трансформатора використати лампи. Амперметр PA1 вибрати з діапазоном вимірювання до 5А, а PA2 – до 10 А, вольтметр PV1 – до 250 В, а PV2 – до 150В.

3.2. Ввімкнути QF~. Змінюванням кількості ввімкнених ламп симетрично в кожній фазі від 0 (холостий хід) до 3, виконати вимірювання. Записати в табл.2 значення напруг і струмів на первинній і вторинній обмотках. Звернути увагу на режим холостого ходу, що з $I_2 = 0$, струм $I_1 > 0$ (для вимірювання необхідно використати відповідний амперметр).

Оформлення звіту

- за даними табл.2 побудувати залежності $I_1(I_2)$ - рис.7 та $U_2(I_2)$ – рис.8;
 - обчислити за даними останнього рядка табл.2 повну потужність, що споживається $S_1 = \sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot I_{1n}$ і потужність, що віддається S_2 ;

- письмово відповісти на питання:

1. Яка обмотка має більшу кількість витків (вищої або нижчої) напруги? Чому?

2. Яка обмотка має дрот більшого перетину? Чому?

3. В яких схемах з'єднання трансформатор ввімкнений згідно з номінальними напругами?

4. Чи доцільне вмикання трансформатора на знижену напругу? Небезпечне або не доцільне це вмикання?

5. Що станеться з трансформатором при вмиканні його на підвищену напругу? Небезпечне або не доцільне це вмикання?

6. Який з коефіцієнтів трансформації не змінюється, а який змінюється із змінюванням схеми з'єднання і чому?

7. Чому при відсутності навантаження трансформатора ($I_2 = 0$) є первинний струм?

8. Як змінюється первинний струм трансформатора із збільшенням навантаження у вторинній обмотці? Чому?

9. Як змінюється вторинна напруга трансформатора із збільшенням струму навантаження? Що є причиною цього змінення?

10. Про що свідчить наближена рівність потужностей S_1 і S_2 ?

11. Чому в паспорті трансформатора номінальна потужність вказана в В·А (кВА)?

Звіт
про лабораторну роботу № 7
“Дослідження трифазного трансформатора”

Група	П.І.Б. студента	Дата	Підпис викладача

1. Ознайомлення з конструкцією і паспортними даними трансформатора

Паспорт трансформатора

Рис.1. Ескіз конструкції трансформатора

2. Дослідження схем з'єднання фаз обмоток трансформатора на холостому ході

Рис.2. Схема Y/Y

Рис.3. Схема Δ/Δ

Рис.4. Схема Δ/Y Рис.5 Схема Y/Δ

Таблиця 1

Схема з'єднання	Обчислювання						Вимірювання					
	ВН		НН		n_l	n_ϕ	ВН		НН		n_l	n_ϕ
	U_{1l}	$U_{1\phi}$	U_{2l}	$U_{2\phi}$			U_{1l}	$U_{1\phi}$	U_{2l}	$U_{2\phi}$		
Y/Y												
Δ/Δ												
Y/Δ												
Δ/Y												

3. Дослідження роботи трансформатора під навантаженням.

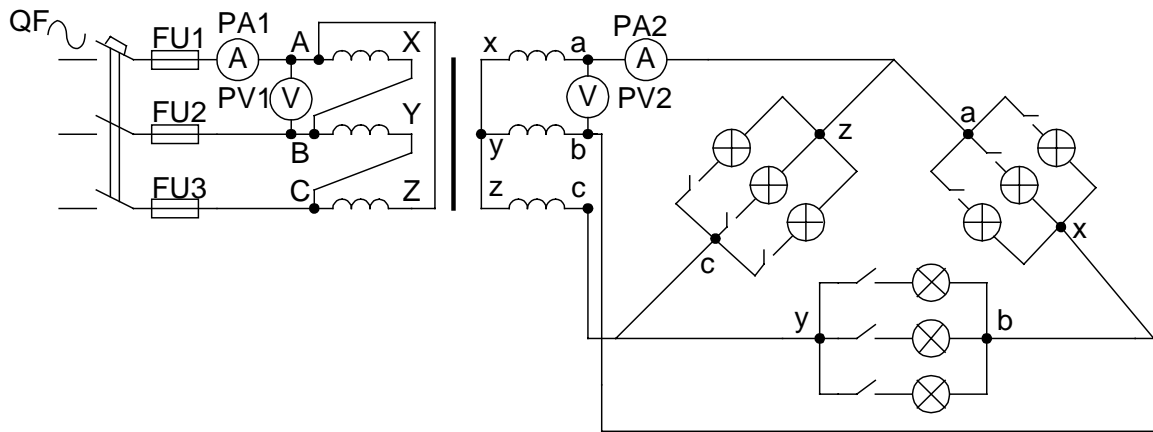


Рис.6. Схема ввімкнення трансформатора під навантаженням

Таблиця 2

Експериментальні дані для визначення зовнішньої характеристики

Кількість ламп у фазі	Вимірювання			
	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$

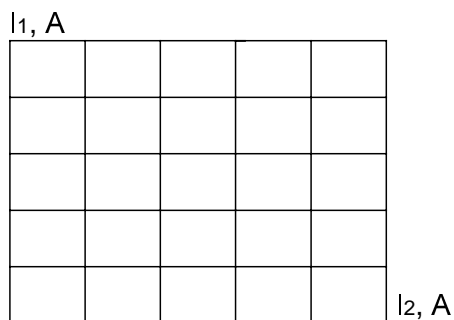


Рис.7 Залежність $I_1(I_2)$

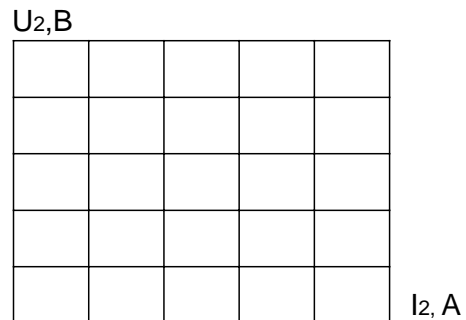


Рис.8 Зовнішня характеристика трансформатора

Визначення повних потужностей трансформатора:

$$S_1 = \quad \text{ВА}; S_2 = \quad \text{ВА}$$

Відповіді на питання:

Лабораторна робота № 8

“Дослідження двигуна постійного струму (ДПС)”

Мета – ознайомлення з конструкцією і принципом дії ДПС, пуск, реверс ДПС, дослідження характеристик у режимі двигуна, дослідження роботи у режимі гальмування.

Домашня підготовка

- вивчити матеріал за поданою темою за [1,2]. Можна вивчити ці питання за іншими навчальними посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу, виконати ескізи статора і ротора (якоря) двигуна (рис.1);

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з конструкцією ДПС, визначення номінальних даних ДПС, що досліджується

- ознайомитись на демонстраційному стенді з конструкцією ДПС. Порівняти ескізи бланку (рис.1) з макетом реального ДПС;
- записати у бланк звіту паспортні дані двигуна, що досліджується та за ними визначити номінальний момент двигуна, Н·м (потужність необхідно брати в кВт):

$$M_{ном} = 9550 \frac{P_{ном}}{n_{ном}} \quad (1)$$

2. Здійснення пуску і реверс двигуна паралельного збудження (шунтового) на холостому ході

2.1 Зібрати електричне коло двигуна за схемою (рис.2). Тут R - реостат пусковий. Обирання приладів магнітоелектричної системи визначається за паспортними даними двигуна: вольтметр PV вибрати на напругу $U \approx 1.2 \cdot U_{ном}$, амперметри PA2 - на струм $I_A \approx 1.5 \cdot I_{ном}$, PA1 - на струм $I_3 \approx 0.1 \cdot I_{ном}$.

На стенді (рис.2) встановлені: механічний гальмівний пристрій (ГП), що імітує робочу машину і утворює на валу двигуна момент опору M_o ; давач швидкості TV для вимірювання частоти обертання якоря n . ГП складається з барабану Б на валу двигуна, гальмівних колодок ГК, гальмівного гвинта ГГ, ричага Р, динамометра Д. Якщо обернути гвинт ГГ за годинниковою стрілкою, гальмівні колодки притискаються до барабану Б. Між ними існують сили тертя і відповідно момент опору M_o , внаслідок чого двигун, що досліджується – навантажується. Якщо обернути гвинт ГГ проти годинникової стрілки, двигун розвантажується (розгальмовується). Момент опору:

$$M_o = L \cdot F \quad (2)$$

де L - довжина плеча ричага, м;

F - сила, що розтягає пружину фіксується динамометром.

Датчик швидкості TV складається з тахогенератора змінного струму BR та вимірювального приладу V. Для зняття показань n необхідно натиснути кнопку SB, а для узгодження напрямку відхилення стрілки V з напрямком обертання BR - перемкнути SA:

2.2. Виконати пуск двигуна на холостому ході.

Для цього: розгальмувати двигун, обертаючи гвинт гальмівного приладу ГГ проти годинникової стрілки до упору ($M_o = 0$); рукоятку пускового реостату R встановити у стан "Пуск" – при цьому опір реостату максимальний; ввімкнути вимикач QF₋, рукоятку реостату R повільно перевести у стан "Робота" - опір реостату $R = 0$. Визначити напрямок обертання двигуна (за напрямком обертання валу). Зупинити двигун, вимкнувши QF₋. Встановити рукоятку реостату R у стан "Пуск";

2.3. Виконати реверс двигуна. Для цього змінити місця підключення якоря клеми (Я1 і Я2), або обмотки збудження клеми (Ш1 і Ш2).

2.4. Виконати пуск двигуна. Переконайтесь у зміні напрямку обертання двигуна.

2.5. Зупинити двигун, вимкненням QF₋.

