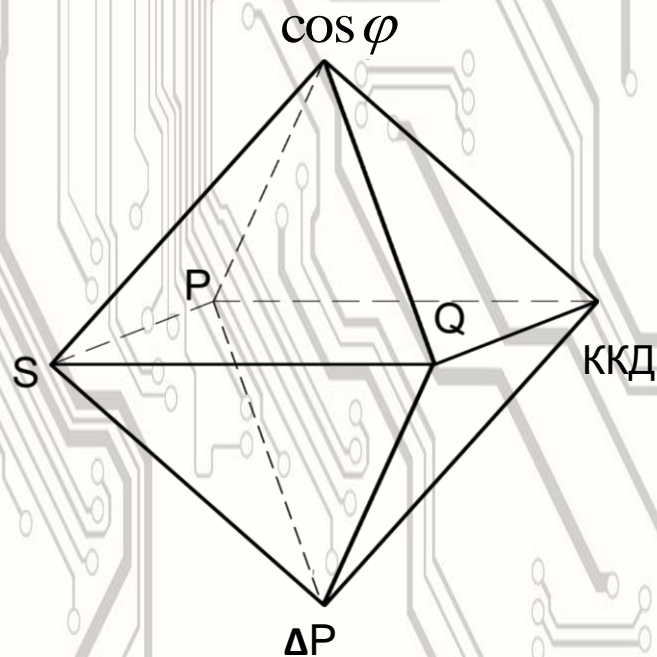


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

**ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ІЗ  
ПРЕДМЕТА «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА  
З ОСНОВАМИ ПРОМИСЛОВОЇ  
ЕЛЕКТРОНІКИ»**

*Для учнів професійно-технічних навчальних закладів*



Київ – Запоріжжя, 2014

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ**

**ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ІЗ ПРЕДМЕТА  
«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ  
ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»**

*Для учнів професійно-технічних навчальних закладів*

**Київ – Запоріжжя, 2014**

УДК 377.091.3:621.3(08:001.12)

ББК 74.202.5:31.2:32.85:74.56

Г 55

Рекомендовано вченою радою  
Інституту професійно-технічної освіти НАПН України  
(протокол № 6 від 23 червня 2014 р.)

**Рецензенти:**

*Вайнтрауб Марк Абрамович*, кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник лабораторії змісту професійної освіти і навчання ІПТО НАПН України;

*Козлов Володимир Володимирович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та загальна електротехніка» Запорізького національного технічного університету;

*Потеряєв Іван Леонідович*, директор ДНЗ «Мелітопольський професійний ліцей залізничного транспорту»

**Глущенко О. В.**

**Г 55**      **Збірник завдань із предмета «Електротехніка з основами промислової електроніки» для учнів проф.-тех. навч. закладів/**

О. В. Глущенко – Запоріжжя: Просвіта, 2014. – 146 с.

**ISBN 978-966-653-377-0**

У збірнику викладено завдання, тести, технічні диктанти та задачі, зорієнтовані на формування енергоефективної компетентності майбутніх кваліфікованих робітників машинобудівного профілю. Рекомендується викладачам та майстрам виробничого навчання професійно-технічних навчальних закладів машинобудівного профілю, методистам навчально-методичних (науково-методичних) центрів (кабінетів) професійно-технічної освіти.

УДК 377.091.3:621.3(08:001.12)

ББК 74.202.5:31.2:32.85:74.56

ISBN 978-966-653-377-0

© Глущенко О. В., 2014

© Просвіта, 2014

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	5
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ПОСТІЙНИЙ СТРУМ ТА КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ</b> .....	8
1.1. Контрольні запитання .....	8
1.2. Контрольні завдання .....	10
1.2.1. Теплова дія струму .....	10
1.2.2. Втрата напруги в проводах .....	11
1.3. Тести .....	14
1.4. Технічний диктант .....	16
1.5. Задачі .....	17
<b>РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ</b> .....	22
2.1. Контрольні запитання .....	22
2.2. Контрольні завдання .....	23
2.3. Тести .....	25
2.4. Задачі .....	26
<b>РОЗДІЛ 3. ЗМІННИЙ СТРУМ ТА КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ</b> .....	29
3.1. Контрольні запитання .....	29
3.2. Контрольні завдання .....	30
3.3. Тести .....	31
3.4. Задачі .....	33
<b>РОЗДІЛ 4. ТРАНСФОРМАТОРИ</b> .....	38
4.1. Контрольні запитання .....	38
4.1.1. Будова трансформаторів .....	38
4.1.2. Експлуатація трансформаторів .....	40
4.1.3. Втрати енергії в трансформаторах .....	40
4.1.4. Економічна доцільність підключення трансформаторів на паралельну роботу .....	41
4.2. Контрольні завдання .....	42
4.3. Тести .....	46
4.4. Технічний диктант .....	50
4.5. Задачі .....	50
<b>РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ</b> .....	54
5.1. Контрольні запитання .....	54
5.1.1. Загальна будова. Будова. Комутація .....	54
5.1.2. Пуск електричних машин .....	55
5.1.3. Регулювання частоти обертання двигуна електричних машин .....	56
5.1.4. Експлуатація електричних машин постійного струму .....	57
5.1.5. Втрати потужності електричних машин постійного струму .....	58
5.2. Контрольні завдання .....	60
5.3. Тести .....	64
5.4. Технічний диктант .....	67
5.5. Задачі .....	68
<b>РОЗДІЛ 6. АСИНХРОННІ МАШИНИ</b> .....	71

6.1. Контрольні запитання .....	71
6.1.1. Асинхронні машини .....	71
6.1.2. Експлуатація асинхронних машин .....	71
6.1.3. Втрати енергії в асинхронних машинах .....	72
6.1.4. Коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії асинхронних машин .....	73
6.2. Тести .....	74
6.3. Технічний диктант .....	78
6.4. Задачі .....	78
<b>РОЗДІЛ 7. СИНХРОННІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ</b> .....	80
7.1. Контрольні запитання .....	80
7.2. Контрольні завдання .....	81
7.3. Тести .....	83
7.4. Підсумкове опитування (проводиться після вивчення тем: «Електричні машини постійного струму», «Асинхронні машини», «Синхронні електричні машини») .....	84
<b>РОЗДІЛ 8. ЕЛЕКТРОПРИВОД</b> .....	86
8.1. Контрольні запитання .....	86
8.2. Контрольні завдання .....	88
8.3. Задачі .....	90
<b>РОЗДІЛ 9. ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</b> .....	94
9.1. Контрольні запитання .....	94
9.2. Тести .....	97
9.3. Задачі .....	98
<b>РОЗДІЛ 10. ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ВИРОБНИЦТВА</b> .....	100
10.1. Контрольні запитання .....	100
10.2. Тести .....	103
10.3. Задачі .....	104
<b>СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ</b> .....	107
<b>СИМВОЛИ ВЕЛИЧИН ТА ЇХ ОДИНИЦЬ ВИМІРУ</b> .....	118
<b>ДОДАТКИ</b> .....	121
Додаток А .....	121
Додаток Б .....	122
Додаток В .....	123
Додаток Г .....	124
Додаток Д .....	125
Додаток Ж .....	126
Додаток З .....	127
Додаток І .....	128
<b>ВІДПОВІДІ</b> .....	129
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	145

## ПЕРЕДМОВА

Збірник завдань, тестів, технічних диктантів та задач щодо ефективного використання електроенергії складено відповідно до змісту Типової програми з предмета "Електротехніка з основами промислової електроніки" і включає теми, в яких, на думку автора, максимально розкриваються потенційно високі можливості ефективного використання електричної енергії, зокрема: постійний струм та кола постійного струму; електромагнетизм; змінний струм та кола змінного струму; трансформатори; електричні машини постійного струму; асинхронні машини; синхронні електричні машини; електропривод; виробництво, розподіл та споживання електричної енергії; значення коефіцієнта потужності для економіки виробництва.

Кожна з тем містить контрольні запитання, тести, технічні диктанти. Надаються контрольні завдання, в яких, наприклад, пропонується вибудувати правильний алгоритм технічних операцій, сформулювати незакінчені визначення фізичної сутності понять, із запропонованих стверджень вибрати такі, що є відповіддю на поставлене питання тощо.

Номер тесту складається з номера розділу, до якого належить, з порядкового номера підрозділу і, власне, порядкового номера самого тесту, між якими ставиться крапка. Після порядкового номера тесту ставиться тире і вказується сума цифрових кодів правильних відповідей, наприклад: "Тест № 2.3.1–348" (перший тест третього підрозділу другого розділу; 348 – сума цифрових кодів правильних відповідей). Цифрові коди додаються до кожного варіанта відповідей, що дає змогу самостійно перевірити правильність обраних відповідей. У разі якщо сума цифрових кодів обраних відповідей співпадає з тією, що вказана у номері тесту, – завдання тесту виконані без помилок.

Запропоновані в збірнику задачі зорієнтовані на розвиток в учнів логічного, варіативного мислення з метою зменшення енергоємності виробничих операцій, формування вміння аналізувати причини існуючих і

можливих втрат потужності електроустаткування в умовах його експлуатації та усунення наслідків цих втрат.

Для зручності користування збірником, до його структури входять: перелік вжитих у названому збірнику умовних скорочень, словник технічних термінів, перелік символів величин та їх одиниць виміру, а також додатки. У таблиці символів величин та їх одиниць виміру в алфавітному порядку розміщені назви величин, надані їх основні позначення, назва літер грецького та латинського алфавіту, якими позначають величини, назва одиниць виміру та їх позначення за міжнародною системою (СІ – *Système International d'Unités*) та українською мовою. Символи величин та їх одиниці виміру відповідають стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (*International Electrotechnical Commission*) – ІЕС 60027-1. Надані в таблиці основні позначення величин істотно спрощують користування технічними термінами. Додатки дають змогу вибрати необхідні електричні параметри при вирішенні задач.

Дидактичний матеріал зорієнтовано на формування енергоефективної компетентності учнів професійно-технічних навчальних закладів.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ЕРС – електрорушійна сила;
- ККД – коефіцієнт корисної дії;
- ЛЕП – лінії електропередач;
- МРС – магніторушійна сила;
- "НН" – обмотка нижчої напруги трансформатора;
- "ВН" – обмотка вищої напруги трансформатора;
- $\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності;
- $I_0$  – величина струму електричної установки без навантаження (холостий хід);
- $P_{к ном}$  – потужність трансформатора в режимі короткого замикання при номінальних струмах в обмотках трансформатора;
- $R_{к ном}$  – активний опір короткого замикання трансформатора;
- СІ (Système International d'Unités) – Міжнародна система одиниць;
- ІЕС (International Electrotechnical Commission) – Міжнародна електротехнічна комісія.



# 1. ПОСТІЙНИЙ СТРУМ ТА КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

## 1.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

(порівняння сутностей величин та визначення взаємозалежності явищ)

1. За яких умов провідник електролінії стає опором?
2. Пояснити вплив таких величин, як: електричний опір, питома електропровідність провідника, довжина провідника, переріз провідника на величину втрати напруги, потужності в електролінії?
3. Як впливає температурний коефіцієнт опору на втрати електроенергії, якщо матеріал проводу виготовлений із:
  - а) міді;
  - б) алюмінію;
  - в) заліза;
  - г) ніхрому;
  - д) вольфраму?
4. Дати порівняльну характеристику величин питомих опорів і температурних коефіцієнтів матеріалів для:
  - а) монтажних проводів;
  - б) спіралей нагрівальних елементів;
  - в) обмоток електродвигунів.
5. Як впливає електричний опір провідника та його температура на втрати напруги в електричній лінії?
6. Чому електронагрівальний елемент із ніхрому при багаторазовому короткочасному вмиканні перегоряє значно швидше, ніж у випадку його безперервної роботи?
7. Чому в місцях з'єднання алюмінієвих проводів може виникнути великий перехідний опір, що призводить до втрати енергії в лінії?
8. Пояснити суть найбільш характерних для роботи джерела електроенергії режимів, зокрема, холостого ходу, номінального, короткого замикання й узгодженого, при зміні опору навантаження від нуля до нескінченності. У якому режимі втрати енергії відсутні?
9. У якому режимі роботи джерела коефіцієнт його корисної дії дорівнює одиниці?
10. Від чого залежить коефіцієнт корисної дії джерела електроенергії, яке працює в номінальному режимі?

11. Яка взаємозалежність існує між потужностями приймача і джерела електроенергії в узгодженому режимі його роботи?
12. Яким буде коефіцієнт корисної дії системи, якщо в промисловому енергопостачанні застосовувати узгоджений режим роботи?
13. Чому для передачі великих потужностей електроенергії робота системи енергопостачання в узгодженому режимі недопустима?
14. Чому в електричних колах великої потужності опір зовнішньої частини кола повинен бути значно більшим за внутрішній опір джерела?
15. Обґрунтувати, чому узгоджений режим роботи не застосовується у промисловому енергопостачанні?
16. Яка залежність існує між перерізом провідника і втратою напруги в ньому?
17. Як впливають матеріали провідників на втрати напруги та електричної енергії?
18. Пояснити суть таких значень, як: падіння напруги і втрата напруги, їх залежність від опору в електричному колі.
19. Як залежить втрата напруги при постійній (стабільній) потужності споживача від довжини, перерізу та матеріалу провідника?
20. Чи можна зменшити вплив температурного коефіцієнта опору на втрати електроенергії?
21. Чому, якщо необхідно замінити мідний провід на алюмінієвий, його переріз повинен бути у 1,5 рази більшим?
22. Для чого встановлені стандартні значення припустимих (граничних) тривалих навантажень струмів для проводів і кабелів?
23. За яких причин виникає падіння напруги в контактних з'єднаннях?
24. До яких наслідків може призвести падіння напруги в контактних з'єднаннях?
25. Чому тиск в контактах є основною умовою отримання допустимої величини перехідного опору і збереження його стабільності?

26. До яких економічних збитків може призвести неякісне з'єднання струмопровідних шин?
27. Яких заходів необхідно вжити для зменшення перехідного опору при з'єднанні алюмінієвих, мідних збірних та з'єднувальних шин?
28. Чому нагрівання контактних з'єднань необхідно контролювати?
29. Для чого під гайку кожного болта при з'єднанні струмопровідних шин необхідно встановлювати шайбу, яка пружинить?
30. Чому контактні ділянки алюмінієвих шин необхідно обробляти вільним від кислот і лугів вазеліном?
31. Для чого необхідна і як досягається герметизація контактних з'єднань?
32. Чому необхідно уникати і як запобігти надмірного затягування гайок при з'єднанні струмопровідних шин?

## **1.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

### **1.2.1. Теплова дія струму**

**Вибрати правильні твердження із запропонованих**

1. При проходженні електричного струму в проводі виділяється теплова енергія, яка, відповідно до закону Ленца-Джоуля, пропорційна ...
  - а) напрузі;
  - б) опору;
  - в) квадрату струму;
  - г) часу проходження струму.
2. При передачі електричної енергії теплова дія струму ...
  - а) є непродуктивною витратою енергії;
  - б) обмежує потужність електроспоживачів, але підвищує коефіцієнт корисної дії джерела електроенергії;
  - в) обмежує навантаження, що передається споживачеві;
  - г) підвищує коефіцієнт корисної дії електроустаткування.
3. Більш економічно вигідним буде, якщо електропровід ...
  - а) навантажений максимальним струмом;
  - б) навантажений номінальним струмом;
  - в) навантажений з урахуванням можливих непередбачуваних перевантажень.

4. Якщо температура навколишнього середовища знижується, то електричне навантаження на провід ...
- а) зменшується;
  - б) збільшується;
  - в) залишається незмінним.
5. Гранично припустимі температури нагрівання провідників встановлюються залежно від ...
- а) напруги в лінії;
  - б) марки проводів і кабелів;
  - в) потужності споживачів електричної енергії;
  - г) матеріалу ізоляції.
6. Якщо алюмінієвий провідник замінити сталевим такого ж діаметру, втрати енергії ...
- а) зменшаться;
  - б) збільшаться.
7. Чи правильним буде твердження, що ...
- а) потужність в лінії обернено пропорційна прикладеній напрузі;
  - б) якщо провід укоротити, не змінюючи потужності споживача, втрати енергії збільшаться;
  - в) попередні визначення (а; б) є помилковими.
8. Чи правильним буде твердження, що ...
- а) якщо напругу, прикладену до алюмінієвого проводу, збільшити втричі, сила струму збільшиться втричі, а втрати потужності – в 9 разів;
  - б) якщо замінити алюмінієвий провід мідним такої ж довжини і діаметра, втрати енергії в проводі збільшаться;
  - в) якщо замінити алюмінієвий провід іншим алюмінієвим такої ж довжини, але більшого діаметра, опір лінії і втрати енергії збільшаться;
  - г) серед попередніх визначень (а; б; в) немає жодного вірного.

### 1.2.2. Втрати напруги в проводах

I. Сформулювати визначення фізичної суті поняття.

1. Електрична напруга – це ...
2. Втрати напруги – це ...
3. Падіння напруги – це ...

- а) добуток сили струму на опір (визначення стосується споживача енергії);
- б) різниця напруги на початку і в кінці лінії;
- в) величина напруги між двома точками.

II. Який відсоток втрати напруги згідно з "Правилами устрою електроустановок" допускається для:

- а) силових мереж;
- б) максимально віддалених від джерела енергії ламп освітлення житлових приміщень;
- в) освітлення промислових підприємств і громадських приміщень –  
не більше:
  - 1. 5%.
  - 2. 2,5%.
  - 3. 5%.

III. Укажіть неправильну відповідь.

Втрати напруги в лінії електропередач залежать від:

- а) довжини лінії;
- б) перерізу провідника;
- в) температурного коефіцієнта опору і матеріалу провідника;
- г) кількості приєднаних до лінії споживачів.

IV. Указати серед наведених математичних розрахунків такі, що визначають втрати напруги у проводах лінії електропередач.

а)  $U_1 - U_2$ ;  $I^2 \cdot R$

б)  $I^2 \cdot R \cdot t$ ;  $U \cdot I \cdot t$

в)  $\frac{2I \cdot l}{\gamma \cdot S}$ ;  $\frac{2I \cdot \rho \cdot l}{S}$

V. Укажіть неправильне твердження.

Величина втрат напруги в лінії залежить від:

- а) сили струму;
- б) опору проводів лінії;
- в) напруги на клеммах джерела електроенергії.

**Вибрати правильний варіант тверджень із запропонованих**

VI. Якщо збільшити напругу джерела електроенергії, не змінюючи при цьому потужності споживача, величина втрати напруги в лінії:

- а) збільшиться;
- б) зменшиться;
- в) залишиться без змін.

VII. Якщо підвищити напругу вдвічі, залишаючи величину відсотку втрат потужності незмінною, переріз проводу лінії можна:

- а) зменшити у 2 рази;

- б) зменшити у 4 рази;
- в) збільшити у 2 рази;
- г) збільшити у 4 рази.

VIII. Проаналізувавши наведені формули, назвати два фактори, від яких залежить величина втрат напруги в діючій лінії електропередач.

$$\Delta U = \frac{I \cdot 2l}{S}; \quad \Delta U = \frac{I \cdot 2l}{\gamma \cdot S}; \quad \Delta U = I \cdot R$$

IX. За якими з наведених математичних виразів можна визначити:

- а) потужність струму;
- б) кількість теплоти, яка виділяється в провіднику;
- в) втрати потужності в лінії;
- г) втрати напруги в лінії.

$$1. \frac{2P \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot S}; \quad I \cdot R_l; \quad \frac{I \cdot 2l}{\gamma \cdot S}; \quad \frac{200P \cdot l}{U^2 \cdot \gamma \cdot S}$$

$$2. U \cdot I; \quad I^2 \cdot R; \quad \frac{U^2}{R}$$

$$3. I^2 \cdot R \cdot t; \quad I \cdot U \cdot t; \quad \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$4. I^2 \cdot R; \quad I^2 \cdot \frac{2l}{\gamma \cdot S}$$

X. При зміні навантаження струму від нуля до номінальної величини втрата напруги змінюється:

- а) пропорційно напрузі;
- б) пропорційно величині струму;
- в) обернено пропорційно потужності;
- г) пропорційно перерізу проводу.

XI. Величина втрати напруги в електродіючій лінії зумовлена:

- а) економічною доцільністю;
- б) межею допустимих коливань напруги споживачів певних видів;
- в) вимогами до якості подачі електроенергії.

XII. Якщо величина втрат напруги в лінії попередньо задана, переріз проводу можна розрахувати за формулами:

$$а) \frac{2P \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot S}; \quad б) I^2 \cdot R_l; \quad в) \frac{2P \cdot l}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U};$$

$$\text{г) } \frac{2I}{\gamma \cdot \Delta U};$$

$$\text{д) } \frac{\Delta U \cdot 100}{U}$$

### 1.3. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 1.3.1–585

1. При визначенні найбільш допустимої сили струму в провідниках необхідно враховувати ...	величину напруги в лінії	17
	площу перерізу і умови охолодження	58
	умови охолодження та температуру навколишнього середовища	68
2. Для забезпечення максимального коефіцієнта корисної дії під час передачі електроенергії великих потужностей необхідно, щоб внутрішній опір джерела ( $R_B$ ) по відношенню до зовнішнього опору ( $R_3$ ) був ...	набагато більшим за опір зовнішнього кола ( $R_B \gg R_3$ )	66
	набагато меншим за опір зовнішнього кола ( $R_B \ll R_3$ )	19
	меншим за опір зовнішнього кола ( $R_B < R_3$ )	91
3. Максимального заощадження енергетичних ресурсів можна досягти, якщо лінія електропередачі ...	навантажена номінальним струмом	72
	навантажена максимально допустимим струмом	48
	навантажена з урахуванням можливих непередбачуваних перевантажень	15
4. Якщо мідний провід замінити алюмінієвим з тими ж параметрами довжини і перерізу, втрати енергії ...	збільшаться	67
	зменшаться	20
	залишаться без змін	52
5. Температура нагрівання провідників струмом обмежується ...	величиною номінальної потужності	9
	способом прокладання провідників	70
	допустимим нагріванням ізоляції	60
6. Нагрівання проводу електролінії ...	обмежує потужність споживача, але підвищує коефіцієнт корисної дії джерела електроенергії	59
	свідчить про те, що матеріал проводу вибраний неправильно	65
	являє собою непродуктивні витрати енергії	18

7. При зниженні температури навколишнього середовища електричне навантаження на провід ...	збільшується	92
	зменшується	77
	залишається без змін	64
8. Якщо збільшувати діаметр ізолюваного провідника, умови його охолодження ...	покращуються	71
	погіршуються	47
	залишаються без змін	16
9. Коефіцієнт корисної дії джерела електроенергії дорівнює одиниці в режимі роботи ...	холостого ходу	61
	узгодженому	73
	номінальному	10
10. У електричному кабелі більшого перерізу порівняно з меншим густина струму повинна бути ...	більшою	90
	меншою	76
	залежна від способу його прокладання	63
11. Для силової електропроводки використовується матеріал з температурним коефіцієнтом опору ...	0, 004 град <sup>-1</sup>	54
	0, 00017 град <sup>-1</sup>	68
	0, 00005 град <sup>-1</sup>	7

ТЕСТ № 1.3.2–95

**Розрахунок перерізу проводів за даною величиною максимально припустимої втрати напруги (алгоритм розрахунку)**

1. Максимально припустима втрата напруги (спад) встановлюється залежно від ...	виду споживача	1
	виду споживача і режиму його роботи	7
	загальної встановленої потужності	5
2. Якщо втрата напруги надається у відсотках, її натуральна величина обчислюється за виразом ...	$\frac{200P \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U}$	2
	$\frac{200I \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U \% \cdot U}$	8
	$\frac{\Delta U \% \cdot U_1}{100}$	9
3. Розрахувати величину перерізу можна за виразом ...	$\frac{200P \cdot l}{U_1^2 \cdot \gamma \cdot S}$	3
	$\frac{2P \cdot l}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U}$	10
	$\frac{2I^2 \cdot R \cdot 100}{P}$	12



4. За результатами обчислення перерізу проводу необхідно обрати стандартний переріз, який повинен бути ...	більшим за розрахований	16
	меншим за розрахований, за умови, якщо різниця становить не більше 5%	11
	меншим за розрахований, якщо споживач працює у повторно-короткочасному режимі	19
5. Щоб перевірити обраний провід на нагрівання, необхідно знайти величину сили струму навантаження, яка розраховується за виразами ...	$\frac{l}{\gamma \cdot S}$ ; $\frac{2l}{\gamma \cdot S}$	20
	$\frac{P}{U}$ ; $\frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	4
	$\frac{200 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U}$ ; $\frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U^2}$	17
6. На нагрівання провід перевіряється з урахуванням обчисленої величини, наданої у таблиці ...	припустимих тривалих струмових навантажень на проводи і кабелі	6
	питомих втрат напруги	13
	конструктивних і розрахункових даних проводів	18
7. Необхідно, щоб розрахована сила струму відповідно до припустимої (визначеної таблицею) була ...	більшою на 5%	30
	більшою на 2,5%	28
	меншою або рівною	25
8. Якщо розрахована величина сили струму виявиться більшою за припустиму, визначеною таблицею, необхідно ...	взяти переріз проводу, визначений за таблицею	13
	переріз необхідно збільшити до найближчого стандартного	24
	переріз необхідно зменшити до найближчого стандартного	21

#### 1.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

Провідники при проходженні по них електричного струму нагріваються, тобто відбувається перехід ... у ..., що математично відображається законом ....

Температура нагрівання залежить від багатьох факторів, основними з яких є:

- тривалість і циклічність ...;
- температура ...;
- матеріал ...;
- вид і характеристика ....

У проводах лінії електропередач нагрівання пов'язане з некорисною ..., а при великій силі струму може створювати ..., виникнення ....

З метою економії провідникового ... бажано, щоб провідник був навантажений струмом ... величини.

Максимально припустима сила струму – це така, при якій встановлюється ... температура проводу, яка залежить від ... його ізоляції та способу ....

Максимально припустимі для даної сили струму (навантаження) площа поперечного перерізу провідника залежно від його ... на практиці визначається за допомогою таблиць ... на проводи і кабелі.

Провідник вибирають такого стандартного поперечного перерізу, щоб його максимально припустима ... дорівнювала ... або була ....

### 1.5. ЗАДАЧІ

#### ЗАДАЧА № 1.5.1

На рис. 5.1. наведені графіки залежності сили струму від напруги для двох провідників.

Обрати правильні твердження.

1. Опір провідника **A** більший 6 Ом.
2. Опір провідника **B** менший 8 Ом.
3. Втрати енергії у провіднику **B** більші за втрати у провіднику **A**.
4. Втрати енергії у провіднику **B** менші за втрати у провіднику **A**.
5. Провідник **A** більш енергоощадний для передачі електроенергії, ніж провідник **B**.
6. Серед тверджень 1-5 немає жодного правильного.

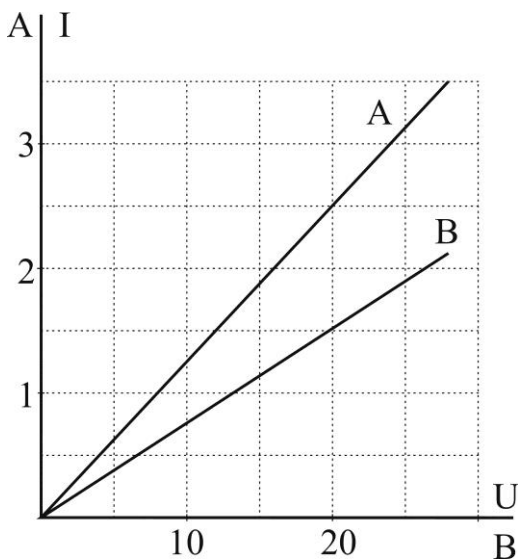


Рис. 1.5.1. Залежність сили струму від напруги

### ЗАДАЧА № 1.5.2

Електронагрівач, опір спіралі якого 80 Ом, підключений до електромережі з напругою 220 В, нагріває 1 літр води від  $10^{\circ}\text{C}$  до  $25^{\circ}\text{C}$  за 5 хвилин. Обрати правильні твердження.

1. Коефіцієнт корисної дії електронагрівача більший 70 %.
2. Потужність нагрівача менша 600 Вт.
3. Якщо спіраль зробити коротшою, витрати енергії збільшаться.
4. Електронагрівач економічно неефективний, оскільки має низький коефіцієнт корисної дії.

### ЗАДАЧА № 1.5.3

Лампа розжарювання номінальної напруги 6 В підключена через резистор до джерела постійної напруги 18 В, горить нормальним розжарюванням, споживаючи струм 2 А. Обрати правильне твердження, обґрунтувати свій вибір.

1. Лампа споживає енергії удвічі більше за резистор.
2. Лампа і резистор споживають однакову кількість енергії.
3. Струм у резисторі удвічі менший за струм у лампі.
4. Названа схема уможливорює ефективну експлуатацію освітлювального приладу.
5. Схема малоефективна.

### ЗАДАЧА № 1.5.4

Струмове навантаження для мідного ізольованого проводу перерізом  $4\text{ мм}^2$  складає 32 А. Якщо замінити мідний провід алюмінієвим перерізом  $6\text{ мм}^2$  такої ж довжини, то:

- а) в алюмінієвому проводі виділиться тепла у 1,5 рази більше, ніж у мідному;
- б) значно зросте температура електропровідника, що недопустимо;
- в) втрати енергії в алюмінієвому проводі збільшаться у 1,5 рази;
- г) величина падіння напруги в алюмінієвому проводі буде такою ж, як і в мідному.

### ЗАДАЧА № 1.5.5

Задача призначена для взаємного контролю учнів. Кожному учню надається один із двох варіантів різних вихідних даних.

Два електричні кип'ятильника (дані про них зазначені у варіантах задачі) нагрівають 10 літрів води температурою  $20^{\circ}\text{C}$  протягом 10 хвилин, витрачаючи енергію (А). Знайти невідомі величини свого варіанту задачі, порівняти і вибрати кращий варіант з урахуванням ефективного використання електричної енергії.

I варіант	II варіант
Дано: $U = 220 \text{ В};$ $I = 48 \text{ А}.$	Дано: $U = 220 \text{ В};$ $P = 7,4 \text{ кВт};$ $\eta = 0,75.$
Визначити: $P; \eta; A.$	Визначити: $I; R; A.$

#### ЗАДАЧА № 1.5.6

Два нагрівача потужністю  $P_1$  і  $P_2$ , з омичним опором  $R_1$  і  $R_2$ , відповідно, підключені до електричної мережі з напругою 220 В за проміжок часу нагрівають певний обсяг води від  $5^\circ\text{C}$  до  $50^\circ\text{C}$  і витрачають електроенергію. За даними свого варіанту знайти невідомі величини, вибрати кращий варіант з урахуванням ефективного використання електричної енергії. Внести свої пропозиції, за рахунок чого можна підвищити коефіцієнт корисної дії нагрівачів.

I варіант	II варіант
Дано: $t = 10 \text{ хв.};$ $\eta = 75 \%;$ $V = 3 \text{ л}.$	Дано: $t = 16 \text{ хв.};$ $P = 1,7 \text{ кВт};$ $V = 5 \text{ л}.$
Визначити: $P; A; R; I.$	Визначити: $\eta; R; I; A.$

#### ЗАДАЧА № 1.5.7

Лампи розжарювання потужністю ( $P_n$ ), розраховані на номінальну напругу  $U_n = 6 \text{ В}$ , підключені до джерел постійної напруги ( $U_{дж}$ ) через допоміжні резистори ( $R_{рез}$ ), споживають силу струму ( $I$ ).

За даними свого варіанту знайти невідомі величини, визначити ефективність запропонованих схем, знайти можливості підвищення їх ефективності.

I варіант	II варіант
Дано: $I = 2 \text{ А};$ $R = 3 \text{ Ом}.$	Дано: $I = 1 \text{ А};$ $U_{дж} = 10 \text{ В}.$
Визначити: $U_{рез}; P_n; P_{рез}; P_{заг}; \text{ККД}.$	Визначити: $U_{рез}; P_n; P_{рез}; P_{заг}; \text{ККД}.$

#### ЗАДАЧА № 1.5.8

Визначити, як відрізняються втрати напруги в двох неізолюваних проводах довжиною по 100 м кожний, якщо один з них мідний з перерізом  $4 \text{ мм}^2$ , а другий – алюмінієвий з перерізом  $6 \text{ мм}^2$ . Вихідні дані споживачів в обох випадках однакові.

Примітка. Прийняти питому провідність міді  $\gamma_{Cu} = 57 \text{ См/м}$ , алюмінію  $\gamma_{Al} = 37 \text{ См/м}.$

### ЗАДАЧА № 1.5.9

У мідних проводах двопровідної лінії довжиною  $\ell = 100$  м і з поперечним перерізом  $6 \text{ мм}^2$  при напрузі  $U = 220$  В під впливом постійного струму силою в  $I = 40$  А за одну годину виділяється певна кількість теплоти  $W_T$ .

Визначити: 1. Кількість теплоти  $W_T$ , яка виділяється в лінії при температурі навколишнього середовища  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ .  
2. Величину опору в лініях при зазначених температурах.  
3. Величину втрат напруги і потужності в абсолютних і у відсоткових величинах.

Встановити: 1. Залежність втрат напруги і потужності в лініях від температури навколишнього середовища (в абсолютних і у відсоткових величинах).  
2. Недоліки даної схеми електрозабезпечення з економічної точки зору (внести свої пропозиції щодо підвищення ефективності роботи даної лінії).

Результати розрахунків внести до таблиці 1.5.1.

Примітка. Питому провідність міді при  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  взяти  $\gamma_{\text{Cu}} = 57$  См/м; температурний коефіцієнт опору для міді  $L = 0,004$  град $^{-1}$ .

