

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання розрахункового завдання**

**з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин»**

для студентів денної та заочної форми навчання

за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**«РОЗРАХУНОК ОБМОТКОВИХ ДАНИХ АСИНХРОННИХ МАШИН ПРИ  
ЗМІНІ ЇХНІХ НОМІНАЛЬНИХ НАПРУГИ І (АБО) ЧАСТОТИ»**

Харків 2024



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання розрахункового завдання**

**з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин»**

для студентів денної та заочної форми навчання

за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Затверджено редакційно-  
видавничою радою університету,  
протокол № 2 від 27.06.2024 р.

Харків – 2024

Методичні вказівки до виконання розрахункового завдання з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин» для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад.: Масленніков А. М. – Харків : НТУ «ХП». – 2024. – 23 с.

Укладач: А. М. Масленніков

Рецензент: доц. О. Ю. Юр'єва

Кафедра електричних машин

## ВСТУП

Методичне видання присвячено виконанню розрахункового завдання з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин» для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» за освітньою програмою «Електромеханіка».

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка бакалаврів та одержання ними теоретичних і практичних знань з особливостей застосування методів і засобів, що використовуються при експлуатації та ремонті електричних машин. В результаті вивчення навчальної дисципліни та виконання розрахункового завдання студенти одержують знання з особливостей організації процесу ремонту електричних машин, технології відновлення та виготовлення пошкоджених деталей, особливості транспортування та зберігання електричних машин.

Вивчення навчальної дисципліни базується на загальному курсі електричних машин, курсів загальної фізики та інженерної графіки. Навчальним планом дисципліни передбачені лекційні заняття, практичні заняття та самостійна робота студентів. При виконанні розрахункового завдання з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин» потрібно в письмовому вигляді виконати завдання відповідно номеру варіанту, який студентам надає викладач.

Методичне видання містить програму навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин», контрольні запитання за розділами курсу, розрахункове завдання та методичні вказівки для виконання цього завдання, а також перелік джерел інформації, необхідних для вивчення навчальної дисципліни та виконання розрахункового завдання.

# 1 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Згідно навчального плану освітньо-професійної програми «Електромеханіка» підготовки першого (бакалаврського) рівня дисципліна «Експлуатація та ремонт електричних машин» вивчається у 8 семестрі на четвертому курсі. Навчальним планом передбачено 4 кредити загального обсягу, що становить 120 академічних годин, які складаються з 30 годин лекційних занять, 20 годин практичних занять, 70 годин самостійної роботи студента. Для семестрового контролю рівня знань з вивчення навчальної дисципліни передбачено проведення екзамену.

До складу навчальної дисципліни увійшли такі розділи:

Розділ 1. Основні задачі експлуатації та ремонту електричних машин.

Розділ 2. Монтаж електричних машин.

Розділ 3. Організація технічного обслуговування електричних машин.

Розділ 4. Модернізація електричних машин.

## 2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

### 2.1 Основні задачі експлуатації та ремонту електричних машин

Загальні питання експлуатації та ремонту. Зберігання електричних машин. Класифікація приміщень із електроустановками. Критерії вибору електричних машин. Класифікація ремонтів.

### 2.2 Монтаж електричних машин

Засоби монтажу електричних машин. Монтаж електричних машин середньої та великої потужності, його етапи. Пусконаладжувальні та електромонтажні роботи. Організація праці та механізація електромонтажних робіт. Методи центрування валів.

#### *Контрольне завдання №1.*

### 2.3 Організація технічного обслуговування електричних машин

Організація обслуговування електричних машин. Визначення обсягів ремонту та чисельності персоналу. Структура електроремонтного підприємства. Зміст поточного та капітального ремонтів. Передремонтні випробування. Розбирання електричних машин. Мийка деталей і вузлів. Дефектація деталей і вузлів. Види зношування. Несправності електричних машин. Електрична та механічна відмови. Захист електричних машин.

Контроль параметрів ізоляції. Виготовлення та укладання обмоток круглих і прямокутних проводів. Ремонт стрижневих обмоток роторів і обмоток збудження полюсів. Просочення обмоток статорів і роторів. Способи сушіння обмоток. Складання та випробування електричних машин після ремонту. Діагностування електричних машин. Методи, проблеми та схеми для діагностування електричних машин. Діагностування вальниць. Визначення технічного стану магнітопроводів. Визначення технічного стану колектора, контактних кілець і щіткового механізму.