3. Дослідження роботи двигуна під навантаженням

3.1. Розрахуємо зусилля динамометра $F_{ном}$, що відповідає моменту $M_{ном}$ двигуна, що досліджується. При виконанні розрахунків виходить з того, що номінальний момент опору $M_{о,ном} = LF_{ном}$ дорівнює $M_{ном}$, (3)

$$\text{тоді: } F_{ном} = \frac{M_{ном}}{L} \quad (4).$$

Виписати з паспорта гальмівного приладу значення L і визначити значення $F_{ном}$.

3.2. Дослідження природньої механічної характеристики $n(M)$ двигуна. При цьому опір R у колі якоря дорівнює нулю. Для цього виконати пуск двигуна поступово змінюючи положення реостату з положення «Пуск» в режим «Робота» на холостому ході.

3.3. Перевірити відповідність напрямку його обертання тому, що показаний стрілкою на корпусі гальмівного приладу. Якщо напрямок не відповідає поданому, виконати реверс двигуна.

3.4. Виконати вимірювання в режимі холостого ходу значення: струму якоря $I_{яx}$, частоти обертання якоря n_x і записати у першому рядку табл.1, а також напругу мережі U і струму збудження I_3 . Обертанням гвинта гальмівного приладу ГГ збільшувати ступенями момент опору M_o , і контролювати його значення за показаннями динамометра, що змінюється також ступенями $\Delta F \approx 0.2 \cdot F_{ном}$. Навантаження виконувати до значення $F \approx (1.2-1.4) \cdot F_{ном}$. Значення величин F , $I_{я}$, n на кожному ступені записати в табл.1.

3.5. Вимкнути двигун.

3.6. Дослідження роботи на штучній механічній характеристиці. При цьому двигун працює з додатковим опором у колі якоря ($R=0$). Для цього

розгальмувати двигун. Здійснити пуск двигуна на природну характеристику (положення «Робота»).

3.7. Перевести реостат з положення «Робота» на один крок назад, щоб його опір $R > 0$. Виконати вимірювання і записати значення $I_{яx}$ і n_x у другий рядок табл.1. Навантажувати двигун згідно з вказівками. Значення $I_{я}$, F , n на кожному ступені записати в табл.1. Вимкнути двигун.

4. Дослідження режиму динамічного гальмування двигуна

4.1. Зібрати коло двигуна за схемою рис.4. У цьому випадку на відміну від схеми рис.2 в коло якоря встановлений перемикач SA на три положення: у положенні «1» коло якоря вмикається до мережі постійного струму для роботи машини в режимі двигуна, а в положенні «2» - до лампового реостату (ввімкнути 1 або 2 лампи) для роботи в режимі ДГ, в положенні «0» коло якоря вимкнено;

4.2. Перемикач SA встановити у положення «1». Виконати пуск двигуна з використанням пускового реостату на холостому ході. Виміряти і записати в табл.2 значення n_x . Перемикач SA переключити з положення «1» у положення «0», визначити і записати в табл.2 час до повної зупинки двигуна за рахунок власних моментів тертя в ньому – це вільний вибіг;

4.3. Знов здійснити пуск двигуна на холостому ході. Виміряти і записати в табл.2 значення n_x . Перемикач SA переключити з положення «1» у положення «2», визначити і записати в табл. 2 час повної зупинки двигуна, звернути увагу на короткочасне горіння лампи. Вимкнути QF₋.

Оформлення звіту

- побудувати механічні характеристики;
- письмово відповісти на питання.

1. Які обмотки збудження розташовані на головних полюсах макета машини, для чого вони потрібні та чим відрізняються між собою?

2. Чим небезпечний прямий пуск двигуна з опором пускового реостата $R=0$?

3. Чи відбудеться реверс двигуна, якщо змінити місцями вмикання провідників до клем “+” і “-” вимикача QF₋? Відповідь пояснити.

4. Як змінюється момент двигуна із збільшенням моменту опору на його валу? Як це підтверджується даними в табл.1?

5. Скільки відсотків складає струм збудження від струму якоря з номінальним навантаженням двигуна?

6. Як необхідно змінювати опір пускового реостату, для збільшення пускового моменту?

7. Що стається з двигуном, що працює з незмінним моментом опору на його валу, якщо в коло якоря вимкнено додатковий опір?

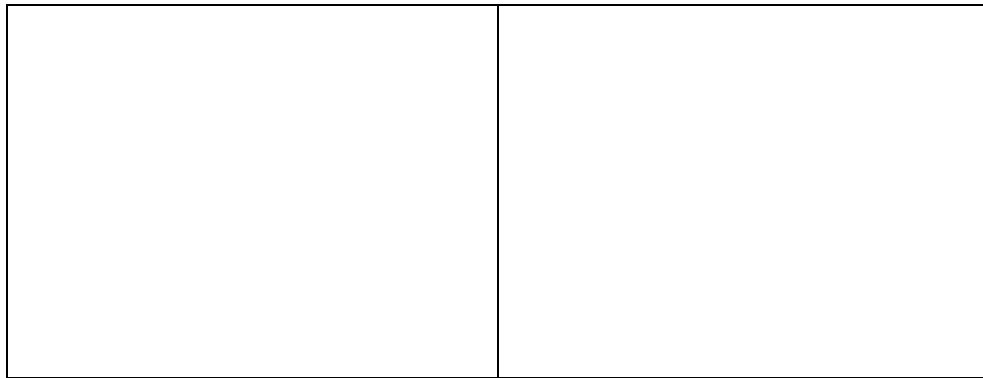
8. Чому в режимі динамічного гальмування двигун зупиняється значно швидше, ніж у режимі вільного вибігання?

9. Про що свідчить короткочасне горіння ламп в режимі динамічного гальмування двигуна?

ЗВІТ
про лабораторну роботу № 8
“Дослідження двигуна постійного струму (ДПС)”

Група	П.І.Б. студента	Дата	Підпис викладача

1. Конструкція ДПС.



а) Ескіз статора

б) Ескіз ротора

Рис.1. Конструкція машини постійного струму

Паспорт двигуна	
$P_{ном} =$	$кВт; n_{ном} =$
$U_{ном} =$	$В; I_{ном} =$
$\%;$	$А; \eta_{ном} =$
Збудження	

За паспортними даними визначити:

$$M_{ном} =$$

2. Здійснення пуску і реверс двигуна паралельного збудження (шунтового) на холостому ході.

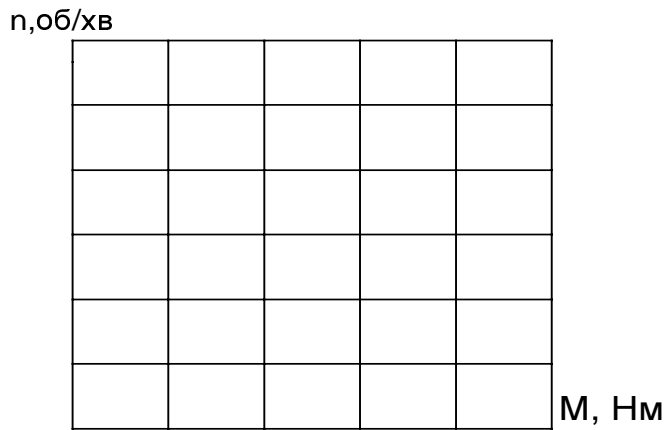


Рис.3 Механічні характеристики двигуна

4. Дослідження режиму динамічного гальмування ДПС

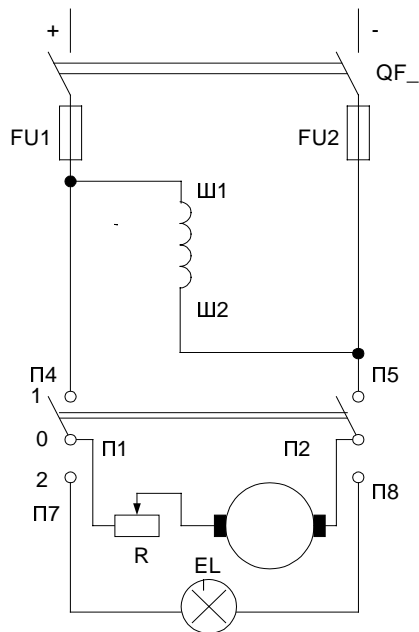


Рис. 4 Схема ввімкнення двигуна з переходом у режим ДГ

Таблиця 2

Частота обертання	Зупинка двигуна	Час до зупинки двигуна, с
	Вільний вибіг (ДГ відсутнє)	
	ДГ	

Відповіді на питання:

Лабораторна робота № 9

“Дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором”

Мета - ознайомлення з конструкцією і принципом дії асинхронного двигуна (АД) в режимі двигуна і режимі гальмування. Дослідження його механічної та електромеханічної характеристик.

Домашня підготовка

- вивчити матеріал за поданою темою з [1,2]. Можна вивчити ці питання за іншими підручниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу, виконати на рис. 1 ескізи статора і ротора короткозамкненого АД;

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з конструкцією АД. Визначення номінальних даних АД, що досліджується

- ознайомитись на демонстраційному стенді з конструкцією АД. Порівняти ескізи в бланку (рис.1) з макетом реального АД;
- занести в бланк звіту дані двигуна, що досліджується і за ними визначити наступні дані для номінального режиму роботи:
 - активну потужність, що споживається двигуном з мережі: $P_{I_{ном}} = P_{ном} / \eta_{ном}$, кВт;
 - повну потужність: $S_{ном} = P_{I_{ном}} / \cos \varphi_{ном}$, кВА;
 - реактивну (індуктивну) потужність
$$Q_{L_{ном}} = \sqrt{S_{ном}^2 - P_{I_{ном}}^2}, \text{ кВАр};$$
- момент $M_{ном} = 9550 P_{ном} / n_{ном}$, Нм.