*Таблиця 1.5.1*

<b>P, Вт</b>	<b>U, В</b>	<b>I, А</b>	<b>t, С</b>	<b>R, Ом</b>	<b>W<sub>T</sub>, ккал</b>	<b>Δ U, В; %</b>	<b>Δ P, Вт; %</b>
			25				
			40				

**Завдання з елементами дослідницької роботи (втрати напруги і потужності)**

### ЗАДАЧА № 1.5.10

Шляхом аналізу і математичних перетворень знайти, в якому співвідношенні знаходяться величини втрати напруги і втрати потужності у двох лініях електропередач постійного струму, якщо вони мають однакові величини потужності і напруги споживачів ліній. Параметри ліній і матеріали проводів вказані в табл. 1.5.2.

Параметри лінії:

$l$  – довжина;

$S$  – переріз проводу;

$\gamma$  – питома електропровідність провідника.

Матеріали проводу:

перша лінія – Cu (мідь);  $\gamma_1 = 57$  См/м

друга лінія – Al (алюміній);  $\gamma_2 = 37$  См/м

Таблиця 1.5.2

## Параметри ліній і матеріали проводів

№ завдання	Лінії		
	Лінія № 1	Лінія № 2	Знайти
1	$S_1$ $l_1$ $\gamma_1$	$S_2 = S_1$ $l_2 = l_1$ $\gamma_2$	$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ ; $\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}$
2	$S_1$ $l_1$ $\gamma_1$	$S_2 = 1,5 S_1$ $l_2 = l_1$ $\gamma_2$	$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ ; $\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}$
3	$S_1$ $l_1$ $\gamma_1$	$S_2 = S_1$ $l_2 = 2l_1$ $\gamma_2$	$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1}$ ; $\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}$

**Аналіз запропонованого проекту за темою: "Розрахунок перерізу проводів за наданою величиною максимально припустимої втрати напруги"**

## ЗАДАЧА № 1.5.11

У проекті заплановано від розподільчого пристрою з напругою  $U = 230$  В подати електроенергію відкрито прокладеним алюмінієвим двохжильним кабелем з полівінілхлоридною ізоляцією довжиною  $\ell = 15$  метрів з перерізом  $S = 10$  мм<sup>2</sup> споживачу постійного струму потужністю  $P_n = 15$  кВт і номінальною напругою  $U_n = 220$  В.

Визначити енергоефективність цього проекту, внести, якщо необхідно, свої корективи.

Примітка:

1. Питому провідність алюмінієвого проводу взяти  $\gamma_{Al} = 37$  См/м.
2. Оскільки завдання передбачає два варіанта, його можуть виконувати два учня.

I варіант.

Розрахунки необхідно виконати шляхом вибору перерізу проводу за припустимим падінням напруги з використанням таблиці "Допустимі тривалі струмові навантаження на проводи і кабелі" [Додаток А].

II варіант.

Для виконання завдання необхідно використати таблицю "Питомі втрати напруги у двопровідній лінії постійного або змінного струму (при  $\cos\phi = 1$ )" [Додаток Б].

## 2. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

### 2.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чому магнітопроводи електричних машин, апаратів виконуються із феромагнітних матеріалів?
2. Від чого залежить величина втрат потужності на перемагнічування?
3. Дати характеристику позитивних і негативних наслідків перемагнічування.
4. Від яких факторів залежить величина втрат енергії на гістерезис?
5. Від чого залежить величина втрат енергії на вихрові струми?
6. У яких випадках втрати енергії на вихрові струми можуть значно перевищувати втрати на гістерезис?
7. Як проявляється явище гістерезису?
8. У якій залежності між собою знаходяться величини втрати потужності на гістерезис, площі петлі гістерезису і об'єму магнітопроводу?
9. Як залежить втрата потужності на гістерезис від частоти змінного магнітного поля і магнітної індукції насичення?
10. У результаті чого втрачається енергія у магнітних матеріалах при їх використанні в електрообладнанні? Як ці втрати можна зменшити?
11. Яке економічне значення має додавання кремнію в електротехнічну сталь?
12. Як впливає ступінь насичення магнітного осердя котушки на величину втрати енергії?
13. За яких умов можна одержати значну величину магнітної індукції при відносно малій магніторушійній силі?
14. Яке практичне значення має величина зазору в магнітопроводі?
15. Який основний критерій враховується при розподілі матеріалів на магнітом'які і магнітотверді?
16. Які якості магнітних матеріалів впливають на їх енергоефективність?

17. Як і за рахунок чого впливає якість обробки пластин магнітопроводу на собівартість продукції?
18. Чому для виготовлення осердя електромагніту використовують магнітотверді матеріали?
19. Від яких факторів залежить величина електромагніту?
20. Які особливості використання магнітом'яких матеріалів для постійних і низькочастотних полів та матеріалів для високочастотних полів?
21. За яких умов забезпечуються більш ощадливі витрати магнітних матеріалів на одиницю потужності?
22. У чому характерна відмінність магнітом'яких матеріалів від магнітотвердих? Особливості їх застосування.
23. Використання якого виду струму (постійного чи змінного) є більш ощадливим для живлення електромагнітних плит з електромагнітним закріпленням деталей.

## **2.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.**

2.2.1. Явище виникнення:

- а) вихрових струмів;
- б) гістерезису

відбувається:

- 1) у суцільних металевих осердях магнітопроводів трансформаторів, електричних машин та апаратів під дією індуктивних електрорушійних сил, наведених змінним струмом;
- 2) у сталевих осердях магнітопроводів трансформаторів електричних машин та апаратів під дією змінного електричного струму.

Величини магнітних втрат при цьому явищі:

- 1) пропорційні частоті магнітного поля (частоті змінного струму) та квадрату магнітної індукції;
- 2) пропорційні квадрату частоти змінного струму та квадрату магнітної індукції.

Для зменшення цих втрат:

- 1) для осердя магнітопроводів трансформаторів, електричних машин та апаратів використовують магнітом'які матеріали;



- 2) осердя магнітопроводів трансформаторів, електричних машин та апаратів складають із окремих, ізольованих один від одного листів сталі, яку легують домішками кремнію для збільшення питомого опору матеріалу.

#### 2.2.2. Магнітопровід трансформаторів, електричних машин та апаратів:

- а) у номінальному режимі роботи;
- б) у режимі перевантаження  
розрахований на:
  - 1) повне насичення (перенасичення);
  - 2) ненасичення.

При цьому величина магнітних втрат енергії:

- 1) відповідає величині паспортних даних електроустрою;
- 2) збільшується (завищені неефективні втрати).

Величина коефіцієнта корисної дії електроустроїв:

- 1) відповідає їх паспортним даним;
- 2) зменшується.

#### 2.2.3. Магнітний потік:

- а) збільшиться;
- б) зменшиться;
- в) зостанеться без змін  
якщо:
  - 1) збільшити струм у 5 разів.
  - 2) зменшити струм у 5 разів.
  - 3) зменшити число витків соленоїда у 5 разів.
  - 4) збільшити число витків соленоїда у 5 разів.

#### **Вибрати правильний варіант тверджень із запропонованих**

#### 2.2.4. Оскільки побутові трансформатори (знижувальні) мають малий магнітопровід,

- а) для підвищення напруги їх використовувати:
  - 1) можна;
  - 2) не можна
- б) тому, що навіть у режимі холостого ходу магнітопровід:
  - 1) перенасичується;
  - 2) недонасичується
- в) і обмотка первинної (низької) напруги в режимі холостого ходу споживає:
  - 1) малу величину струму;

2) надмірну силу струму

г) при цьому величина напруги на вторинній обмотці буде:

- 1) нижчою за номінальну;
- 2) вищою за номінальну

д) у результаті чого трансформатор:

- 1) вийде з ладу;
- 2) надійно працюватиме.

### 2.3. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 2.3.1–331

1. Втрати потужності в магнітопроводі складаються із втрат ...	на гістерезис і вихрові струми	18
	на вихрові струми і розсіювання магнітної енергії	33
	на розсіювання магнітної енергії і гістерезис	54
2. Причиною втрати енергії на гістерезис є ...	перевантаження електричної мережі	55
	зміна перемінних магнітних потоків у магнітопроводах	37
	зміна режиму роботи електроспоживачів	47
3. Величина втрат на гістерезис пропорційна ...	величині перевантаження магнітопроводів	5
	частоті змінного струму та квадрату величини магнітної індукції;	38
	квадрату частоти змінного струму та величині магнітної індукції.	40
4. Потужність втрат на вихрові струми в сталі залежить від ...	марки, сорту сталі і товщини її листів, максимальної індукції і частоти змінного струму	21
	питомого електричного опору, величини індукції і об'єму магнітопроводу	39
	питомого електричного опору, числа циклів зміни магнітної індукції і величини перевантаження магнітопроводу	51
5. Втрати на вихрові струми перевищують втрати на гістерезис ...	на промислових частотах 50–400 Гц	81
	на високих частотах	91
	на низьких частотах	71

6. Величина втрат потужності від вихрових струмів на 1 кг магнітопроводу пропорційна ...	квадрату частоти змінного струму і товщині листів сталі	26
	квадрату величини індукції, розміру магнітопроводу, частоті струму	19
	квадратам частоти змінного струму і максимальної магнітної індукції	13
7. Втрати потужності на гістерезис будуть мінімальними, якщо магнітопровід трансформаторів, електричних машин і апаратів змінного струму буде виконаний із ...	магнітом'яких матеріалів із широкою петлею гістерезису;	25
	магнітотвердих матеріалів із вузькою петлею гістерезису	17
	магнітом'яких матеріалів із вузькою петлею гістерезису	12
8. У повністю насиченому магнітопроводі втрати енергії ...	зменшуються	3
	збільшуються	4
9. Стале осердя котушки повинно бути ...	з малим магнітним опором	22
	з великим магнітним опором	24
	за розміром відповідати розміру котушки	44
10. За формулою $K \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2$ розраховуються ...	втрати потужності на гістерезис	82
	втрати потужності на вихрові струми	85
	загальні втрати на 1 кг маси магнітопроводу	95

## 2.4. ЗАДАЧІ

### ЗАДАЧА № 2.4.1

На кільцевому замкнутому осердю (рис. 2.4.1) розміщена обмотка з 250 витками. Переріз кільця прямокутний.  
Розміри кільця:  $D = 20$  см;  $d = 14$  см;  $b = 6$  см.

I варіант	II варіант
Дано: $\Phi = 18 \cdot 10^{-4}$ Вб; матеріал осердя – лита сталь.	Дано: $B = 1$ Тл; матеріал осердя – листована електротехнічна сталь 1512.
Визначити: $B$ ; $H$ ; $I$ ; $F$ .	Визначити: $\Phi$ ; $H$ ; $I$ ; $F$ .

1. Встановити залежність величини магніторушійної сили від матеріалу магнітопроводу.
2. Обрати варіант, при якому магнітний потік можна одержати з меншими затратами. Обґрунтувати свій вибір.

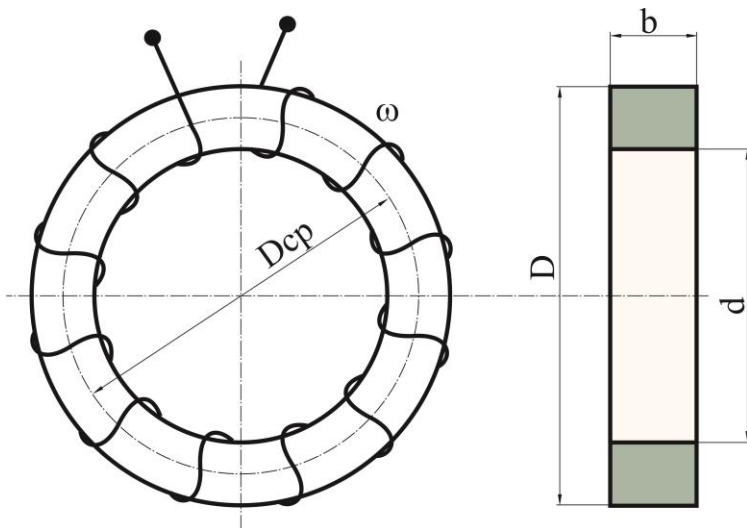


Рис. 2.4.1. Кільцеве замкнуте осердя

Результати розрахунків внести до таблиці 2.4.1.

Примітка:

$$S = \frac{D-d}{2} \cdot b; \quad l_{cp} = \pi \frac{D+d}{2}; \quad I = \frac{l_{cp} \cdot N}{\omega};$$

$$F = I \cdot \omega; \quad \Phi = B \cdot S; \quad H = (\text{див. додаток В})$$

Таблиця 2.4.1

Матеріал осердя	Φ, Вб	Н, А/м	В, Тл	І, А	F, Ав

### ЗАДАЧА № 2.4.2

Довжина середньої магнітної лінії магнітопроводів  $l_{cp} = 1000$  мм, поперечний переріз з урахуванням коефіцієнта заповнення  $S = 2500$  мм<sup>2</sup>.

Визначити, в якому кільцевому осерді можна одержати більший магнітний потік при величині струму  $I = 1,4$  А в котушці з числом витків  $\omega = 600$ . У тому кільцевому осерді, який виготовлено із листової електротехнічної сталі 1212, чи з нікелевого пермалюю 50 НП?

Порівняти величини магнітного опору магнітопроводів.

Результати розрахунків внести до таблиці 2.4.2.

Примітка:

1. Величину магнітного опору магнітопроводу можна визначити за однією із формул.

$$R_m = \frac{l_{cp}}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S} = \frac{l_{cp}}{B \cdot S} = \frac{\omega \cdot I}{\Phi} = \frac{\omega \cdot I}{B \cdot S}$$

2. Визначити величини магнітної індукції за допомогою додатків В, Г.

Таблиця 2.4.2

Матеріал магнітопроводу	I, А	$\omega$ , к-ть витків	$\Phi$ , Вб	H, А/м	B, Тл	R, 1/Ом·с	F, Ав

## ЗАДАЧА № 2.4.3

На котушку магнітопроводу, набраного з листів електротехнічної сталі 1410, подається напруга постійного струму  $U = 36$  В.

Коефіцієнт заповнення сталі  $K = 0,9$ .

Число витків котушки  $\omega = 600$ .

Величина повітряного зазору (проміжку): а)  $\ell_0 = 0,5$ мм; б)  $\ell_0 = 1,5$ мм; в)  $\ell_0 = 4$ мм.

Розміри магнітопроводу (рис. 2.4.2) подані в міліметрах.

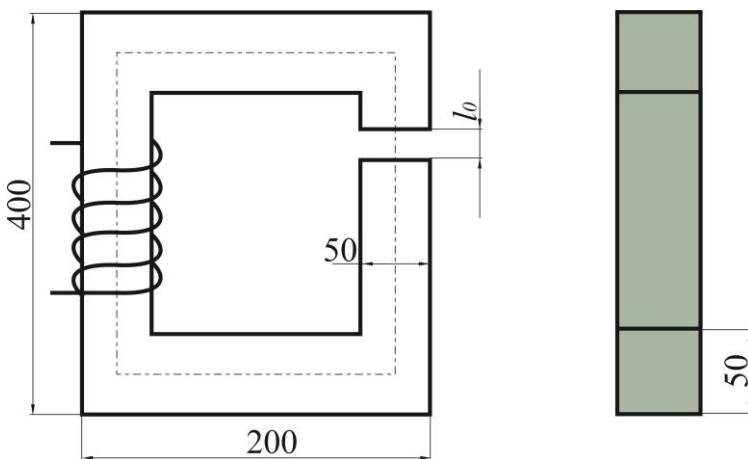


Рис. 2.4.2. Магнітопровід

Визначити, як впливає величина повітряного зазору магнітопроводу на:

- величину струму в котушці;
- індуктивність котушки;
- магніторушійну силу котушки;
- потужність котушки.

Відповісти, яке технічне й економічне значення має розмір повітряного зазору в магнітопроводі?

Результати розрахунків занести в таблицю 2.4.3.

Потік розсіювання до уваги не брати. Обґрунтувати вибір розміру повітряного зазору для різних електричних апаратів.

Таблиця 2.4.3

варіант	$\ell_0$ , мм	$B_0$ , Тл	$\Phi$ , Вб	$F = \sum Hl$			I, А	L, Гн	P, Вт
				$H_C \cdot l_C$ , А/м	$H_0 \cdot l_0$ , А/м	$\sum \cdot Hl$ , А/м			
а	0,5								
б	1,5								
в	4								

### 3. ЗМІННИЙ СТРУМ ТА КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ

#### 3.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

(порівняння сутностей величин та визначення взаємозалежності явищ)

1. Які економічні переваги має трифазна система змінного струму перед однофазною?
2. Чому при розрахунку потужності в електричних колах постійного струму враховується тільки їх активний опір, а в колах змінного струму, окрім цього, – індуктивність і ємність?
3. Як змінюються величини потужності, сили струму та напруги в колі змінного струму, якщо змінюється активний опір, індуктивність і ємність?
4. Які будуть економічні наслідки від включення ємності в коло змінного струму?
5. У якому випадку струм в котушці індуктивності буде більшим: при підключенні до джерела постійного струму чи змінного, якщо напруга на клеммах котушки в обох випадках однакова?
6. Назвати причини та наслідки виникнення поверхневого ефекту.
7. Чому електромагнітні плити для електромагнітного закріплення деталей живляться постійним струмом?
8. У якому випадку нульовий провід у трифазній мережі не потрібний і чому?
9. Як зміниться величина струму в електричному колі з індуктивністю при зменшенні частоти в 4 рази і при збільшенні індуктивності в 2 рази?
10. Чи дозволяється включати трифазний двигун у мережу трифазного струму без нульового проводу?
11. Чому в чотирьохпровідній системі коротке замикання фази може призвести до значних економічних збитків, тоді як у трьохпровідній – лише до збільшення струму?
12. Які переваги, у порівнянні з іншими схемами з'єднання, має схема з'єднання споживачів трикутником?
13. До яких наслідків може призвести встановлення запобіжника в нульовий провід?

14. Обґрунтувати припущення щодо можливих збитків у випадку відключення (обриву) нульового проводу при несиметричному навантаженні.
15. На що витрачається реактивна енергія в електричних колах?
16. Назвати основні споживачі реактивної енергії.
17. Чому неможливо позбавитись від реактивної енергії в електричних колах з індуктивним навантаженням?
18. Чому передача реактивної потужності призводить до додаткових втрат напруги?
19. Як можна зменшити величину реактивної енергії?
20. Як обчислюється коефіцієнт потужності?
21. Чому зменшується навантаження на генератор, якщо до нього приєднати батареї конденсаторів?
22. Які корисні наслідки має компенсація зсуву фаз?
23. Чому немає необхідності у повній компенсації реактивної потужності?

### **3.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.**

#### 3.2.1. Потужність:

- а) повна;
- б) активна;
- в) реактивна

яка:

- 1) визначає інтенсивність обміну енергії між джерелом та магнітним й електричним полями;
- 2) зумовлює габарити електричних машин та апаратів;
- 3) споживається електричним колом, перетворюється на тепло в активному опорі цього кола і назад джерелу не повертається;

розраховується за формулою:

- 1)  $U \cdot I \cos \varphi$
- 2)  $U \cdot I$
- 3)  $U \cdot I \sin \varphi$

#### 3.2.2. а) ізоляція генераторів і трансформаторів розраховується на ...;

б) переріз проводів обмоток генераторів і трансформаторів розраховується на ...

- 1) певну силу струму;
- 2) номінальну напругу.

3.2.3. Вплив поверхневого ефекту проявляється:

- а) слабо;
- б) значно
  - 1) при стандартній (промисловій) частоті, малому перерізу мідних і алюмінієвих проводів;
  - 2) при високій частоті, великому перерізі і залізних проводах.

**Які із запропонованих тверджень неправильні?**

3.2.4. При резонансі напруги з малою величиною активного опору в мережі:

- а) енергія від джерела живлення витрачається тільки на покриття втрат на активному опорі;
- б) зростає сила струму від джерела;
- в) на окремих ділянках кола з малими активними опорами можливе значне зменшення напруги.

3.2.5. Резонанс напруги в електроенергетичних установках може призвести до:

- а) підвищення потужності джерела електроенергії;
- б) пошкодження ізоляції в силових електричних колах;
- в) зменшення втрат напруги в лінії.

3.2.6. Режим, близький до резонансу струмів:

- а) підвищує коефіцієнт потужності промислових підприємств;
- б) використовується для налаштування приймальних і передаючих устроїв на певну частоту;
- в) знижує коефіцієнт потужності промислових підприємств.

**Виберіть правильну відповідь із запропонованих.**

3.2.7. Повна компенсація реактивної потужності в силових електричних колах:

- а) бажана, оскільки при цьому величина коефіцієнта потужності досягає одиниці ( $\cos\phi$  може дорівнюватися одиниці);
- б) практично неможлива;
- в) економічно недоцільна.

### 3.3. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 3.3.1–141

1. З погляду на економічну вигоду, обмотки потужних генераторів електростанцій доцільно з'єднують ...	"зіркою"	1
	"трикутником"	5
	"зіркою" з нульовим проводом	10



2. Якщо трифазну обмотку споживача, з'єднану "зіркою", перемкнути і з'єднати "трикутником", активна потужність дорівнюватиме ...	$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = 3$	15
	$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = \sqrt{3}$	25
	$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = 3,3$	20
3. Обмотки трифазного генератора, який подає енергію до споживача, як правило, з'єднують ...	"трикутником"	2
	"зіркою"	4
4. Якщо трифазну обмотку споживача перемкнути із з'єднання "зіркою" на з'єднання "трикутником", лінійні струми і фазні зміняться відповідно ...	зменшаться в 3 рази, зменшаться в $\sqrt{3}$	71
	збільшаться в 3 рази, збільшаться $\sqrt{3}$	80
	збільшаться в $\sqrt{3}$ , збільшаться $\sqrt{3}$	6
5. Якщо помилитися при з'єднанні обмоток генератора "трикутником" (поміняти місцями початок і кінець обмотки), то матимемо такі наслідки ...	зменшиться потужність генератора в $\sqrt{3}$ , опір обмоток збільшиться	7
	зменшиться напруга на 1/3 номінальної величини	17
	відбудеться коротке замикання в обмотках (генератор вийде з ладу).	37

### ТЕСТ № 3.3.2–149

1. Відповідно до закону збереження енергії, в електричних колах синусоїдального струму потужності джерела ( $S_{ДЖ}$ (повна); $P_{ДЖ}$ (активна)) і споживача ( $S_{СП}$ ; $P_{СП}$ ) співвідносяться ...	$\sum S_{ДЖ} = \sum S_{СП}$ $\sum P_{ДЖ} = \sum P_{СП}$	11
	$\sum S_{ДЖ} \neq \sum S_{СП}$ $\sum P_{ДЖ} \neq \sum P_{СП}$	21
	$\sum S_{ДЖ} \neq \sum S_{СП}$ $\sum P_{ДЖ} = \sum P_{СП}$	31
2. Повне використання потужності генератора відбувається тоді, коли величина коефіцієнта потужності споживача буде дорівнювати ...	$\cos\varphi = 0,8$	32
	$\cos\varphi = 0,95$	22
	$\cos\varphi = 1$	12
3. При коефіцієнті потужності споживача 50% і повному навантаженні струмом генераторів, трансформаторів і електромереж споживачам буде передано потужності ..	50%	63
	75%	13
	25%	8

4. Активний і омичний опори практично рівні ...	у мідних і алюмінієвих проводах	33
	у мідних і алюмінієвих проводах з перерізом до 10 мм і частотою струму 50 Гц	43
	у мідних і алюмінієвих проводах при малих навантаженнях	53

### 3.4. ЗАДАЧІ

#### Задача № 3.4.1

Із наведених трикутників потужності (Рис. 3.4.1 а, б) визначити, в якому випадку електрична енергія використовується більш ефективно.

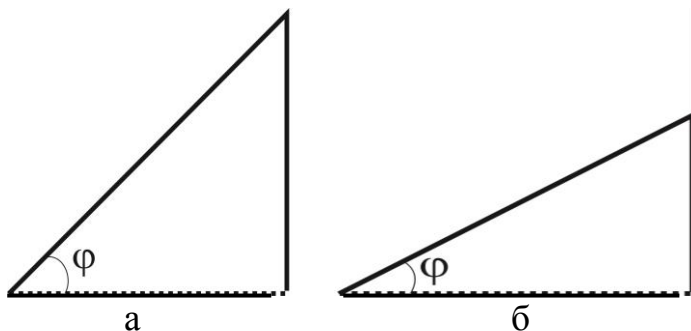


Рис. 3.4.1. Трикутники потужностей

#### Задача № 3.4.2

За даними векторної діаграми напруг (Рис. 3.4.2) скласти схему електричного кола, розрахувати коефіцієнт його потужності, витрати активної і реактивної потужності за 10 годин роботи, якщо підключене до електромережі з напругою  $U = 220$  В електричне коло при силі струму  $I = 2$  А має активну потужність  $P = 416$  Вт.

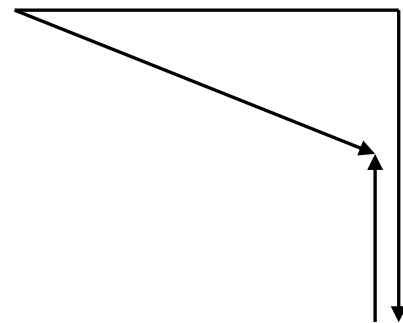


Рис. 3.4.2. Векторна діаграма напруги

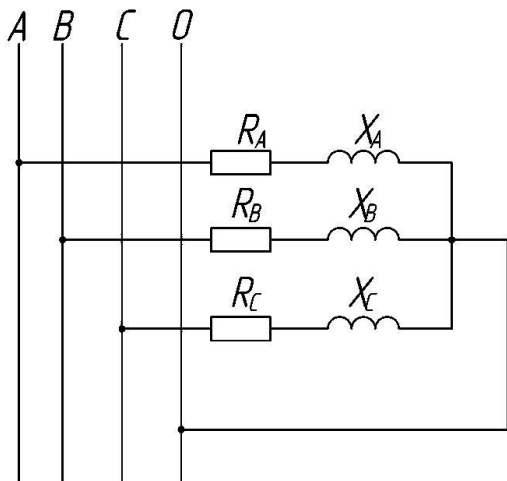
#### Задача № 3.4.3

Наскільки енергоефективною є експлуатація електроустановки, яка споживає силу струму  $I = 11$  А з активною потужністю  $P_H = 1,2$  кВт при напрузі  $U_H = 220$  В?

### Задача № 3.4.4

Знайти величину втрат потужності в мережі змінного струму з активною потужністю  $P = 15$  кВт і коефіцієнтом корисної дії 0,9.

### Задача № 3.4.5.



Електроустановка, якій відповідає схема заміщення (Рис. 3.4.3), підключена до чотирьохпровідної лінії з лінійною напругою  $U = 380$  В, активним опором фаз  $R_A = R_B = R_C = 20$  Ом та індуктивним опором фаз  $X_A = X_B = X_C = 15$  Ом. Визначити повну потужність електроустановки, активну і реактивну, а також її коефіцієнт потужності.

Рис. 3.4.3 Схема заміщення електроспоживача

### Задача № 3.4.6

Визначити ефективність використання електроенергії двох підприємств (А і Б) з рівноцінними за технологією виробничими процесами, якщо показники їх активної і реактивної енергії за певний період часу складають:

$$A = 250\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}, 100\,000 \text{ квар}\cdot\text{год};$$

$$B = 350\,000 \text{ кВт}\cdot\text{год}, 201\,250 \text{ квар}\cdot\text{год}.$$

Назвати можливі шляхи підвищення ефективності використання електроенергії на підприємствах з низьким коефіцієнтом потужності.

### Задача № 3.4.7

Споживач електроенергії, схема заміщення якого приведена на рис. 3.4.4, споживач електроенергії з активним опором фази  $R = 20$  Ом та індуктивним опором фази  $X_L = 34$  Ом підключений до електролінії з напругою  $U = 220$  В.

Визначити:

- величину коефіцієнта потужності споживача;
- ємність батареї конденсаторів, які для підвищення коефіцієнта потужності до 0,95 необхідно підключити із споживачем паралельно, а також її потужність без урахування втрати її активної потужності;

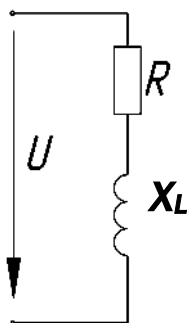


Рис. 3.4.4. Схема заміщення електроспоживача

в) величину активної, реактивної і повної потужності, а також силу струму, яку споживає електроустановка до і після підвищення коефіцієнта її потужності;

г) результати розрахунків занести в таблицю 3.4.1;

д) дати оцінку даної електроустановки з точки зору її енергоефективності.

Таблиця 3.4.1

Режим роботи	P, кВт	Q, квар	S, кВА	cos φ	I, А	G, мкФ	Q <sub>КОМ</sub> , квар
До підключення батареї конденсатора						-	-
Після підключення батареї конденсатора							

Додатково для розрахунків:

Ємність конденсаторів для компенсації  $G = \frac{P}{\omega \cdot U^2} (tg \varphi_2 - tg \varphi_1)$

Необхідна компенсуюча потужність  $Q_{КОМ} = P(tg \varphi_2 - tg \varphi_1)$

Примітка. Вираз справедливий за умови, якщо cosφ не підвищується більше, ніж 0,95...0,98.

### Алгоритм рішення

1. Повний опір кола:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

а) до підключення батареї конденсатора

2. Коефіцієнт потужності споживача:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{Z} \rightarrow, \varphi^0 \rightarrow, tg \varphi$$

3. Сила струму, яку споживає електроустановка:

$$I = \frac{U}{Z}$$

4. Активна потужність:

$$P = I^2 \cdot R$$

5. Повна потужність:

$$S = U \cdot I$$

6. Реактивна потужність:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = S \cdot \sin \varphi$$

$$7. \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L}{R}$$

б) після підключення батареї конденсаторів

8. Ємність батареї конденсаторів, яка необхідна для підвищення коефіцієнта потужності до  $\cos \varphi_2 = 0,95$

$$\cos \varphi_2 \rightarrow \varphi^0 \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_2$$

$$C = \frac{P}{2\pi \cdot f \cdot U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

9. Необхідна реактивна потужність компенсатора:

$$Q_{КОМ} = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

10. Повна потужність:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi_2}$$

11. Величина струму електроустановки:

$$I = \frac{S}{U}$$

12. Реактивна потужність:

$$Q = S \cdot \sin \varphi_2 \quad \text{або} \quad Q = Q_1 - Q_{КОМ}$$

#### Задача № 3.4.8

#### (аналіз проекту)

Щоб компенсувати надлишкову напругу, до електротехнічної установки з потужністю  $P_H = 100$  Вт і напругою  $U_H = 120$  В, підключеної до лінії змінного струму з напругою  $U = 220$  В і промисловою частотою  $f = 50$  Гц, пропонується послідовно підключити конденсатор ємністю  $C = 30$  мкФ. Визначити, наскільки запропонована пропозиція впливає на енергоефективність електроустановки. При необхідності внести в проект корективи.

#### Задача № 3.4.9.

#### (з елементами дослідницької роботи)

З метою підвищення коефіцієнта потужності, електроустановку з номінальними даними:  $P_H = 15$  кВт;  $U_H = 380$  В;  $\cos \varphi = 0,6$  підключали конденсатори ємністю  $C = 200$  мкФ,  $300$  мкФ,  $400$  мкФ,  $500$  мкФ,  $600$  мкФ.

Визначити коефіцієнт потужності у кожному варіанті, а також повну потужність компенсаторів з урахуванням потужності їх втрат.

Обрати найбільш енергоефективний варіант підключення.

Пояснити, які процеси при підключенні конденсаторів визначеної ємності відбуваються в електроустановці, та як це впливає на витрати електроенергії.

Результати розрахунків занести у таблицю 3.4.2.

Таблиця 3.4.2

Показники електричної установки до компенсації				Результати компенсації								
				Показники конденсаторів				Показники електричної установки				
$P_H$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА	$\cos \varphi$	$C$ , мкФ	$Q_K$ , квар	$\Delta P_K$ , кВт	$S$ , кВА	$I$ , А	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА	$\cos \varphi$
15		25	0,6	200					15			
				300					15			
				400					15			
				500					15			
				600					15			

Додаток.

Опір конденсаторів:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}; \quad [X_c] - \text{Ом}; [C] - \text{мкФ}.$$

Потужність батареї конденсаторів:

$$Q_{\text{ком}} = U \cdot I_c = \omega \cdot C \cdot U^2$$

$$Q_{\text{ком}} = P(\text{tg } \varphi_2 - \text{tg } \varphi_1)$$

Примітка. Вираз справедливий за умов, якщо коефіцієнт потужності не підвищується більше, ніж 0,95 ... 0,98.

Втрати активної потужності в конденсаторі:  $P_{\text{ком}} = 0,05 Q_{\text{ком}}$ .

Повна потужність конденсатора:  $S_{\text{ком}} = \sqrt{P_{\text{ком}}^2 + Q_{\text{ком}}^2}$ .

### Алгоритм рішення задачі

Визначити:

1. Повну потужність електроустановки:  $S = \frac{P}{\cos \varphi}$
2. Величину струму, які споживає електроустановки:  $I = \frac{S}{U} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$
3. Активну складову струму електроустановки:  $I_a = I \cdot \cos \varphi$
4. Реактивну складову струму електроустановки:  $I_p = I \cdot \sin \varphi$
5. Реактивний опір конденсатора (після підключення ємності):  $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$

6. Реактивну складову струму конденсатора:  $I_c = \frac{U}{X_c}$

7. Потужність компенсатора (реактивну):  $Q_{ком} = U \cdot I_c$

8. Втрати активної потужності в компенсаторі:  $P_{ком} = 0,05Q_{ком}$

9. Повну потужність компенсатора:  $S_{ком} = \sqrt{P_{ком}^2 + Q_{ком}^2}$

10. Повний струм електроустановки:  $I = \sqrt{I_a^2 + (I_p - I_c)^2}$

11. Повну потужність електроустановки:  $S = U \cdot I$

12. Коефіцієнт потужності електроустановки:  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

### Задача № 3.4.10

#### (перевірка ефективності розробленого проекту)

До споживача потужністю 54 кВт з номінальною напругою 380 В і коефіцієнтом потужності 0,8 повинна передаватися електроенергія на відстань 70 м відкрито прокладеним трьохжильним кабелем з гумовою ізоляцією в пластмасовій оболонці зі струмопровідними мідними жилами перерізом 5 мм.