#### **2.4 Модернізація електричних машин**

Основні напрями модернізації. Модернізація обмоток з проводу прямокутного перерізу. Модернізація системи вентиляції та контактних кілець.

#### ***Контрольне завдання №2.***

### **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Наведіть класифікацію приміщень з електроустановками.
2. Які можуть бути умови зберігання електричних машин?
3. У чому полягає небезпека для людини у приміщенні з електроустановками?
4. Які є критерії вибору електродвигунів?
5. Що таке система *IP*? Як вона враховується при виборі електричної машини?
6. Що таке вибухозахищений електродвигун?
7. Дайте пояснення поняттю «ремонтний цикл» та обґрунтуйте вибір його тривалості.
8. Дайте визначення поняттю «структура ремонтного циклу».
9. Які існують форми організації ремонтів?
10. У яких випадках необхідне сушіння обмоток електричних машин?
11. Які параметри контролюються при сушінні обмоток та які необхідні для цього прилади та обладнання?
12. Які є способи сушіння обмоток?
13. Як здійснюється центрування валів електричних машин і механізмів?
14. Яка послідовність налагоджувальних робіт? Хто в них бере участь?
15. Якими методами контролюється нагрівання електричних машин?
16. Чому відбуваються електричне та механічне зношування в електричних машинах?

17. Які види відмов найхарактерніші для електричних машин? Як вони проявляються?
18. Які види захисту застосовуються для двигунів змінного струму з напругою до 1000 В?
19. Що треба брати до уваги при виборі району розміщення ремонтного підприємства?
20. Чим визначається річна програма ремонтного підприємства?
21. Якою повинна бути структура персоналу електроремонтного підприємства?
22. Які підрозділи має ремонтне підприємство? Яке їхнє призначення?
23. Яке основне встаткування є в кожному виробничому підрозділі?
24. Які вимоги висуваються до ремонту електричних машин?
25. Що входить до обсягу поточного ремонту?
26. Що входить до обсягу капітального ремонту?
27. У якому випадку при капітальному ремонті не потрібна заміна вальниць?
28. Яка послідовність передремонтних випробувань?
29. Як знімати деталь, встановлену з посадкою з натягом?
30. Як правильно знімати вальниці з вала?
31. Як витягти з пазів осердя обмотку із круглого проводу?
32. У чому полягають особливості демонтажу з пазів осердя високовольтної обмотки?
33. Як і в яких розчинах миють деталі?
34. Що контролюється в щітковому вузлі під час його огляду?
35. Як виправити ослаблення пресування осердь електричної машини?
36. Як виправити порушені різьбові отвори в корпусі електричної машини?
37. Як виправити ослаблення посадки вальниць у щитах і на валах?
38. Які дефекти можуть бути виправлені на колекторах із пластмасовим кріпленням пластин та на колекторах зі сталевими натискними конусами?
39. Які дефекти можна усунути в литій і зварній короткозамкненій обмотці роторів?
40. Як відновити посадкові поверхні на валах?
41. Як виконується відновлення ізоляції проводу круглого перерізу?
42. Як повторно використати високовольтні котушки?
43. Які переваги має просочення під вакуумом і тиском?
44. Чому не використовуються при ремонті механізовані способи укладання