2. Пуск і реверс АД на холостому ході

2.1. Для двигуна з номінальною потужністю $P_{ном}$ до 1кВт електричне коло зібрати за схемою “Δ”, для двигунів з номінальною потужністю $P_{ном} > 1$ кВт - “Y”. На схемі (рис.2 і 3) амперметр РА – електромагнітної системи на дві межі вимірювання 5-20 А; вольтметр РV - електромагнітної системи на напругу до 250В, ГП – механічний гальмівний пристрій, що імітує робочу машину і створює на валу двигуна момент опору M_o ; TV – тахометр для вимірювання частоти обертання ротора n . Детальний опис конструкції і принципу дії гальмівного пристрою і тахометра див. в лабораторній роботі № 2. Ці елементи схеми збирати не треба.

2.2. **Здійснити пуск двигуна на холостому ході.** Для цього розгальмувати двигун, повернувши гвинт гальмівного приладу ГГ проти

годинникової стрілки до упору ($M_0=0$); ввімкнути вимикач QF~. Визначити напрямок обертання ротора.

2.3. Зупинити двигун, вимиканням QF~.

2.4. Здійснити реверсування двигуна. Для цього згідно із схемою простіше всього замінити місцями підключення проводів, що підходять до клем В і С. Ввімкнути QF~. Впевнитися в зміні напрямку обертання валу двигуна.

2.5. Вимкнути QF~.

3. Дослідження роботи двигуна з навантаженням

3.1. Записати в звіті довжину плеча L (із паспорта гальмівного приладу). Розрахувати навантаження динамометра $F_{НОМ} = M_{НОМ}/L$, який відповідає моменту обертання $M_{НОМ}$ двигуна, що досліджується;

3.2. Виконати дослідження роботи двигуна під навантаженням. Для цього здійснити пуск двигуна на холостому ході. Перевірити відповідність напрямку його обертання напрямку, що вказаний стрілкою на корпусі гальмівного приладу. При невідповідності напрямку обертання здійснити реверсування двигуна.

3.3. Виконати вимірювання і записати у 1 рядку табл.1 значення струму статора $I_{Ix}(A)$, навантаження $F(H)$, частоти обертання ротора n_x (об/хв.), потужність, що споживає одна фаза статора $P_{I\phi x}(кВт)$, а також лінійну напругу мережі U_{IL} , (В). Повертанням гальмівного гвинта ГГ за годинниковою стрілкою збільшувати ступенями момент опору M_o , контролюючи його значення за показниками динамометра, які змінюють також ступенями $\Delta F \approx 0.3 \cdot F_{ном}$. При досягненні момента опору, що відповідає $1.8 \cdot F_{ном}$, подальше обертання гвинта ГГ виконувати повільно, щоб зафіксувати критичний момент двигуна, що відповідає значенню $F \approx 2 \cdot F_{ном}$. При подальшому обертанні ГГ двигун зупиняється. При цьому ($n=0$) він розвиває пусковий момент $M_{п}$, чому відповідає F_n . Значення величин F , I_{IL} , n , $P_{I\phi}$ на кожному ступені записувати в табл.1.

3.4. Вимкнути QF~.

Вказівка. Для запобігання перегрівання двигуна показання при зупиненому роторі зняти швидко і сразу вимкнути QF~.

4. Дослідження двигуна в режимі динамічного гальмування (ДГ)

4.1. Зібрати коло двигуна за схемою рис.4. Тут амперметр РА магнітоелектричної системи на 7,5А, R – реостат;

4.2. Розгальмувати двигун, повернувши гвинт гальмівного приладу ГГ проти годинникової стрілки до упору;

4.3. Встановити рукоятку реостату R у положення, що відповідає максимальному опору. Ввімкнути вимикач QF_ і встановити реостатом R значення постійного струму $I_{ДГ} \approx I_{I\phi ном}$, де $I_{I\phi ном}$ номінальний струм АД у схемі “зірка”.

4.4. Вимкнути QF_;

4.5. Здійснити пуск двигуна на холостому ході увімкненням QF~.

4.6. Вимкнути QF~.

4.7. Визначити і записати в табл.2 час до повної зупинки двигуна за рахунок власних моментів тертя в ньому - це вільний вибіг;

4.8 Знов здійснити пуск двигуна на холостому ході увімкненням QF~.

4.9.Вимкнути QF~ і одразу ввимкнути QF_, визначити і записати в табл. 2 час до повної зупинки двигуна.

4.10. Вимкнути QF_.

Вказівка. Необхідно чітко дотримуватись черговості перемикачів, тобто вмикати QF_ лише з вимкненим QF~.

Оформлення звіту

- визначити за даними вимірювань величини, які необхідні для побудови характеристик двигуна:

- момент $M = L \cdot F$, Н·м;

- активну потужність, що споживається двигуном від мережі

$$P_1 = 3 P_{1\phi} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт};$$

- повну потужність $S = \sqrt{3} \cdot U_{1Л} \cdot I_{1Л} \cdot 10^{-3}$, кВА;

- механічну потужність на валу двигуна $P_2 = (M \cdot n) / 9550$, кВт;

- коефіцієнт потужності двигуна $\cos \varphi = P_1 / S$.

- за даними табл.1 на рис.5 побудувати механічну $n(M)$ та електромеханічну $n(I_{1Л})$ характеристику двигуна. Позначити на рис.5 моменти (точки), що відповідають режимам: холостого ходу ($M_0, I_{1Х}$), номінальному ($M_{НОМ}, I_{1НОМ}$), критичному ($M_{МАХ}$) і пусковому ($M_{П}, I_{1П}$),

Розрахувати:

- перевантажувальну спроможність двигуна, $\lambda_{МАХ}$;

- кратність пускового моменту, $\lambda_{П}$;

- кратність пускового струму, $k_{П}$.

Письмово відповісти на питання.

1. Скільки фаз має обмотка статора АД і яке магнітне поле вона утворює?

2. За рахунок взаємодії яких величин в АД утворюється обертовий момент на його валу?

3. За рахунок чого забезпечується реверсування АД при зміні місцями підключення будь - яких фаз обмотки статора?

4. Як змінюється обертовий момент і частота обертання АД при збільшенні моменту опору на його валу?

5. Яка частина механічної характеристики АД відповідає стійкій роботі АД, а яка – нестійкій? Чому?

6. Чим небезпечно “перекидання” АД?

7. Чому в режимі холостого ходу струм АД набагато більший, ніж це необхідно для здолання механічного тертя?

8. Чому недоцільна робота недовантаженого АД? Як цьому запобігти?

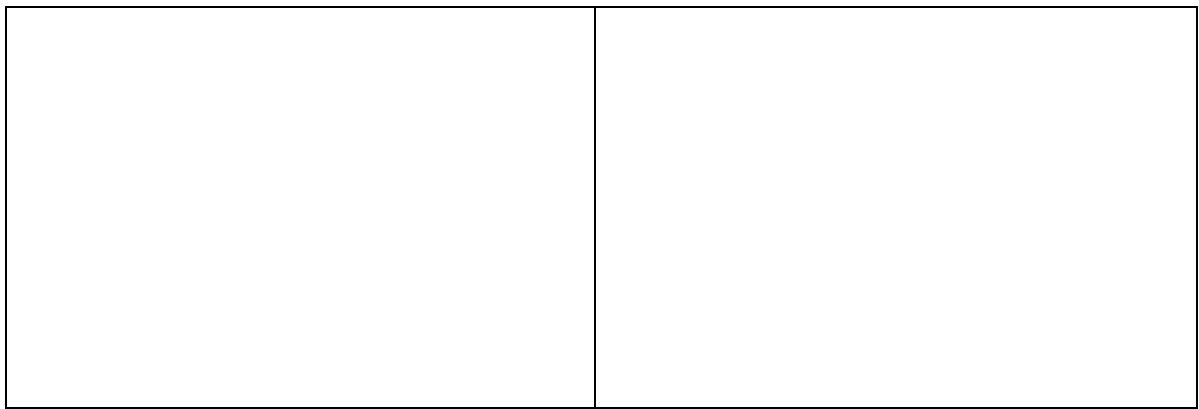
9. Яка із збудованих характеристик свідчить, що АД перетворює електричну енергію в механічну?