Припустима втрата напруги дорівнює 5% від номінального його значення на початку лінії 400 В.

Перевірити правильність вибору величини перерізу кабелю.

Вибраний кабель перевірити на припустиму втрату напруги і на нагрівання.

Примітка.  $S = \frac{n \cdot P \cdot \ell}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U}$ , де  $U$  – напруга в електролінії;

$S$  – поперечний переріз струмопровідних жил;

$n$  – кількість проводів (жил).

$$\Delta U = \frac{100 \cdot P \cdot \ell}{U^2 \cdot \gamma \cdot S} \%$$

## 4. ТРАНСФОРМАТОРИ

### 4.1. КОНТОРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

#### 4.1.1. Будова трансформаторів

1. У чому полягає економічна доцільність використання силових трансформаторів?
2. Яке призначення магнітопроводу трансформатора з технічної та економічної точки зору?

3. Чому у трансформаторів великої потужності переріз стержнів магнітопроводу доцільно максимально наблизити до кола?
4. Які переваги, у порівнянні з іншими трансформаторами, мають трансформатори з тороїдальними (кільцеподібними) магнітопроводами, і в яких виробничих галузях вони використовуються?
5. Який економічний ефект дає використання трансформаторів з розширеним ярмом магнітопроводу?
6. Чому для трансформаторів броньового типу витрати проводу на виготовлення обмотки більші за витрати для трансформаторів стержньового типу?
7. Чому трансформатори великої потужності виготовляються стержньовими?
8. Які економічні переваги і недоліки має трансформатор з магнітопроводом, виготовленим встик?
9. Які економічні переваги і недоліки має трансформатор з магнітопроводом, складеним внапуск, порівняно з трансформатором, у якого магнітопровід зібраний встик?
10. Чому обмотки нижчої напруги розміщуються ближче до стержня магнітопроводу?
11. Чому обмотки вищої напруги розміщуються поверх обмоток нижчої напруги, а не навпаки?
12. Чому на трифазний трансформатор витрачається значно менше матеріалу, ніж на три однофазних, сума номінальних потужностей яких дорівнює потужності трифазного трансформатора?
13. У яких випадках групі з трьох однофазних трансформаторів надають перевагу порівняно з трифазним трансформатором?
14. Які економічні переваги має трифазний трансформатор порівняно з групою із трьох однофазних?
15. Більшу надійність в експлуатації забезпечує один трифазний трансформатор чи група з трьох однофазних трансформаторів?
16. За рахунок чого досягається економія в габаритах автотрансформатора відносно до трансформатора такої ж потужності й на ту ж напругу?



17. За яких умов доцільно використовувати автотрансформатор замість трансформатора?

#### **4.1.2. Експлуатація трансформаторів**

1. Яке з'єднання обмоток вищої напруги і нижчої трансформатора є самим економічним і простим?
2. У якому випадку при з'єднанні обмоток трансформатора "зіркою" втрати електроенергії зростають?
3. Чому для високої напруги надають переваги з'єднанню обмоток трансформатора "зіркою"?
4. У якому випадку з'єднання обмоток нижчої напруги "трикутником" дає позитивний економічний ефект?
5. У якій залежності при з'єднанні обмоток трансформатора "трикутником" знаходяться ціна, величини напруги та сили струму?
6. Чому за відсутністю вимірювальних приладів у вторинній обмотці трансформатора струму цю обмотку необхідно замкнути накоротко?
7. Як впливає величина коефіцієнта потужності споживача на ефективність використання електроенергії?
8. Як змінюється величина коефіцієнта корисної дії трансформатора від його навантаження?
9. За яких умов коефіцієнт корисної дії трансформатора максимальний?
10. Від яких факторів залежить величина коефіцієнта корисної дії трансформатора ?
11. Чому при визначенні потужності, яку споживає трансформатор у режимі холостого ходу, не беруться до уваги активні втрати потужності в його обмотках?

#### **4.1.3. Втрати енергії в трансформаторах**

1. На що у трансформаторі даремно (некорисно) витрачається енергія? Причини цих втрат.
2. Які втрати енергії відбуваються в магнітопроводі? Причини цих втрат.
3. Як можна визначити величину втрат енергії в магнітопроводі?

4. Які властивості повинні мати матеріали для магнітопроводів трансформаторів і чому?
5. Від чого залежить величина втрати енергії в трансформаторі на гістерезис?
6. Від чого залежить величина втрат енергії в трансформаторі на вихрові струми?
7. Як зменшити негативні наслідки вихрових струмів?
8. Як зменшити негативні наслідки перемагнічування?
9. Чому магнітні втрати називають сталими?
10. Чому втрати в сталі магнітопроводу трансформатора не залежать від зміни його навантаження?
11. Від чого залежать електричні втрати енергії в трансформаторі та чому їх називають змінними?
12. У якому випадку виникають додаткові втрати енергії в трансформаторі та від чого залежить їх величина?
13. Які неполадки можуть бути у трансформаторі, якщо при проведенні досліду короткого замикання втрати виявилися вищими за допустимі?
14. Як дослідним шляхом можна визначити втрати енергії в трансформаторі?
15. Які величини визначаються у режимах холостого ходу і короткого замикання трансформатора?
16. Які види втрат виникають у трансформаторі, якщо пошкоджена ізоляція пластин магнітопроводу?
17. Як зміниться величина втрат в магнітопроводі трансформатора, якщо напруга на його первинній обмотці виявиться більшою за його номінальну величину?

#### **4.1.4. Економічна доцільність підключення трансформаторів на паралельну роботу**

1. Який економічний і технічний ефект дає підключення трансформаторів на паралельну роботу?

2. Яким вимогам повинні відповідати трансформатори, що підключаються на паралельну роботу?
3. За яких умов підключення трансформаторів на паралельну роботу недопустиме?
4. Якщо підключити на паралельну роботу два трансформатори з різними коефіцієнтами трансформації, у якому з них втрати потужності будуть більшими?
5. Чому недопустиме підключення на паралельну роботу трансформаторів з різними напругами короткого замикання?
6. За яких причин виникає зрівняльний струм при паралельному підключенні трансформаторів? Чому це явище небажане?

#### **4.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**Укажіть, які із запропонованих тверджень неправильні**

4.2.1. У трансформаторі даремно витрачається енергія на:

- а) перемагнічування (гістерезис);
- б) вихрові струми;
- в) створення основного магнітного потоку;
- г) створення електрорушійної сили вторинної обмотки;
- д) нагрівання первинної і вторинної обмоток.

**Із наданих висловів сформулювати правильні твердження**

4.2.2. До основних втрат енергії у трансформаторі відносяться втрати:

- а) у магнітопроводі;
- б) в обмотках трансформатора.

Величина цих втрат залежить від:

- 1) активного опору в обмотках і сили струму в них;
- 2) магнітної індукції (магнітного потоку) і частоти змінного струму.

Визначається шляхом проведення досліду:

- 1) холостого ходу;
- 2) короткого замикання.

І дорівнює:

- 1) активній потужності, що споживається трансформатором без навантаження;

2) активній потужності, коли напруга на затискачах вторинної обмотки дорівнює нулю, на первинну обмотку подається знижена напруга, а сили струмів у обмотках дорівнюють номінальним.

**Виберіть правильні варіанти відповідей із запропонованих**

4.2.3. Основними втратами енергії в магнітопроводі трансформатора є втрати на:

- а) перемагнічування (гістерезис);
- б) вихрові струми;
- в) створення основного магнітного потоку.

**Із наданих висловів сформулювати правильні твердження**

4.2.4. Для зменшення втрат на:

- а) перемагнічування (гістерезис);
- б) вихрові струми

магнітопровід:

- 1) виготовляється зі спеціальних магнітом'яких матеріалів (електротехнічної сталі);
- 2) складається з тонких ізольованих пластин електротехнічної сталі, потужність яких визначається:
  - 1)  $K_1 \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 \cdot \gamma \cdot G$ ;
  - 2)  $K_2 \cdot f \cdot B_{\max} \cdot G$ ;

**Виберіть правильний варіант відповідей із запропонованих**

4.2.5. Технічні властивості трансформатора можна визначити:

- а) безпосереднім випробуванням трансформатора під навантаженням;
- б) дослідом холостого ходу;
- в) дослідом короткого замикання;
- г) дослідом холостого ходу і короткого замикання;
- д) комплексним (досліди холостого ходу і короткого замикання) і безпосереднім дослідом.

4.2.6. Значна економія ресурсів при експлуатації трансформатора досягається в результаті проведення:

- а) безпосереднього випробування трансформатора під навантаженням;
- б) дослідом холостого ходу;
- в) дослідом короткого замикання;
- г) дослідів холостого ходу і короткого замикання;
- д) комплексного дослідом.

4.2.7. Якщо на трансформатор, номінальний коефіцієнт корисної дії  $\eta = 99,5\%$ , подати напругу, яка за величиною перевищує номінальну, втрати енергії в магнітопроводі:

- а) залишаться без змін;
- б) значно підвищаться;

в) знизяться.

**Визначити надані величини необхідними математичними виразами**

- 4.2.8. а) коефіцієнт навантаження трансформатора;  
б) коефіцієнт навантаження трансформатора, при якому його коефіцієнт корисної дії буде максимальним;  
в) коефіцієнт корисної дії трансформатора при будь-якому навантаженні;  
г) коефіцієнт корисної дії трансформатора при його номінальному навантаженні:

$$1. \sqrt{\frac{P_M}{P_e}} \qquad 2. \frac{S_2}{S_{2H}} \qquad 3. \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_M + \Delta P_e}$$

$$4. \frac{\beta_T \cdot S_H \cdot \cos \varphi}{\beta_T \cdot S_H \cdot \cos \varphi_2 + \Delta P_M + \beta^2 \cdot \Delta P_e} \qquad 5. \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi}{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi}$$

$$6. \frac{P_1 - \Delta P_M - \Delta P_e}{P_1} \qquad 7. \frac{I_2}{I_{2H}} \qquad 8. \frac{S_H \cdot \cos \varphi}{P_2}$$

- 4.2.9. а) втрати потужності на гістерезис;  
б) втрати потужності на вихрові струми;  
в) сталі втрати трансформатора;  
г) втрати в первинній обмотці;  
д) втрати у вторинній обмотці;  
е) змінні втрати трансформатора;  
ж) змінні втрати, розраховані за даними досліду короткого замикання:

$$1. I_1^2 \cdot R_1 \qquad 2. \Delta P_1 + \Delta P_2 \qquad 3. I_0 \cdot U_1 \qquad 4. K_F \cdot f \cdot B_{\max} \cdot G$$

$$5. \beta^2 \cdot P_{KH} \qquad 6. I^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 \qquad 7. \beta^2 \cdot I_H^2 \cdot R_{KH}$$

$$8. K_B \cdot f^2 \cdot B_{\max}^2 \cdot G \qquad 9. \Delta P_G + \Delta P_B \qquad 10. I_2^2 \cdot R_2$$

**Виберіть правильний варіант відповіді із запропонованих**

- 4.2.10. Трансформатор конструюється так, щоб його коефіцієнт корисної дії досягав максимального значення при найбільш вірогідному навантаженні у:

- а) (0,5 ... 0,75)  $P_{2H}$ ;  
б) (0,76 ... 0,85)  $P_{2H}$ ;  
в) (0,86 ... 0,99)  $P_{2H}$ .

- 4.2.11. А) Побутові знижувальні трансформатори для підвищення напруги використовувати:

1) можна;

2) не можна

Б) тому що вони:

- 1) мають малий магнітопровід;
- 2) володіють принципом оборотності

В) навіть в режимі холостого ходу його магнітопровід буде:

- 1) ненасичений;
- 2) перенасичений;
- 3) насичений

Г) і обмотка низької напруги споживатиме в режимі холостого ходу:

- 1) надмірну силу струму;
- 2) силу струму, значно меншу за номінальну

Д) напруга на вторинній обмотці буде мати значення:

- 1) вище за номінальне;
- 2) нижче за номінальне.

4.2.12. Із наданих висловів скласти правильні твердження

1.	Величину магнітних втрат трансформатора дає змогу визначити ...	1.	дослід холостого ходу і дослід короткого замикання
2.	На величину втрат потужності в магнітопроводі впливає ...	2.	сила струму навантаження
3.	Основні електричні параметри трансформатора дозволяє визначити ...	3.	дослід короткого замикання
4.	Для визначення електричних втрат у трансформаторі необхідний ...	4.	дослід холостого ходу
5.	На величину втрат в обмотках не впливає ...	5.	величина напруги
6.	На величину магнітних втрат не впливає ...	6.	низький коефіцієнт корисної дії
7.	Використання спеціальних магнітом'яких матеріалів дає змогу зменшити ...	7.	сумарні втрати
8.	Використання для магнітопроводу тонких ізольованих пластин електротехнічної сталі зменшує ...	8.	сильне зростання електричних втрат у трансформаторі
9.	Збільшення навантаження трансформатора збільшує його ...	9.	коефіцієнт корисної дії
10.	Слабо навантажений трансформатор має ...	10.	втрати у сталі та міді, рівні за величиною
11.	За результатами дослідів короткого	11.	втрати на вихрові струми

	замикання і холостого ходу можна визначити ...		
12.	Причиною зниження коефіцієнта корисної дії трансформатора при перевантаженні є ...	12.	величина магнітної індукції, магнітного потоку і частоти струму
13.	Основні втрати в магнітопроводі ...	13.	втрати на гістерезис
14.	Максимальних значень коефіцієнта корисної дії трансформатори досягають за умов, якщо ...	14.	пропорційні квадрату величини магнітної індукції (магнітному потоку), квадрату напруги
15.	При підведенні напруги до первинної обмотки, вищої за номінальну, величина магнітних втрат ...	15.	зменшується
16.	Зі зростанням величини напруги і зменшенням сили струму ціна трансформатора при з'єднанні його обмоток "трикутником" ...	16.	різко зростає
17.	При збільшенні коефіцієнта трансформації автотрансформатора його економічна перевага над трансформатором ...	17.	зростає
18.	Втрати в обмотках трансформатора	18.	пропорційні силі струму в них

### 4.3. ТЕСТИ

#### Тест № 4.3.1–572

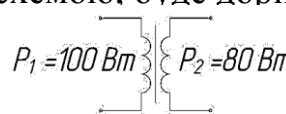
1. Трансформатор конструюється так, щоб його максимальний коефіцієнт корисної дії досягав при найбільш вірогідному навантаженні ...	(0,5 – 0,75) $P_{2H}$	33
	(0,76 – 0,85) $P_{2H}$	37
	(0,86 – 0,99) $P_{2H}$	45
2. При циліндричних (круглих) формах котушок обмоток трансформатора ...	зменшуються втрати на створення основного магнітного потоку	31
	обмотки краще витримують радіальні механічні зусилля	60
	відсутні магнітні потоки розсіювання	65
3. Форма поперечного перерізу стержнів магнітопроводу, близька до круглої (ступінчатої), дає можливість ...	зменшити магнітний потік	15
	зменшити чутливість зовнішніх магнітних полів	40
	максимально зменшити масу обмотувального проводу	4

4. Розміщення обмоток нижчої напруги ближче до магнітопроводу пояснюється ...	меншими затратами на ізоляційні матеріали	90
	меншими затратами міді	3
	доступності для огляду і ремонту при пошкодженнях обмоток вищої напруги	17
5. Втрати у сталі магнітопроводу залежать від ...	марки сталі	6
	частоти струму в мережі	25
	магнітної індукції в магнітопроводі	2
6. Для зменшення втрат потужності в магнітопроводі силових трансформаторів на його виготовлення використовують сталі марок ...	величини навантаження	1
	E41; E42; E43	70
	E44; E45; E46	7
	E310; E320; E330	11
7. Легування сталі кремнієм дає можливість ...	ЕГ2; ЕГ2А; ЕГ2АФ	63
	покращити ливарні якості сталі	75
	покращити фізико-хімічні властивості сталі	13
8. Величина втрат в обмотках трансформатора ...	зменшити втрати потужності у магнітопроводі	5
	залежить від маси обмоток	55
	залежить від навантаження	42
9. Додаткові втрати в магнітопроводі трансформатора залежать від ...	не залежить від навантаження	35
	якості обробки торцевих поверхонь пластин	8
	якості ізоляції пластин	38
10. Коефіцієнт корисної дії трансформатора набуває максимального значення при такому навантаженні, при якому магнітні втрати і електричні будуть знаходитися у такому співвідношенні ...	якості складання магнітопроводу	46
	$\Delta P_m < \Delta P_e$	14
	$\Delta P_m = \Delta P_e$	9
11. Зменшення коефіцієнта корисної дії в трансформаторах при великих навантаженнях (перевантаженнях) пояснюється ...	$\Delta P_m > \Delta P_e$	18
	різким зростанням втрат в обмотках	24
	нагріванням трансформатора	34
	зменшенням магнітного потоку	44



12. Автотрансформатор буде дешевшим, легшим і більш економічним, порівняно з трансформатором такої ж потужності, за умов, якщо його коефіцієнт трансформації буде ...	$K = 1 \dots 2$	26
	$K = 2 \dots 3$	10
	$K = 3 \dots 4$	89
13. При розімкненій вторинній обмотці вимірювального трансформатора струму він ...	працюватиме на холостому ході і різко зменшить втрати	71
	вийде з ладу	27
	працюватиме на холостому ході, і втрати будуть відсутні	16
14. Якщо паралельно підключені трансформатори мають різні коефіцієнти трансформації або відносяться до різних груп, їх врівноважувальний струм ...	не допустить перевантаження	66
	зменшить втрати в обмотках	47
	може призвести до аварії	56
15. Слабо навантажений трансформатор має ...	понижені втрати потужності	19
	підвищений коефіцієнт корисної дії	20
	підвищений коефіцієнт потужності	30

#### Тест 4.3.2–265

1. Магнітопровід трансформатора набирають із окремих пластин електротехнічної сталі тому, що ...	змінюючи число пластин, можна змінювати перебіг магнітопроводу;	1
	це зручно при його збірці	11
	це зменшує втрати на вихрові струми;	21
	це зменшує втрати на гістерезис	31
2. Втрати в обмотках трансформатора можна визначити в його режимі ...	робочому	2
	короткого замикання	12
	холостого ходу	22
3. Коефіцієнт корисної дії трансформатора, представлений такою схемою, буде дорівнювати ... 	50%	3
	60%	13
	80%	23
	90%	31

4. Визначити величину магнітних втрат трансформатора можна в режимі його роботи ...	холостого ходу;	4
	короткого замикання;	14
	холостого ходу і короткого замикання	24
5. Величина електричних втрат трансформатора при зміні його навантаження залежить від ...	напруги	32
	сили струму;	33
	магнітного току	34
6. Найбільшого значення коефіцієнт корисної дії трансформатора досягає при відношенні втрат холостого ходу до втрат короткого замикання $\left(\frac{\Delta P_M}{\Delta P_e}\right)$ ...	0,5	5
	1,0	15
	1,5	25
	2,0	35
7. Включати два трансформатора паралельно, якщо у них за паспортними даними напруги короткого замикання будуть 8% і 10%, відповідно, ...	можна	6
	можна, але короткочасно	16
	не можна	26
8. Якщо при проведенні досліду короткого замикання у трансформаторі втрати виявились більшими за допустимі, це свідчить про ...	порушення ізоляції пластин магнітопроводу;	36
	замикання між витками обмоток	7
	частоту струму, більшу за стандартну	17
9. Втрати в обмотках трансформатора при зменшенні навантаження у два рази зменшаться в ...	2 рази;	27
	4 рази	37
	6 разів	8
10. Втрати енергії в осерді трансформатора, якщо струм навантаження збільшити у два рази, ...	збільшаться в 2 рази	18
	збільшаться в 4 рази	28
	зменшаться в 2 рази	38
	залишаться без змін	9
11. Втрати потужності в магнітопроводі ...	збільшаться при збільшенні навантаження	19
	зменшаться при виключенні навантаження	29
	не залежать від навантаження	39
12. Якщо при роботі трансформатора величини втрат магнітних і електричних будуть рівними між собою ( $\Delta P_M = \Delta P_e$ ), отримаємо ...	максимальні втрати потужності	20
	максимальне значення коефіцієнта корисної дії	30
	максимальне значення коефіцієнта потужності	50

#### 4.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

Втрати енергії в трансформаторах відбуваються в обмотках .... Це так звані ... втрати. Втрати в магнітопроводі – це ... втрати. У магнітопроводі енергія витрачається на ... (гістерезис) і на .... Потужність цих втрат залежить від величини ..., а також ... змінного струму. Однак, не залежить від ... трансформатора. Тому дані втрати називають ..., але вони різко ..., якщо подати на ...напругу ... номінальної.

Величина основних втрат потужності в магнітопроводі ... квадратам ...й ....

Зменшення втрат потужності на гістерезис у силових трансформаторах досягається використанням для магнітопроводу ... сталі марок ..., ..., ..., які відносяться до ... матеріалів.

Для зменшення втрат потужності на вихрові струми, ... електричних машин і апаратів виготовляють із ... електротехнічної ... товщиною порядку ...мм, а також використовують легування сталі ... у діапазоні ...%.

Крім основних втрат, в магнітопроводі існують додаткові, величина яких залежить від ... складання ... і якості ... торцевих поверхонь ....

Величина магнітних втрат визначається шляхом проведення досліду ....

Втрати електричні (в міді) – це втрати в обмотках ..., їх величина залежить від ... і пропорційна квадрату струму навантаження.

Величина електричних втрат визначається при проведенні досліду ....

Коефіцієнт корисної дії трансформатора – це відношення ..., тобто ...до ..., яку трансформатор .... Номінальний коефіцієнт корисної дії визначається за результатами досліду ... та ....

Максимальне значення коефіцієнта корисної дії має місце при такому навантаженні, при якому втрати електричні стають ... втратам ....

Навантаження, при яких коефіцієнт корисної дії трансформатора буде максимальним, визначаються за формулою ...

#### 4.5. ЗАДАЧІ

##### Задача № 4.5.1

Який із графіків (рис. 4.5.1) показує залежність величини:

- а)  $\eta$  – коефіцієнта корисної дії трансформатора;
- б)  $\Delta P_m$  – магнітних втрат трансформатора;
- в)  $\Delta P_e$  – електричних втрат трансформатора

від його коефіцієнта навантаження ( $\beta$ )?

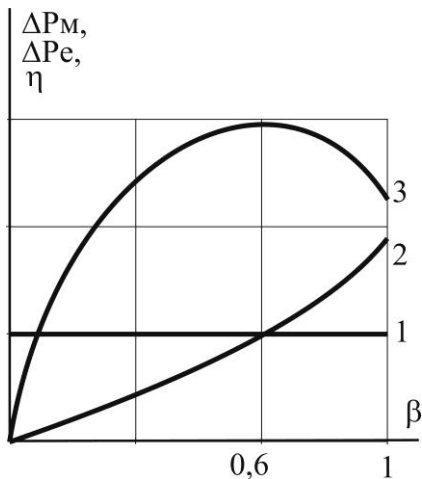


Рис. 4.5.1. Залежність  $\eta$ ,  $\Delta P_m$ ,  $\Delta P_e$  від коефіцієнта навантаження

#### Задача № 4.5.2

**Дослідити роль силових трансформаторів при передачі електроенергії на великі відстані**

Від електростанції потужністю  $P = 150$  кВт і напругою  $U = 230$  В необхідно подати на відстань  $\ell = 15$  км мідним проводом електроенергію до споживача за умов, що подача електроенергії відбуватиметься:

- постійним струмом;
- змінним струмом з використанням силового підвищувального трансформатора, коефіцієнт трансформації якого 1:50.

Втрати в лінії повинні складати 5% від потужності, яка передається.

Визначити струмове навантаження і поперечний переріз проводу в обох варіантах.

Відповісти на запитання.

- Чому передача електроенергії постійним струмом низької напруги на великі відстані неефективна?
- Які технічні можливості існують для передачі великих потужностей на великі відстані постійним струмом?

Примітка:

- За величиною припустимої втрати потужності (в кВт) в лінії можна визначити величину опору лінії  $\left( R = \frac{\Delta P}{2I^2} \right)$ , за якою знайти величину поперечного перерізу

$$\text{проводу } S = \frac{\ell}{\gamma \cdot S}$$

- Величину питомої провідності взяти  $\gamma = 57 \text{ См/м}$ .

#### Задача № 4.5.3

Відповідно до паспортних даних, номінальна потужність трансформатора  $S_n = 30$  кВА, а його магнітні і електричні втрати потужності дорівнюють  $\Delta P_m = 200$  Вт і  $\Delta P_e = 600$  Вт.

Знайти:

- Максимальний коефіцієнт корисної дії трансформатора.

2. Корисну (активну) потужність, яку зможе одержати споживач з коефіцієнтом потужності споживача  $\cos\varphi_2 = 0,95$  в режимі роботи з максимальним коефіцієнтом корисної дії.

#### Задача № 4.5.4

Установити залежність величини корисної дії трансформатора від його коефіцієнта навантаження.

Паспортні дані трансформатора (табл. 4.5.1):

Таблиця 4.5.1

Варіант	тип трансформатора	$S_n$ , кВА	$\Delta P_e$ , кВт	$\Delta P_m$ , кВт
1	ТМ 10/6	10	0,335	0,105
2	ТМ 50/10	50	1,332	0,440

Навантаження трансформаторів активне ( $\cos\varphi = 1$ ).

Результати розрахунків звести в таблиці 4.5.2.

Таблиця 4.5.2

Варіант	$\beta$	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1	$B_{max}$
1	$\eta$ , %							
2	$\eta$ , %							

Пояснити, як залежать величини електричних ( $\Delta P_e$ ) і магнітних ( $\Delta P_m$ ) втрат у трансформаторі від його величини навантаження.

#### Задача № 4.5.5

**Дослідити залежність коефіцієнта корисної дії силового трансформатора від величини коефіцієнта потужності споживача.**

Для силового трансформатора ТМ 560/6 з паспортними даними  $S_n = 560$  кВА,  $U_{1n} = 6$  кВ;  $U_{2n} = 0,4$  кВ;  $\Delta P_e = 7$  кВт;  $\Delta P_m = 1,97$  кВт;  $I_0 = 4,58\%$  знайти:

- величину максимального коефіцієнта навантаження  $\beta_T$ , який відповідає максимальному коефіцієнту корисної дії трансформатора;
- величини максимальних коефіцієнтів корисної дії при коефіцієнтах потужності споживача  $\cos\varphi = 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1$ .

Результати розрахунків звести в таблиці 4.5.3.

Таблиця 4.5.3

$\cos\varphi$	0,3	0,5	0,7	0,9	1
$\eta$ , %					

Пояснити:

- як впливають величини коефіцієнта навантаження  $\beta_T$ , характер навантаження ( $\cos\varphi$ ) на ефективність використання силових трансформаторів;

б) як буде зменшуватися реактивна потужність первинної обмотки трансформатора при зміні  $\cos\varphi$  від 0,3 до 1, якщо величину її можна вирахувати за формулою:

$$Q = \beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \sin \varphi_2 + \sqrt{3} \cdot U_{1\text{Н}} \cdot I_0$$

#### Задача № 4.5.6

До автотрансформатора, на первинну обмотку якого подається напруга  $U_1 = 380 \text{ В}$ , підключений споживач номінальної потужності  $P_{\text{Н}} = 7600 \text{ Вт}$ .

Якщо номінальна напруга споживача буде:

а)  $U_2 = 300 \text{ В}$ ;

б)  $U_2 = 220 \text{ В}$ ;

в)  $U_2 = 36 \text{ В}$

визначити:

- величини струмів на окремих ділянках автотрансформатора;
- коефіцієнти трансформації (втрати в трансформаторі до уваги не брати з причин їх незначної величини).

Одержані результати звести в таблиці 4.5.4.

Таблиця 4.5.4

варіант	$U_1$ , В	$U_2$ , В	К	$I_{\text{АВ}}$ , А	$I_{\text{ВС}}$ , А	$I_{\text{ВД}}$ , А
а						
б						
в						

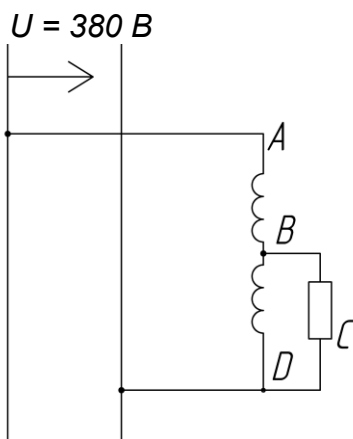


Рис. 4.5.2. Схема автотрансформатора

Пояснити:

- а) як пов'язані величини коефіцієнтів автотрансформаторів із їх собівартістю і чому?
- б) за яких умов автотрансформатори доцільно замінити трансформаторами?

## 5. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

### 5.1. КОНТОРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

#### 5.1.1. Загальні питання. Будова. Комутація

1. Назвати технічні та економічні переваги двигунів постійного струму перед двигунами змінного струму.
2. Які технічні та економічні недоліки мають двигуни постійного струму?
3. Чому статор генератора постійного струму являє собою масивну сталеву або ж чавунну відливку, а статор генератора змінного струму збирають з ізольованих листів електротехнічної сталі?
4. Чому осердя основних полюсів та їх наконечники виготовляють з шихтованих сталевих листів?
5. Чому якір машини складається з ізольованих листів електротехнічної сталі?
6. Які існують альтернативи механічному колектору машин постійного струму з огляду на його технічні й економічні можливості?
7. До яких негативних наслідків може призвести реакція якоря генератора?
8. Як впливає реакція якоря на роботу електродвигуна?
9. Які зміни відбуваються в генераторі (двигуні) під впливом реакції якоря?
10. Які заходи допоможуть зменшити негативний вплив реакції якоря генератора (двигуна)?
11. Які зміни відбуваються в зоні реакції якоря при зміщенні щіток з геометричної нейтралі?
12. Чому необхідно покращувати умови комутації машин постійного струму?
13. Які існують заходи для зменшення негативних наслідків комутації машин постійного струму?
14. За яких умов зсув щіток з геометричної нейтралі покращить електромагнітний процес комутації машин постійного струму?
15. Чому іскріння щіток небажане?

16. З яких причин (механічного характеру) в електричних машинах може виникати іскріння між щітками та колектором?
17. Яке значення для ефективної роботи електромашин мають якість щіток та величина їх тиску на колектор?
18. За яких умов виникає коловий вогонь на колекторі і до яких матеріальних збитків це явище може призвести?
19. Яке призначення додаткових полюсів статора електричних машин?
20. Чому магнітне коло додаткових полюсів повинне працювати у ненасиченому режимі?
21. У електричних машинах постійного струму якого типу виникає необхідність використовувати компенсаційну обмотку? Вказати її призначення?
22. Чому в двигунах послідовного збудження компенсаційна обмотка не використовується?
23. Чому використанням компенсаційної обмотки не досягається повна компенсація реакції якоря?
24. Як якість і тип щіток електричних машин можуть впливати на комутаційний процес?

### **5.1.2. Пуск електричних машин**

1. Чому необхідно обмежувати величину пускового струму двигунів постійного струму?
2. З яких причин при великій величині пускового струму вал двигуна зазнає механічних ударів?
3. Чому величина пускового струму обмежується не номінальною величиною сили струму двигуна, а допускається більшою у 2 – 2,5 рази?
4. Чому пусковий реостат необхідно виводити із електричного ланцюга поступово?
5. Які недоліки має реостатний пуск?
6. Як залежить найменша сила струму в процесі пуску двигуна від режиму його роботи?



7. Чому пусковий реостат після встановлення номінальних обертів двигуна потребує повного виключення?
8. У якому випадку пусковий реостат може нагрітися до небезпечної межі?
9. Який тип електродвигунів недопустимо запускати в роботу без навантаження або ж при навантаженні, меншому за 25% від його номінального? Чому?
10. Який найекономічніший спосіб регулювання пускового моменту і частоти обертання електродвигуна?
11. Для яких типів електродвигунів допускається прямий пуск (безпосереднє підключення до електромережі)?

### 5.1.3. Регулювання частоти обертання двигуна електричних машин

1. Проаналізувавши формулу  $n = \frac{U - I_a(R_a + R_z)}{c \cdot \Phi}$ , запропонувати економічніший, на Ваш погляд, спосіб регулювання частоти обертання двигуна.
2. За рахунок якого параметру регулювання частоти обертання двигуна паралельного збудження є більш економічним?
3. Чому спосіб регулювання частоти обертання двигуна шляхом включення реостата послідовно з якорем рідко застосовується і, виключно, у спеціальних устроях?
4. У яких випадках регулювання частоти обертання двигуна послідовного збудження є економічно доцільним?
5. Чому спосіб регулювання частоти обертання включенням реостата в коло обмотки збудження двигуна паралельного збудження визначено більш економічним, чим включенням послідовно з обмоткою якоря?
6. Який спосіб регулювання частоти обертання двигунів послідовного збудження не призводить до додаткових втрат?
7. Чому реостатний пуск доцільно застосовувати тільки для двигунів малої і середньої потужності?
8. Чи допускається регулювання частоти обертання двигунів пусковим реостатом? Відповідь обґрунтувати.