- обмоток із круглого проводу?
45. У яких випадках проводять динамічне балансування роторів?
  46. Як виконують складання вальниць кочення та ковзання?
  47. Що є підставою для висновку про придатність машин до експлуатації?
  48. Що таке діагностування електроустаткування?
  49. Як вибирають вузли та деталі електричної машини, що підлягають діагностуванню?
  50. Виходячи з яких міркувань обирають засоби та методи діагностування електроустаткування?
  51. Якими методами може проводитися діагностування пазової та міжфазної ізоляції?
  52. Виходячи з яких передумов варто вести пошук несправностей складного електроустаткування?
  53. Які існують методи вимірювання опору обмоток постійним струмом?
  54. Як враховується температура при вимірюванні опору обмотки?
  55. Що таке струми витоку? Як їх виміряти?
  56. Як виявити паз, у якому обмотка статора чи ротора має дефект?
  57. У чому недоліки методу випробування обмоток підвищеною напругою?
  58. З яких причин може виникнути перегрів обмоток?
  59. Як знайти обрив у короткозамкненій обмотці без розбирання електричної машини?
  60. Якими приладами можна виявити обрив стрижня у вийнятому роторі?
  61. Які ушкодження обмежують експлуатацію вальниць кочення?
  62. На що впливає зношування вальниць кочення?
  63. Як визначити значення зазору у вальницях кочення складеної машини?
  64. Які існують прилади для діагностування вальниць кочення без розбирання машини?
  65. Як проводиться дослід з перевірки якості знятої з вала вальниці кочення?
  66. Як визначити технічний стан магнітопроводу електричної машини?
  67. Чому може бути порушена робоча поверхня колектора та контактних кілець електричної машини?
  68. Як і для чого виконують продорожування колектора?
  69. Які є способи контролю якості обробки поверхні колектора та припустимі значення биття?
  70. Як перевірити тиск щітки на колектор?

## 3 ВМІСТ РОЗРАХУНКОВОГО ЗАВДАННЯ

### 3.1 Вибір варіанту розрахункового завдання

Розрахункове завдання навчальної дисципліни «Експлуатація і ремонт електричних машин» складається з контрольних завдань №1 та №2. Контрольні завдання містять письмові відповіді на запитання теоретичної частини контрольного завдання та виконання розрахункової частини відповідно до варіанту. Кожному студенту академічної групи викладач надає номер варіанту. Студент отримує оцінку за результатами виконання завдання після співбесіди з викладачем. Приклад оформлення титульного листа розрахункового завдання наведено в додатку А.

### 3.2 Контрольне завдання № 1

#### 3.2.1 Теоретична частина контрольного завдання №1

Відповідно до номеру варіанту необхідно обрати номери запитань з табл. 1, які відповідають номерам питань із розділу «КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ» та надати письмові відповіді на них.

Таблиця 1 – Номери запитань щодо виконання теоретичної частини контрольного завдання №1

Варіант	Номери запитань	Варіант	Номери запитань
1	1, 25, 36	8	8, 27, 31
2	2, 16, 34	9	9, 26, 38
3	3, 23, 42	10	10, 22, 30
4	4, 21, 33	11	11, 19, 41
5	5, 24, 37	12	12, 28, 35
6	6, 18, 29	13	13, 17, 39
7	7, 15, 32	14	14, 20, 40

#### 3.2.2 Розрахункова частина контрольного завдання №1

Згідно номеру варіанту необхідно виконати розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу номінальну фазну напругу та надати його у звіті відповідно до наведених даних у табл. 2. В результаті виконання розрахункового завдання визначається необхідна кількість ефективних провідників у пазу обмотки статора асинхронного двигуна.

Таблиця 2 – Тип двигуна та значення номінальної фазної напруги обмотки статора

Варіант	Тип двигуна	Номінальне значення фазної напруги, В	
		попереднє, $U''_{sN}$	необхідне, $U'_{sN}$
1	АИР90L2	220	127
2	АИР90L2	380	660
3	АИР90L4	380	220
4	АИР90L4	380	660
5	АИР90L6	660	380
6	АИР90L6	220	660
7	АИР90LA8	220	127
8	АИР90LB8	380	220
9	АИРС90L2	220	380
10	АИР90L4	220	127
11	АИРС90L6	220	380
12	АИРС90LA8	220	660
13	АИРС90LA8	380	220
14	АИРС90LB8	220	380

### 3.3 Контрольне завдання № 2

#### 3.3.1 Теоретична частина контрольного завдання №2

За табл. 3 обрати номери запитань відповідно номеру варіанту, які відповідають номерам запитань із розділу «КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ» та надати письмові відповіді на них. За табл. 7 відповідно номеру варіанту надати письмові відповіді з дефектації асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором для непарного номеру варіанту, а для парного – з фазним ротором.