Звіт
про лабораторну роботу № 9

“Дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором”

Група	П.І.Б студента	Дата	Підпис викладача

1. Конструкція, принцип дії, визначення номінальних даних АД, що досліджується



а) Ескіз статора

б) Ескіз ротора

Рис.1. Конструкція АД

Паспорт АД

Тип			
$P_{ном} =$	кВт;	$n_{ном} =$	об/хв.
Y / Δ	/	В;	/ А;
$\eta_{ном} =$	%;	$\cos \varphi_{ном} =$;

$$P_{I ном} = \quad , \text{кВт}$$

$$S_{ном} = \quad , \text{ВА}$$

$$Q_{L ном} = \quad , \text{ВАр}$$

$$M_{ном} = \quad , \text{Н·м}$$

3. Дослідження роботи двигуна під навантаженням

$$L = \quad \text{м}; F_{ном} = \quad / \quad = \quad \text{Н}; U_{л} = \quad \text{В.}$$

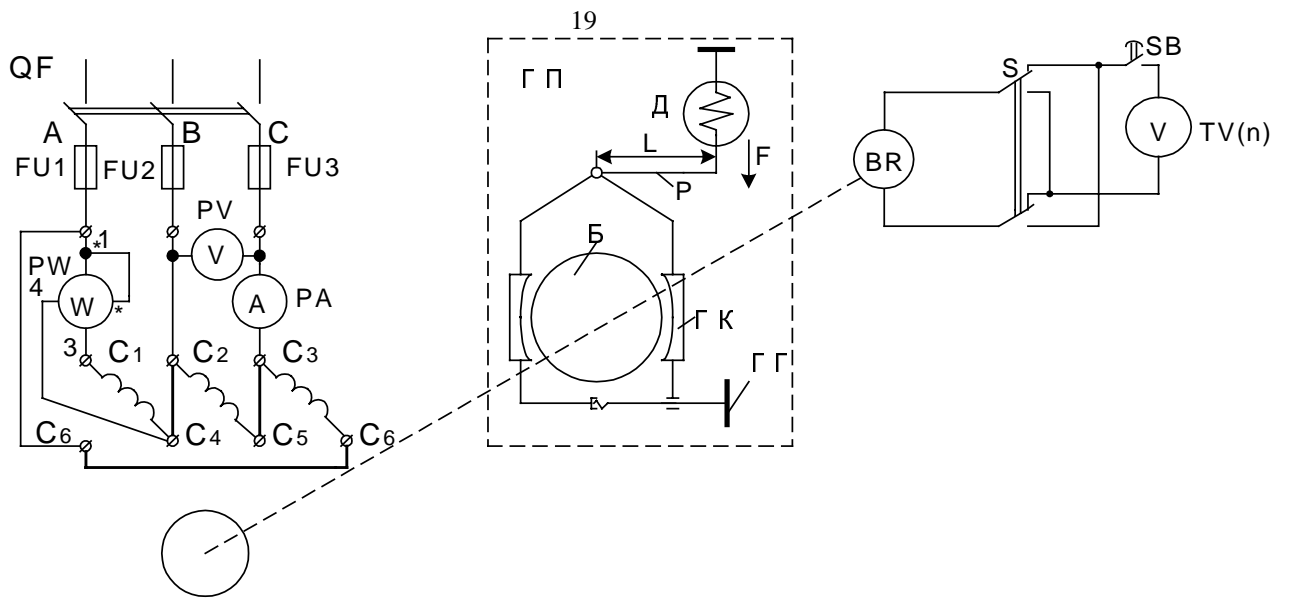


Рис.2. Функціональна схема стенду для дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

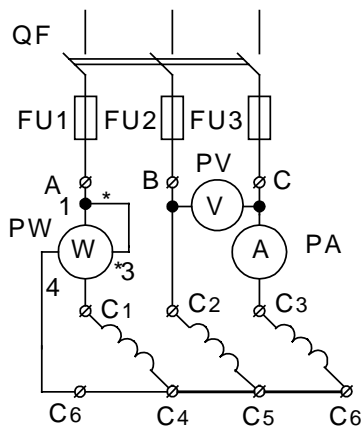


Рис.3. Вмикання обмотки статора за схемою "зірка"

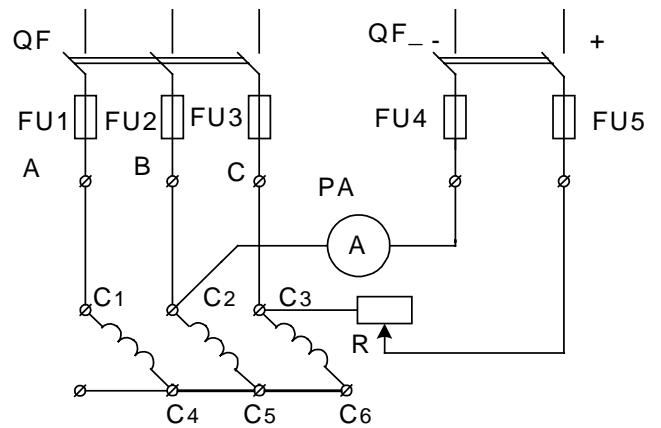


Рис.4. Схема досліджень динамічного гальмування асинхронного двигуна

<p>п, об/хв.</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p style="text-align: center;">а) Механічна</p>																										<p>п, об/хв.</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p style="text-align: center;">б) Електромеханічна</p>																									
М, Н*М	І, А																																																		

Рис.5 Характеристики АД

Таблиця 1

Вимірювання				Обчислювання				
$F, Н$	$I_{лн}, А$	$n,$ об/хв.	$P_{1ф}, Вт$	$M,$ Н·м	$P_1,$ кВт	$S,$ В·А	$P_2,$ кВт	$\cos \varphi$

$$\lambda_m = \quad / \quad = \quad ; \lambda_n = \quad / \quad = \quad ; \kappa_n = \quad / \quad = \quad ;$$

Таблиця 2

	Вільний вибіг	Динамічне гальмування
$I_{дг}, А$		
$t, с$		

Відповіді на питання:

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Загальні методичні вказівки.

Мета розрахунково-графічної роботи – перевірка засвоєння студентами відповідних теоретичних розділів і навичок практичного використання здобутих знань. Тому, спочатку необхідно, користуючись навчальною літературою, рекомендованою викладачем, вивчити матеріал, розібратися в процесах і явищах, які відбуваються в тому чи іншому колі або пристрої, і лише після цього приступати до розв'язування задач. За програмою необхідно вивчити:

1. **Трансформатори.** Призначення і галузі застосування трансформаторів. Будова і принцип дії однофазного трансформатора. Коефіцієнт трансформації. Умовні позитивні напрями напруг, струмів, ЕРС і магнітних потоків. Умовні графічні позначення, які застосовуються для зображення трансформаторів на електричних схемах. Рівняння електричного і магнітного станів трансформаторів. Досліди холостого ходу і короткого замикання, призначення і умови проведення. Втрати енергії. Паспортні дані трансформаторів. Зовнішні характеристики. Будова, принцип дії та галузі застосування трифазних трансформаторів.

2. **Електричні машини змінного струму.** Будова і принцип дії трифазної асинхронної машини. Ковзання і режими роботи. Рівняння електричного стану обмоток статора і ротора. Схеми заміщення. Магнітне поле машини. Електромагнітний момент. Механічні характеристики. Втрати енергії та ККД двигуна. Реактивна потужність і коефіцієнт потужності двигуна. Робочі характеристики. Паспортні дані.

3. **Електричні машини постійного струму.** Будова і принцип дії, режим генератора і двигуна. Формули ЕРС обмотки якоря і електромеханічного моменту. Рівняння електричного стану і схема заміщення обмотки якоря. Втрати енергії та ККД. Двигуни постійного струму. Способи збудження. Пуск двигуна. Механічні та робочі характеристики. Регулювання частоти обертання. Паспортні дані двигунів постійного струму.

При роботі з навчальними посібниками рекомендується звернути увагу на приклади типових задач, рішення яких розібрано. Приклади розрахунку параметрів і характеристик трансформаторів наведені у /1/ § 9.10 або у /2/ § 7.8; двигунів постійного струму - у /1/ § 13.11 або у /2/ § 9.4.4; асинхронних двигунів - у /1/ § 14.11 або у /2/ § 10.12.

Номер варіанту, номери задач і їх кількість, які треба розв'язати у розрахунково-графічній роботі, визначає викладач.

Контрольно-розрахункові роботи виконуються акуратно на окремих аркушах паперу форматом А4, дотримуючись ЄСКД (Єдиної системи конструкторської документації). На титульному листі повинно вказати назву інституту і кафедри, назву роботи, прізвище, ініціали, варіант і групу студента, який виконав роботу, а також прізвище викладача, який перевіряє роботу. Креслення, графіки і діаграми повинні виконуватися за допомогою креслярського інструменту, у масштабі з поясненнями їх побудови. Кожний етап рішення повинний мати пояснення. При вирішенні задач треба вказувати всі необхідні розрахункові формули. Розмірність усіх величин повинна відповідати Міжнародній системі одиниць (СИ). В кінці роботи необхідно навести перелік використаної літератури.

Завдання 1.1 (варіанти 00-10).

Однофазний трансформатор використовується для живлення підвищеною напругою спеціальної медичної апаратури. Первинна обмотка трансформатора підключена до мережі напругою $U_1 = 220$ В. До вторинної обмотки підключений реостатний датчик апаратури (активне навантаження).

Накреслити принципову схему кола. Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки трансформатора U_2 ;
- 2) коефіцієнт трансформації трансформатора n ;
- 3) струм вторинної обмотки трансформатора I_2 ;
- 4) кількість витків первинної w_1 і вторинної w_2 обмоток трансформатора;
- 5) активна потужність P_2 , що віддається вторинною обмоткою трансформатора.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.1.

Таблиця 1.1.1

Номер варіанту	U_2 , В	коефіцієнт трансформації n	w_1	w_2	I_2 , А	P_2 , Вт
00	-	0,1	-	5000	1	-
01	-	0,1	-	5000	-	2200
02	2200	-	-	5000	1	-
03	2200	-	-	5000	-	2200
04	-	-	500	5000	1	-
05	-	-	500	5000	-	2200
06	-	0,1	500	-	1	-
07	-	0,1	500	-	-	2200
08	2200	-	500	-	-	2200
09	2200	-	500	-	1	-
10						

Завдання 1.1 (варіанти 11-20).

Однофазний трансформатор використовується для живлення зниженою напругою освітлювальної апаратури складського підвального приміщення підприємства. Первинна обмотка трансформатора підключена до мережі напругою $U_1 = 220$ В. Вторинна обмотка живить лампи розжарювання однакової потужності.

Накреслити принципову схему кола. Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки трансформатора U_2 ;
- 2) коефіцієнт трансформації трансформатора n ;
- 3) струм вторинної обмотки трансформатора I_2 ;
- 4) кількість витків первинної w_1 і вторинної w_2 обмоток трансформатора;
- 5) активна потужність P_2 , що віддається вторинною обмоткою трансформатора.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.2.