9. Проаналізувавши формулу  $I = (U - E) \cdot R_{\Sigma}$ , дати відповідь, чому регулювання частоти обертання двигуна зміною величини поля збудження (магнітного потоку) можливо використовувати виключно у неширокому діапазоні?
10. Дати економічну характеристику керування частотою обертання двигунів полюсним, реостатним, якірним способами.
11. У чому полягає економічна ефективність способу регулювання пускового моменту і частоти обертання двигуна шляхом зміни напруги?
12. Який недолік має спосіб регулювання частоти обертання двигуна зміною напруги?

#### **5.1.4. Експлуатація електричних машин постійного струму**

1. До яких можливих наслідків може призвести перегрівання електродвигуна?
2. Чому при надмірному перегріванні двигуна зменшується його коефіцієнт корисної дії?
3. Які можливі причини перегрівання електродвигуна?
4. Що може бути причиною перегрівання електродвигуна при його нормальному завантаженні?
5. Якими явищами супроводжується надмірне перегрівання електродвигуна?
6. Чому тривале перегрівання електродвигуна може призвести його до аварійного стану?
7. Назвати можливі причини вібрації електромашини та негативні наслідки цієї вібрації.
8. У чому полягає економічна доцільність паралельного підключення генераторів на спільну потужність споживачів?
9. До яких економічних збитків може призвести робота з великим перевантаженням генератора паралельного збудження?
10. Чому при збільшенні навантаження генератора виникає необхідність збільшувати його струм збудження?

11. У якому випадку робота повністю справного генератора незалежного збудження може призвести до значних матеріальних втрат?
12. У якому випадку робота повністю справного генератора паралельного збудження може призвести до значних матеріальних втрат?
13. У якому випадку може відбутися недопустиме підвищення частоти обертання двигуна паралельного збудження?
14. У якому випадку для двигуна послідовного збудження може виникнути загроза аварійного стану під час його роботи?
15. У якому випадку різке зниження або відключення навантаження двигунів послідовного збудження не викликає ситуації некерованого збільшення їх обертів і загрози руйнування?
16. Чому в якості передавального пристрою від двигуна послідовного збудження до робочого механізму не використовується пасова передача?
17. Яке мінімальне навантаження на двигуни з послідовним збудженням не призведе до їх руйнування?
18. До яких економічних збитків може призвести обрив обмотки збудження двигуна з паралельним збудженням?
19. При зміні яких параметрів, що входять до формули  $n = \frac{U_c - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{c \cdot \Phi}$ , може виникнути ситуація, небезпечна для електродвигуна певного типу?
20. У яких випадках реверсування двигуна паралельного збудження може призвести його до аварійного стану?

#### **5.1.5. Втрати потужності електричних машин постійного струму**

1. Які втрати енергії відбуваються в електричних машинах постійного струму?
2. Назвіть вузли електричної машини, в яких виникають втрати:
  - а) електричні;
  - б) магнітні;
  - в) механічні;
  - г) додаткові?
 З яких причин вони виникають?

3. Чи можуть величини механічних втрат, які вважаються сталими, в процесі експлуатації з часом змінюватися?
4. Як можна впливати на величину втрат потужності в процесі:
  - а) конструювання машин;
  - б) монтажу;
  - в) експлуатації.
5. За рахунок чого можна зменшити величину магнітних втрат в електромашині постійного струму?
6. Як можна впливати на величину електричних втрат в електромашині постійного струму?
7. Чому вібрація частин машини при роботі сприяє збільшенню втрат?
8. У якому режимі роботи електродвигуна його втрати енергії практично не залежать від навантаження?
9. Чому перевантаження генератора паралельного збудження може призвести до матеріальних збитків?
10. За яких причин коефіцієнт корисної дії електродвигуна при його експлуатації може змінюватися?
11. Як можна визначити коефіцієнт корисної дії електромашини постійного струму?
12. Які економічні й технічні недоліки має метод прямих замірів підведеної і корисної потужності виходу?
13. Визначити сутність методу непрямих підрахунків втрат потужності електродвигунів при їх навантаженні?
14. Суму яких втрат потужності можна визначити шляхом виміру на холостому ході машини?
15. За якими показниками (електричними величинами) можна визначити втрати потужності в електричному колі якоря, додаткових полюсів і компенсаційній обмотці?
16. Як без зайвих затрат енергії визначити величину втрат потужності в обмотці збудження двигуна паралельного збудження?

## 5.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

5.2.1. До варіантів (а; б; в; г) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б; В; Г).

(А) Частота обертання електродвигуна з послідовним збудженням може регулюватися:

- а) опором в колі якоря;
- б) магнітним потоком збудження двигуна;
- в) падінням напруги в якорі;
- г) величиною напруги живлення.

(Б) підключенням:

- 1. Окремого регулювального джерела.
- 2. Реостатом паралельно обмотці якоря.
- 3. Реостатом послідовно обмотці якоря.
- 4. Реостатом паралельно обмотці збудження.

(В) При цьому:

- 1. Частота обертання електродвигуна зменшується, оскільки частина напруги мережі поглинається реостатом. Регулювання можливе в межах від 0 до номінальної величини частоти обертання електродвигуна.
- 2. Частота обертання електродвигуна змінюється пропорційно підведеній напрузі, що дає змогу як збільшувати, так і зменшувати оберти двигуна, порівняно з номінальними.
- 3. Можливе тільки збільшення частоти обертання електродвигуна, оскільки відбувається зменшення магнітного потоку. Збільшення припустиме не більше, ніж удвічі від номінальної величини. Перевищення дозволеного призведе до погіршення умов комутації.
- 4. Частота обертання електродвигуна зменшиться у зв'язку з тим, що величина струму в обмотці збудження перевищуватиме величину струму в якорі, і збільшиться магнітний потік. Діапазон регулювання величин у відношенні 5: 1.

(Г) Даний спосіб регулювання частоти обертання електродвигуна:

- 1. Не економічний з причини значної втрати потужності в реостаті, підключеному паралельно обмотці якоря.
- 2. Характеризується незначними втратами потужності.
- 3. Найбільш економічний, швидкодіючий. Коефіцієнт корисної дії електроустановки високий.
- 4. Характеризується великими втратами потужності й низьким коефіцієнтом корисної дії електроустановки.

5.2.2. До варіантів (а; б) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б; В; Г; Д).

(А) У електродвигуна

- а) паралельного збудження;
- б) послідовного збудження.

(Б) обмотка збудження підключена до обмотки якоря

1. Послідовно.
2. Паралельно.

(В) і має механічну характеристику

1. М'яку.
2. Жорстку.

(Г) Частота обертання електродвигуна при коливанні навантаження

1. Майже не змінюється (до 5%).
2. Різко змінюється.

(Д) Якщо його магнітний потік утворюється тільки за рахунок залишкового магнетизму, наприклад, після обриву в колі обмотки збудження, то:

1. Електродвигун може вийти із ладу.
2. Електродвигун зупиниться.

#### **Укажіть неправильні відповіді**

5.2.3. Двигун постійного струму послідовного збудження ефективний в експлуатації для:

- а) для роботи із пониженими обертами ротора;
- б) малих навантажень;
- в) створення великих обертальних моментів;
- г) стабільних обертів ротора при змінних навантаженнях.

5.2.4. Причиною перегрівання всієї електромашини, а отже, завчасного старіння ізоляції і, відповідно, скорочення терміну її експлуатації може бути:

- а) несправність щіткового апарату;
- б) перевантаження;
- в) обрив в обмотці якоря;
- г) несправність вентиляції.

5.2.5. Обмежене застосування компенсаційних обмоток пояснюється:

- а) їх неефективністю для зменшення реакції якоря;
- б) підвищеною вартістю електромашини;
- в) зменшенням коефіцієнту корисної дії електромашини.

5.2.6. До варіантів (а; б; в; г) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б).

(А) Втрати потужності:

- а) електричні;
- б) магнітні;
- в) механічні;
- г) додаткові.

(Б) зумовлені:

1. Вихровими струмами у магнітопроводі електричних машин та перемагнічуванням магнітопроводу.
2. Наявністю поля розсіювання; зубчатістю якоря; вібрацією частин, які обертаються; нерівномірним розподілом густини струму в окремих елементах машини.
3. Проходженням струму в обмотках якоря і збудження, в контактах.
4. Тертям між колектором і щітками, ротором і повітрям у підшипниках.

5.2.7. До варіантів (а; б) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б; В).

(А) Втрати потужності:

- а) магнітні і механічні;
- б) електричні.

(Б) від навантаження:

1. Залежать.
2. Не залежать.

(В) Силу струму (потужність):

1. Не регламентують.
2. Регламентують.

5.2.8. Обрати потрібні варіанти до твердження.

Електричні втрати визначаються:

- а) припустимою силою струму;
- б) номінальною потужністю;
- в) режимом роботи машини.

5.2.9. До варіантів (а; б; в; г) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б).

(А) Величина втрат:

- а) електричних;
- б) магнітних;
- в) механічних;
- г) додаткових

(Б) залежить від:

1. Частоти перемагнічування  $f = \frac{pn}{60}$  і максимального значення магнітної

індукції  $\left[ \Delta P = F \left( \frac{pn}{60}, B_{\max} \right) \right]$

2.  $\Delta P = 0,01 P_H$  ;

3.  $\Delta P = (0,5-2)\% P_H$ ;  $[\Delta P = F(P_H)]$ ;

$$4. \Delta P = I_{\text{я}} R_{\text{я}} + U_{\text{з}} I_{\text{з}} + \Delta U_{\text{щ}} I_{\text{я}} ; \quad [\Delta P = F(I_{\text{я}} R_{\text{я}}, I_{\text{з}}, \Delta U_{\text{щ}})]$$

Із наданих висловів сформулювати правильні твердження. Встановити причинно-наслідкові зв'язки і протиріччя між поняттями, зокрема: номінальна потужність і втрата потужності, габарити і маса машини. Обґрунтувати своє рішення даної проблеми з позиції економічної доцільності.

5.2.10. А) Для зменшення втрат потужності:

- 1) електричної;
- 2) магнітної

Б) можна:

- 1) зменшити опір обмоток;
- 2) зменшити поперечний переріз феромагнітних матеріалів

В) або:

- 1) зменшити магнітний потік;
- 2) зменшити струм, який споживає електромашина.

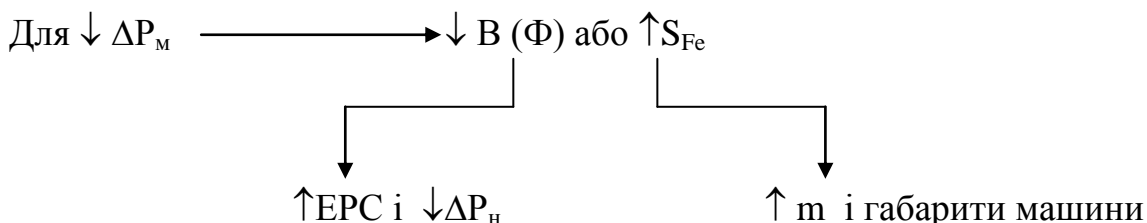
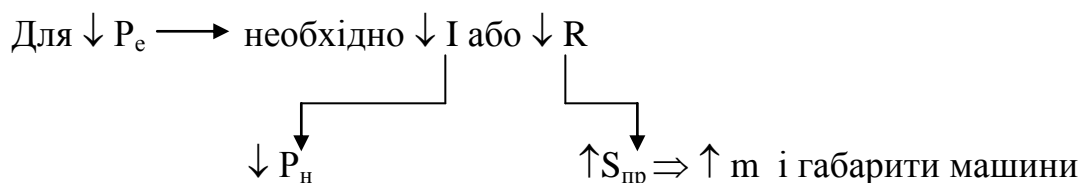
Г) Однак це призведе до:

- 1) зниження електрорушійної сили і потужності;
- 2) зменшення потужності;
- 3) збільшення розмірів і маси машини.

Примітка. Величина потужності електромашини обмежується її нагріванням.

**Використовуючи умовні позначення величин, скласти текст-дослідження проблеми вдосконалення електричних машин**

5.2.11. Для  $\uparrow$  ККД  $\longrightarrow$   $\downarrow$   $W_{\text{т}} \Rightarrow \downarrow \Delta P$



Отже, при  $\downarrow P_{\text{е}}$  і  $P_{\text{м}}$  завжди пов'язане з  $\downarrow P_{\text{н}}$  і  $\uparrow m$  і габарити машини.

Оскільки  $P_{\text{н}}$  машини обмежується її нагрівом, пропонується знайти варіанти рішень названої проблеми.

Умовні позначення:  $\Delta P_{\text{е}}$  і  $P_{\text{м}}$  – втрати потужності електричні і магнітні;  
ККД – коефіцієнт корисної дії машини;



$W_T$  – кількість тепла, яке нагріває машину;  
 $P_n$  – номінальна потужність;  
 $B$  – величина магнітної індукції;  
 $\Phi$  – величина магнітного потоку;  
 $S_{пр}$  – поперечний переріз обмоток;  
 $S_{Fe}$  – поперечний переріз феромагнітних матеріалів (магнітопроводу);  
 $R$  – електричний опір обмоток;  
 $EPC$  – електрорушійна сила;  
 $m$  – маса машини.

### 5.3. ТЕСТИ

#### Тест № 5.3.1–331

1. Прямий пуск, використання якого максимально запобігає виникненню можливості матеріальних збитків, допустимий тільки для електродвигунів з потужністю не більше ...	1,3 кВт;	3
	5,3 кВт;	4
	10,5 кВт.	5
2. Прямий пуск потужних двигунів ...	шкідливо відбивається на умовах комутації	13
	порушує режим роботи інших споживачів	14
	викликає велику втрату напруги в електромережі живлення	15
3. При реостатному пуску двигуна ...	втрачається значна частина енергії	72
	збільшується період запуску	73
	відбувається перегрівання двигуна	74
4. Щоб уникнути негативних наслідків прямого пуску двигуна, необхідно повільно підвищувати напругу на обмотці ...	якоря	2
	збудження	20
	якоря і збудження	30
5. Пуск на холостому ході не придатний для двигунів ...	шунтових	6
	серієсних	7
	компаундних	8
6. Для обмеження величини пускового струму необхідно пусковий реостат включати в обмотку ...	якоря	52
	збудження	53
	якоря і збудження	54
7. Використовувати понижену напругу для обмеження пускового струму більш ефективно ...	за допомогою автотрансформатора	50
	у системах Г-Д (генератор-двигун)	60
	у системах тиристорного управління	70

8. Щоб запобігти підгоряння контактів рубильника при виключенні двигуна паралельного збудження, необхідно обмотку збудження замкнути на опір ...	пускового реостату	16
	якоря	17
	якоря і пускового реостату	18
9. Пусковий реостат повинен обмежувати пусковий струм до величини, не більшої за величину номінального струму двигуна у 2 - 2,5 рази, для забезпечення ...	економії матеріалу	9
	швидкого набирання частоти обертання до норми	10
	високого коефіцієнта корисної дії двигуна	11
10. Для електродвигуна необхідно, щоб пусковий момент був більшим за гальмовий ( $M_{п} > M_{г}$ ), і оскільки $M_{пуск} = c \cdot \Phi \cdot I_{п}$ , то щоб забезпечити нормальний пуск двигуна, необхідно опір для регулювання ...	вивести з кола якоря	31
	вивести з кола обмотки збудження	32
	ввести опір у коло обмотки збудження	33
11. Пусковий реостат може стати причиною значних втрат енергії і перегрітися до небезпечного рівня, якщо ...	двигун перевантажений;	21
	повільно виводити реостат з роботи	2
	реостат не повністю виведено з роботи	23

#### ТЕСТ № 5.3.2–310

1. Для плавного регулювання частоти обертання електродвигуна постійного струму більш економічно придатним є електродвигун ...	з паралельним збудженням	35
	з послідовним збудженням	95
	зі змішаним збудженням	57
2. Для електродвигуна послідовного збудження більш економічним способом регулювання частоти обертання є ...	зміна опору в колі якоря	98
	шунтування обмотки якоря	78
	зміна величини підведеної до двигуна напруги	58
3. Для електродвигунів послідовного збудження допускається збільшення частоти обертання ослабленням магнітного потоку не більше 30-40% від їх номінальної величини з причини ...	різкого збільшення втрат потужності електродвигунів	88
	зниження коефіцієнта корисної дії	48
	механічних пошкоджень машин і виходу їх із ладу	28
4. Включення реостата в обмотку якоря для регулювання частоти обертання двигуна величину його коефіцієнта корисної дії ...	не змінює	27
	зменшує	37
	збільшує	47

5. Ефективність роботи електродвигуна паралельного збудження при зменшенні магнітного потоку буде максимальною, якщо збільшити його частоту обертання відносно номінальної до ...	1,5 $n_n$	38
	2 $n_n$	68
	3 $n_n$	96
6. Регулювання частоти обертання електродвигуна послідовного збудження є економічно неефективним при включенні опору ...	паралельно з обмоткою якоря	43
	паралельно з обмоткою збудження	45
	послідовно з обмоткою збудження	46
7. Для регулювання частоти обертання електродвигунів великої потужності пускорегулювальні реостати в колі якоря не використовуються з причин ...	ненадійності в експлуатації	91
	великих габаритів	51
	втрати потужності електроенергії	11
8. Регулювання частоти обертання електродвигуна (тільки в невеликому діапазоні) зміною величини поля збудження пояснюється ...	зростанням втрати енергії в обмотці збудження	92
	різким зростанням струму якоря	12
	зменшенням потужності двигуна	1
9. Більш економічне регулювання пускового моменту і частоти обертання електродвигунів постійного струму досягається зміною ...	напруги джерела живлення	2
	падіння напруги в колі якоря	22
	магнітного потоку електродвигуна	32

ТЕСТ № 5.3.3–182

1. Небезпека втрати цілісності двигуна паралельного збудження у режимі холостого ходу може виникнути при неприпустимому ...	зменшенні струму збудження	24
	збільшенні струму збудження	34
	збільшенні навантаження	44
2. Якщо у двигуна паралельного збудження під навантаженням в процесі роботи відбудеться обрив у колі збудження, то ...	виникає некероване збільшення обертів двигуна і загроза його руйнування	90
	згорить обмотка збудження	40
	двигун зупиниться	41
3. Руйнування двигуна послідовного збудження може відбутися вже при навантаженні ...	до 25 % $P_n$	42
	до 30 % $P_n$	1
	до 35 % $P_n$	19

4. У двигунів послідовного збудження малих потужностей відключення навантаження не призводить до некерованого збільшення обертів двигунів і загрози їх руйнування, тому що для них великим навантаження є втрати ...	електричні	39
	електромагнітні	29
	механічні	49
5. Обрив обмотки двигуна паралельного збудження під час його роботи на холостому ході призведе до ...	економічних збитків	26
	зменшення потужності	51
	зменшення частоти обертання	36

#### 5.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

У період експлуатації електричної машини виникнення іскріння під щітками механічного характеру зумовлене порушенням щільності прилягання ... до ... з причин ослаблення натиску ..., забруднення ..., появи виступаючих ізоляційних ... та клиноподібних ....

Електромагнітною причиною іскріння може бути замикання з'єднувальних ... обмотки або замикання в одній з обмоток ..., яку можна виявити за ... даної обмотки.

Для покращення умов комутаційних процесів використовують щітки:

- а) графітні – на ... і ... з полегшеними умовами ... при ... густині струму і ... потужності;
- б) вугільно-графітні – на ... і ... з полегшеними умовами ... при ... і ... обертах машини;
- в) металографітні – на електричних машинах ...напруги до ... вольт;
- г) електрографітовані – на тягових ..., а також на ... і ... з ... і ... умовами ... при великих ....

Завищений натиск на щітки призводить до нагрівання ... і швидкому ... щіток і ..., а занижений ... збільшенню ....

Якщо рівна поверхня колектора темніє, а щітки не іскрять – це свідчить, що щітки занадто ... або натискання щіток на колектор ....

Поява нехарактерного шуму при роботі електродвигуна свідчить про ... змащення, несправність ..., їх ..., або ж ... вентилятора за ....

### 5.5.ЗАДАЧІ

#### Задача № 5.5.1

Двигун постійного струму з паралельним збудженням підключений до електромережі з напругою  $U = 220$  В. Надається два варіанта його корисної потужності ( $P_n$ ) і коефіцієнта корисної дії ( $\eta$ ) (табл. 5.5.1)

#### Визначити:

- величину струму, яку споживає двигун;
- величину загальних втрат потужності двигуна для кожного варіанта.

Таблиця 5.5.1

варіант	$P_n$ , кВт	$\eta$
1	15	0,7
2	10	0,8

#### Відповісти на запитання.

- Які фактори впливають на величину втрат у двигунах постійного струму?
- Які можуть бути причини низького коефіцієнта корисної дії електроустановки?

#### Задача № 5.5.2

Двигун постійного струму паралельного збудження має такі номінальні (паспортні) дані:  $P_n = 12$  кВт;  $U_n = 220$ В;  $n_n = 685$  об/хв.;  $\eta_n = 0,86$ . При певному навантаженні споживає струм  $I = 19$  А і розвиває швидкість 705 об/хв.

За допомогою розрахунків і характеристик двигуна паралельного збудження (рис. 5.5.1) визначити і порівняти між собою:

- коефіцієнт корисної дії;
- обертальний момент на валу двигуна;
- частоту обертання двигуна;
- загальні втрати потужності двигуна при:
  - номінальному режимі навантаження;
  - навантаженні при  $I = 19$  А.

Результати розрахунків занести у таблицю 5.5.2.

Таблиця 5.5.2

Навантаження	$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$n$ , об/хв.	$I$ , А	$M$ , Н·м	$\eta$	$\Delta P$ , кВт
100%							

Обґрунтувати свої пропозиції щодо підвищення ефективності використання даного двигуна.

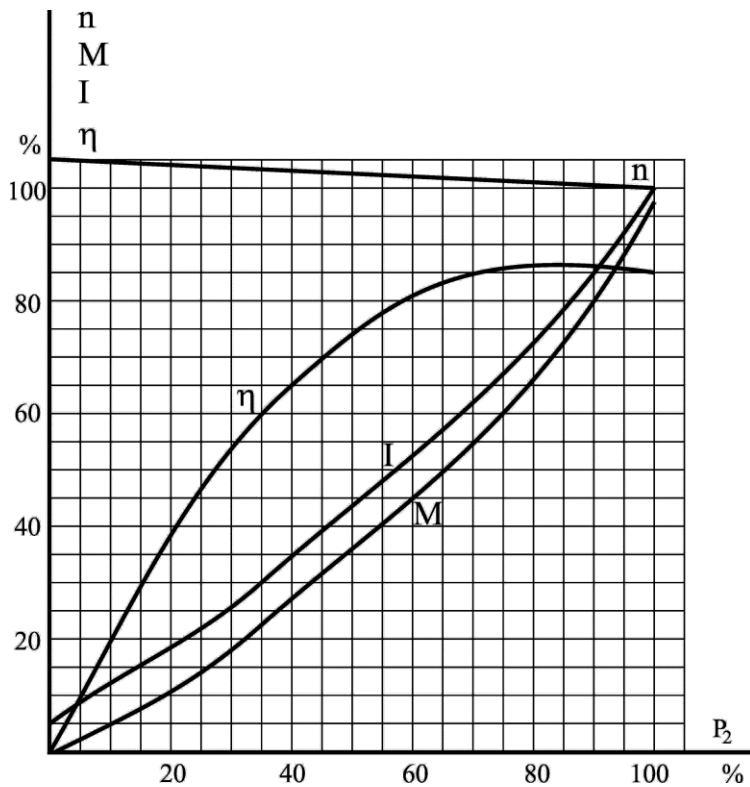


Рис. 5.5.1. Робочі характеристики двигуна паралельного збудження

### Алгоритм рішення

I. При навантаженні двигуна в номінальному режимі.

1. Визначити потужність, яку двигун споживає з мережі:

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta_n}$$

2. Визначити величину струму, який споживає двигун:

$$I_1 = \frac{P_1}{U}$$

3. Обчислити номінальний обертальний момент двигуна:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n}$$

4. Визначити загальні втрати потужності в двигуні:

$$\Delta P = P_1 - P_n$$

II. Навантаження двигуна при  $I_1' = 19$  А.

1. Обчислити величину відсотка навантаження:

$$\frac{I_1' \cdot 100}{I_1}$$

2. Із робочих характеристик двигуна, відповідно до рис. 5.5.1, при знайденому 30% навантаженні струмом від номінального знаходимо у відсотках коефіцієнт корисної дії  $\eta$ '% і швидкість обертання  $n$ '%.

3. Знаходимо дійсну швидкість обертання двигуна:

$$n' = \frac{n_n \cdot n'}{100}$$

4. Обчислити потужність, яку споживає двигун:

$$P_1' = U \cdot I$$

5. Обчислити потужність на валу двигуна:

$$P_2' = P_1' \cdot \eta$$

6. Визначити обертальний момент двигуна:

$$M' = 9550 \cdot \frac{P_2'}{n'}$$

7. Розрахувати загальні втрати двигуна:

$$\Delta P' = P_1' - P_2'$$

#### Задача № 5.5.3

Проаналізувати формули  $M = c \cdot \Phi \cdot I_{я}$ ,  $U = E + I_{я} \cdot R_{я}$

Відповісти на запитання.

1. Як можна змінити напрям обертального моменту електродвигуна, тобто здійснити реверсування?
2. У якому випадку і чому реверсування електродвигуна паралельного збудження може призвести до аварійного стану, завдавши значних матеріальних збитків?

#### Задача № 5.5.4

Визначити доцільність використання підключеного до електричної мережі з напругою  $U = 220$  В електродвигуна послідовного збудження і номінальною потужністю  $P_n = 8,5$  кВт, якщо він споживає струм  $I = 20$  А.

Які фактори можуть впливати на величину коефіцієнта корисної дії електродвигуна?

#### Задача № 5.5.5

Електричний двигун з послідовним збудженням, номінальна потужність якого  $P_n = 13$  кВт, опори обмоток якоря і збудження  $R_{я} = 0,09$  Ом,  $R_z = 0,08$  Ом, відповідно, споживає від електромережі з напругою  $U = 220$  В струм  $I = 70$  А.

Визначити:

1. Потужність, яку споживає двигун.
2. Коефіцієнт корисної дії двигуна.
3. Втрати потужності двигуна.
4. Величину пускового струму двигуна без пускового реостата.
5. Опір пускового реостата за умови, що величина пускового струму не буде перевищувати величину 2-х номінальних струмів ( $I_{п} = 2I_n$ ).

Скористайтесь підказкою:

$$P_1 = U \cdot I; \quad I_{II} = \frac{U}{R_{я} + R_3}; \quad \eta = \frac{P_H}{P_1}; \quad I_{II} = 2I_H; \quad I'_{II} = \frac{U}{R_{я} + R_3 + R_p}$$

Відповісти на запитання.

1. Якщо пусковий реостат після пуску двигуна виключити не повністю, які будуть наслідки для електроустановки?
2. Які способи пуску використовують для обмеження пускового струму двигуна послідовного збудження? Назвати найефективніший.

## 6. АСИНХРОННІ МАШИНИ

### 6.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

#### 6.1.1. Асинхронні машини

1. Чому осердя статора і ротора асинхронних машин набирають зі сталевих пластин?
2. Чому сталеві пластини осердя статора і ротора ізолюють лаком або окатиною?
3. Як впливає вибір матеріалу осердя статора і ротора на величину втрат енергії?
4. Які переваги і недоліки мають асинхронні двигуни з фазним ротором порівняно з двигунами із короткозамкненим ротором?
5. Який матеріал використовується для виготовлення обмоток в електричних машинах і чому?

#### 6.1.2. Експлуатація асинхронних машин

1. Проаналізувати формулу  $n = \frac{60f}{p}$  з точки зору економічних можливостей.
2. За яких умов пусковий струм може скоротити термін експлуатації (придатності) електродвигуна, викликати надмірні втрати напруги в мережі?
3. Чому під час пуску асинхронних двигунів з фазним ротором в коло ротора вмикають додатковий опір?
4. Яка необхідність виготовляти конденсаторні асинхронні двигуни з двома батареями конденсаторів?



5. Який з відомих способів керування частотою обертання асинхронних двигунів є найбільш економічно вигідним і чому?
6. Який з відомих способів керування частотою обертання асинхронних двигунів найменш економічний і чому?

### **6.1.3. Втрати енергії в асинхронних машинах**

1. Які втрати енергії відбуваються в асинхронних двигунах?
2. Від яких факторів залежить величина втрат енергії у двигунах?
3. Як впливає вибір матеріалу для осердя статора, ротора на величину втрат енергії?
4. У якому з двигунів (фазному чи з короткозамкненим ротором) однакової номінальної потужності більше втрат? І за рахунок чого?
5. Які втрати потужності двигунів відносяться до сталих втрат?
6. Які втрати потужності двигунів відносяться до змінних?
7. Як можна вплинути на величину додаткових втрат?
8. У яких вузлах електричних машин виникають магнітні втрати і як їх можна зменшити?
9. Які втрати в електричних машинах відносяться до постійних (сталих), і чи можна в процесі експлуатації вплинути на їх величину?
10. Яка різниця між механічними і додатковими втратами енергії, і що впливає на їх величину?
11. Чи можливо механічні сталі втрати у двигунах в процесі їх експлуатації зменшити? Якщо можливо, то як?
12. Які втрати асинхронних двигунів практично не залежать від їх навантаження?
13. Як впливає навантаження двигуна на величину втрат у статорних та роторних обмотках?
14. Яка залежність між магнітними втратами двигунів та величиною їх навантаження і перевантаження?

15. У яких випадках економічно доцільно використовувати асинхронні двигуни з фазним ротором?
16. Чому в асинхронних двигунах з покращеними пусковими характеристиками (подвійною короткозамкненою обмоткою, глибокими пазами) коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії, максимальний момент навантаження менші, порівняно зі звичайними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором?
17. Назвати переваги і недоліки регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів:
  - частотою змінного струму;
  - кількістю пар полюсів;
  - величиною ковзання.

#### **6.1.4. Коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії асинхронних машин**

1. Чому більшість асинхронних двигунів проектується так, що їх максимальний коефіцієнт корисної дії відповідає навантаженню, що дорівнює 70-85% від номінального?
2. За рахунок чого у асинхронних двигунів на холостому ходу низький коефіцієнт потужності?
3. Як змінюється величина коефіцієнта потужності двигуна при збільшенні його навантаження?
4. У якому режимі роботи асинхронного двигуна коефіцієнт потужності буде мінімальним?
5. Чому коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором вищі за ті, що мають асинхронні двигуни з фазним ротором?
6. Чому на холостому ходу двигунів їх коефіцієнт потужності низький, а при номінальному навантаженні – максимальний?
7. За яких умов асинхронні двигуни можна використати для підвищення коефіцієнта потужності в мережі?

## 6.2. ТЕСТИ

### ТЕСТ № 6.2.1–405

1. Зазор між статором і ротором електричних машин впливає на величину ...	втрат на вихрові струми	12
	втрат на гістерезис	31
	коефіцієнта потужності	41
2. Радіальний зазор між ротором і статором залежить від ...	величини напруги	51
	габаритів машини	61
	потужності	16
3. Мінімальний радіальний зазор між ротором і статором дає можливість ...	зменшити пусковий струм	3
	підвищити коефіцієнт потужності	71
	зменшити габарити машин	4
4. Номінальна потужність електродвигуна визначається ...	характером навантаження	81
	гранично припустимим тривалим номінальним струмом	5
	величиною коефіцієнта корисної дії	91
5. Однофазні асинхронні двигуни порівняно з трифазними мають ...	менший коефіцієнт потужності і коефіцієнт корисної дії	94
	більший коефіцієнт корисної дії, але менший коефіцієнт потужності	8
	більший коефіцієнт потужності і коефіцієнт корисної дії	10
6. Розмір пускового реостата асинхронного двигуна переважно визначається ...	потужністю двигуна	13
	частотою пуску	81
	типом двигуна	14
7. Перехід електроенергетичних систем змінного струму на частоту 400 Гц дав би можливість ...	збільшити потужність обладнання	23
	підвищити коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності обладнання	28
	збільшити верхню межу і розширити діапазон швидкості обертання	17
8. Створення високошвидкісних електричних машин дає змогу ...	зменшити габаритні розміри і вагу	19
	знизити шумність	18
	зменшити нагрів	33

### Тест № 6.2.2–380

1. Щоб коефіцієнт потужності асинхронних двигунів у нормальному режимі був високим, величина ковзання повинна бути ...	максимальна $s = 100\%$	15
	середня $s = 50\%$	31
	мала $s = 5\%$	85

2. Асинхронні двигуни із завищеною потужністю обираються ...	при тяжких пусках	63
	при експлуатації 15-20 років	16
	при експлуатації більше 20 років	77
3. Якщо обмотки слабо завантажених двигунів [ $P_2 \leq (40 - 50\%) P_{2H}$ ] перемкнуті із "трикутника" на "зірку" ...	в обмотках збільшаться втрати	44
	збільшиться реактивний струм	34
	збільшиться коефіцієнт потужності	24
4. Якщо трифазний асинхронний двигун під час роботи перейде в режим однофазного ...	сила струму зменшиться	25
	збільшаться коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності	35
	двигун при тривалій роботі вийде з ладу	45
5. Пуск асинхронних двигунів з перемиканням обмоток із трикутника на зірку ефективний у разі, якщо постійно підключене навантаження не перевищує ...	20% $P_H$ ;	73
	40% $P_H$ ;	26
	60% $P_H$ .	53
6. Якщо перегорить плавка вставка запобіжника однієї з фаз працюючого електродвигуна, він зможе працювати з навантаженням, яке не перевищуватиме ...	20 – 30% $P_H$	21
	50 – 55% $P_H$	2
	65% $P_H$	82
7. Застосування пускового реостата для асинхронних двигунів малої і середньої потужності ...	призводить до подорожчання електродвигунів на 20%	17
	підвищує коефіцієнт корисної дії на 20%	37
	ускладнює його обслуговування	41
8. Чи залежать розміри пускового реостату двигуна від частоти його пуску?	залежать	36
	не залежать	51
9. Використання пускової конденсаторної батареї в робочому режимі однофазного асинхронного двигуна ...	можливе	59
	недопустиме	29
10. Збільшення ємності конденсаторів у робочому режимі конденсаторних (двофазних) двигунів призводить до ...	зменшення частоти обертання	49
	збільшення коефіцієнта корисної дії	39
	зменшення коефіцієнта корисної дії	4
	збільшення частоти обертання	89

11. Економічно доцільним є регулювання частоти обертання ротора асинхронних двигунів ...	регулювальним реостатом	100
	зміною кількості пар полюсів (багатошвидкісні двигуни)	80
	електромашинами перетворювачами частоти	60
	перетворювачами на основі потужних напівпровідникових приладів (тиристорними перетворювачами частоти)	30

ТЕСТ № 6.2.3–342

1. Втрати потужності в обмотках статора і ротора асинхронних двигунів від навантаження ...	не залежать	1
	залежать (пряма залежність)	70
	залежать (квадратична залежність)	13
2. Втрати потужності в сталі і механічні втрати від навантаження ...	не залежать	34
	залежать	18
	в сталі – залежать, механічні – не залежать	76
3. Між змінними втратами двигунів і збільшенням сили струму існує ...	пряма залежність	69
	квадратична залежність	29
	кубічна залежність	49
4. Втрати в обмотках ротора пропорційні величині ...	ковзання	19
	навантаження	20
	напруги	6
5. Додаткові втрати зумовлені ...	полями розсіювання ротора	64
	пульсаціями магнітного поля в зубцях статора і ротора	47
	частотою обертання ротора	89
6. Електричні втрати в роторі порівняно з втратами у сталі ...	менші	26
	більші	15
7. Величина електричних втрат пропорційна ...	величині струму	53
	квадрату величини струму	38
	кореню квадратному з величини струму	25
8. При введенні реостата в коло ротора втрати енергії асинхронного двигуна збільшуються до ...	10%	74
	20%	55
	40%	27
9. Величина втрат потужності в регулювальному реостаті трифазних асинхронних двигунів в основному збільшується зі збільшенням ...	діапазону регулювання частоти обертання двигуна	17
	потужності двигуна	7
	перевантаження двигуна	67

ТЕСТ № 6.2.4–292

1. Коефіцієнт потужності асинхронних двигунів залежить від ...	частоти обертання ротора	4
	навантаження	14
	стабільності напруги	12
2. Коефіцієнт корисної дії двигунів максимальний, коли змінні втрати ...	більші за постійні	21
	менші за постійні	31
	рівні постійним	42
3. При великих навантаженнях (перевантаженнях) двигунів коефіцієнт потужності зменшується, оскільки ...	зростає реактивний опір обмоток ротора	2
	збільшуються механічні втрати двигунів	6
	збільшуються вихрові струми	66
4. Зі збільшенням активного навантаження на електричну мережу коефіцієнт потужності асинхронних двигунів ...	зменшиться	7
	збільшиться	17
	не зміниться	27
5. Максимального значення коефіцієнт потужності асинхронних двигунів досягається при навантаженні, коли їх втрати знаходяться у такому співвідношенні ...	$P_{\text{маг}} + P_{\text{мех}} = P_{e1} + P_{e2}$	20
	$P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{мех}} > P_{e1} + P_{e2}$	30
	$P_{\text{маг}} + P_{\text{мех}} < P_{e1} + \Delta P_{e2}$	50
6. Коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії $\eta$ , та максимально обертовий момент $M_{\text{max}}$ в асинхронних двигунах з подвійною короткозамкненою обмоткою і глибокими пазами за величиною менші за ті, що у звичайних короткозамкнених асинхронних двигунах тому, що мають ...	великий активний опір робочої обмотки	15
	більші потоки розсіювання	25
	вищі індуктивні опори роторних обмоток	35
7. Максимальне значення коефіцієнта потужності асинхронного двигуна досягається в діапазоні його навантажень ...	близьких до номінальних	8
	номінальних	54
	вищих за номінальні $1,05 \dots 1,1 P_{\text{н}}$	26
8. У більшості асинхронних двигунів малої і середньої потужності їх коефіцієнт корисної дії досягає ...	70 ... 79%	59
	80 ... 90%	49
	91 ... 97%	38
9. Якщо асинхронні двигуни забезпечити устроєм для додаткового збудження, то ...	посилиться потужність двигуна	16
	підвищиться коефіцієнт потужності	52
	збільшиться частота обертання двигунів	53

10. Якщо електродвигун, у якого статорна обмотка з'єднана "трикутником", при його навантаженні $P_2 \leq (40 \dots 50)\% P_{ном}$ обмотку перемкнути на "зірку", величина його коефіцієнта потужності ...	зменшиться	3
	збільшиться	28
	залишиться без змін	39

### 6.3. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

При недостатньому навантаженні асинхронного двигуна, його величина коефіцієнта потужності різко ..., а на холостому ході становить ..., що пояснюється великим споживанням ... енергії, яка потрібна для ....

Магнітний потік статора зустрічає на своєму шляху між ... і ... повітряний ..., який значною мірою збільшує ..., а отже, і споживану двигуном ... потужність.

Для підвищення коефіцієнта потужності двигуна повітряний ... прагнуть зробити ..., доводячи його величину для малопотужних двигунів до ... і не більшим за ... для двигунів великої потужності.

На холостому ході асинхронного двигуна величина його коефіцієнта потужності не більша ..., тому що двигун споживає ... струм, який витрачається на створення ... потоку.

Зі збільшенням навантаження на валу двигуна його коефіцієнт потужності ..., внаслідок збільшення ... сили струму, досягаючи ... значення при навантаженні ... до номінального.

При великих навантаженнях (перевантаженнях) ... коефіцієнта потужності ..., внаслідок сильного зростання ... розсіювання і ... складова сили струму зростає.

Максимальне значення коефіцієнта корисної дії двигуна досягається при його навантаженні, коли втрати потужності ... та втрати ..., що не залежать від навантаження, будуть рівні за величиною ... втратам потужності в обмотках ротора і статора, які залежать від величини навантаження.

### 6.4. ЗАДАЧІ

#### Задача № 6.4.1

Визначити коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна, загальні втрати якого складають  $\Delta P = 2$  кВт, а підведена потужність  $P = 12,5$  кВт.

Відповісти, як впливає величина навантаження на коефіцієнт дії асинхронного двигуна.

#### Задача № 6.4.2

Асинхронний двигун, коефіцієнт корисної дії якого  $\eta = 0,9$ , споживає потужність  $P = 5,6$  кВт.

Знайти величину загальних втрат потужності.

Відповісти, від яких факторів залежить величина загальних втрат потужності асинхронного двигуна.

#### Задача № 6.4.3

Асинхронний двигун споживає від електромережі напругою  $U = 380$  В потужність  $P = 40$  кВт при величині струму  $I = 70$  А розвиває корисну потужність на валу  $P = 35$  кВт.

Визначити величину коефіцієнта корисної дії асинхронного двигуна і його коефіцієнт потужності.

Відповісти на запитання:

1. Від яких факторів залежить коефіцієнт корисної дії двигуна?
2. Чому при навантаженні асинхронного двигуна вищому за номінальне його величини коефіцієнта корисної дії і коефіцієнта потужності не підвищуються?

#### Задача № 6.4.4

Проаналізувавши показники асинхронного двигуна (табл. 6.4.1), дайте відповідь, чому в асинхронних двигунах:

а) на холостому ходу низький коефіцієнт потужності?

б) при 100% і більшому навантаженні їх коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності зменшуються?

Таблиця 6.4.1

Завантаженість асинхронного двигуна, $P_2/P_{2H}$ (у %)	$\cos\varphi$	ККД
0	0,2	0
75	0,84	0,98
80	0,87	0,9
95	0,88	0,89
120	0,7	0,72

#### Задача № 6.4.5

Асинхронний двигун підключений до трифазної електромережі напругою  $U = 380$  В. Кожна фаза статорної обмотки двигуна розрахована на напругу 380 В.



Технічні дані двигуна:  $P_n = 35$  кВт;  $n = 2854$  об/хв.;  $U_n = 380$  В;  $\eta = 0,87$ ;

$$\cos\varphi = 0,84; \quad \frac{M_{\text{пуск}}}{M_n} = 1,2; \quad \frac{I_{\text{пуск}}}{I_n} = 4,7$$

1. Знайти невідомі електричні параметри двигуна при з'єднанні обмотки "трикутником" і при переключенні обмотки на "зірку".
2. Результати розрахунків занести у таблицю 6.4.2.
3. Пояснити, для чого і за яких умов доцільно переключати статорну обмотку асинхронного двигуна з "трикутника" на "зірку".

Таблиця 6.4.2

Електричні величини	Схема з'єднання		Співвідношення величин при з'єднанні $\Delta, \text{ } \sphericalangle$
	$\Delta$	$\sphericalangle$	
$P_1, \text{ кВт}$			
$P_2, \text{ кВт}$			
$I_\Delta, \text{ А}$			
$I_{\text{п}}, \text{ А}$			
$M_n, \text{ Н}\cdot\text{м}$			
$M_{\text{п}}, \text{ Н}\cdot\text{м}$			

## 7. СИНХРОННІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

### 7.1. КОНТОРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвати переваги і недоліки синхронних двигунів порівняно з двигунами інших типів.
2. У яких випадках використання синхронних двигунів економічно не виправдане?
3. Чим визначається вибір між явнополюсними і неявнополюсними типами роторів синхронних двигунів?
4. За яких умов обмотка статора двигуна не буде споживати реактивний струм, а коефіцієнт потужності дорівнюватиметься одиниці?
5. Як можна змінити активну потужність синхронного генератора?
6. Як можна змінити реактивну потужність, яку виробляє синхронний генератор?
7. Назвати причини, за яких щітки можуть вивести з ладу електричну машину?

8. Як впливає величина коефіцієнта потужності електроустановки на собівартість електроенергії?
9. Яка властивість синхронних двигунів дає змогу використовувати їх для підвищення коефіцієнта потужності установки?
10. Як синхронним компенсатором можна досягти в електромережі максимально вигідного коефіцієнта потужності?
11. З якою метою на збірних шинах підстанції використовуються компенсатори реактивної енергії?
12. На якій ділянці електромережі досягається підвищення коефіцієнта потужності генераторів і електромережі при застосуванні синхронних компенсаторів?
13. У яких випадках застосування синхронних компенсаторів дає економічно кращий ефект, ніж використання конденсаторних батарей?
14. Чому використання синхронних двигунів на холостому ході в якості компенсаторів реактивної енергії рекомендується допускати у виключних випадках?
15. За рахунок чого синхронні компенсатори мають полегшену конструкцію?

## **7.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

7.2.1. До варіантів (1; 2) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б; В; Г; Д; Е; Ж; З).

- (А) 1. Синхронні двигуни ...  
2. Асинхронні двигуни ...

(Б) до змін напруги живильної мережі мають ...

- а) більшу чутливість;
- б) меншу чутливість.

(В) Їх частота обертання

- а) постійна при зміні навантаження на валу;
- б) залежить від навантаження.

(Г) Момент обертання, що розвивають двигуни,

- а) прямо пропорційний величині підведеної напруги у першому ступені;
- б) пропорційний квадратові напруги.

(Д) Це означає, що в звичайних умовах коливання напруги в електричній мережі при зміні навантаження двигунів їх момент обертання

- а) більш стабільний;
- б) змінюється.

(Е) При цьому регулювання частоти обертання

- а) допускається в певних межах;
- б) неможливе.

(Ж) Електричні двигуни цього типу можуть працювати

- а) з будь-яким коефіцієнтом потужності, незалежно від навантаження;
- б) тільки з певним коефіцієнтом потужності, який залежить від навантаження.

(З) окрім того, вони

- а) не схильні до "коливання";
- б) мають схильність до "коливання".

7.2.2. До варіантів (1; 2) вислову (А) обрати правильні продовження із запропонованих висловів (Б; В), за умов індуктивного навантаження мережі.

- (А) 1. Зменшення сили струму збудження  
2. Збільшення сили струму збудження

(Б) зумовлює появу в статорі синхронного двигуна

- а) збільшення ємнісного струму;
- б) збільшення індуктивного струму.

(В) У результаті чого коефіцієнт потужності

- а) зменшується;
- б) збільшується.

7.2.3. За якими з наведених виразів можна виявити електричні втрати потужності у синхронних двигунах:

- а) якоря (статора)?
- б) в обмотці збудження?
- в) у магнітопроводі якоря?

1.  $I_3^2 \cdot R_3$       2.  $\frac{m \cdot U_\phi \cdot I_\alpha \cdot \cos \varphi}{\Omega}$       3.  $m_1 \cdot I_\alpha^2 \cdot R_2$       4.  $M \cdot \Omega$

5.  $\Delta P_{вс} + \Delta P_r$       6.  $m_1 \cdot I_\phi \cdot I_\alpha \cdot \cos \varphi \pm (\Delta P_e + \Delta P_m)$       7.  $\frac{M_{\max}}{M_{ном}}$

### 7.3. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 7.3.1–125

1. Вибір між явнополюсними і неявнополюсними типами роторів синхронних машин визначається ...	механічною міцністю	12
	потужністю	2
	економічними перевагами	42
2. Величина втрат електричної потужності двигунів визначена формулою $P_e = 3I^2 \cdot R$ при заміні обмоток мідного проводу алюмінієвим таких же параметрів ...	збільшиться в 1,6 разів	30
	збільшиться в 1,73 разів	23
	зменшиться в 1,6 разів	26
3. Більш ефективне використання синхронних двигунів відбувається за умов, якщо вони ...	працюють з недостатнім збудженням	62
	працюють з надмірним збудженням (перезбудженням)	22
	одержують напругу, вищу за номінальну	52
	одержують напругу, нижчу за номінальну	32
4. Уникнути економічних збитків і небезпечних ситуацій при запуску синхронних двигунів можливо, якщо обмотку збудження ...	розімкнути	54
	замкнути накоротко	44
	замкнути на опір, який у 10-12 разів більший за опір обмотки	34
5. Якщо індукційне навантаження синхронних генераторів збільшилося, необхідно ...	збільшити напругу	37
	збільшити струм збудження	27
	зменшити струм збудження	47

#### ТЕСТ № 7.3.2–117

1. Синхронні компенсатори при індуктивному навантаженні мережі використовуються для ...	стабільності напруги.	1
	компенсації реактивного ємного навантаження	21
	підвищення коефіцієнта потужності споживача	11
2. Синхронні компенсатори дають кращий економічний ефект у порівнянні з компенсаторними батареями ...	при великих реактивних струмах	3
	у високовольтних мережах (вище 1000 В)	13
	у низьковольтних мережах (до 1000 В)	53
3. Встановлення більш вигідного коефіцієнта потужності в електромережі за допомогою синхронного компенсатора відбувається зміною ...	напруги в статорній обмотці	85
	величини струму збудження	45
	частоти струму збудження	48

4. Підвищення коефіцієнта потужності при ємнісному навантаженні мережі досягається ...	недостатнім збудженням двигуна	24
	надмірним збудженням двигуна	35
	збільшенням частоти струму збудження	36
5. Підвищення коефіцієнта потужності генератора в електромережі відбувається виключно на ділянці, яка знаходиться ...	між компенсатором і генератором	19
	між компенсатором і споживачем	18
	перед генератором	17
6. Щоб синхронні двигуни працювали при коефіцієнті потужності $\cos\varphi = 1$ , необхідно струм збудження ...	зменшити;	14
	збільшити;	15
	збільшити його частоту.	16

#### 7.4. Підсумкове опитування

(проводиться після вивчення тем: "Електричні машини постійного струму", "Асинхронні машини", "Синхронні електричні машини")

1. Чому перетворення енергії в електричних машинах неминуче призводить до втрати енергії?
2. Який зв'язок існує між втратами потужності і коефіцієнтом корисної дії електромашини?
3. Які види втрат потужності відбуваються в електричних машинах при їх експлуатації?
4. Які причини виникнення електричних втрат?
5. У яких вузлах електричних машин виникають електричні втрати та чому?
6. Від яких факторів залежить величина електричних втрат?
7. Яка залежність існує між величиною електричних втрат і матеріалом обмотувального проводу та його поперечним перерізом?
8. Які втрати потужності відносяться до магнітних втрат?
9. Які причини виникнення магнітних втрат?
10. Чи можна повністю позбутися магнітних втрат? Відповідь обґрунтувати.
11. Які заходи вживаються для зменшення магнітних втрат при конструюванні електричних машин?

12. Як впливає матеріал магнітопроводу та частота змінного струму на величину магнітних втрат?
13. Які причини виникнення механічних втрат?
14. Які чинники впливають на виникнення механічних втрат потужності в електричних машинах?
15. Що може вплинути на величину механічних втрат електричних машин в умовах їх експлуатації?
16. Які технічні заходи можна запропонувати для зменшення механічних втрат парку електричних машин на стадії його розробки (удосконалення)?
17. Які економічні переваги має безщіткова система збудження електричних машин?
18. Які види втрат можливо достатньо точно розрахувати?
19. Як збільшення навантаження електричної машини змінює електричні, магнітні та механічні втрати?
20. До яких наслідків призведе зменшення електричних втрат двигуна шляхом зменшення струму, який він споживає?
21. До яких наслідків призведе зменшення електричних втрат двигуна шляхом зменшення електричного опору обмоток?
22. Які електричні параметри зміняться, якщо для зменшення магнітних втрат:
  - а) зменшити магнітну індукцію;
  - б) збільшити поперечний переріз феромагнітних матеріалів магнітопроводу?
23. Як вплине на величину втрат потужності заміна тихохідних електродвигунів швидкісними (тихохідними) такої ж потужності?
24. Яке економічне значення має охолодження електричних машин?
25. Пояснити доцільність застосування різних видів охолодження електричних машин залежно від їх потужності, місця експлуатації та типу виконання. Дати порівняльну характеристику видів охолодження.
26. Як впливає клас теплостійкості ізоляційних матеріалів на розміри і масу електромашин?

27. Як за рахунок збільшення встановленого перегрівання електромашини досягти зменшення її розмірів і маси?
28. У скільки разів збільшаться втрати електродвигуна при заміні мідного проводу обмоток алюмінієвим з такими ж параметрами (довжини і діаметру)?
29. Чому зменшення (окрім механічних) втрат потужності в електричних машинах неодмінно пов'язане зі збільшенням їх розмірів і маси?
30. Якими технічними засобами й організаційними заходами можна зменшити загальні втрати потужності у електромашиних і, зокрема, в умовах їх експлуатації?
31. Який взаємозв'язок існує між загальними втратами потужності в електромашиних та їх коефіцієнтом корисної дії?

## **8. ЕЛЕКТРОПРИВОД**

### **8.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Як впливає правильний вибір потужності електродвигуна на ефективність його роботи?
2. Чому важливо при виборі електродвигуна враховувати форму його захищеності, зокрема: відкритого типу, водонепроникного, вибухозахищеного тощо?
3. Який шкідливий вплив може здійснювати навколишнє середовище на неправильно обраний за типом захисту електродвигун?
4. Які параметри при виборі електродвигуна необхідно враховувати для збільшення тривалості його роботи?
5. У якому випадку вибір електродвигуна обмежується за каталогом?
6. З урахуванням яких показників здійснюється вибір серійних електродвигунів?
7. Вказати особливості вибору електродвигунів для виконавчого механізму з важкими умовами пуску?
8. Які двигуни обов'язково перевіряються на перевантажувальну здатність?

9. Що враховується при встановленні відповідності механічних характеристик електродвигуна і приводного механізму?
10. За яких умов при виборі потужності електродвигуна можна використовувати метод еквівалентного моменту?
11. Чому двигун з тривалим режимом роботи і важкими умовами пуску, обраний за каталогом, необхідно перевіряти на відповідність пусковому моменту?
12. До яких економічно негативних наслідків може призвести робота електродвигуна зі змінним навантаженням, який обрано за найбільшим значенням моменту (потужності, струму) навантажувальної діаграми?
13. Чому короткозамкнені асинхронні двигуни і двигуни постійного струму малої потужності необхідно перевіряти на перевантажувальну здатність?
14. До яких економічних наслідків призведе те, що навантаження на валу двигуна будуть перевищувати його номінальну потужність?
15. До яких економічних збитків призведе вибір двигуна із завищеною номінальною потужністю?
16. За якими факторами визначається номінальний момент і номінальна потужність двигуна в тривалому режимі його роботи?
17. За яких умов електропривод буде працювати в усталеному режимі?
18. Чому при виборі потужності електродвигуна необхідно враховувати його найбільший момент навантаження ( $M_{max}$ ) в реальних умовах роботи?
19. У якому випадку електродвигун для повторно-короткочасного режиму роботи перевіряють на нагрівання, а в якому – ні?
20. Чому призначений для повторно-короткочасного режиму роботи електродвигун не потрібно перевіряти на нагрівання, якщо він буде працювати за вказаним стандартним часом, встановленим заводом-виробником?
21. Чому електродвигун необхідно перевіряти на нагрівання, якщо фактична тривалість вмикання за реальною діаграмою навантаження відрізняється від стандартної?



22. Електродвигуни якого типу, порівняно з іншими, мають найменшу масу, розміри і собівартість?
23. Від яких факторів залежить термін експлуатації електромашин?
24. Що є межею короткочасного моменту обертання двигуна постійного струму?
25. Чому потужність електродвигуна визначається його нагріванням?
26. Якими факторами обмежується допустима температура нагрівання електродвигуна?
27. Чому коефіцієнт корисної дії електродвигуна набуває максимального значення у межах 69-80%, а не 100%, від його номінального навантаження?

## 8.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### Обрати правильну відповідь

8.2.1. Електропривод працюватиме в усталеному режимі за умов, якщо механічні характеристики двигуна і приводного механізму:

- а) перетинаються в одній точці;
- б) не перетинаються між собою;
- в) співпадають багатьма точками.

8.2.2. Обраний за номінальною потужністю електродвигун може зупинитися при перевантаженні, якщо:

- а)  $M_c < M_n$ ;
- б)  $M_c = M_n$ ;
- в)  $M_c > M_n$ .

8.2.3. Межею короткочасного моменту навантаження двигуна постійного струму є:

- а) погіршення комутації й вірогідність виникнення колового вогню на колекторі;
- б) величина номінальної потужності;
- в) величина опору обмоток двигуна.

8.2.4. Максимальне значення коефіцієнта корисної дії електричних машин настає при навантаженні:

- а) 100%;
- б) 60-80%;
- в) 80-95%.

8.2.5. Обраний двигун перевіряється на нагрівання (методом еквівалентного моменту), якщо:

- а) магнітний потік двигуна та його кутова швидкість обертання зберігаються незмінними;
- б) кутова швидкість обертання, коефіцієнт корисної дії двигуна постійного струму (а для двигуна змінного струму і коефіцієнт потужності) зберігаються незмінними;
- в) навантаження двигуна близьке до номінального.

8.2.6. При перевірці двигуна на нагрівання більш точним є метод еквівалентних значень:

- а) потужності;
- б) струму;
- в) моменту.

**Із запропонованих висловів (1...7) скласти характеристику електродвигунів (варіант А; Б).**

8.2.7. А. Електродвигун завищеної потужності ...

Б. Електродвигун заниженої потужності...

- 1) не забезпечує нормальної роботи приводного (робочого) механізму;
- 2) зменшує коефіцієнт корисної дії установки;
- 3) зменшує продуктивність праці;
- 4) зменшує коефіцієнт потужності (для двигунів змінного струму);
- 5) підвищує собівартість установки;
- 6) призводить до небезпечного перегрівання машини;
- 7) збільшує витрати енергії.

**Сформулювати п'ять висловів. Для їх закінчення із груп А, Б, В відібрати по одному реченню.**

8.2.8. А. У якості провідного механізму можна використати ...

- 1) асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором;
- 2) асинхронні двигуни з фазним ротором;
- 3) синхронні двигуни;
- 4) двигуни постійного струму з паралельним збудженням;
- 5) двигуни з послідовним збудженням

Б. ... що працюють ...

- 1) при постійній швидкості або вимагають широкого регулювання швидкості, частого реверсу (реверсування);
- 2) в режимі, для якого характерні великі інерційні маси та перевантаження;
- 3) із частими пусками і зупинками, які дають змогу зменшити пусковий струм і збільшити пусковий момент двигуна, при цьому виникає необхідність регулювання швидкості в невеликих межах;

- 4) при постійній швидкості і змінних навантаженнях у межах номінальної потужності (зупинки в роботі вкрай рідкі);
- 5) у режимі, який не потребує регулювання швидкості, при цьому передбачається їх нечасте включення (можуть мати короткочасні перевантаження).

В. Наприклад:

- 1) потужні компресори і насоси, двигун-генератори, прокатні стани з постійною швидкістю;
- 2) металорізальні верстати, реверсні прокатні стани;
- 3) вентилятори, насоси малої і середньої потужності, окремі металургійні верстати малої потужності, преси, які допускають ступеневе регулювання швидкості;
- 4) транспортні та підйомні пристрої;
- 5) крани, металургійні допоміжні вентилятори, димососи.

### 8.3. ЗАДАЧІ

#### Задача № 8.3.1

Визначити необхідну потужність трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором для привода насоса, статичний момент навантаження якого  $M_c = 22 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , а коефіцієнт корисної дії редуктора  $\eta = 0,7$ .

Режим роботи – тривалий. Навантаження незмінне (стабільне). Орієнтовна частота обертання ротора двигуна  $n = 2900 \text{ об/хв}$ . Тип електродвигуна АО2. Вибраний двигун перевірити на перевантажувальну здатність.

#### Задача № 8.3.2

Для механізму, який працює у тривалому режимі з незмінним приведеним моментом  $M_c = 35 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , заплановано використати трифазний асинхронний двигун серії АО2 з номінальними даними  $P_n = 4 \text{ кВт}$ ;  $n = 1450 \text{ об/хв}$ .

Перевірити правильність вибору, вибір обґрунтувати.

Примітка. Рекомендується скористатися додатком 5.

#### Задача № 8.3.3

Перевірити ефективність вибору асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, номінальні дані якого:  $P_n = 13 \text{ кВт}$ ,  $n = 2940 \text{ об/хв}$ ;  $\lambda = 2,1$ , в якості електропривода механізму з моментом навантаження  $M_c = 24 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Режим роботи – тривалий, навантаження – незмінне.

Висновки обґрунтувати, і в разі потреби запропонувати свій варіант вибору.

### Задача № 8.3.4

Визначити необхідну потужність двигуна, вибрати за каталогом (Додаток Д) і перевірити на перевантажувальну здатність. Режим роботи – тривалий, навантаження – змінне (рис. 8.3.1), швидкість близько  $n = 2940$  об/хв.

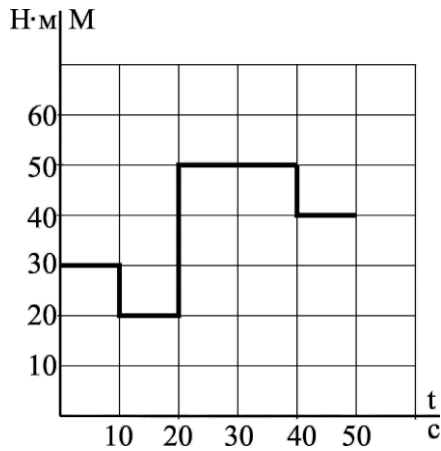


Рис. 8.3.1. Діаграма навантаження двигуна

Відповісти, чому вибраний двигун необхідно перевірити на перевантажувальну здатність.

### Задача № 8.3.5

Підібрати по каталогу (Додаток Д) асинхронний двигун, діаграма роботи якого при короткочасному режимі роботи наведена на рис. 8.3.2, перевірити його на перевантажувальну здатність. Орієнтовна частота обертання двигуна  $n = 1350$  об/хв.

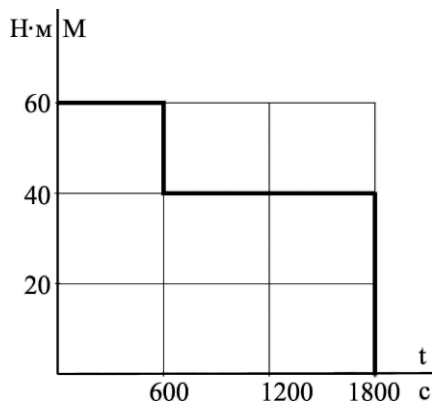


Рис. 8.3.2. Діаграма навантаження двигуна

Відповісти, які економічні наслідки можуть бути, якщо використати двигун, у якого номінальна потужність і час роботи, вказані в його паспорті, будуть меншими за потужність і час роботи механізму, тобто  $P_{екв} > P_n$ ;  $t_p > t_{рн}$

Примітка. 
$$M_n = \frac{9,55 \cdot P_n}{n_n} H \cdot m$$

### Задача № 8.3.6

Визначити можливість та ефективність використання асинхронного двигуна серії МАП з  $P_n = 1,3$  кВт;  $n = 1365$  об/хв.;  $\lambda = 2,8$  для повторно-короткочасного режиму роботи. Діаграма навантаження двигуна наведена на рис. 8.3.3.

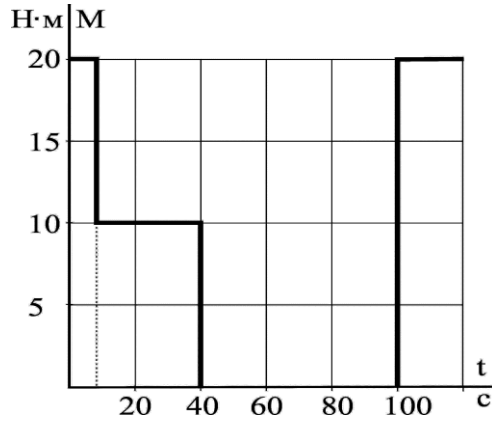


Рис. 8.3.3. Діаграма навантаження двигуна

Відповісти, у якому випадку вибраний електричний двигун для повторно-короткочасного режиму роботи перевіряти на нагрівання не має потреби (Додаток З).

### Задача № 8.3.7

Вибрати тип і потужність трифазного асинхронного двигуна з приблизно орієнтовною частотою обертання  $n = 1400$  об/хв. для повторно-короткочасного режиму роботи й заданим навантаженням (рис. 8.3.4).

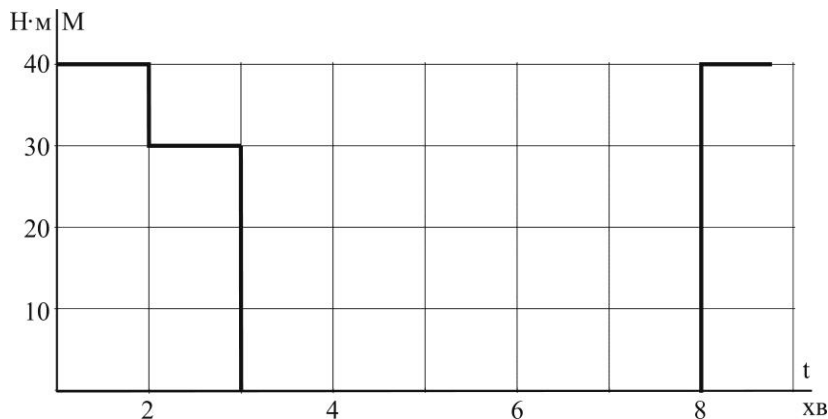


Рис. 8.3.4. Діаграма навантаження двигуна

Примітка. Якщо фактичний термін вмикання ТВф у заданій діаграмі навантаження відрізняється від стандартної, необхідно керуватись алгоритмом вибору потужності електродвигуна.

### Алгоритм вибору потужності електродвигуна

1. Знайти еквівалентний момент  $M_E$  двигуна за робочий цикл, не враховуючи час пауз  $t_0$  (за наданою діаграмою навантаження двигуна)

$$M_E = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + \dots + M_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

2. Знайти фактичну тривалість вмикання ТВф % для заданого графіка роботи за діаграмою навантаження двигуна (рис. 8.3.4)

$$ТВф\% = \frac{\sum t_p \cdot 100\%}{\sum t_p + t_0} = \frac{\sum t_p}{t_{\text{Ц}}}, \quad \text{де } t_p \text{ – тривалість роботи двигуна;}$$

$t_0$  – тривалість паузи;

$t_{\text{Ц}}$  – тривалість робочого циклу;

$t_{\text{Ц}} = t_p + t_0$ .

3. Обрати найближчу стандартну тривалість включення ТВ %.

4. Привести еквівалентний момент двигуна до стандартного значення ТВ

$$M_E' = M_E \sqrt{\frac{ТВф}{ТВс}}, \quad \text{де } ТВс \text{ – стандартна тривалість вмикання двигуна за паспортом.}$$

5. Врахувати необхідну потужність двигуна

$$P = \frac{M_E' \cdot n}{9,55}$$

6. За каталогом електродвигунів, призначених для повторно-короткочасного режиму роботи, [Додаток Ж] вибрати відповідний електродвигун і його технічні параметри (паспортні дані).

7. Знайти номінальний момент вибраного двигуна

$$M_n = \frac{9,55 \cdot P_n}{n}$$

8. При правильному виборі електродвигуна повинні бути виконані умови:

а)  $M_E \leq M_H$ ;

б)  $M_{\text{max}} \leq M_n \cdot \lambda$ , де  $\lambda$  – допустима перевантажувальна здатність вибраного двигуна за моментом

$$\left[ \lambda = \frac{M_{\text{доп}}}{M_H} \right]$$

$M_{\max}$  – найбільший момент на діаграмі навантаження двигуна.