Таблиця 1.1.2

Номер варіанту	U_2 , В	коефіцієнт трансформації n	w_1	w_2	I_2 , А	P_2 , Вт
11	-	10	-	600	10	-
12	22	-	-	600	-	220
13	-	10	-	600	10	-
14	22	-	-	600	-	220
15	-	-	6000	600	10	-
16	-	-	6000	600	-	220
17	-	10	6000	-	10	-
18	-	10	6000	-	-	220
19	22	-	6000	-	-	220
20	22	-	6000	-	10	-

Завдання 1.1 (варіанти 21-40).

Однофазний трансформатор використовується для живлення зниженою напругою ламп розжарювання, які освітлюють робочі місця в цеху зборки турбін і казанів. Первинна обмотка трансформатора підключена до мережі напругою $U_1 = 220$ В. До вторинної обмотки підключені лампи однакової потужності.

Накреслити принципову схему кола. Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки трансформатора U_2 ;
- 2) коефіцієнт трансформації трансформатора n ;
- 3) струм вторинної обмотки трансформатора I_2 ;
- 4) струм однієї лампи $I_{\text{лампи}}$;
- 5) кількість ламп $n_{\text{ламп}}$;
- 6) потужність кожної лампи $P_{\text{лампи}}$;
- 7) активна потужність, що віддається вторинною обмоткою трансформатора P_2 .

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.3.

Таблиця 1.1.3

номер варіанту	U_2 , В	n	I_2 , А	$I_{\text{лампи}}$, А	$n_{\text{ламп}}$	$P_{\text{лампи}}$, Вт	P_2 , Вт
21	-	10	-	-	10	-	240
22	24	-	10	-	10	-	-
23	-	10	10	-	10	-	-
24	24	-	10	-	-	24	-
25	-	10	-	-	-	24	240
26	24	-	10	-	10	-	-
27	-	10	-	1	10	-	-
28	24	-	-	1	10	-	-
29	-	10	-	1	-	24	-
30	24	-	-	1	-	-	240
31	-	10	-	0,5	-	12	-
32	24	-	-	0,5	20	-	-
33	-	10	-	0,5	20	-	-

номер варіанту	$U_2, В$	n	$I_2, А$	$I_{\text{лампи}}, А$	$n_{\text{ламп}}$	$P_{\text{лампи}}, Вт$	$P_2, Вт$
34	24	-	10	-	20	-	-
35	-	10	-	-	-	12	240
36	24	-	10	-	-	12	-
37	-	10	10	-	20	-	-
38	24	-	10	-	20	-	-
39	-	10	-	-	20	-	240
40	24	-	-	0,5	-	-	240

Завдання 1.1 (варіанти 41-60).

Однофазний трансформатор з природним повітряним охолодженням підключений до мережі напругою $U_{1\text{ном}} = 220 В$. Трансформатор працює в номінальному режимі і використовується для живлення стенду, що має активно-індуктивне навантаження Z . Коефіцієнт корисної дії трансформатора $\eta_{\text{ном}} = 0,8$, коефіцієнт потужності вторинного кола $\cos\varphi_{2\text{ном}} = 0,91$.

Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки $U_{2\text{ном}}$;
- 2) струм вторинної обмотки $I_{2\text{ном}}$;
- 3) коефіцієнт трансформації n ;
- 4) номінальна потужність трансформатора $S_{\text{ном}}$;
- 5) активна номінальна потужність, споживана трансформатором з мережі $P_{1\text{ном}}$;
- 6) активна номінальна потужність $P_{2\text{ном}}$, що віддається трансформатором.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.4.

Таблиця 1.1.4

номер варіанту	$U_{2\text{ном}}, В$	$I_{2\text{ном}}, А$	n	$S_{\text{ном}}, В \cdot А$	$P_{1\text{ном}}, Вт$	$P_{2\text{ном}}, Вт$
41	22	-	-	-	-	200
42	22	-	-	220	-	-
43	22	-	-	-	250	-
44	-	10	-	-	-	200
45	-	10	-	220	-	-
46	-	10	-	-	250	-
47	-	10	10	-	-	-
48	-	-	10	220	-	-
49	-	-	10	-	-	200
50	-	-	10	-	250	-
51	-	-	5	-	-	200
52	-	-	5	220	-	-
53	-	5	5	-	-	-
54	-	5	-	-	250	-
55	-	5	-	220	-	-
56	-	5	-	-	-	200
57	44	-	-	-	250	-
58	44	-	-	220	-	-
59	44	-	-	-	-	200
60	-	-	5	-	250	-

Завдання 1.1 (варіанти 61-80).

Однофазний трансформатор живить зниженою напругою лампи розжарювання однакової потужності, які освітлюють оглядові канали на пунктах технічного обслуговування автомобілів. Первинна обмотка трансформатора підключена до мережі напругою $U_1 = 220$ В. Коефіцієнт корисної дії трансформатора $\eta = 0,916$.

Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки U_2 ;
- 2) коефіцієнт трансформації трансформатора n ;
- 3) кількість ламп, підключених до вторинної обмотки трансформатора, $n_{\text{ламп}}$;
- 4) потужність однієї лампи $P_{\text{ламп}}$;
- 5) активна потужність, що віддається вторинною обмоткою трансформатора, P_2 ;
- 6) активна потужність P_1 , споживана трансформатором з мережі.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.5.

Таблиця 1.1.5

номер варіанту	U_2 , В	n	$n_{\text{ламп}}$	$P_{\text{ламп}}$, Вт	P_2 , Вт	P_1 , Вт
61	-	6,11	20	110	-	-
62	-	6,11	20	-	2200	-
63	-	6,11	-	110	2200	-
64	-	6,11	-	110	-	2400
65	36	-	20	110	-	-
66	-	6,11	-	110	-	2400
67	36	-	20	-	2200	-
68	36	-	-	110	2200	-
69	36	-	20	-	-	2400
70	36	-	-	110	-	2400
71	-	6,11	40	55	-	-
72	-	6,11	40	-	2200	-
73	-	6,11	-	55	2200	-
74	36	-	40	55	-	-
75	-	6,11	-	55	-	2400
76	36	-	40	-	2200	-
77	36	-	-	55	2200	-
78	36	-	20	-	-	2400
79	36	-	-	55	-	2400
80	-	6,11	-	55	-	2400

Завдання 1.1 (варіанти 81-99).

Однофазний трансформатор з природним повітряним охолодженням підключений до мережі напругою $U_{\text{ном}} = 220$ В. Трансформатор працює в номінальному режимі і використовується для живлення спеціальної апаратури, що має активний опір R .

Визначити значення, не задані в умовах завдання:

- 1) напруга вторинної обмотки $U_{2\text{ном}}$;

- 2) опір навантаження R ;
- 3) струм вторинної обмотки $I_{2\text{НОМ}}$;
- 4) коефіцієнт трансформації трансформатора n ;
- 5) струм первинної обмотки $I_{1\text{НОМ}}$;
- 6) номінальна потужність трансформатора $S_{\text{НОМ}}$.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.1.6.

Таблиця 1.1.6

номер варіанту	$U_{2\text{НОМ}}, \text{В}$	$R, \text{Ом}$	$I_{2\text{НОМ}}, \text{А}$	n	$I_{1\text{НОМ}}, \text{А}$	$S_{\text{НОМ}}, \text{В}\cdot\text{А}$
81	22	2,2	-	-	-	-
82	-	2,2	10	-	-	-
83	-	2,2	-	10	-	-
84	22	-	-	-	-	220
85	22	-	10	-	-	-
86	-	-	-	10	1	-
87	-	-	10	-	-	220
88	-	-	-	10	-	220
89	22	-	-	-	1	-
90	-	-	10	10	-	-
91	44	-	10	-	-	-
92	-	-	-	5	2	-
93	-	-	10	-	-	440
94	-	-	-	5	-	440
95	44	-	-	-	2	-
96	-	-	10	5	-	-
97	44	4,4	-	-	-	-
98	-	4,4	10	-	-	-
99	-	4,4	-	5	-	-

Завдання 1.2 (варіанти 00-50).

Споживачі електричної енергії живляться від трифазного трансформатора, який має паспортні дані наведені в табл. 1.2.1 (згідно з варіантом). Трансформатор ввімкнений у мережу згідно паспортних даних.

Накреслити принципову схему вмикання трансформатора в мережу.

Визначити:

- 1) номінальні фазні напруги первинної $U_{1\text{фНОМ}}$ і вторинної $U_{2\text{фНОМ}}$ обмоток;
- 2) коефіцієнти трансформації трансформатора (фазний і лінійний);
- 3) коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{НОМ}}$ при номінальному навантаженні і $\cos\varphi=0,8$;
- 4) номінальні лінійні струми в первинній $I_{1\text{ЛНОМ}}$ і вторинній $I_{2\text{ЛНОМ}}$ обмотках;
- 5) номінальні фазні струми в первинній $I_{1\text{фНОМ}}$ і вторинній $I_{2\text{фНОМ}}$ обмотках;
- 6) як зміниться ККД при зниженні навантаження на 50 % і на 75 %;
- 7) як зміняться розраховані параметри трансформатора, якщо з'єднати його обмотки за схемою наведеною у табл. 1.2.1 (при незмінній напрузі мережі)? Накреслити принципову схему вмикання трансформатора у даному випадку.