9. При невиконанні однієї з цих нерівностей (а; б), вибрати інший (більшої потужності) електродвигун і повторити необхідні розрахунки (див. п. 6, 7, 8).

Примітка:

1. Для повторно-короткочасного режиму роботи випускають спеціальні двигуни зі стандартною тривалістю вмикання ТВ 15%; 25%; 40%; 60%, тривалістю робочого циклу  $t_{\text{ц}}$  – не більше 10 хв. [ $t_{\text{ц}} = t_p + t_0$ ].
2. Якщо визначена тривалість включення ТВф > 60%, двигун розраховується для тривалого режиму роботи.
3. При ТВф < 10% потужність двигуна визначається для короткочасного режиму роботи.

## 9. ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

### 9.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким фізичним явищем зумовлені втрати енергії в лініях електропередач?
2. Який закон визначає кількість виділеної у провіднику теплоти при проходженні по ньому електричного струму? (привести відповідні формули)
3. Які існують способи зменшення втрат енергії в лініях електропередач? Назвати більш раціональні способи і умови їх застосування.
4. Назвати фактори, які впливають на коефіцієнт потужності в електричній мережі. Перелічити заходи, які сприяють підвищенню цього показника.
5. Яка існує залежність між втратами потужності, напруги і коефіцієнтом корисної дії мережі електропостачання?
6. Яка існує залежність між втратою енергії (потужності) і силою струму в лінії?
7. Чому для різних категорій споживачів електроенергії встановлені різні величини допустимих втрат напруги в лінії електропостачання?
8. У якій мірі можлива і доцільна компенсація реактивної енергії в мережі змінного струму для підвищення коефіцієнта потужності споживача?
9. На основі аналізу формули втрат потужності при передачі електроенергії по трипровідній лінії трифазного струму  $\Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot \frac{l}{\gamma S}$  обґрунтувати

можливі способи зменшення втрат електроенергії в лінії залежно від визначених проектних умов.

10. Назвати основні способи (заходи) щодо зменшення втрат електроенергії в лініях електропередач.
11. Яка залежність надійності роботи з'єднувальних контактів та ізоляції проводів від нагрівання проводу, по якому проходить електричний струм?
12. Чому в проводах і кабелях великого поперечного перерізу припустима при нагріванні густина струму менша за ту, що в провідниках малого перерізу?
13. Як впливає на величину втрат потужності в електромережі змінного струму:
  - частота струму;
  - величина перерізу проводу;
  - магнітна проникливість матеріалу?
14. Чому на великі відстані необхідно передавати електроенергію високовольтними лініями?
15. Яка залежність між величиною струму в лінії і величиною втрати потужності в ній?
16. Як пов'язані між собою: величина коефіцієнта потужності споживача і сили струму в лінії?
17. Який взаємозв'язок між величинами напруги, сили струму, потужності споживача і втратами потужності в лінії електропередач?
18. За рахунок чого можна зменшити втрати напруги і потужності, підвищити коефіцієнт корисної дії при передачі електричної енергії на великі відстані?
19. Чому при однаковій потужності, яка подається на лінію електропередачі, її втрати при нарузі в 6 кВ більші за втрати при нарузі в 35 кВ?
20. Як досягти мінімальних втрат енергії у:
  - відносно невеликих за відстанню лініях;
  - високовольтних лініях електропередач?
21. Як зменшити втрати енергії в лінії електропередач, якщо необхідно підвищити потужність та збільшити відстань, на яку подається електроенергія?



22. Назвати основні споживачі реактивної потужності.
23. Чому зменшення частоти змінного струму призводить до істотного збільшення реактивного навантаження споживачів?
24. Чому при зменшенні частоти змінного струму збільшується реактивне навантаження споживачів (асинхронних двигунів, трансформаторів) і знижується напруга в електромережі?
25. Чому індивідуальна компенсація реактивної потужності є найбільш ефективною?
26. За яких умов доцільно застосовувати індивідуальну компенсацію реактивної потужності?
27. У чому переваги і недоліки групової компенсації реактивної потужності?
28. У чому переваги і недоліки централізованої компенсації реактивної потужності?
29. Чому конденсаторні установки для компенсації реактивного навантаження по можливості рекомендується відключати у нічний час, вихідні дні тощо?
30. Чому втрати енергії в лініях електропередач постійного струму значно менші за ті, що відбуваються у лініях електропередач змінного струму?
31. Чому застосування електропередач постійним струмом економічно виправдане виключно в разі транспортування великої кількості енергії на далекі відстані?
32. У яких випадках і чому розрахунок ліній трифазного струму ведеться тільки з урахуванням активного опору лінії?
33. У яких випадках розрахунок лінії для подачі електроенергії проводиться без урахування індуктивного опору?
34. Чому індуктивним опором можна знехтувати при розрахунку:
  - повітряних ліній при  $\cos\varphi$  наближеному до 1;
  - кабельних ліній при  $\cos\varphi$  не менше за 0,95, і при поперечному перерізі жил не більшому за  $35 \text{ мм}^2$ .
35. Яка існує залежність між втратами потужності, напруги і коефіцієнтом корисної дії мережі електропостачання?

36. Які параметри і чому необхідно враховувати при виборі максимально економічного проекту електропостачання споживачів?

**9.2. ТЕСТИ**  
ТЕСТ № 9.2.1–233

1. Величина заощадження проводу при передачі електроенергії трифазним струмом, порівняно з передачею енергії тієї ж потужності однофазним струмом, становить ...	25%	1
	33,3%	9
	1,73%	21
2. Енергію вітру для одержання електроенергії доцільно використовувати, якщо його швидкість перевищує ...	3 м/сек	2
	5 м/сек	19
	10 м/сек	31
3. Втрати активної потужності на ділянці трифазної лінії електропередачі пропорційні величині електричного (омічного) опору та ...	квадрату величини струму	40
	кубу величини струму	8
	потрійній величині струму	46
4. Величина активного опору сталевих дротів (проводів) при змінному струмі значно більша за величину їх омичного опору внаслідок ...	поверхневого ефекту	20
	втрат на гістерезис	24
	вихрових струмів	25
5. Якщо в лінії електропередач, не змінюючи потужності споживача, підвищити напругу, то величина втрат напруги в лінії, а отже, і потужності ...	збільшиться	30
	зменшиться	50
	залишиться без змін	7
6. При збільшенні потужності споживача для зменшення втрати енергії (потужності) в лінії електропередач необхідно ...	зменшити напругу джерел	5
	збільшити напругу джерел	20
	зменшити відстань передачі електроенергії	14
7. Кабельні лінії в місцях з інтенсивно блукаючими струмами або з ґрунтами особливого ступеня агресивності економічно доцільно прокласти ...	у траншеях	4
	у тунелях	15
	на естакадах і галереях	16

8. При компенсації реактивної потужності ...	зменшуються втрати напруги і потужності в лінії електропередач	12
	зменшуються втрати напруги, але збільшуються втрати потужності	3
	збільшується величина потужності, яка одержується споживачами	23
9. Більший ефект від компенсації реактивної енергії можна одержати, якщо компенсаційні устрої встановлюються ...	ближче до джерела електроенергії	3
	ближче до споживача	17
	на однакових віддалях від джерела і споживача	28
10. Потрібну частину реактивної потужності споживачеві економічно вигідно одержувати від ...	джерела електроенергії (електростанції)	27
	- компенсаційної установки	6
	- лінії електропередач	10

### 9.3.ЗАДАЧІ

#### Задача № 9.3.1

Пояснити результати розрахунків величин електричних опорів двох двопровідних ліній довжиною по 100 м кожна. Матеріал однієї – твердотягнена мідь М-10 з поперечним перерізом 10 мм<sup>2</sup>, другої – алюміній АТ-16 з поперечним перерізом 16 мм<sup>2</sup>.

Знайти співвідношення втрат потужності і напруги в цих лініях.

Примітка. Розрахункові питомі опори для М-10  $\rho = 18 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ ;  
для АТ-16  $\rho = 28,7 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$ .

#### Задача № 9.3.2

Обґрунтувати, за рахунок яких параметрів при заданій величині потужності споживача можна істотно зменшити втрати потужності в двопровідниковій лінії змінного струму, якщо ці втрати визначити за формулою:

$$\Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot \frac{2\ell}{\gamma \cdot S} = I^2 \frac{2\ell}{\gamma \cdot S} = I^2 \cdot R_{\Lambda}$$

#### Задача № 9.3.3

Із запропонованих формул вибрати необхідні і відповіді на запитання.

За рахунок яких параметрів при експлуатації електроустановок можна здійснити передачу електроенергії до споживачів з мінімальними втратами напруги і потужності в лініях:

- постійного струму;
- змінного однофазного струму;
- трифазного струму?

$$1. \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Delta U}{U}; \quad 2. \Delta P = 2I^2 \cdot R; \quad 3. P_0 = U_0 \cdot I = I^2 \cdot R_0;$$

$$4. I = \frac{P}{U}; \quad 5. \Delta U = \frac{2P \cdot \ell}{U \cdot \gamma \cdot S}; \quad 6. \Delta U = I \cdot R_\Lambda;$$

$$7. I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}; \quad 8. \Delta U = \frac{I \cdot 2\ell}{\gamma \cdot S}; \quad 9. \Delta U\% = \frac{200 \cdot P \cdot \ell}{U^2 \cdot \gamma \cdot S};$$

$$10. R_\Lambda = \frac{2\ell}{\gamma \cdot S}; \quad 11. S = \frac{P \cdot \ell}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U}; \quad 12. \Delta U = \frac{P \cdot \ell}{U \cdot \gamma \cdot S};$$

$$13. S = \frac{2P \cdot \ell}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U} = \frac{2I \cdot \ell}{\gamma \cdot U}; \quad 14. \Delta P\% = \frac{200 \cdot I^2 \cdot R}{U \cdot I \cdot \cos \varphi}; \quad 15. \Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot \frac{\ell}{S}$$

#### Задача № 9.3.4

Як необхідно змінити величину поперечного перерізу для передачі електроенергії певного навантаження, щоб втрати потужності в лінії не змінились при:

- збільшенні напруги в 3 рази;
- зменшенні напруги в 2 рази?

#### Задача № 9.3.5

Промислове підприємство з максимальним навантаженням  $P = 10$  МВт і середнім коефіцієнтом потужності  $\cos \varphi = 0,7$  одержує електроенергію по розподільній лінії напругою  $U = 35$  кВ і довжиною  $\ell = 6$  км проводом АС-70.

Визначити:

- максимальні втрати активної потужності в лінії;
- як зміняться втрати в лінії, якщо коефіцієнт потужності підвищиться до 0,9?

Знайти співвідношення між визначеними показниками.

Примітка. Для проводу АС-70 активний опір складає  $r_0 = 0,42$  Ом/км.

#### Задача № 9.3.6

Дві лінії змінного однофазного струму. Одна довжиною  $\ell = 2000$  м з поперечним перерізом жил струмопроводу  $S = 10$  мм<sup>2</sup>, друга –  $\ell = 2500$  м з  $S = 16$  мм<sup>2</sup> подають енергію двом споживачам однакової за величиною потужності.

Знайти:

- величини активних опорів обох ліній;
- співвідношення визначених опорів;

в) співвідношення величин втрат потужності і напруги в цих лініях.

Відповісти, яке значення має правильний вибір поперечного перерізу і матеріалу струмопровідних жил лінії електропередач.

Примітка. Провідність матеріалу струмопровідних жил взяти  $\gamma = 57 \text{ См/м}$ .

### Задача № 9.3.7

Електрична трансформаторна підстанція подає електричну енергію напругою  $U = 10 \text{ кВ}$  трифазною лінією на відстань 4 км споживачу, потужність якого  $P = 1500 \text{ кВт}$  при коефіцієнті потужності  $\cos\varphi = 0,9$ . Провід лінії АС-95 з поперечним перерізом  $95 \text{ мм}^2$ .

Визначити:

- величину втрат потужності  $\Delta P$  при заданому навантаженні;
- знайти і обґрунтувати розрахунками оптимальне рішення проблеми збільшення потужності споживача на 10%.

Відповісти, як впливають величини потужності споживача і його коефіцієнт потужності на величину втрати потужності в лінії.

Примітка:

- Активний опір 1 км проводу АС-95  $r_0 = 0,42 \text{ Ом/км}$ .
- Номинальна величина струму трансформаторної підстанції 104 А.

### Задача № 9.3.8

Споживач потужністю  $P = 3000 \text{ кВт}$  з коефіцієнтом потужності  $\cos\varphi = 0,95$  одержує живлення напругою  $U_n = 10 \text{ кВ}$  по трифазній лінії довжиною 6 км проводом АС-70.

Визначити:

- втрати потужності в лінії при напругах 10 і 35 кВ;
- у скільки разів зміняться величини втрат потужності і напруги в лінії, якщо лінію перевести на напругу  $U_n = 35 \text{ кВ}$ ;
- як можна одержати приблизні результати за попереднім пунктом (б), не визначивши величин втрат в лінії, якщо втрати в лінії можна визначити за

формулою 
$$\Delta P = \frac{P^2 \cdot R}{\sqrt{3} \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Примітка:

- Активний опір проводу АС-70 складає  $r_0 = 0,42 \text{ Ом/км}$ .
- Реактивний опір лінії не враховувати.

## 10. ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ВИРОБНИЦТВА

### 10.1. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- Чому підвищенню коефіцієнта потужності надається таке важливе значення?

2. Який взаємозв'язок між величиною коефіцієнта потужності і втратами потужності енергії в лініях електропередач, генераторах, трансформаторах?
3. Які фактори впливають на величину коефіцієнта потужності споживача?
4. Які існують організаційно-технічні заходи для підвищення коефіцієнта потужності?
5. Наскільки ефективним є підвищення коефіцієнта потужності до величини  $\cos\varphi = 1$  для електродвигунів змінного струму та підприємств в цілому?
6. Чому в якості електропривода доцільно обирати асинхронні двигуни?
7. Чи можливо на етапі проектування електродвигунів передбачити їх високу ефективність при експлуатації?
8. Як впливає величина завантаження електродвигуна змінного струму на його коефіцієнт потужності?
9. Чому коефіцієнт потужності асинхронного двигуна на холостому ходу низький?
10. У яких випадках і з якою метою доцільна заміна слабо завантажених асинхронних двигунів менш потужними?
11. Які технічні заходи необхідно вжити для покращення економічних показників, якщо за технічними умовами електродвигуни змушені тривалий час працювати на холостому ходу?
12. У яких випадках економічно доцільним є застосування системи автоматичного вмикання/вимикання електродвигунів?
13. Як впливає на величину коефіцієнта потужності електродвигуна підведена до нього підвищена напруга ( $U_{л} > U_{н}$ )?
14. Як буде реагувати електродвигун на занижену напругу ( $U_{л} < U_{н}$ )?
15. У яких випадках перемикання статорної обмотки асинхронного двигуна із "трикутника" на "зірку" підвищує величину його коефіцієнта потужності?
16. Як впливає на втрати енергії перемикання обмотки асинхронного двигуна з "трикутника" на "зірку", і в яких випадках це економічно виправдано?
17. Яка користь від заміни тихохідних двигунів швидкохідними?

18. Як зміняться величини коефіцієнта потужності та втрати потужності, якщо замінити електродвигун відкритого типу закритим такої ж потужності?
19. Як впливає якість ремонту електродвигуна на величину його потужності?
20. Чи впливає спрацювання підшипників електродвигуна на величину його коефіцієнта потужності? Відповідь обґрунтувати.
21. Як вплине на економічні показники роботи електродвигуна заміна обмотувального проводу на провід із більшим поперечним перерізом?
22. Чим зумовлена заміна асинхронних двигунів синхронними або синхронізованими асинхронними двигунами?
23. Чим пояснюється можливість зменшення втрат енергії через заміну асинхронних двигунів синхронними?
24. Чому низький коефіцієнт потужності призводить до підвищення повної потужності електростанцій, трансформаторів?
25. Як впливає величина коефіцієнта потужності споживачів на величину втрат енергії в обмотках трансформаторів і електричних генераторів?
26. Чому при низькому коефіцієнті потужності споживачів знижується коефіцієнт корисної дії генераторів і трансформаторів?
27. Для чого та за яких умов малозавантажені трансформатори замінюють менш потужними?
28. Чому при підвищенні коефіцієнта потужності споживача навантаження на електростанції буде зменшуватися при незмінній активній потужності, яку вони віддають у мережу?
29. Як впливає величина коефіцієнта потужності споживача на величину втрат потужності в лініях електропередач?
30. Від яких факторів залежить величина коефіцієнта потужності в проводах електромереж?
31. Якщо в результаті проведення певних організаційно-технічних заходів величина коефіцієнта потужності підвищилась від  $\cos\varphi = 0,7$  до  $\cos\varphi = 0,9$ , як зміняться техніко-економічні показники промислового підприємства та електричної лінії?

32. Чому підвищення рівня напруги в електромережі відповідно до номінального, як і його зниження, є економічно недоцільним?

33. У яких випадках розрахунок електричних мереж проводиться без урахування індуктивного опору?

## 10.2. ТЕСТИ

### ТЕСТ № 10.2.1–314

1. З підвищенням коефіцієнта потужності споживача втрати енергії зменшуються ...	в електролініях	1
	у трансформаторах	11
	в електрогенераторах	21
2. Якщо асинхронний двигун працює з навантаженням більшим за номінальне ( $P_2 > P_n$ ), то ...	збільшується коефіцієнт корисної дії	31
	збільшується коефіцієнт потужності	41
	зменшується коефіцієнт потужності	51
3. Якщо асинхронний двигун навантажений на 50% від його номінальної потужності, його втрати ...	збільшаться	3
	зменшаться	13
	залишаться без змін	23
4. Якщо статорну обмотку електродвигуна, з'єднану в "трикутник", при навантаженні $P_2 \leq (40-50\%) P_n$ перемкнути на "зірку", то величина коефіцієнта його потужності ...	зменшиться	49
	збільшиться	59
	залишиться без змін	69
5. Якщо замінити тихохідний електродвигун на швидкісний такої ж потужності, втрати потужності ...	збільшаться	24
	зменшаться	14
	залишаться без змін	4
6. При зменшенні коефіцієнта потужності споживача величина струму навантаження на електростанції, лініях електропередач (лінії електропостачання) при однаковій активній потужності ...	зросте	5
	зменшиться	15
	залишиться без змін	25
7. При збільшенні рівня напруги до вищого за номінальний коефіцієнт потужності підприємства ...	підвищаться	26
	знижаться	16
	залишаться без змін, оскільки залежать від навантаження	6
8. Під час малих навантажень (нічний час, наприклад) коефіцієнт потужності підприємства ...	підвищується	7
	знижується	17
	залишається незмінним	27



9. На підприємствах з переважною кількістю споживачів електроенергії – асинхронних двигунів, підвищення коефіцієнта потужності досягається підключенням ...	паралельно до них компенсаційних конденсаторів	61
	послідовно до них конденсаторів	71
	паралельно до них індуктивності	81
	послідовно до них індуктивності	91
10. При підвищенні коефіцієнта потужності споживача, струм у лінії електропередач ...	збільшується	45
	зменшується	55
	залишається незмінним, оскільки не змінюється потужність споживача	65

### 10.3. ЗАДАЧІ

#### Задача № 10.3.1

У скільки разів зменшаться втрати потужності в лінії електропередач при заданій величині навантаження і параметрах лінії, якщо коефіцієнт потужності споживача підвищити з  $\cos \varphi = 0,7$  до  $\cos \varphi = 0,9$  ?

Примітка.

$$\Delta P = \frac{P \cdot R_{\text{л}}}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

#### Задача № 10.3.2

Трифазною лінією довжиною 4 км проводом марки АС-95 подається напруга  $U = 10$  кВ підприємству, активна потужність якого  $P = 1400$  кВт і коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0,7$ .

Визначити:

1. Втрати активної потужності в лінії.
2. Втрати потужності в лінії, якщо після проведення відповідних організаційно-технічних заходів коефіцієнт потужності споживача підвищено до  $\cos \varphi = 0,9$ .

Примітка:

1. Активний опір 1 км одного проводу АС-95 при  $t = 20^\circ\text{C}$  дорівнює 0,33 Ом.
2. Величину індуктивного опору лінії до уваги не брати.

#### Задача № 10.3.3

Для споживача потужністю  $P = 360$  кВт, номінальною напругою  $U = 380$  В і коефіцієнтом потужності  $\cos \varphi = 0,7$  визначити:

- а) потужність трифазного знижувального трансформатора серії ТМН з напругою 10/0,4 кВ;
- б) доцільність використання вибраного трансформатора, якщо коефіцієнт потужності споживача підвищити до величини  $\cos \varphi = 0,95$ .

За допомогою яких засобів можливо підвищити величину  $\cos \varphi$  споживача?

### Алгоритм рішення.

Для  $\cos \varphi_1$  (існуючого) визначається:

1. Коефіцієнт трансформації необхідного трансформатора  $K = \frac{U_1}{U_2}$ ;
2. Величина струму на стороні нижчої напруги трансформатора  $I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$ ;
3. Величина струму на стороні вищої напруги трансформатора  $I_1 = \frac{I_2}{K}$ ;
4. Необхідна повна потужність трансформатора  $S = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$ ;
5. Вибір необхідного трансформатора [Додаток І].

Для  $\cos \varphi = 0,95$  визначається:

6. див. п. 1 ... 4.
7. Використовуючи додаток І, вибираємо остаточний варіант необхідного трансформатора.

### Задача № 10.3.4

Користуючись таблицею "Допустимі струмові навантаження на проводи і кабелі" [Додаток А], визначити поперечний переріз мідних струмопровідних жил кабелю, прокладеного в повітрі для живлення електроенергією підприємства потужністю  $P = 400$  кВт з напругою  $U = 380$  В і коефіцієнтом потужності  $\cos \varphi = 0,7$ .

Як зміниться поперечний переріз струмопровідних жил, якщо коефіцієнт потужності підприємства підвищити до  $\cos \varphi = 0,9$ ?

У чому сутність економічної недоцільності підвищення коефіцієнта потужності близько одиниці?

Примітка. З причини невеликої протяжності кабелю врапи напруги і потужності не враховувати.

### Задача № 10.3.5

У цеху, сумарне навантаження якого  $P = 90$  кВт при коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 0,65$ , підведена напруга  $U = 380$  В трьохжильним кабелем ПВГ.3×220 з гумовою ізоляцією в пластмасовій оболонці. Необхідно встановити електропривод потужністю  $P_n = 100$  кВт. Для підвищення коефіцієнта потужності цеху вирішено в якості електропривода використати синхронний двигун з коефіцієнтом потужності  $\cos \varphi = 0,8$ .

Визначити:

- а) величину струму, який споживає цех до і після установки синхронного двигуна;
- б) коефіцієнт потужності після установки синхронного двигуна;

в) можливість використання ПВГ.3×220 при новому навантаженні після підвищення  $\cos \varphi$ .

Примітка. Втрати активної потужності синхронного двигуна складають 5% від його реактивної потужності.

### Алгоритм рішення

1. Реактивна потужність цеху до установки синхронного двигуна:

$$Q_{ц} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$$

2. Реактивна потужність синхронного двигуна:  $Q_{сд} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_1$

3. Реактивна потужність цеху після установки синхронного двигуна:

$$\sum Q = Q_{ц} - Q_{сд}$$

4. Втрати активної потужності синхронного двигуна:  $\Delta P = 0,05 \cdot Q_{сд}$

5. Сумарна активна потужність цеху:  $\sum P = P_{ц} + P_{сд} + \Delta P$

6. Коефіцієнт потужності цеху:  $\cos \varphi = \frac{\sum P}{\sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2}}$

7. Струм навантаження:

а) до установки синхронного двигуна;

б) після установки синхронного двигуна  $I = \frac{P}{\sqrt{3U \cdot \cos \varphi}}$

8. Користуючись таблицею допустимих тривалих струмових навантажень [Додаток А], обрати необхідний поперечний переріз струмопровідних жил кабелю.

### Задача № 10.3.6

При напрузі  $U = 10$  кВ, коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 0,6$  і частоті змінного струму  $f = 50$  Гц активна потужність споживача  $P = 3000$  кВт.

Знайти ємність батареї конденсаторів для збільшення коефіцієнта потужності споживача до  $\cos \varphi = 0,9$ .

Примітка.

1. Задачу можна вирішити трьома варіантами.

2. Необхідні величини можна знайти, скориставшись формулами:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q_{\text{ком}} = Q_1 - Q_2 = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

$$C = \frac{P}{2\pi \cdot f \cdot U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = \frac{Q_{\text{ком}}}{2\pi \cdot f \cdot U^2}, \text{ де}$$

$C$  – ємність конденсаторів батареї;

$Q$  – реактивна потужність споживача;

$Q_{\text{ком}}$  – необхідна реактивна потужність для компенсації;

$\operatorname{tg} \varphi_1$  – величина тангенса при  $\cos \varphi = 0,6$ ;

$\operatorname{tg} \varphi_2$  – величина тангенса при  $\cos \varphi = 0,9$ .

## СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ

### Постійний струм та кола постійного струму

Внутрішній спад напруги джерела – частина електрорушійної сили (ЕРС), яка витрачається на подолання внутрішнього опору джерела. Арифметична різниця між величинами електрорушійної сили (ЕРС) джерела і напруги на його затискачах при підключенні навантаження (споживача).

Втрата напруги в лінії – арифметична різниця величин напруги на початку і в кінці лінії. Залежить від сили струму і опору лінії.

Граничне (допустиме) значення сили струму – величина сили струму, при якій встановлюється максимально допустима температура нагрівання.

Густина електричного струму – відношення сили струму до площини поперечного перерізу провідника.

Електричне коло (елементарне) – сукупність електротехнічних устроїв (джерела електроенергії, споживача та проводів для їх з'єднання), які створюють шлях для проходження електричного струму.

Електричний струм – упорядкований рух електричних зарядів у провідниковому середовищі (замкненому електричному колі) під впливом електричного поля.

Електрорушійна сила (ЕРС) – сила, зумовлена явищем електромагнітної індукції, тепловими чи хімічними процесами у джерелі електроенергії; є причиною створення різниці потенціалів. При підключенні джерела до споживача викликає електричний струм, долаючи внутрішній і зовнішній опір в електричному колі. Аналогією електрорушійної сили (ЕРС) серед фізичних величин є потенціальна енергія.

Ємність електрична – властивість фізичних тіл, пристроїв (провідників, конденсаторів) накопичувати й утримувати заряди (енергію електричного поля) і створювати різницю потенціалів. Величина електричної ємності визначена відношенням величини електричного заряду до потенціалу зарядженого тіла, зокрема, ємність конденсатора визначена відношенням електричного заряду до різниці потенціалів між його електродами.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) – показник ефективного використання будь-якої електричної установки, визначений відношенням корисної (отриманої) потужності до витраченої.

Конденсатор – пристрій для накопичення та зберігання електричних зарядів.

Коротке замикання – явище, характерне для аварійного режиму роботи електроустановок, коли в результаті різкого зменшення опору навантаження різко збільшується величина струму.

Напруга – різниця потенціалів між двома точками електричного кола. Умовно може розглядатись як потенціальна енергія, яка реалізується в кінетичну у вигляді електричного струму.

Постійний електричний струм – електричний струм, який не змінюється за напрямом і величиною (миттєве значення незмінне у часі).

Провідність – здатність провідника пропускати електричний струм. Величина провідності обернено пропорційна опору.

*Питома* провідність – величина, обернено пропорційна питомому опору провідника.

Резистор – 1. Ідеалізований елемент електричного кола, в якому відбувається незворотний процес перетворення електромагнітної енергії в теплову. Термін вживається у більш загальному значенні.

2. Пристрій, який може бути складовою частиною багатьох електричних устроїв і використовується в якості реостатів пускових, регулювальних і розрядних тощо.

Реостат – пристрій для регулювання сили струму. Види реостатів: пускові, регулювальні, розрядні.

Сила струму – міра інтенсивності руху електричних зарядів. Визначається як кількість електричних зарядів (кулонів), яка проходить через поперечний переріз провідника за одну секунду.

Температурний коефіцієнт електричного опору – відносна зміна значення опору провідника при нагріванні його на один градус.

### Електромагнетизм

Величина індуктивності – коефіцієнт пропорційності, який показує залежність магнітного потоку від зміни сили електричного струму, що його створює.

Вихрові струми – електричні струми, які виникають у струмопровідних частинах, деталях електричних машин, апаратів, приладів під впливом змінного магнітного поля.

Взаємоіндукція – явище виникнення електрорушійної сили (ЕРС) в одному контурі (електричному колі) під впливом змінного магнітного поля у другому контурі (електричному колі).

Гістерезис – явище відставання змін магнітної індукції від відповідних змін напруженості магнітного поля. Явище тісно пов'язане із залишковим магнетизмом.

Електромагнітна індукція – явище виникнення електрорушійної сили (ЕРС) у контурі (провіднику) під впливом магнітного поля (магнітне поле перетинає контур або контур перетинає магнітне поле).

Залишкова індукція (залишковий магнетизм) – величина магнітної індукції ( $B_0$ ), яка залишається у феромагнітному середовищі при нульовому значенні напруженості магнітного поля ( $H_0$ ) (зникнення електричного струму).

Індуктивність – властивість окремих елементів кіл накопичувати енергію магнітного поля і створювати електрорушійну силу індукції при зміні електромагнітного поля.

Криві намагнічування – графічне зображення залежності магнітної індукції від напруженості магнітного поля, характеризує магнітні властивості феромагнітних матеріалів.

Магнітна індукція – векторна величина, яка визначає інтенсивність магнітного поля у кожній його точці; число магнітних ліній, що проходять через одиницю площини, перпендикулярної напрямку магнітного поля. Магнітна індукція в магнітних колах аналогічна густині струму в електричних колах.

Магнітна проникливість – здатність середовища намагнічуватися.

*Магнітна проникливість вакууму* – стала величина ( $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Гн/м}$ ).

*Абсолютна магнітна проникливість* ( $\mu_a$ ) – величина, яка характеризує магнітні властивості середовища, в якому виникло магнітне поле.

*Відносна магнітна проникливість* ( $\mu_r$ ) – безрозмірна величина, показує, у скільки разів абсолютна магнітна проникливість ( $\mu_a$ ) певного середовища більша за магнітну проникливість вакууму ( $\mu_0$ ).

Магнітне коло – сукупність електротехнічних устроїв (електричних машин, апаратів, приладів), які мають у своєму складі феромагнітні матеріали і створюють шлях для магнітного потоку.

Магнітне насичення магнітопроводу – стан, при якому подальше підвищення напруженості магнітного поля (збільшення сили струму в обмотці) не призводить до зростання магнітної індукції.

Магнітне поле – простір, в якому проявляється дія магнітних сил.

Магнітний потік – сума магнітно-силових ліній, що пронизують певну перпендикулярну площину. Магнітний потік є аналогією електричного струму, що проходить через поперечний переріз провідника при певній густині струму.

Магнітопровід (осердя) – устрій, виконаний із феромагнітного матеріалу, по якому замикається магнітний потік.

Магніторушійна сила (МРС) або намагнічувальна сила (F) – сила, яка діє в магнітному полі і створює магнітний потік. Визначається як добуток сили струму на кількість витків ( $F=I\omega$ ). Магніторушійна сила (МРС) аналогічна електрорушійній силі (ЕРС) в електричних колах.

Напруженість магнітного поля – векторна величина, що показує, яка магніторушійна сила (МРС) припадає на одиницю довжини магнітної лінії.

Петля гістерезису – графічне зображення, яке показує зміни магнітної індукції при повному циклі перемагнічування.

Самоіндукція – вид електромагнітної індукції. Виникає при змінах магнітного потоку. Електрорушійна сила (ЕРС) самоіндукції чинить опір будь-яким змінам струму в електричному колі (затримує зростання чи зменшення сили струму).

Феромагнітні матеріали – матеріали, які легко намагнічуються, мають відносно високу магнітну проникливість (від декількох сотень до декількох десятків тисяч).

*Магнітом'які феромагнітні матеріали* легко намагнічуються і перемагнічуються з малими втратами (електротехнічна сталь, технічно чисте залізо, сплави заліза і нікелю). Використовуються для виготовлення магнітопроводів електромашин, трансформаторів та інших технічних апаратів.

*Магнітотверді феромагнітні матеріали* характеризуються відносно великим значенням залишкової індукції і коерцитивної сили, широкою петлею гістерезису (сплави заліза, нікелю, кобальту). Використовуються для виготовлення постійних магнітів.

#### Змінний струм та кола змінного струму

Збіг по фазі – синусоїдні величини (струм, електрорушійна сила (ЕРС), напруга), які одночасно досягають своїх нульових і амплітудних значень.

Змінний струм (електрорушійна сила (ЕРС), напруга) – струм, який періодично змінює свою величину та напрям.

Коефіцієнт потужності ( $\cos\varphi$ ) – відношення активної потужності до повної, показує яка частина повної потужності використовується як активна, тобто свідчить про ефективне використання електричної енергії.

Опір – протидія електричного кола ділянці кола проходженню електричного струму.

*Омічний (електричний) ( $R$ )* – опір постійному струму.

*Активний ( $R$ )* – опір у колах змінного струму. Виникає в процесі одностороннього перетворення електричної енергії в інші види енергії (механічну, теплову тощо). Споживачами активного опору на промислових частотах є реостати, лампи накаливання, електронагрівальні прилади, прямолінійні короткі проводи.

*Реактивний ( $x_L$  і  $x_C$ )* опір – буває індуктивним ( $x_L$ ) (виникає при наявності в електричних колах котушок індуктивності, обмоток машин і апаратів) та ємнісним ( $x_C$ ) (виникає при наявності в електричних колах конденсаторів, а також в окремих елементах ліній електропередач).

*Повний опір ( $Z$ )* – геометрична сума активного і реактивного (різниця індуктивного і ємнісного) опорів:  $Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$ .