Таблиця 1.2.1

Номер варіанту	Тип трансформатора	Схема з'єднання обмоток	$S_{\text{ном}}$, кВ·А	$U_{1\text{ном}}$, кВ	$U_{2\text{ном}}$, кВ	P_0 , кВт	P_k , кВт	Схема перез'єднання обмоток
00	ТМ-25/6	Y/Y	25	6	0,23	0,13	0,6	Δ/Y
01	ТМ-25/10	Y/ Δ	25	10	0,4	0,13	0,6	Δ/Δ
02	ТМ-40/6	Δ/Y	40	6	0,23	0,175	0,88	Y/Y
03	ТМ-40/10	Δ/Δ	40	10	0,4	0,175	0,88	Y/ Δ
04	ТМ-63/6	Y/Y	63	6	0,23	0,24	1,28	Δ/Δ
05	ТМ-63/10	Δ/Y	63	10	0,4	0,24	1,28	Δ/Δ
06	ТМ-100/6	Y/ Δ	100	6	0,23	0,33	1,97	Y/Y
07	ТМ-100/10	Y/Y	100	10	0,4	0,33	1,97	Y/ Δ
08	ТМ-160/6	Δ/Δ	160	6	0,23	0,51	2,65	Y/Y
09	ТМ-160/10	Δ/Y	160	10	0,4	0,51	2,65	Δ/Δ
10	ТМ-250/6	Y/Y	250	6	0,23	0,74	3,7	Δ/Y
11	ТМ-250/10	Y/ Δ	250	10	0,4	0,74	3,7	Δ/Δ
12	ТМ-400/6	Δ/Δ	400	6	0,23	0,93	5,5	Y/ Δ
13	ТМ-400/10	Δ/Y	400	10	0,4	0,93	5,5	Y/Y
14	ТМ-630/6	Y/Y	630	6	0,23	1,31	7,6	Δ/Y
15	ТМ-630/10	Δ/Δ	630	10	0,4	1,31	7,6	Y/Y
16	ТМ-1000/6	Y/ Δ	1000	6	0,23	2,45	12,2	Δ/Δ
17	ТМ-1000/10	Δ/Y	1000	10	0,4	2,45	12,2	Y/ Δ
18	ТМ-1600/6	Y/Y	1600	6	0,23	3,3	18,0	Δ/Y
19	ТМ-1600/10	Y/ Δ	1600	10	0,40	3,3	18,0	Δ/Δ
20	ТСЗ-160/10	Δ/Δ	160	10	0,23	0,7	2,7	Y/ Δ
21	ТСЗ-250/10	Y/Y	250	10	0,4	1,0	3,8	Δ/Y
22	ТСЗ-400/10	Δ/Y	400	10	0,23	1,3	5,4	Δ/Δ
23	ТСЗ-630/10	Δ/Δ	630	10	0,4	2,0	7,3	Y/ Δ
24	ТСЗ-1000/10	Y/ Δ	1000	10	0,23	3,0	11,2	Y/Y
25	ТМ-20/6	Y/Y	20	6	0,4	0,18	0,6	Y/ Δ
26	ТМ-20/10	Δ/Y	20	10	0,4	0,22	0,6	Δ/Δ
27	ТМ-30/6	Δ/Δ	30	6	0,4	0,25	0,85	Δ/Y
28	ТМ-100/6	Y/Y	100	6	0,4	0,5	1,97	Δ/Y
29	ТМ-40/10	Y/ Δ	40	10	0,4	0,5	1,0	Δ/Δ
30	ТМ-525/10	Δ/Y	525	10	0,4	0,45	0,8	Y/Y
31	ТМ-20/6	Δ/Δ	20	6	0,4	0,15	0,5	Y/ Δ
32	ТМ-100/10	Y/Y	100	10	0,23	0,5	0,8	Δ/Δ
33	ТМ-200/6	Δ/Y	200	6	0,4	0,35	1,25	Δ/Δ
34	ТМ-75/10	Y/ Δ	75	10	0,4	0,65	0,95	Y/Y
35	ТМ-25/10	Y/Y	25	10	0,23	0,125	0,6	Y/ Δ
36	ТМ-10/6	Δ/Δ	10	6	2,4	0,105	0,335	Y/Y
37	ТМ-100/6	Δ/Y	100	6	0,525	0,6	2,4	Δ/Δ
38	ТМ-50/10	Y/Y	50	10	0,23	0,35	1,325	Δ/Y
39	ТМ-3200/10	Y/ Δ	3200	10	6,3	11,0	37,0	Δ/Δ
40	ТМ-560/6	Δ/Δ	560	6	0,525	2,0	7,2	Y/ Δ
41	ТМ-1000/10	Δ/Y	1000	10	0,4	4,9	15,0	Y/Y
42	ТМ-135/10	Y/Y	135	10	0,525	1,0	3,13	Δ/Y

Номер варіанту	Тип трансформатора	Схема з'єднання обмоток	$S_{\text{ном}}$, кВ·А	$U_{1\text{ном}}$, кВ	$U_{2\text{ном}}$, кВ	P_0 , кВт	P_k , кВт	Схема через з'єднання обмоток
43	ТМ-750/10	Δ/Δ	750	10	0,525	4,0	8,8	Y/Y
44	ТМ-10000/112	Y/ Δ	10000	112	11	38,0	10,0	Δ/Δ
45	ТМ-240/6	Δ/Y	240	6	0,4	1,4	4,9	Y/ Δ
46	ТМ-320/10	Y/Y	320	10	0,4	2,3	6,2	Δ/Y
47	ТМ-75/6	Y/ Δ	75	6	0,525	0,49	1,875	Δ/Δ
48	ТМ-10/6	Δ/Δ	10	6	0,4	0,86	0,185	Y/ Δ
49	ТСЗ-35/6	Y/Y	35	6	0,4	0,23	0,63	Δ/Y
50	ТСЗ-60/10	Δ/Y	60	10	0,525	0,35	1,3	Δ/Δ

Завдання 2.1 (варіанти 00-20).

На автомобільному заводі для роботи верстатів, конвеєрних ліній, вентиляторів і іншої апаратури використовуються асинхронні двигуни. Двигуни працюють в номінальних режимах і підключені до електричної мережі напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$. Обмотка статора з'єднана “зіркою” для непарних варіантів і “трикутником” – для парних.

Відомо кількість полюсів двигуна $2p$, номінальна потужність $P_{\text{ном}}$, ковзання $s_{\text{ном}}$, коефіцієнт потужності $\cos\phi_{\text{ном}}$, коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ном}}$. Частота мережі $f = 50 \text{ Гц}$.

Визначити:

- 1) частоту обертання магнітного поля статора n_0 і частоту обертання ротора $n_{\text{ном}}$;
- 2) номінальний струм двигуна $I_{1\text{ном}}$;
- 3) номінальний момент обертання $M_{\text{ном}}$;
- 4) активну потужність, споживану двигуном з мережі $P_{1\text{ном}}$;
- 5) накреслити схему вмикання двигуна в мережу.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.1.1.

Таблиця 2.1.1

Номер варіанту	$2p$	$P_{\text{ном}}$, кВт	$s_{\text{ном}}$, %	$\cos\phi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$
00	6	45	4,4	0,89	0,92
01	6	75	4,4	0,88	0,93
02	6	37	4,4	0,87	0,94
03	6	55	4,4	0,89	0,93
04	6	20	4,4	0,88	0,93
05	6	30	4,4	0,89	0,94
06	6	75	4,4	0,90	0,95
07	6	35	4,4	0,91	0,93
08	6	55	4,4	0,88	0,93
09	8	37	2,0	0,89	0,90
10	8	45	2,0	0,84	0,91
11	8	110	2,0	0,85	0,90

Номер варіанту	2р	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$S_{\text{НОМ}}$, %	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	$\eta_{\text{НОМ}}$
12	10	20	1,5	0,92	0,80
13	10	75	3,5	0,89	0,92
14	10	45	2,5	0,92	0,94
15	10	75	1,5	0,80	0,92
16	10	20	2,5	0,88	0,93
17	10	30	1,5	0,91	0,94
18	10	37	2,5	0,93	0,95
19	10	55	1,5	0,89	0,94
20	10	45	2,5	0,88	0,90

Завдання 2.1 (варіанти 21-40).

Трифазні асинхронні двигуни використовуються для роботи стругальних, фрезерувальних і токарних верстатів металообробного заводу. Всі двигуни працюють в номінальному режимі і підключені до мережі з лінійною напругою $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$, промисловою частотою $f = 50 \text{ Гц}$. Обмотка статора з'єднана “зіркою” для непарних варіантів і “трикутником” – для парних.

Відомо кількість полюсів двигуна $2p$, номінальна потужність $P_{\text{НОМ}}$, частота обертання ротора $n_{\text{НОМ}}$, коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{НОМ}}$, коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{НОМ}}$.

Визначити:

- 1) частоту обертання магнітного поля статора n_0 ;
- 2) номінальне ковзання $s_{\text{НОМ}}$;
- 3) номінальний струм двигуна $I_{\text{НОМ}}$;
- 4) номінальний момент обертання $M_{\text{НОМ}}$;
- 5) активну потужність, споживану двигуном з мережі $P_{\text{ІНОМ}}$;
- 6) накреслити схему вмикання двигуна в мережу.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.1.2.

Таблиця 2.1.2

Номер варіанту	2р	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$n_{\text{НОМ}}$, об/хв	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	$\eta_{\text{НОМ}}$
21	10	70	580	0,92	0,89
22	10	100	590	0,91	0,92
23	10	25	585	0,89	0,91
24	10	37	570	0,92	0,89
25	12	45	490	0,91	0,94
26	12	30	485	0,89	0,92
27	12	75	490	0,91	0,89
28	12	90	480	0,94	0,88
29	8	45	735	0,91	0,89
30	8	75	730	0,89	0,92
31	4	37	1460	0,93	0,82
32	4	75	1470	0,84	0,84

Номер варіанту	2р	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$n_{\text{НОМ}}$, об/хв	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	$\eta_{\text{НОМ}}$
33	4	45	1480	0,86	0,85
34	8	5,5	735	0,81	0,92
35	8	5,5	730	0,92	0,81
36	6	10	980	0,81	0,92
37	8	15	735	0,91	0,89
38	6	15	980	0,86	0,91
39	6	11	975	0,87	0,89
40	6	15	980	0,91	0,87

Завдання 2.1 (варіанти 41-50).

Трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, призначений для приводу машин і механізмів у вибухонебезпечних приміщеннях, має паспортні дані, представлені табл. 2.1.3 згідно варіанту. Обмотка статора з'єднана “зіркою” для непарних варіантів і “трикутником” – для парних.

Визначити:

- 1) активну потужність, споживану двигуном з мережі $P_{\text{НОМ}}$;
- 2) кількість пар полюсів p ;
- 3) номінальне $s_{\text{НОМ}}$ і критичне $s_{\text{кр}}$ ковзання;
- 4) номінальний $M_{\text{НОМ}}$, пусковий $M_{\text{п}}$ і максимальний $M_{\text{тах}}$ обертальні моменти;
- 5) пусковий струм $I_{\text{п}}$;
- 6) кількість обертів при максимальному обертальному моменті,
- 7) накреслити схему вмикання двигуна в мережу.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.1.3.

Таблиця 2.1.3

Номер варіанту	Тип двигуна	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	$U_{\text{НОМ}}$, В	$n_{\text{НОМ}}$, об/хв	$\eta_{\text{НОМ}}$, %	$\cos\varphi$	$M_{\text{п}}/M_{\text{НОМ}}$	$M_{\text{тах}}/M_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{НОМ}}$
41	ВА042-2	7,5	660/380	2900	85,5	0,88	1,6	2,2	7
42	ВА051-4	7,5	660/380	1460	88,0	0,86	1,4	2,2	6,5
43	ВА052-6	7,5	660/380	970	85,5	0,80	1,3	2,2	6,5
44	ВА052-8	8,5	660/380	730	85,5	0,73	1,5	2,2	6
45	ВА061-6У5	10	1140/660	970	85,0	0,85	1,3	2,2	6,5
46	ВА061-4У5	13	1140/660	1465	88,0	0,86	1,3	2,2	7
47	ВА02-450-2	200	6000/3464	2940	94,1	0,9	1,1	2,9	6,5
48	ВА02-280М-2	132	380/220	2960	93,0	0,9	1,5	2,8	6,5
49	ВА02-315-4	315	660/380	1477	94,2	0,89	1,7	2,6	6,5
50	ВА02-280М-8	90	380/220	737	92,8	0,83	1,6	2,2	5,5

Завдання 2.2 (варіанти 00-25).

Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором має паспортні дані наведені у табл.2.2.1 і вмикається в мережу з лінійною напругою U_m (задана у табл.2.2.1).

Необхідно:

- 1) накреслити схему вмикання двигуна в мережу;
- 2) розрахувати споживані двигуном із мережі активну, реактивну і повну потужності;
- 3) розрахувати і побудувати наближені механічну і електромеханічну характеристики двигуна. Прийняти струм холостого ходу двигуна 30 % від номінального.

Данні для свого варіанта взяти з табл. 2.2.1.

Завдання 2.2 (варіанти 26-50).

Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором має паспортні дані наведені у табл.2.2.2 і вмикається в мережу з лінійною напругою U_m (задана у табл.2.2.2) і частотою 50 Гц.

Необхідно:

- 1) накреслити схему вмикання двигуна в мережу;
- 2) розрахувати невідомі величини, які у таблиці помічені знаком питання (?);
- 3) розрахувати і побудувати наближену механічну характеристику двигуна.

Данні для свого варіанта взяти з табл. 2.2.2.

Завдання 3.1 (варіанти 00-50).

Двигун постійного струму серії П паралельного збудження має номінальні дані (табл. 3.1.1): потужність $P_{ном}$; потужність, яка споживається двигуном з мережі, $P_{1ном}$; напругу мережі живлення $U_{ном}$; струм $I_{ном}$; струм у обмотці якоря $I_{яном}$; струм у обмотці збудження $I_{зном}$; частоту обертання якоря $n_{ном}$, обертальний момент $M_{ном}$; коефіцієнт корисної дії $\eta_{ном}$, проти-ЕРС якоря $E_{яном}$, опори обмотки якоря $R_я$ і обмотки збудження $R_з$; сумарні витрати потужності в двигуні $\sum \Delta P_{ном}$, у тому числі витрати потужності в обмотці якоря $\Delta P_{яном} = 0,5 \cdot \sum \Delta P_{ном}$, витрати потужності в обмотці збудження $\Delta P_{зном} = 0,2 \cdot \sum \Delta P_{ном}$, механічні витрати потужності $\Delta P_{мехном} = 0,3 \cdot \sum \Delta P_{ном}$.

Необхідно:

- 1) накреслити схему вмикання двигуна в мережу;
- 2) розрахувати інші величини двигуна, які у таблиці невідомі;
- 3) розрахувати і побудувати природну механічну характеристику двигуна;

- 4) розрахувати і побудувати штучну механічну характеристику двигуна, якщо у коло якоря ввімкнений додатковий опір $R_d = a \cdot R_{я}$;
- 5) розрахувати опір пускового реостата за умови, що $I_{п} = v \cdot I_{яном}$;
- 6) розрахувати пусковий струм при відсутності пускового реостату і зробити висновки щодо використання пускового реостату.

Дані для свого варіанту взяти з табл. 3.1.1.

Таблиця 2.2.1

Номер варіанту	Тип електро-двигуна	Номінальні напруги	$P_{\text{ном}}$, кВт	n_0 , об/хв	$S_{\text{ном}}$, %	$\eta_{\text{ном}}$	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	Ум, В
00	4AA56B4	220/380	0,18	1500	8,9	0,64	0,64	3,5	2,1	2,2	220
01	4AA63A4	220/380	0,25	1500	8,0	0,68	0,65	4,0	2,0	2,2	380
02	4AA63B4	220/380	0,37	1500	9,0	0,68	0,69	4,0	2,0	2,2	220
03	4A71A4	220/380	0,55	1500	7,3	0,70	0,70	4,5	2,0	2,2	380
04	4A71B4	380/660	0,75	1500	7,5	0,72	0,73	5,0	2,0	2,2	660
05	4A80A4	220/380	1,1	1500	5,4	0,75	0,81	5,0	2,0	2,2	220
06	4A80B4	220/380	1,5	1500	5,8	0,77	0,83	6,0	2,0	2,2	380
07	4A90L4	380/660	2,2	1500	5,1	0,80	0,83	6,0	2,1	2,4	660
08	4A100S4	220/380	3,0	1500	4,4	0,82	0,83	6,0	2,0	2,4	220
09	4A100L4	380/660	4,0	1500	4,6	0,84	0,84	6,0	2,0	2,4	380
10	4A112M4	380/660	5,5	1500	3,6	0,85	0,85	7,0	2,0	2,2	660
11	4A132S4	220/380	7,5	1500	2,9	0,87	0,86	7,0	2,2	3,0	220
12	4A132M4	380/660	11	1500	2,8	0,87	0,87	7,5	2,2	3,0	380
13	4A160S4	380/660	15,0	1500	2,3	0,88	0,88	7,0	1,4	2,3	660
14	4A160M4	220/380	18,5	1500	2,2	0,88	0,88	7,0	1,4	2,3	220
15	4A180S4	220/380	22	1500	2,0	0,90	0,90	6,5	1,4	2,3	380
16	4A180M4	380/660	30,0	1500	1,9	0,90	0,90	6,5	1,4	2,3	660
17	4A200M4	220/380	37,0	1500	1,7	0,91	0,90	7,0	1,4	2,5	220
18	4A200L4	380/660	45,0	1500	1,6	0,93	0,90	7,0	1,4	2,5	380
19	4A225M4	380/660	55,0	1500	1,4	0,92	0,90	7,0	1,3	2,5	660
20	4A250S4	220/380	75,0	1500	1,2	0,93	0,90	7,0	1,2	2,3	220
21	4A250M4	220/380	90,0	1500	1,3	0,93	0,91	7,0	1,2	2,3	380
22	4A280S4	380/660	110,0	1500	2,3	0,92	0,90	6,0	1,2	2,0	660
23	4AA56A2	220/380	0,18	3000	8,0	0,66	0,76	4,0	2,0	2,2	220
24	4AA56B2	220/380	0,25	3000	7,5	0,68	0,77	4,0	2,0	2,2	380
25	4AA63A2	220/380	0,37	3000	8,3	0,70	0,86	4,5	2,0	2,2	220