*Питомий опір ( $\rho$ )* – величина, що характеризує властивості конкретного матеріалу провідника довжиною в 1 метр і поперечним перерізом в 1 мм<sup>2</sup> створювати протидію проходженню електричного струму.

Період (період коливань змінного струму) – час одного циклу, за який величини (струм, електрорушійна сила (ЕРС), напруга,) змінюються за величиною і напрямом.

Поверхневий ефект – явище нерівномірного розподілу струму в поперечному перерізі провідника (зростання густини електричного струму від осі до поверхні) під впливом змінного електромагнітного поля, в результаті чого збільшується активний опір провідника. Вплив поверхневого ефекту різко проявляється при високих частотах, великому поперечному перерізі і в залізних проводах.

Потужність – робота, яка виконується або споживається за одну секунду. Для змінного струму введені поняття потужності активної, реактивної (індуктивної і ємнісної) та повної.

*Активна ( $P$ )* потужність – це та, яка перетворюється в корисну роботу, є складовою частиною повної потужності або рівна їй.

*Реактивна ( $Q$ )* потужність зумовлена наявністю магнітних і електричних полів; на корисну роботу не витрачається; циркулює між джерелом і споживачем ("перекачка енергії"), створює додаткове навантаження для їх обмоток і ліній живлення; збільшує втрати електроенергії.



Повна ( $S$ ) потужність: 1. Алгебраїчна сума активної і реактивної потужностей  $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$  ;

2. Добуток діючих значень напруги і сили струму.

Резонансні явища – коливальні процеси, виникнення яких зумовлене взаємним обміном енергії електричних і магнітних полів. При цьому енергія від джерел живлення витрачається тільки на покриття активного опору. Відповідно, коефіцієнт потужності ( $\cos\phi$ ) даної електросхеми дорівнює одиниці.

*Резонанс напруг* виникає при послідовному з'єднанні елементів з активним опором ( $R$ ) і реактивними (індуктивний опір і ємнісний однакові за величиною,  $x_L = x_C$ ). При цьому струм в колі, залежно від величини активного опору ( $R$ ), досягає максимального значення, а напруги на ділянках з індуктивністю і ємністю можуть значно перевищувати напругу, підведену до кола. Резонанс напруг, який мимоволі (при певних умовах) виник у силових колах, системах, може призвести до аварійної ситуації.

*Резонанс струмів* виникає у паралельно з'єднаних реактивних елементах індуктивності і ємності з рівними величинами електропровідності. Коливання в паралельних вітках можуть бути дуже інтенсивними, а струми в них – у десятки разів більші відносно до невеликого струму в колі. Резонанс струмів безпечний для електроустановок. Режим, близький за характером до резонансу струмів, широко використовується для підвищення коефіцієнта потужності ( $\cos\phi$ ) електроустановок.

Трифазна система змінного струму – сукупність трьох електричних кіл або мереж, електрорушійні сили (ЕРС) яких однакові за величиною і частотою, але взаємно зміщені за фазою на одну третину періоду.

Трифазний струм – сукупність трьох струмів трифазної системи, синусоїди яких взаємно зміщені за фазою на одну третину періоду.

Фаза – а) кут, що визначає відхилення синусоїдальної величини від нульового значення, тобто значення величини в даний момент часу;

б) окреме коло трифазної системи;

в) лінійні проводи трифазної системи, обмотки генератора, електродвигуна, трансформатора.

Частота змінного струму – кількість повних змін (циклів) величин (струму, електрорушійної сили (ЕРС), напруги,) за одну секунду; кількість періодів коливань за одну секунду.

## Трансформатори

Автотрансформатор – трансформатор, у якого між обмотками вищої напруги ("ВН") і нижчої ("НН") існує електричний зв'язок, і обмотка "НН" є частиною обмотки "ВН". Якщо автотрансформатор підключений до електромережі обмоткою "ВН", він буде знижувальним, а якщо обмоткою "НН" – підвищувальним.

Коефіцієнт трансформації трансформатора – величина, що визначає, у скільки разів трансформатор підвищує або знижує подану на первинну обмотку напругу.

Номинальні дані трансформатора – електричні величини, які характеризують номінальний режим його роботи.

Режим короткого замикання трансформатора – режим, при якому первинна обмотка трансформатора знаходиться під номінальною напругою, а вторинна його обмотка замкнута накоротко. В умовах експлуатації режим аварійний.

Силовий трансформатор – статичний (без рухомих частин) електромагнітний апарат, в якому змінний струм однієї напруги перетворюється у змінний струм другої напруги тієї ж частоти.

Холостий хід трансформатора – режим роботи, при якому вторинна обмотка розімкнута (споживач не підключений), а на первинну обмотку подається номінальна напруга, і струм у ній не перевищує декількох відсотків від номінального.

## Електричні машини

Асинхронний двигун – машина змінного струму, частота обертання ротора якої менша за частоту обертання магнітного поля статора (обертається асинхронно) і залежить від навантаження.

Генератор постійного (або змінного) струму – електроустановка, яка виробляє (генерує) електричну енергію. Машинний генератор перетворює механічну енергію в електричну.

Електрична машина – машина, в якій відбувається перетворення механічної енергії в електричну, або навпаки – перетворення електричної в механічну.

Електричний двигун – машина, в якій відбувається перетворення електричної енергії в механічну.

Зовнішня характеристика генератора – залежність його напруги від навантаження (сили струму якоря) при постійних значеннях:

- а) сили струму збудження ( $I_3$ ) і частоти обертання ротора ( $n$ ) – для генератора постійного струму:  $U=F(I)$  при  $I_3=\text{const}$  і  $n=\text{const}$ ;
- б) сили струму збудження ( $I_3$ ), частоти обертання ротора ( $n$ ) і коефіцієнта потужності ( $\cos\varphi$ ) (при активному, індуктивному, ємнісному характері навантаження) – для синхронного генератора:  $U=F(I)$  при  $I_3=\text{const}$ ,  $n=n_n=\text{const}$ ,  $\cos\varphi=\text{const}$ .

Комутація струму – сукупність всіх явищ, пов'язаних зі зміною величини і напрямку струму в секціях обмотки якоря машин постійного струму при переході його з однієї паралельної вітки в іншу під час їх перемикання щітками.

Номінальна потужність електричних машин і трансформаторів:

- а) для генераторів постійного струму – корисна (активна) електрична потужність, тобто та, що подається в мережу,  $P_n=[\text{кВт}, \text{Вт}]$ ;
- б) для генераторів змінного струму – повна потужність при номінальному коефіцієнті потужності ( $\cos\varphi$ ),  $S_n=[\text{кВА}, \text{ВА}]$ ;
- в) для силових трансформаторів – повна потужність їх вторинної обмотки,  $S_n=[\text{кВА}, \text{ВА}]$ ;
- г) для електродвигунів – корисна (активна) потужність на його валу,  $P_n=[\text{кВт}, \text{Вт}]$ ;
- д) для синхронних компенсаторів – реактивна потужність на виході (на затискачах),  $Q=[\text{квар}, \text{вар}]$ .

Номінальна частота обертання електромашини – частота обертання (швидкість), яка відповідає роботі машини при її номінальних параметрах (напруги, потужності, обертового моменту, частоти змінного струму тощо).

Номінальні дані електричної машини – технічні дані (напруга, сила струму, потужність, частота обертання тощо), на які розрахована машина в номінальному режимі роботи. Вказуються підприємствами-виробниками в технічному паспорті і на щитку машини.

Оборотність електричних машин – властивість електричних машин змінювати напрям перетворюваної ними енергії, що дає їм змогу працювати як генераторами, так і двигунами.

Реакція якоря – вплив магнітного поля якоря машини постійного струму (під час навантаження) на основне магнітне поле машини (системи збудження) й викривлення його.

Реверсування двигуна – зміна напрямку обертання ротора двигуна.

Робоча характеристика двигуна – залежність від корисної потужності ( $P_2$ ) на валу двигуна:

- а) частоти обертання ( $n$ ), обертового моменту ( $M$ ), струму, який споживається ( $I$ ), коефіцієнта корисної дії ( $\eta$ ) за умов, що величини підведеної напруги ( $U$ ) і сила струму збудження ( $I_3$ ) будуть постійними – для двигуна постійного струму ( $n, M, I, \eta = F(P_2)$  при  $U = \text{const}, I_3 = \text{const}$ );
- б) коефіцієнта потужності ( $\cos\varphi$ ) та величин, перелічених у пункті "а", зокрема  $n, M, I, \eta$  за умов, що величини підведеної напруги ( $U$ ), сили струму збудження ( $I_3$ ) і частоти змінного струму ( $f$ ) будуть постійними – для синхронних двигунів ( $n, M, I, \eta, \cos\varphi = F(P_2)$  при  $U = \text{const}, I_3 = \text{const}, f = \text{const}$ );
- в) величин  $n, M, I, \eta, \cos\varphi$  за умов, що величини підведеної напруги ( $U$ ) і частоти змінного струму ( $f$ ) будуть постійними – для асинхронних двигунів ( $n, M, I, \eta, \cos\varphi = F(P_2)$  при  $U = \text{const}, f = \text{const}$ ). Іноді замість частоти обертання,  $n = F(P_2)$  будують криву ковзання,  $s = F(P_2)$ .

Синхронна машина – машина змінного струму, в якій частота обертання ротора і магнітного поля статора однакові за величиною (обертаються синхронно); швидкість обертання ротора (частота обертання) залежить від частоти змінного струму і кількості пар полюсів машини.

Синхронний компенсатор – синхронний двигун, який експлуатується на холостому ходу в режимі перезбудження, використовується як генератор реактивної потужності для підвищення коефіцієнта потужності ( $\cos\varphi$ ) електроустановок.

#### Електропривод

Електропривод – електромеханічна система (сукупність електродвигуна, передавального механізму, системи управління, сигналізації і контролю) для приведення в дію виконавчого механізму.

Механічна характеристика електродвигуна – основна характеристика будь-якого електродвигуна, яка визначає його експлуатаційні можливості; показує залежність частоти обертання ротора ( $n$ ) від обертового моменту ( $M$ ) вала ротора при незмінних величинах:

- а) струму збудження ( $I_3$ ) і напруги живлення ( $U$ ) – для двигуна постійного струму:  $n = F(M)$  при  $I_3 = \text{const}, U = \text{const}$ ;
- б) напруги живлення ( $U$ ), частоти змінного струму ( $f$ ) – для асинхронного двигуна,  $n = F(M)$  при  $U = \text{const}, f = \text{const}$ ;
- в) струму збудження ( $I_3$ ), напруги живлення ( $U$ ), частоти обертання ротора ( $n$ ) – для синхронного двигуна,  $M = F(P_2)$  при  $I_3 = \text{const}, n = \text{const}, U = \text{const}$ , де  $P_2$  – корисна потужність.

Механічна характеристика робочого механізму – залежність частоти обертання ( $n$ ) від моменту навантаження механізму ( $M_c$ ) приведенного до валу двигуна,  $n = F(M_c)$ , де  $M_c = \frac{M_n}{\eta_{MEK}}$  ( $M_n$  – номінальний момент обертання двигуна;  $\eta_{MEK}$  – коефіцієнт корисної дії редуктора).

Навантаження електричної машини – потужність, яку розвиває (віддає) електрична машина в даний момент часу.

Номінальна частота обертання електричної машини (номінальна швидкість обертання) – частота обертання, яка відповідає роботі машини при її номінальних параметрах,  $U_n$ ,  $I_n$ ,  $M_n$  тощо.

Номінальний режим роботи електродвигуна – режим роботи, передбачений підприємством-виробником. Основні види номінальних режимів: тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний.

*Тривалий* – режим роботи, в якому електродвигун тривалий час може працювати при потужності, яка не перевищує номінальної.

*Короткочасний* – режим роботи, в якому температура електродвигуна за обмежений період роботи (стандартний: 15, 30, 60, 90 хвилин) з номінальним навантаженням не встигає досягти усталеного значення, а за період зупинки досягає температури навколишнього середовища.

*Повторно-короткочасний* – режим роботи характеризується послідовними змінами роботи з номінальним навантаженням і періодами відключення двигуна. За стандартом робочий цикл (робота – пауза) не повинен перевищувати 10 хвилин при тривалості вмикання (роботи) – 15, 25, 40, 60% від стандартного робочого циклу. Температура двигуна не досягає усталеного значення, а за період паузи не встигає охолонути до температури навколишнього середовища.

Перевантажувальна здатність електродвигуна – фізична межа потужності електродвигуна; величина, якою визначається допустиме короткочасне перевантаження двигуна; співвідношення максимального (допустимого) і

номінального моментів обертання двигуна  $\lambda = \frac{M_{max}}{M_n}$

Розрахункова потужність – потужність, за якою здійснюється розрахунок необхідних параметрів.

Усталений режим роботи електродвигуна – робота при незмінній частоті обертання (швидкості обертання),  $n = \text{const}$ .

Установлена потужність – сума номінальних потужностей споживача.

### Виробництво, розподіл та споживання електричної енергії

Електрична лінія – система проводів (без відгалужень) для передачі електроенергії.

Електрична система – складова частина електроенергосистеми, яка містить джерела електроенергії, розподільні установки, підстанції, лінії електропередач і електроспоживачі.

Електричні мережі – сукупність підстанцій, розподільних пристроїв та з'єднувальних електричних ліній, розміщених на певній території (району, населеного пункту споживача електроенергії).

Електроенергосистема – сукупність електростанцій, підстанцій, ліній електропередач, споживачів, які пов'язані між собою спільним режимом роботи, безперервністю процесу виробництва і розподілу електричної та теплової енергії.

Електростанція – комплекс споруд, електротехнічного обладнання, де виробляється електроенергія за рахунок перетворення інших видів енергії. Типи електростанцій – гідравлічні, теплові, атомні, вітрові, сонячні, геотермальні та ін.

Лінії електропередач (ЛЕП) – електроустановки (лінії), які передають електроенергію від електростанцій до споживачів; як правило, високовольтні.

Підстанція – електроустановка для перетворення або розподілу електроенергії. Залежно від призначення бувають: трансформаторні, перетворювальні, тягові.

Розподільні пристрої (пункти) – електроустановки для приймання та розподілу електроенергії без трансформації та перетворення.

**СИМВОЛИ ВЕЛИЧИН ТА ЇХ ОДИНИЦЬ ВИМІРУ**  
*позначені відповідно до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (International Electrotechnical Commission– IEC) 60027-1*

Таблиця

№ п/п	Величини				Одиниці виміру		
	Назва	Основне позначення	Назва літери у грецькому алфавіті	Назва літери у латинському алфавіті	Назва	Позначення	
						Міжнародна система одиниць (SI – <i>Système International d'Unités</i> )	Укр.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Активна потужність в колах змінного струму	P	ро	пе	ват	W	Вт
2	Густина струму	j	–	йот, йота	ампер на квадратний міліметр	A/mm <sup>2</sup>	A/мм <sup>2</sup>
3	Допустима перевантажувальна здатність	$\Lambda_M$ (з індексом ем)	лямбда	–	–	–	–
4	Електрична ємність	C	–	це	фарада	F	Ф
5	Електрична напруга (потенціал, електрорушійна сила)	U	–	у	вольт	V	В
6	Електрична провідність (для постійного струму)	G	–	ге	сименс	S	См
7	Електричний (омічний) опір	R	–	ер	ом	$\Omega$	Ом
8	Індуктивний (реактивний) опір	$X_L$ (з індексом ель)	хі	ікс	ом	$\Omega$	Ом
9	Індуктивність	L	–	ель	генрі	H	Гн

ена

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
24	Номинальний обертовий момент електродвигуна	$M_n$ (з індексом ен)	мі	ем	ньютон - метр	$N \cdot m$	$H \cdot m$
25	Питома електропровідність	$\gamma$	гамма	–	сименс на метр	$S/m$	$Cm/m$
26	Питомий електричний опір матеріалу	$\rho$	ро	–	ом - квадратний міліметр на метр	$\Omega \cdot mm^2/m$	$Om \cdot mm^2/m$
27	Повна потужність в колах змінного струму	$S$	–	ес	вольт-ампер	$V \cdot A$	$B \cdot A$
28	Повний опір у колах змінного струму	$Z$	–	зета	ом	$\Omega$	$Om$
29	Реактивна потужність в колах змінного струму	$Q$	–	ку	вар (вольт-ампер реактивний)	$Var$	$Var$
30	Реактивний опір ємності	$X_c$ (з індексом це)	хі	ікс	ом	$\Omega$	$Om$
31	Сила електричного струму	$I$	йота	і	ампер	$A$	$A$
32	Температурний коефіцієнт електричного опору	$\alpha$	альфа	а	кельвін	$K^{-1}$	$K^{-1}$
33	Фазна напруга	$U_\phi$ (з індексом еф)	–	у	вольт	$V$	$B$
34	Фазний струм	$I_\phi$ (з індексом еф)	йота	і	ампер	$A$	$A$
35	Частота змінного струму	$f$	–	еф	герц	$Hz$	$Гц$
36	Швидкість (частота) обертання електродвигуна	$n$	–	ен	оберти за хвилину	$rpm$	об/хв



## ДОДАТКИ

### Додаток А

**Допустимі тривалі струмові навантаження на проводи і кабелі з гумовою ізоляцією у свинцевій, металевій і пластмасовій оболонках при температурі навколишнього середовища 25<sup>0</sup> С**

Переріз проводу, мм <sup>2</sup>	Неізольовані проводи з прокладкою				Проводи з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з прокладкою				Проводи і кабелі з гумовою ізоляцією у свинцевій, металевій і пластмасовій оболонці з прокладкою у повітрі			
	поза приміщенням		всередині приміщення		відкритою		чотири проводи в одній трубі		двожильні		трьохжильні	
	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній
0,50	–	–	–	–	11	–	–	–	–	–	–	–
0,75	–	–	–	–	15	–	–	–	–	–	–	–
1,0	–	–	–	–	17	–	14	–	–	–	–	–
1,5	–	–	–	–	23	–	16	–	19	–	19	–
2,5	–	–	–	–	30	24	25	19	27	21	25	19
4	50	–	25	–	41	32	30	23	38	29	35	27
6	70	–	35	–	50	39	40	30	50	38	42	32
10	95	80	60	50	80	55	50	39	70	55	55	42
16	130	105	100	75	100	80	75	55	90	70	75	60
25	180	135	135	165	140	105	90	70	115	90	95	75
35	220	170	170	135	170	130	115	85	140	105	120	90
50	270	215	215	165	215	165	150	120	175	135	145	110
70	340	265	270	210	270	210	185	140	215	165	180	140
95	415	320	335	255	330	255	225	175	260	200	220	170
120	485	375	395	300	385	295	260	200	300	230	260	200
150	570	440	465	360	440	340	–	–	350	270	305	235
185	640	500	530	415	510	390	–	–	405	310	350	270
240	760	600	685	495	605	465	–	–	–	–	–	–
300	880	685	740	575	695	535	–	–	–	–	–	–
400	1500	825	895	700	830	645	–	–	–	–	–	–

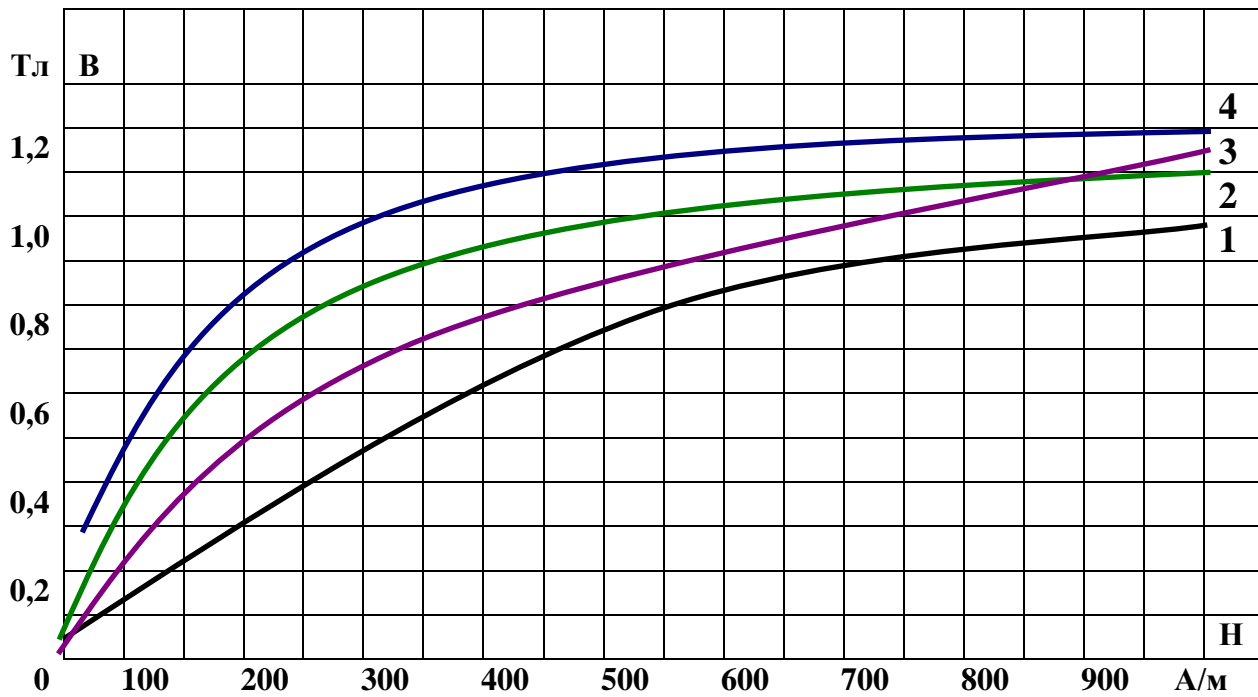
## Додаток Б

### Питомі втрати напруги у двопровідній лінії постійного або змінного струму (при $\cos \varphi = 1$ )

Переріз проводу, мм <sup>2</sup>	Питомі втрати, $\frac{\%}{\text{кВт} \cdot \text{км}}$ , при напрузі							
	220		127		110		36	
	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній	мідь	алюміній
1,0	77,7	–	233,0	–	311,0	–	2,90	
1,5	51,7	–	155,0	–	206,0	–	1,93	
2,5	31,1	52,8	93,3	158,0	125,0	213,0	1,16	1,9
4,0	19,2	33,1	57,9	99,3	76,8	132,0	0,717	1,2
6,0	12,7	22,0	38,1	66,0	50,6	88,0	0,472	0,8
10	7,61	13,2	22,8	39,6	30,4	52,8	0,284	0,4
16	4,96	8,18	14,9	24,5	19,8	32,7	0,185	0,3
25	3,06	5,29	9,18	15,9	12,2	21,2	0,114	0,1
35	2,23	3,80	6,69	11,4	8,93	15,2	0,083	0,1
50	1,61	2,64	4,83	7,92	6,45	10,6	0,060	0,0
70	1,16	1,90	3,48	5,70	4,63	7,60	0,043	0,0
95	0,827	1,45	2,48	4,35	3,31	5,62	0,031	0,0
120	–	1,15	–	3,45	–	4,46	–	

## Додаток В

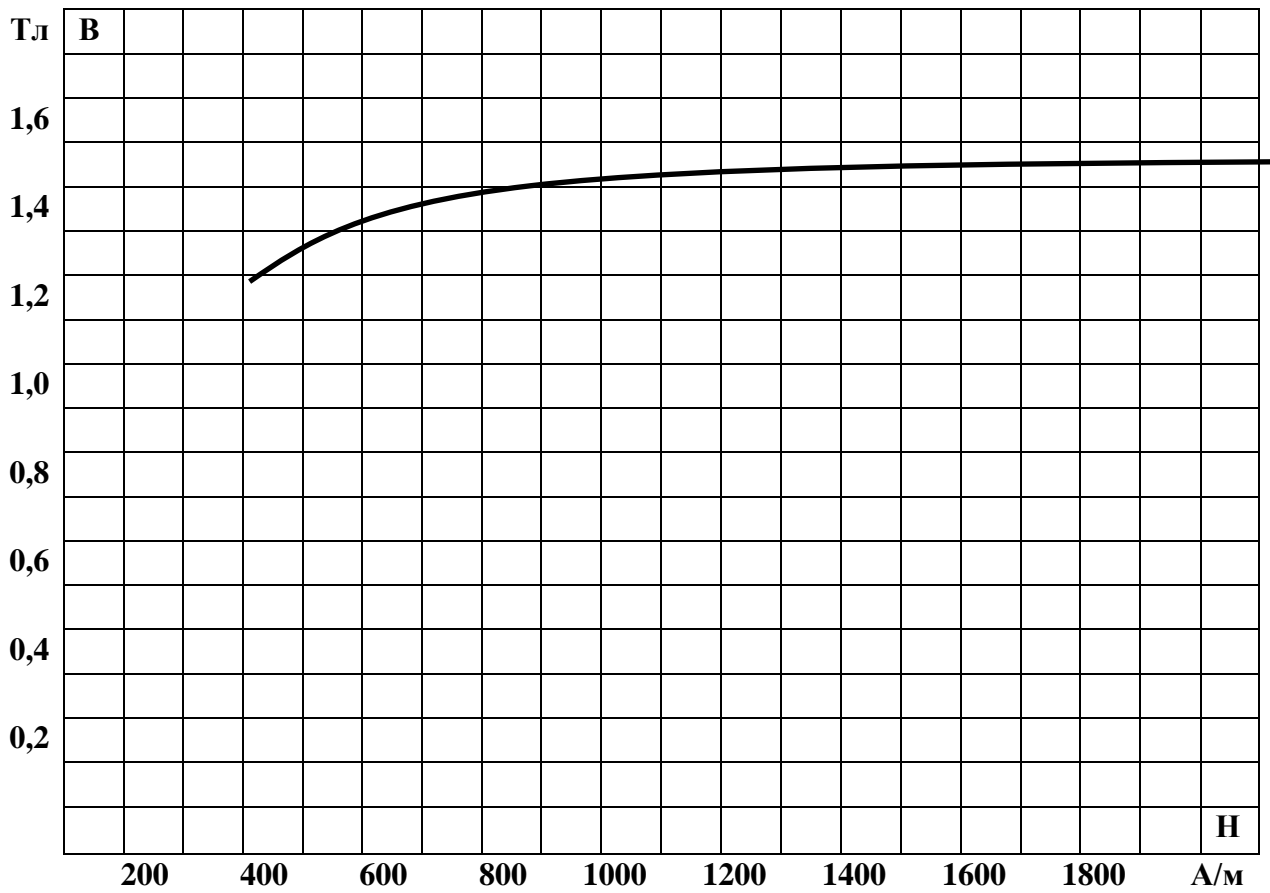
### Криві намагнічування сталей



- 1 – лита сталь;
- 2 – листовая електротехнічна сталь 1512 (гарячекатана);
- 3 – листовая електротехнічна сталь 1212 (гарячекатана);
- 4 – листовая електротехнічна сталь 1410 (гарячекатана).

## Додаток Г

### Криві намагнічування нікелевого пермалою 50 НІ



## Додаток Д

### Основні технічні дані асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором серії АО2

№ п/п	Тип електродвигуна	$P_H$ , кВт	$P_{H,1}$ , хв. <sup>-1</sup>	$\eta_H$	$\lambda$
1	АО2-51-2-СХ	10	2940	0,885	2,5
2	АО2-41-2-СХ	5,5	2900	0,83	2,3
3	АО2-42-2-СХ	7,5	2910	0,85	2,5
4	АО2-31-4-СХ	2,2	1430	0,79	2,5
5	АО2-41-4-СХ	4	1450	0,83	2,3
6	АО2-42-4-СХ	5,5	1450	0,85	2,3













## Додаток Ж

### Основні технічні дані асинхронних двигунів для короткочасного режиму роботи

Величина	Тип електродвигуна	Число полюсів	Потужність на валу, <i>кВт</i>	Режим роботи, <i>хв.</i>	Швидкість обертання, <i>об/хв.</i>	Струм статора, <i>А,</i> при напрузі, <i>В</i>		<i>cos φ</i>
						220	380	
1	МАП 111-4/12	4	1,4	30	1390	8,5	4,9	0,65
2	МАП 112-4/12	4	3	30	1350	12,6	7,3	0,83
3	МАП 211-4/12	4	5	30	1400	23,2	13,4	0,73
4	МАП 311-4/12	4	7,5	30	1360	28,3	16,3	0,88
5	МАП 311-4/4	4	10,5	30	1360	24,5 42,5	1 24,5	0,83
6	МАП 411-4/12	4	16	30	1390	57	33	0,89

### Додаток 3

#### Основні технічні дані асинхронних електродвигунів серії МАП для повторно-короткочасного режиму роботи

Верхня синхронна швидкість, <i>об/хв.</i>	Величина	Тип електродвигуна	Число полюсів	Потужність на валу, <i>кВт</i>	Режим роботи, %	Швидкість обертання, <i>об/хв.</i>	Струм статора, <i>A</i> , при напрузі, <i>B</i>		<i>cos φ</i>	З'єднання фаз обмотки статора при напрузі, <i>B</i>	
							220	380		220	380
1500	1	МАП 111-4	4	3	25	1275	13,8	8,3	0,81	Δ	
		МАП 111-4	4	1,3	40	1365	6,2	3,6	0,70	Δ/ 	 
	2	МАП 211-4	4	3,6	40	1380	14,5	8,4	0,84	 / 	 / 
	3	МАП 311-4	4	6	40	1400	23	13,6	0,85	 / 	 / 

## Додаток І

### Трансформатори типу ТМ і ТМН

Номінальна потужність, кВА	Верхня межа номінальних напруг, кВ		Втрати, кВт			Напруга КЗ, % від номінальної напруги	Струм ХХ, % від номінального струму
			Холостого ходу		Короткого замикання (КЗ)		
	(ВН)	(НН)	Рівень А	Рівень Б			
25	10; 6	0,4; 0,23	0,105	0,125	0,6	4,5	3,2
40	10; 6	0,4; 0,23	0,15	0,85	0,88	4,5	3,0
63	10; 6	0,4; 0,23	0,22	0,26	1,28	4,5	2,8
100	35; 10; 6	0,4; 0,23	0,31	0,36	1,97	6,5 – 4,5	2,6
160	35; 10; 6	0,69; 0,4; 0,23	0,46	0,54	2,65	6,5 – 4,5	2,4
250	35; 10; 6	0,69; 0,4; 0,23	0,66	0,78	3,7	6,5 – 4,5	2,3
400	35; 10; 6	0,69; 0,4; 0,23	0,92	1,08	5,5	6,5 – 4,5	2,1
600	35; 10; 6	3,15; 0,69; 0,4; 0,23	1,42	1,68	7,6	6,5 – 4,5	2,0



## ВІДПОВІДІ

### 1. ПОСТІЙНИЙ СТРУМ ТА КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

#### 1.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

##### 1.2.1. Теплова дія струму

**Вибрати правильні твердження із запропонованих**

1. б; в; г.
2. а; в.
3. а.
4. а.
5. б; г.
6. б.
7. в.
8. а.

##### 1.2.2. Втрата напруги в проводах

- I. 1-в; 2-б; 3-а.
- II. а-1; б-3; в-3.
- III. г.
- IV. в.
- V. в.

**Вибрати правильне твердження із запропонованих**

- VI. б.
- VII. б.
- VIII. від I та R.
- IX. а-2; б-3; в-4; г-1.
- X. б.
- XI. б.
- XII. в; г.

### 1.3. ТЕСТИ

ТЕСТ № 1.3.1-585

1.	58
2.	19
3.	48
4.	67
5.	60
6.	18
7.	77
8.	47
9.	61
10.	76
11.	54
<b>Всього:</b>	<b>585</b>

ТЕСТ № 1.3.2-95

**Розрахунок перерізу проводів за даною величиною максимально припустимої втрати напруги (алгоритм розрахунку)**

1.	1
2.	9
3.	10
4.	16
5.	4
6.	6
7.	25
8.	24
<b>Всього:</b>	<b>95</b>

**1.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ**

Провідники при проходженні по ним електричного струму нагріваються, тобто відбувається перехід *електричної енергії* у *теплову*, що математично відображається законом *Ленца-Джоуля*.

Температура нагрівання залежить від багатьох факторів, основними з яких є:

- тривалість і циклічність *дії струму*;
- температура *навколишнього середовища*;
- матеріал *струмопровідних проводів*;
- вид і характеристика *ізоляції*.

У проводах лінії електропередач нагрівання пов'язане з некорисною *витратою електроенергії*, а при великій силі струму може створювати *аварійні ситуації*, виникнення *пожежі*.

З метою економії провідникового *матеріалу* бажано, щоб провідник був навантажений струмом *максимальної* величини.

Максимально припустима сила струму це така, при якій встановлюється *найбільш припустима* температура проводу, яка залежить від *стійкості до нагрівання* його ізоляції та способу *прокладання*.

Максимально припустимі для даної сили струму (навантаження) площа поперечного перерізу провідника залежно від його *прокладання* на практиці визначається за допомогою таблиць *припустимих струмових навантажень* на проводи і кабелі.

Провідник вибирають такого стандартного поперечного перерізу, щоб його максимально припустима *сила струму* дорівнювала *розрахунковій* або була *більшою*.

**1.5. ЗАДАЧІ**

ЗАДАЧА № 1.5.1 1; 4.

ЗАДАЧА № 1.5.2 3; 4.

ЗАДАЧА № 1.5.3 5.

ЗАДАЧА № 1.5.4 г.

ЗАДАЧА № 1.5.5 до I варіанту:  $P = 10,56 \text{ кВт}$ ;  $\eta = 0,53$ ;  $W = 1,4 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ .

до II варіанту:  $I = 33,7 \text{ А}$ ;  $R = 6,5 \text{ Ом}$ ;  $W = 1,23 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ .

З урахуванням кількості використаної електроенергії другий варіант більш ефективний.

ЗАДАЧА № 1.5.6 до I варіанту:  $P = 1,25 \text{ кВт}$ ;  $A = 0,21 \text{ кВт}\cdot\text{Год}$ ;  $R = 38,7 \text{ Ом}$ ;  $I = 5,68 \text{ А}$ .

до II варіанту:  $\eta = 0,57$ ;  $R = 28,46 \text{ Ом}$ ;  $I = 7,73 \text{ А}$ .  $A = 0,45 \text{ кВт}\cdot\text{Год}$ .

З урахуванням кількості використаної електроенергії перший варіант більш ефективний.

ЗАДАЧА № 1.5.7 до I варіанту:  $U_{PE3} = 12В$ ;  $P_H = 12Вт$ ;  $P_{PE3} = 12Вт$ ;  $P_{заг} = 24Вт$ ;  $ККД = 0,5$ .  
до II варіанту:  $U_{PE3} = 4В$ ;  $P_H = 6Вт$ ;  $P_{PE3} = 4Вт$ ;  $P_{заг} = 10Вт$ ;  $ККД = 0,6$ .

Запропоновані схеми малоефективні.

ЗАДАЧА № 1.5.8 втрати напруги в двох проводах практично однакові.

ЗАДАЧА № 1.5.9 при  $t_1 = 25^0C$ ;  $W_T = 808,7$  ккал;  $R = 0,585$  Ом;  $\Delta U = 23,4$  В (10,6%);  
 $\Delta P = 936$  Вт (10,6%);  
при  $t_2 = 40^0C$ ;  $W_T = 857,1$  ккал;  $R = 0,62$  Ом;  $\Delta U = 24,8$  В (11,3%);  
 $\Delta P = 992$  Вт (11,3%).

ЗАДАЧА № 1.5.10 у завданні № 1 = 1,54; у завданні № 2 = 1; у завданні № 3 = 3.

ЗАДАЧА № 1.5.11 Алгоритм рішення для I варіанта.

1. Визначити допустиму втрату напруги

$$\Delta U_{IP} = U_1 - U_H; \Delta U_{IP} \% = \frac{(U_1 - U_H) \cdot 100}{U_1}$$

2. Звірити відповідність величини проектної втрати напруги з вимогами ПУЕ (правилами устрою електроустановок), відповідно до яких допустима втрата напруги для силових електроліній не повинна перевищувати  $\pm 5\%$ .

3. Визначити дійсну величину втрат напруги в лінії із заданою величиною перерізу (S).

$$\Delta U = \frac{2P \cdot l}{U \cdot \gamma \cdot S}; \quad \Delta U \% = \frac{2P \cdot l \cdot 100}{U^2 \cdot \gamma \cdot S}$$

4. Якщо дійсна величина втрат напруги  $\Delta U$  перевищує допустиму, знайти необхідну величину поперечного перерізу при допустимій втраті напруги.

$$S = \frac{2P \cdot l}{\Delta U \cdot \gamma \cdot U} \quad \text{або} \quad S = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\Delta U \% \cdot \gamma \cdot U_1}, \text{ де } U_1 - \text{напругу на початку лінії.}$$

5. Обрати за таблицею "Допустимі тривалі струмові навантаження на проводи і кабелі" максимально наближений до отриманого результату стандартний переріз проводу [Додаток А].

6. З метою перевірки проводу на припустиме нагрівання визначити силу струму в лінії

$$I = \frac{P}{U_1}$$

7. За таблицею "Допустимі тривалі струмові навантаження на проводи і кабелі" перевіряємо правильність вибору перерізу [Додаток А].

$$I \leq I_{\text{припустимі}}$$

Алгоритм рішення для II варіанта.

1. Дивитися пункти 1, 2 першого варіанту.

2. Визначити момент навантаження лінії

$$M = P \cdot \ell \text{ (кВт} \cdot \text{км)}$$

3. Визначити допустиму втрату напруги на 1 кВт·км

$$\frac{\Delta U_{\text{ДОПУСТИМА}}}{M} (\%)$$

4. З табл. "Питомі втрати напруги у двопровідній лінії постійного або змінного струму (при  $\cos\varphi = 1$ )" [Додаток Б] обираємо необхідну величину перерізу проводу.

5. Див. п.6 I-го варіанту.

6. Див. п.7 I-го варіанту.

## 2. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

### 2.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.

2.2.1.

а	1	2	2
б	2	1	1

2.2.2.

а	2	1	1
б	1	2	2

2.2.3. а – 1, 4; б – 2, 3; в – 1, 3; в – 2, 4.

Вибрати правильний варіант твердження із запропонованих

2.2.4.

а	б	в	г	д
2	1	2	1	1

### 2.3. ТЕСТИ

ТЕСТ № 2.3.1-331

1.	18
2.	37
3.	38
4.	21
5.	81
6.	13
7.	12
8.	4
9.	22
10.	85
<b>Всього:</b>	<b>331</b>

### 2.4. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 2.4.1 до I варіанту:  $B = 1$  Тл;  $H = 750$  А/м;  $I = 1.6$  А;  $F = 400$  Ав.

до II варіанту:  $\Phi = 18 \cdot 10^{-4}$  Вб;  $H = 450$  А/м;  $I = 0,96$  А;  $F = 240$  Ав.

ЗАДАЧА № 2.4.2 для осердя, виготовленого із листової електротехнічної сталі 1212:  
 $\Phi = 30 \cdot 10^{-4}$  Вб;

для осердя, виготовленого із нікелевого пермалою 50 НП:  
 $\Phi = 36 \cdot 10^{-4}$  Вб.

ЗАДАЧА № 2.4.3 варіант а:  $I = 1,72\text{А}$ ;  $L = 0,94\text{ Гн}$ ;  $P = 61,9\text{ Вт}$ ;  
 варіант б:  $I = 3,3\text{ А}$ ;  $L = 0,49\text{ Гн}$ ;  $P = 118,8\text{ Вт}$ ;  
 варіант в:  $I = 7,3\text{А}$ ;  $L = 0,22\text{ Гн}$ ;  $P = 262,8\text{ Вт}$ ;  
 $P_A < P_B < P_V$ .

### 3. ЗМІННИЙ СТРУМ ТА КОЛА ЗМІННОГО СТРУМУ

#### 3.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.

3.2.1.

а	2	2
б	3	1
в	1	3

3.2.2. а-2; б-1.

3.2.3. а-1; б-2.

Які із запропонованих стверджень неправильні?

3.2.4. в.

3.2.5. а; в.

3.2.6. в.

Виберіть правильний варіант відповіді із запропонованих.

3.2.7. в.

### 3.3. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 3.3.1-141

1.	5
2.	15
3.	4
4.	80
5.	37
<b>Всього:</b>	<b>141</b>

#### ТЕСТ № 3.3.2-149

1.	31
2.	12
3.	63
4.	43
<b>Всього:</b>	<b>149</b>

### 3.4. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 3.4.1 варіант б.

ЗАДАЧА № 3.4.2  $\cos\varphi = 0,94$ ;  $W_A = 4,2\text{ кВт}\cdot\text{год}$ ;  $W_P = 1,4\text{ квар}\cdot\text{год}$ .

ЗАДАЧА № 3.4.3  $\cos\varphi = 0,5$ , електроустановка дуже енергоємна (неефективна).

ЗАДАЧА № 3.4.4  $\Delta P = 1,7\text{ кВт}$ .

ЗАДАЧА № 3.4.5  $S = 5,78\text{ кВА}$ ;  $P = 4,65\text{ кВт}$ ;  $Q = 3,48\text{ квар}$ ;  $\cos\varphi = 0,8$ .

ЗАДАЧА № 3.4.6  $\cos\varphi_A = 0,92 > \cos\varphi_B = 0,87$ .

ЗАДАЧА № 3.4.7 до підключення:  $P = 0,62\text{ кВт}$ ;  $Q = 1\text{ квар}$ ;  $S = 1,22\text{ кВА}$ ;  $\cos\varphi = 0,51$ ;  
 $I = 5,57\text{ А}$ ;

після підключення:  $P = 0,62\text{ кВт}$ ;  $Q = 0,2\text{ квар}$ ;  $S = 0,65\text{ кВА}$ ;  $\cos\varphi = 0,95$ ;  
 $I = 2,97\text{ А}$ ;  $G = 56,1\text{ мкФ}$ ;  $Q_{\text{КОМ}} = 0,85\text{ квар}$ .

ЗАДАЧА № 3.4.8 запропонована проектна величина ємності не виправдовує себе; необхідний опір кола повинен бути  $Z = 264 \text{ Ом}$ , необхідний опір конденсатора  $X_C = 219,6 \text{ Ом}$ , необхідна ємність конденсатора повинна бути  $14,5 \text{ мкФ}$ .

ЗАДАЧА № 3.4.9

Показники електричної установки до компенсації				Результати компенсації								
				Показники компенсаторів				Показники електричної установки				
$P_H$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА	$\cos \varphi$	$C$ , мкФ	$Q_K$ , квар	$\Delta P_K$ , кВт	$S$ , кВА	$I$ , А	$P$ , кВт	$Q$ , квар	$S$ , кВА	$\cos \varphi$
15	20	25	0,6	200	9,07	0,45	9,08	48,84	15	10,7	18,5	0,8
				300	13,6	0,68	13,63	42,91	15	6,3	16,3	0,92
				400	18,1	0,9	18,3	39,77	15	1,73	15,1	0,99
				500	22,6	1,1	22,7	40,1	15	3,0	15,2	0,98
				600	27,6	1,3	27,2	43,7	15	7,1	16,6	0,9

ЗАДАЧА № 3.4.10  $S = 35 \text{ мм}^2$ .

#### 4. ТРАНСФОРМАТОРИ 4.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Укажіть які із запропонованих стверджень неправильні

4.2.1. в; г.

Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.

4.2.2.

а	1	2	1	1
б	2	1	2	2

Виберіть правильні варіанти відповідей із запропонованих.

4.2.3. а; б.

Із наданих висловів сформулювати правильні твердження.

4.2.4.

а	1	2
б	2	1

Виберіть правильний варіант відповідей.

4.2.5. а; г.

4.2.6. г.

4.2.7. б.

Визначити надані величини необхідними математичними виразами

4.2.8. а – 2, 7, 8; б – 1; в – 4; г – 3, 5, 6.

4.2.9. а – 4; б – 8; в – 9,3; г – 1; д – 10; е – 2,6; ж – 5,7.

Виберіть правильний варіант відповіді із запропонованих

4.2.10. а.

4.2.11. А – 2; Б – 1; В – 2; Г – 1; Д – 2.

4.2.12. Із наданих висловів сформулювати правильні твердження

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	12	1	3	5	2	13	11	7	6	9	8	14	10	16	17	15	18

### 4.3. ТЕСТИ

Тест № 4.3.1-572

1.	33
2.	60
3.	4
4.	90
	3
	17
5.	6
	25
	2
6.	70
7.	5
8.	42
9.	8
	46
10.	9
11.	24
12.	26
13.	27
14.	56
15.	19
<b>Всього:</b>	<b>572</b>

### Тест 4.3.2 – 265

1.	21
2.	12
3.	23
4.	4
5.	33
6.	15
7.	6
8.	36
9.	37
10.	9
11.	39
12.	30
<b>Всього:</b>	<b>265</b>

### 4.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

Втрати енергії в трансформаторах відбуваються в *обмотках* трансформатора. Це так звані *електричні* втрати. Втрати в *магнітопроводі* – це *магнітні* втрати. У магнітопроводі енергія витрачається на *перемагнічування* (гістерезис) і на *вихрові струми*. Потужність цих втрат залежить від величини *магнітної індукції*, а також *частоти* змінного струму. Однак не залежить від *навантаження* трансформатора. Тому дані втрати називають *сталими*, але вони різко *зростають*, якщо подати на *первинну обмотку* напругу *більше* номінальної.

Величина основних втрат потужності в магнітопроводі *пропорційна* квадратам *магнітної індукції* й *підведеної напруги*.

Зменшення втрат потужності на гістерезис в силових трансформаторах досягається використанням для магнітопроводу *електротехнічної* сталі марок *E41, E42, E43*, які відносяться до *магнітом'яких* матеріалів.

Для зменшення втрат потужності на вихрові струми *магнітопровід* електричних машин і апаратів виготовляють із *тонких листів* електротехнічної *сталі* товщиною порядку *0,35 – 0,5* мм, а також використовують легування сталі *кремнієм* у діапазоні *1...4%*.

Крім основних втрат в магнітопроводі існують додаткові, величина яких залежить від *якості* складання *магнітопроводу* і якості *обробки* торцевих поверхонь *пластин*.

Величина магнітних втрат визначається шляхом проведення досліду *холостого ходу*.

Втрати електричні (в міді) – це втрати в обмотках *трансформатора*, їх величина залежить від *навантаження* і пропорційна квадрату струму навантаження.

Величина електричних втрат визначається при проведенні досліду *короткого замикання*.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) трансформатора – це відношення *активної*, тобто *корисної потужності* до *активної потужності*, яку трансформатор *споживає*. Номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) визначається за результатами досліду *холостого ходу* та *короткого замикання*.

Максимальне значення коефіцієнта корисної дії (ККД) має місце при такому навантаженні, при якому втрати електричні стають *рівними* втратам *магнітним*.

Навантаження, при яких коефіцієнт корисної дії (ККД) трансформатора буде

максимальним, визначаються за формулою  $\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_m}{P_e}}$

#### 4.5. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 4.5.1 а – 3; б – 1; в – 2.

ЗАДАЧА № 4.5.2 а)  $S = 9968,1 \text{ мм}^2$ ;  $I = 652,2 \text{ А}$ ;

б)  $S = 2 \text{ мм}^2$ ;  $I = 13 \text{ А}$ .

ЗАДАЧА № 4.5.3  $\eta = 0,97$ ;  $P_2 = 16,53 \text{ кВт}$ .

ЗАДАЧА № 4.5.4

Варіант	$\beta$	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1	$\beta_{\max}$
1	$\eta, \%$	94,41	95,69	96,36	96,30	95,99	95,78	96,46
2	$\eta, \%$	95,30	96,40	97,00	96,97	96,73	96,58	97,04

ЗАДАЧА № 4.5.5

$\cos\varphi$	0,3	0,5	0,7	0,9	1
$\eta, \%$	95,76	97,41	98,14	98,55	98,69

ЗАДАЧА № 4.5.6

варіант	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	$K$	$I_{AB}, \text{ А}$	$I_{BC}, \text{ А}$	$I_{CD}, \text{ А}$
а	380	300	1,27	20	25,3	5,3
б	380	220	1,73	20	34,5	14,5
в	380	36	10,5	20	211,1	191,1



## 5. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

### 5.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

#### Керування частотою обертання двигунів

5.2.1.

А	Б	В	Г
а	3	1	4
б	4	3	2
в	2	4	1
г	1	2	3

5.2.2.

А	Б	В	Г	Д
а	1	2	1	1
б	2	1	2	2

**Укажіть неправильні відповіді**

5.2.3. а; б; г.

5.2.4. а; в.

5.2.5. а; в.

**Втрати потужності електричних машин постійного струму**

5.2.6. а-3; б-1; в-4; г-2.

5.2.7. а-2, 1; б-1, 2.

5.2.8. а, б.

5.2.9. а-4; б-1; в-3; г-2.

**Із наданих висловів сформулювати правильні твердження. Встановити причинно-наслідкові зв'язки і протиріччя між поняттями, зокрема: номінальна потужність і втрата потужності, габарити і маса машини. Обґрунтувати своє рішення даної проблеми з позиції економічної доцільності**

5.2.10.

А 1	Б-1	В-2	Г-2; 3
А 2	Б-2	В-1	Г-1

**Використовуючи умовні позначення величин, скласти текст-дослідження проблеми вдосконалення електричних машин**

5.2.11. Для підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) машин необхідно зменшити кількість тепла ( $W_T$ ), яке нагріває машину, що призведе до зменшення загальних втрат потужності ( $\Delta P$ ) машини.

Зменшити електричні втрати потужності ( $\Delta P_e$ ) можна шляхом зменшення сили струму ( $I$ ) в обмотках або опорі ( $R$ ).

Однак, зменшення сили струму ( $I$ ) призведе до зменшення потужності машини. Для зменшення опору обмоток необхідно збільшити поперечний переріз обмоток ( $S_{пр}$ ), що приведе до збільшення габаритів машини і її маси ( $m$ ).

Для зменшення магнітних втрат потужності ( $\Delta P_m$ ) необхідно зменшити потік магнітної індукції ( $\Phi$ ) або ж збільшити поперечний переріз феромагнітних матеріалів ( $S_{Fe}$ ), що приведе до збільшення маси ( $m$ ) машини і її розмірів.

Зменшення потоку магнітної індукції приведе до зменшення електрорушійної сили (ЕРС) машини, а отже і до зменшення потужності ( $P_H$ ).

У результаті збільшення поперечного перерізу феромагнітних матеріалів збільшиться маса машини та її розміри.

Отже, зменшення втрат потужності машини електричних ( $\Delta P_e$ ) і магнітних ( $\Delta P_m$ ) завжди пов'язане зі зменшенням номінальної потужності ( $P_n$ ) і збільшенням її розмірів і маси ( $m$ ).

Оскільки потужність ( $P_n$ ) машини обмежується її нагріванням, для вирішення даної проблеми можна ... (учні пропонують свої варіанти рішення).

### 5.3. ТЕСТИ

ТЕСТ № 5.3.1-331

1.	3
2.	13
	14
	15
3.	72
4.	2
5.	7
6.	52
7.	70
8.	18
9.	10
10.	32
11.	23
<b>Всього:</b>	<b>331</b>

ТЕСТ № 5.3.2-310

1.	35
2.	58
3.	28
4.	37
5.	38
6.	43
	46
7.	11
8.	12
9.	2
<b>Всього:</b>	<b>310</b>

ТЕСТ № 5.3.3-182

1.	24
2.	41
3.	42
4.	49
5.	26
<b>Всього:</b>	<b>182</b>

### 5.4. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ

У період експлуатації електричної машини виникнення іскріння під щитками механічного характеру зумовлене порушенням щільності прилягання *щіток* до *колектора* з

причин ослаблення натиску *щіток*, забруднення *робочої поверхні колектора*, появи виступаючих ізоляційних *пластин* та клиноподібних *мідних пластин*.

Електромагнітною причиною іскріння може бути замикання з'єднувальних *проводів* обмотки або замикання в одній з обмоток *збудження*, яку можна виявити за *підвищеним нагріванням* даної обмотки.

Для покращення умов комутаційних процесів використовують щітки:

- а) графітні – на *двигунах* і *генераторах* з полегшеними умовами *комутації* при *великій* густині струму і *великій* потужності;
- б) вугільно-графітні – на *електродвигунах* і *генераторах* з полегшеними умовами *комутації* при *малих* і *середніх* обертах машини;
- в) металографітні – на електричних машинах *низької напруги* до *100* вольт;
- г) електрографітовані – на тягових *електродвигунах*, а також на *генераторах* і *двигунах* з *середніми* і *ускладненими* умовами *комутації* при великих *оберткових швидкостях*.

Завищений натиск на щітки призводить до нагрівання *колектора* і швидкому *зносу* щіток і *колектора*, а занижений *сприяє* збільшенню *іскріння*.

Якщо рівна поверхня колектора темніє, а щітки не іскрять – це свідчить, що щітки занадто *тверді* або натискання щіток на колектор *завищена*.

Поява нехарактерного шуму при роботі електродвигуна свідчить про *недостатнє* змащення, несправність *підшипників*, їх *знос*, або ж *зачіпання лопаті* вентилятора за *корпус машини*.

## 5.5. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 5.5.1 у 1 варіанті 80,2А; 2,65 кВт; у 2 варіанті 56,8 А; 2,5 кВт.

ЗАДАЧА № 5.5.2 при 100% навантаженні  $P_1 = 13,9$  кВт;  $P_2 = 12$  кВт;  $n = 685$  об/хв;  $I = 63,4$  А;  $M = 167,3$  Н·м;  $\eta = 0,86$ ;  $\Delta P = 1,95$  кВт;  
при  $I_1 = 19$  А;  $P_1 = 4,18$  кВт;  $P_2 = 2,5$  кВт;  $n = 705$  об/хв;  $M = 33,8$  Н·м;  $\eta = 0,65$ ; навантаження = 30%;  $\Delta P = 1,68$  кВт.

ЗАДАЧА № 5.5.3 1. Змінити напрям струму в обмотці якоря або в обмотці збудження.  
2. У момент переключення в обмотці збудження струм збудження  $I_3 = 0$ , зникає протидія електрорушійній силі в обмотці якоря  $E = 0$  і якщо заздалегідь двигун не відключити від електромережі, він може опинитися в режимі короткого замикання.

ЗАДАЧА № 5.5.4 використання неефективне,  $\eta = 0,52$ .

ЗАДАЧА № 5.5. 5 15,4 кВт; 0,84; 2,4 кВт; 1,4 Ом.

## 6. АСИНХРОННІ МАШИНИ

### 6.2. ТЕСТИ

ТЕСТ № 6.2.1-405

1.	41
2.	61
	16
3.	71
4.	5
5.	94
6.	81
7.	17
8.	19
<b>Всього:</b>	<b>405</b>

## Тест № 6.6.2-380

1.	31
2.	63
3.	24
4.	45
5.	26
6.	2
7.	41
8.	36
9.	29
10.	49
	4
11	30
<b>Всього:</b>	<b>380</b>

## ТЕСТ № 6.2.3-342

1.	13
2.	34
3.	29
4.	19
5.	64
	47
6.	26
7.	38
8.	55
9.	17
<b>Всього:</b>	<b>342</b>

## ТЕСТ № 6.2.4-292

1.	14
2.	42
3.	2
4.	17
5.	20
6.	25
	35
7.	8
8.	49
9.	52
10.	28
<b>Всього:</b>	<b>292</b>

**6.3. ТЕХНІЧНИЙ ДИКТАНТ**

При недостатньому навантаженні асинхронного двигуна, його величина коефіцієнта потужності різко *зменшується*, а на холостому ході становить **0,2 – 0,3**, що пояснюється великим споживанням *реактивної* потужності, яка потрібна для *збудження магнітного поля*.

Магнітний потік статора зустрічає на своєму шляху між *статором* і *ротором* повітряний *зазор*, який збільшує *магнітний опір*, а отже, і споживану двигуном *реактивну* потужність.

Для підвищення коефіцієнта потужності двигуна повітряний **зазор** прагнуть зробити **мінімальним**, доводячи його величину для малопотужних двигунів до **0,3 міліметра** і не більшим за **2 – 2,5 міліметрів** для двигунів великої потужності.

На холостому ходу асинхронного двигуна величина його коефіцієнта потужності не більша **0,2 – 0,3**, тому що двигун споживає **реактивний** струм, який витрачається на створення **основного магнітного** потоку.

Зі збільшенням навантаження на валу двигуна його коефіцієнт потужності **збільшується**, внаслідок збільшення **активної** сили струму, досягаючи **максимального** значення при навантаженні **близького** до номінального.

При великих навантаженнях (перевантаженнях) **величина** коефіцієнту потужності **зменшується**, внаслідок сильного зростання **магнітного поля** розсіювання і **реактивна** складова сили струму зростає.

Максимальне значення коефіцієнта корисної дії двигуна досягається при його навантаженні, коли втрати потужності **магнітні** та втрати **механічні**, що не залежать від навантаження, будуть рівні за величиною **електричним** втратам потужності в обмотках ротора і статора, які залежать від величини навантаження.

## 6.4. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 6.4.1  $\eta = 0,87$ .

ЗАДАЧА № 6.4.2  $\Delta P = 0,56$  кВт.

ЗАДАЧА № 6.4.3  $\eta = 0,875$ ;  $\cos\varphi = 0,84$ .

ЗАДАЧА № 6.4.4 а) на холостому ходу асинхронні двигуни споживають майже чисто реактивний струм, який витрачається на створення магнітного поля машини, тому  $\cos\varphi$  низький (0,2 – 0,3);

б) при навантаженні асинхронних двигунів на 100% і більше їх  $\cos\varphi$  зменшується у зв'язку із зростанням реактивного опору обмотки ротора, а ККД зменшується з причин різкого зростання активної складової струму і відповідно зростання електричних втрат двигуна (змінні втрати (електричні) зі збільшенням сили струму навантаження зростають за квадратичним законом).

ЗАДАЧА № 6.4.5 Обмотка статора підключена на "трикутник" ( $\Delta$ ):  $P_1 = 40,23$  кВт;  $P_2 = 35$  кВт;  $I_\Delta = 72,85$  А;  $I_\Pi = 342,4$  А;  $M_\Pi = 117,12$  Н·м;  $M_\Pi = 140,52$  Н·м;  $I_\Phi = 42,11$  А;  $Z_\Phi = 9,02$  Ом.

Обмотка статора підключена на "зірку" (Y):  $U_\Phi = 219,65$  В;  $I_\Phi = 24,34$  А;  $I_\Delta = 24,34$  А;  $I_\Pi = 114,4$  А;  $P_1 = 13,44$  кВт;  $P_2 = 11,69$  кВт;  $M_\Pi = 39,13$  Н·м;  $M_\Pi = 46,95$  Н·м.

## 7. СИНХРОННІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

### 7.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

7.2.1. (А)1; (Б)б; (В)а; (Г)а; (Д)а; (Е)б; (Ж)а; (З)б.

(А)2; (Б)а; (В)б; (Г)б; (Д)б; (Е)а; (Ж); (З)а.

7.2.2. А1; (Б)б; (В)а.

А2; (Б)а; (В)б.

7.2.3. а-3; б-1; в-5.

**ТЕСТИ**  
ТЕСТ № 7.3.1-125

1.	12
2.	30
3.	22
4.	34
5.	27
<b>Всього:</b>	<b>125</b>

ТЕСТ № 7.3.2-117

1.	11
2.	3
3.	45
4.	24
5.	19
6.	15
<b>Всього:</b>	<b>117</b>

**8. ЕЛЕКТРОПРИВОД**  
**8.2. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**Обрати правильну відповідь**

- 8.2.1. а.
- 8.2.2. в.
- 8.2.3. а.
- 8.2.4. б.
- 8.2.5. а.
- 8.2.6. б.

**Із запропонованих висловів (1 ...7) скласти характеристику електродвигунів (варіант А; Б).**

8.2.7. А, 2, 4, 5, 7; Б, 1, 3, 6.

**Сформулювати п'ять висловів. Для їх закінчення із груп А, Б, В відібрати по одному реченню.**

8.2.8.

А	1	2	3	4	5
Б	5	3	4	1	2
В	3	5	1	2	4

**8.3. ЗАДАЧІ**

- ЗАДАЧА № 8.3.1    двигун серії АО2-51-2-СХ;  $P_H = 10$  кВт.
- ЗАДАЧА № 8.3.2    двигун серії АО2-42-4-СХ;  $P_H = 5,5$  кВт.
- ЗАДАЧА № 8.3.3    використання двигуна з потужністю  $P_H = 13$  кВт неефективне; необхідно вибрати двигун серії АО2-42-2-СХ,  $P_H = 7,5$  кВт,  $n = 2910$  об/хв.
- ЗАДАЧА № 8.3.4    двигун серії АО2-52-2-СХ;  $P_H = 13$  кВт,  $n = 2940$  об/хв.;  $\lambda = 2,5$ ;  $M_H = 42,1$  Н·м.
- ЗАДАЧА № 8.3.5    двигун серії МАП 311-4;  $P = 7,5$  кВт;  $n = 1360$  об/хв.;  $\lambda = 2,7$ .
- ЗАДАЧА № 8.3.6    двигун серії МАП 112-4;  $P_H = 2,2$  кВт;  $n = 1355$  об/хв.;  $\lambda = 2,7$ .
- ЗАДАЧА № 8.3.7    двигун серії МАП 311-4;  $P_H = 6$  кВт;  $n = 1400$  об/хв.;  $\lambda = 3,3$ ; ТВ 40%.

## 9. ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

### 9.2. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 9.2.1-233

1.	1
2.	2
3.	40
4.	20
	24
	25
5.	50
6.	20
7.	16
8.	12
9.	17
10.	6
<b>Всього:</b>	<b>233</b>

### 9.3. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 9.3.1  $\frac{\Delta U_{Cu}}{\Delta U_{Al}} = \frac{\Delta P_{Cu}}{\Delta P_{Al}} = 1$

ЗАДАЧА № 9.3.2 U, cosφ.

ЗАДАЧА № 9.3.3 для постійного струму ↑η, ↑U при певних умовах (формули 1, 4, 5, 9);  
для змінного однофазного струму ↑U, ↑ cosφ (формули 5, 9, 14);  
для трифазного струму ↑U, ↑ cosφ (формули 7, 12, 15).

ЗАДАЧА № 9.3.4 а) необхідно зменшити величину поперечного перерізу в 3 рази;  
б) необхідно збільшити величину поперечного перерізу в 2 рази.

ЗАДАЧА № 9.3.5 при cosφ = 0,7 ΔP<sub>1</sub> = 420,7 кВт;  
при cosφ = 0,9 ΔP<sub>2</sub> = 254,56 кВт;  $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \frac{420,7}{254,56} = 1,65$

ЗАДАЧА № 9.3.6 R<sub>1</sub> = 7 Ом, R<sub>2</sub> = 5,48 Ом,  $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \frac{\Delta U_1}{\Delta P_2} = 1,27$

ЗАДАЧА № 9.3.7 а) ΔP = 36,7 кВт;  
б) для збільшення навантаження на 10% (150 кВт) необхідно підвищити коефіцієнт потужності до cosφ = 0,92.

ЗАДАЧА № 9.3.8  $\frac{251,9}{20,56} = 12,25$

## 10. ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ ВИРОБНИЦТВА

### 10.2. ТЕСТИ

#### ТЕСТ № 10.2.1-314

1.	1
	11
	21
2.	51
3.	3
4.	59
5.	14
6.	5
7.	16
8.	17
9.	61
10.	55
<b>Всього:</b>	<b>314</b>

### 10.3. ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА № 10.3.1 у 1,65 разів (165%).

ЗАДАЧА № 10.3.2 53 кВт; 32 кВт.

ЗАДАЧА № 10.3.3 ТМН 600/10; ТМН 400/10.

ЗАДАЧА № 10.3.4  $S_1 = 120 \text{ мм}^2$  з  $I_{\text{ПРИП}} = 260 \text{ А}$ ;  $S_2 = 95 \text{ мм}^2$  з  $I_{\text{ПРИП}} = 220 \text{ А}$ .

ЗАДАЧА № 10.3.5  $I_1 = 210 \text{ А}$ ;  $I_2 = 298,75 \text{ А}$ ; необхідно взяти кабель ПВГ.3×150.

ЗАДАЧА № 10.3.6 81,3 мкФ.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: учебник / Г. И. Атабеков. – 2-е изд., испр. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2006. – 424 с.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учеб. пособие / Г. И. Атабеков. – Изд. 6-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2008. – 592 с.
3. Бондарь И. М. Электротехника и электроника: учеб. пособие для сред. спец. учеб. заведений (техникумов и колледжей) / Бондарь И. М. – М. : Ростов н/Д : Издательский центр "МарТ", 2005. – 335 с.
4. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для студ. вузов, обучающихся по направлению подгот. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – Питер, 2007. – 349 с.
5. Гуржій А. М. Електротехніка з основами промислової електроніки: підручник для учнів проф.-техн. навч. закладів / А. М. Гуржій [та ін]. – К. : Форум, 2002. – 382 с.
6. Электротехника и электроника: учебник для студ. неэлектротехн. спец. вузов: В 3 кн. / ред. В. Г. Герасимов. – М. : Энергоатомиздат, 1996. – Кн. 1: Электрические и магнитные цепи / В. Г. Герасимов [и др.], 1996. – 288 с.
7. Электротехника: учебник для проф. учеб. заведений / А. Я. Шихин [и др.]; ред. А. Я. Шихин. – 4. изд., стер. – М. : Высшая школа; М. : Академия, 2001. – 336 с.
8. Журавльова П. В. Електроматеріалознавство: підручник / Л. В. Журавльова, В. М. Бондар. – К. : Грамота, 2006. – 312 с.
9. Касаткин А. С. Электротехника: учебник для студ. неэлектротехн. спец. вузов / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 6. изд., перераб. – М. : Высшая школа, 1999. – 542 с.
10. Китаєв В. Є. Електротехніка з основами промислової електроніки. Навч. Посібник. – К. : Вища шк., 1980. – 236 с.
11. Коруд В. І., Гамола О. Є., Малинівський С. М. Електротехніка: Підручник / За заг. ред. В. І. Коруда. – 3-те вид., переробл. і доп. – Львів: "Магнолія плюс"; видавець СПД ФО В. М. Піча, 2005. – 447 с.
12. Мілих В. І. Електротехніка та електромеханіка. К. : Каравела, 2005. – 376 с.
13. Мілих В. І., Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. К. : Каравела, 2007. – 688 с.
14. Паначевний Б. І., Свергун Ю. Ф. Загальна електротехніка: теорія і практика. – Київ : Каравела, 2003. – 440 с.
15. Теоретичні основи електротехніки: Підручник: У 3 т. / В. С. Бойко, В. В. Бойко, Ю. Ф. Видолоб та ін.; За заг. ред. І. М. Чиженка, В. С. Бойка. – К. : ШЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004. – Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – 272 с.

*ГЛУЩЕНКО Олена Вадимівна*

**ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ІЗ ПРЕДМЕТА «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З  
ОСНОВАМИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»**

Навчальне видання  
Для учнів професійно-технічних навчальних закладів

Формат 60x84/8. Друк ризо графічний.

Умов. арк. 16,97. Наклад 300 прим.

Зам. № 34-14

Віддруковано з оригінал-макета  
Маляревич О. М., Глущенко О. В.

Видавництво «Просвіта»  
69095, Запоріжжя, вул. Дзержинського, 114  
Тел.: (061) 213-81-60, 289-20-84

Свідоцтво серія ДК № 417 від 12.04.2001 р.