Таблица 2.2.2

Номер варианту	Тип электро- двигуна	$P_{НОМ}$, кВт	$n_{НОМ}$, об/хв	$\eta_{НОМ}$, %	$\cos\varphi_{НОМ}$	$I_{НОМ}$, А	$P_{I_{НОМ}}$, кВт	$\Delta P_{НОМ}$, кВт	$M_{НОМ}$, Н·м	$M_{max}/M_{НОМ}$	$M_{гр}/M_{НОМ}$	$M_{п}$, Н·м	M_{max} , Н·м	$I_{гр}/I_{НОМ}$	$I_{п}$, А	$S_{НОМ}$, %	$U_{М}$, В
26	4AP160S4Y3	?	1470	87,5	0,87	?	?	-	97,45	-	2	?	-	7,5	?	-	380
27	4AP160M4	18,5	?	88,5	-	-	?	?	?	-	2	?	-	-	-	1,8	-
28	4AP180S4	?	?	90	?	42,74	24,44	?	-	-	-	-	-	7,5	?	1,8	380
29	4AP180M4	30	?	90	-	-	?	?	194,1	-	2	?	-	-	-	?	-
30	4AP200M4	37	?	?	-	-	40,66	?	?	-	2	477,8	-	-	-	?	-
31	4AP200L4	?	1482	?	-	-	48,9	3,91	?	-	2	?	-	-	-	?	-
32	4AP22M4	55	1480	92,5	0,88	?	?	?	?	2,2	-	-	?	-	-	-	380
33	4AP250S4	75	-	?	?	141	?	5,645	489,2	2,2	-	-	?	7,5	?	-	380
34	4AP250M4	90	1461	?	0,88	?	?	6,774	?	2,2	2	?	?	-	-	-	380
35	4AP160S6	?	979	?	0,83	?	12,86	1,86	-	-	-	-	-	?	?	?	380
36	4AP160M6	?	?	87,5	?	54,27	17,14	?	-	-	-	-	-	?	?	1,8	220
37	4AP180M6	18,5	981	87	0,8	-	?	?	?	2,2	2	?	?	-	-	-	-
38	4AP200M6	?	?	90,5	0,85	?	?	?	213,5	-	-	-	-	-	-	1,6	220
39	4AP200L6	30	?	?	-	-	33,15	-	?	2,2	?	580,5	638,6	-	-	?	-
40	4AP225M6	37	?	90,5	0,84	?	?	?	-	-	-	-	-	7	?	1,3	380
41	4AP250S6	45	?	91,5	-	-	?	-	?	2,2	?	885,2	973,7	-	-	?	-
42	4AP250M6	?	?	91,5	0,83	?	-	-	?	-	2	1080,8	-	6,5	?	2,8	380
43	4AP160S8	?	?	86	-	-	?	?	?	2	-	-	196,3	-	-	2,7	-
44	4AP160M8	11,5	733	87	0,75	?	?	-	?	-	1,8	?	-	6	?	-	220
45	4AP180M8	?	733	86,5	-	-	?	-	196	?	1,8	?	390,7	-	-	?	-
46	4AP200M8	18,5	?	88	0,72	?	?	?	-	-	-	-	-	5,5	?	2,7	380
47	4AP200L8	?	732	88,5	-	-	?	-	?	?	1,8	516,6	574	-	-	?	-
48	4AP225M8	?	?	90	-	-	?	?	?	2	-	-	585,9	-	-	2,2	-
49	4AP250S8	37	?	90	0,72	?	?	-	478,8	2	-	-	?	5,5	?	-	380
50	4AP250M8	45	738	?	-	-	49,72	?	?	2	-	-	?	-	-	?	-

Таблица 3.1.1

Номер варианту	$P_{\text{НОМ}},$ кВт	$P_{1\text{НОМ}},$ кВт	$U_{\text{НОМ}},$ В	$I_{\text{НОМ}},$ А	$I_{\text{ЯНОМ}},$ А	$I_{\text{ЗНОМ}},$ А	$n_{\text{НОМ}}$ об/хв	$M_{\text{НОМ}},$ Н·м	$\eta_{\text{НОМ}},$ %	$R_{\text{Я}},$ Ом	$R_{\text{З}},$ Ом	$\sum \Delta P_{\text{НОМ}}$ кВт	$E_{\text{ЯНОМ}},$ В	a	b
00	1	1,35	-	6,14	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	4	1,5
01	2,2	-	110	-	-	-	-	7	70	-	-	-	-	6	1,6
02	3	-	-	-	-	2,2	3000	-	-	-	-	1,23	-	8	1,8
03	4	5,55	-	-	23,6	1,4	-	42,4	-	-	-	-	-	10	1,9
04	-	-	440	147	-	4,4	1000	-	-	-	-	-	-	2	2,0
05	-	-	110	19,5	18,3	-	-	4,77	-	-	-	-	-	4	2,2
06	-	-	-	-	-	5,1	1000	716	-	0,154	86,4	-	-	6	2,4
07	-	-	-	-	-	-	1400	102	77	0,315	53,8	-	-	5	2,5
08	-	-	-	-	222,2	-	1000	-	-	0,101	-	-	417,5	3	1,5
09	2,2	3,14	-	14,3	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	7	1,6
10	1	-	220	-	-	-	-	6,37	74	-	-	-	-	6	1,8
11	2,2	-	-	-	-	1,7	3000	-	-	-	-	0,94	-	5	1,9
12	3	4,23	-	-	36,2	2,2	-	9,55	-	-	-	-	-	2	2,0
13	-	-	220	25	-	1,4	900	-	-	-	-	-	-	9	2,2
14	-	-	440	147	142,6	-	-	525	-	-	-	-	-	10	2,4
15	-	-	-	-	-	1,2	3000	4,77	-	0,956	94,5	-	-	4	2,5
16	-	-	-	-	-	-	1000	716	87	0,154	86,4	-	-	8	1,5
17	-	-	-	-	84,5	-	1400	-	-	0,315	-	-	193	3	1,6
18	-	-	-	-	222,2	-	-	860	-	-	-	10	417,5	5	1,8
19	2,2	-	220	-	-	-	-	14	70	-	-	-	-	10	1,9
20	1	-	-	-	-	-	1500	-	-	0,314	-	0,35	-	4	2,0
21	2,2	3,14	-	-	26,8	1,7	-	7,0	-	-	-	-	-	6	2,2
22	-	-	110	38,4	-	2,2	3000	-	-	-	-	-	-	5	2,4
23	-	-	220	25	23,6	-	-	42,4	-	-	-	-	-	8	2,5
24	-	-	-	-	-	4,4	1000	525	-	0,239	99,8	-	-	10	1,5
25	-	-	-	-	-	-	3000	4,77	70	0,956	94,5	-	-	9	1,6
26	-	-	-	-	190,9	-	1000	-	-	0,154	-	-	410,6	10	1,8
27	-	-	-	-	84,5	-	-	102	-	-	-	4,5	193	8	1,9

Номер варіанту	$P_{\text{НОМ}},$ кВт	$P_{\text{IНОМ}},$ кВт	$U_{\text{НОМ}},$ В	$I_{\text{НОМ}},$ А	$I_{\text{ЯНОМ}},$ А	$I_{\text{ЗНОМ}},$ А	$n_{\text{НОМ}}$ об/хв	$M_{\text{НОМ}},$ Н·м	$\eta_{\text{НОМ}},$ %	$R_{\text{Я}},$ Ом	$R_{\text{З}},$ Ом	$\sum \Delta P_{\text{НОМ}}$ кВт	$E_{\text{ЯНОМ}},$ В	a	b
28	90	100	-	227	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	10	2,0
29	2,2	-	-	-	-	0,9	1500	-	-	-	-	0,94	-	6	2,2
30	1,0	1,35	-	-	5,83	0,314	-	6,37	-	-	-	-	-	7	2,4
31	-	-	110	28,5	-	1,7	3000	-	-	-	-	-	-	9	2,5
32	-	-	110	38,4	36,2	-	-	9,55	-	-	-	-	-	10	1,5
33	-	-	-	-	-	1,4	900	42,4	-	1,39	156	-	-	15	1,6
34	-	-	-	-	-	-	1000	525	85	0,239	99,8	-	-	14	1,8
35	-	-	-	-	18,3	-	3000	-	-	0,956	-	-	92,5	9	1,9
36	-	-	-	-	190,9	-	-	716	-	-	-	11,2	410,6	7	2,0
37	15	19,5	-	88,6	-	-	1400	-	-	-	-	-	-	4	2,2
38	90	-	440	-	-	-	-	860	90	-	-	-	-	6	2,4
39	2,2	3,14	-	-	13,4	0,9	-	14	-	-	-	-	-	10	2,5
40	-	-	220	6,14	-	0,314	1500	-	-	-	-	-	-	5	1,5
41	-	-	110	28,5	26,8	-	-	7,0	-	-	-	-	-	14	1,6
42	-	-	-	-	-	2,2	3000	9,55	-	0,47	49,2	-	-	12	1,8
43	-	-	-	-	-	-	900	42,4	72	1,39	156	-	-	7	1,9
44	-	-	-	-	142,6	-	1000	-	-	0,239	-	-	406,6	10	2,0
45	-	-	-	-	18,3	-	-	4,77	-	-	-	0,64	92,5	5	2,2
46	75	86,2	-	19,6	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	7	2,4
47	15	-	220	-	-	-	-	102	77	-	-	-	-	9	2,5
48	90	-	-	-	-	4,5	1000	-	-	-	-	10	-	14	2,2
49	-	-	220	14,3	-	0,9	1500	-	-	-	-	-	-	10	1,5
50	-	-	220	6,14	5,83	-	-	6,37	-	-	-	-	-	11	2,0

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мілих В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. За ред. В.І. Мілих. – К.:Каравела, 2007. – 688 с.
2. Методические указания по подготовке к занятиям по электротехническим дисциплинам. Раздел «Трансформаторы и электрические машины» (для студентов неэлектротехнических специальностей)/ Сост.: Е.С. Траубе, А.А. Шавелкин, С.Н. Шапочка. – Донецк: ДПИ, 1990. – 111с.

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 7. Дослідження трифазного трансформатора.....	3
Лабораторна робота № 8. Дослідження двигуна постійного струму (ДПС).....	9
Лабораторна робота № 9. Дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.....	15
Розрахунково-графічна робота.....	21
Список літератури.....	37

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт
по електротехнічним дисциплінам

РОЗДІЛ “ТРАНСФОРМАТОРИ І ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ”

Автори: Костенко Володимир Іванович
Рак Олександр Миколайович
Савченков Дмитро Якович
Сажин Володимир Олександрович
Тютюнник Наталя Леонідівна
Мерайс Станіслав Ярославович