Таблиця 3 – Номери запитань щодо виконання теоретичної частини контрольного завдання №2

Варіант	Номери запитань	Варіант	Номери запитань	Варіант	Номери запитань
1	43, 58	6	48, 63	11	53, 67
2	44, 68	7	49, 69	12	54, 64
3	45, 62	8	50, 56	13	55, 66
4	46, 65	9	51, 60	14	56, 59
5	47, 57	10	52, 61	–	–

### 3.2.2 Розрахункова частина контрольного завдання №2

Згідно номеру варіанту необхідно зробити розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу номінальну частоту напруги та навести його у звіті. Попередня номінальна частота напруги електропостачання для всіх варіантів становить 50 Гц, а змінена – 60 Гц. В результаті виконання розрахункового завдання визначається кількість ефективних провідників у пазу обмотки статора асинхронного двигуна та перевіряється значення номінальної потужності.

## 4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

### 4.1 Розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу номінальну фазну напругу

Для збереження робочих властивостей асинхронного двигуна необхідно, щоб магнітний потік, а також лінійне струмове навантаження залишалися без змін. З умови незмінності магнітного потоку треба, щоб

$$\frac{z''_{Qs}}{z'_{Qs}} = \frac{U''_{sN}}{U'_{sN}},$$

де  $z''_{Qs}$ ,  $z'_{Qs}$  – попередня та необхідна кількість ефективних провідників у пазу;

$U''_{sN}$ ,  $U'_{sN}$  – попереднє та необхідне значення фазної напруги обмотки статора.

Необхідна кількість ефективних провідників у пазу

$$z'_{Qs} = z''_{Qs} \cdot \frac{U'_{sN}}{U''_{sN}}.$$

Для забезпечення незмінності лінійного струмового навантаження необхідно, щоб

$$z''_{Qs} \cdot S''_{sc} = z'_{Qs} \cdot S'_{sc},$$

де  $S''_{sc}$ ,  $S'_{sc}$  – попереднє та необхідне значення площі поперечного перерізу ефективного провідника.

Необхідне значення площі поперечного перерізу ефективного провідника

$$S'_{sc} = \frac{z''_{Qs}}{z'_{Qs}} \cdot S''_{sc}.$$

Таким чином, завдання зводиться до визначення нової кількості ефективних провідників у пазу та площі їхнього перерізу.

Отримане значення  $z_{Q_s}$  заокруглюється до цілого числа та  $S'_{sc}$  повинно відповідати значенням сортаменту проводів (табл. 6). Визначене значення  $S_{sc}$  не повинне відрізнятись від розрахованого більше ніж на 5 %.

#### 4.2 Розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу частоту напруги

Як правило, розрахунок здійснюється для асинхронних двигунів, що живляться напругою з частотою 50 Гц або 60 Гц. В обох випадках зміна значення магнітної індукції та частоти обертання при незмінній номінальній напрузі та кількості ефективних провідників становить близько 20 %. При перерахунку обмоткових даних з попереднього значення частоти напруги  $f'' = 50$  Гц на змінене –  $f' = 60$  Гц не потрібна перевірка механічної міцності ротора, оскільки він має досить великий запас міцності.

Зміна частоти напруги приводить до зміни частоти обертання:

$$n' = n'' \cdot \frac{f'}{f''},$$

де  $n''$ ,  $n'$  – попереднє та змінене значення частоти обертання, об/хв;

$f''$ ,  $f'$  – попереднє та змінене значення частоти напруги, Гц.

Також зазнають змін значення магнітного потоку та магнітної індукції в окремих ділянках магнітопроводу. Тому прагнуть зберегти магнітну індукцію в повітряному проміжку незмінною (зміною кількості ефективних провідників в пазу  $z_{Q_s}$ ), щоб зберегти необхідну перевантажувальну здатність двигуна. Виходячи з цього, хід розрахунку при незмінній номінальній напрузі електропостачання такий.

Визначаємо змінене значення кількості ефективних провідників у пазу при незмінному значенні магнітного потоку:

$$z'_{Q_s} = z''_{Q_s} \cdot \frac{f''_s}{f'_s}.$$

Отримане значення  $z'_{Q_s}$  заокруглюють до найближчого цілого.

Для забезпечення незмінності лінійного струмового навантаження  $z''_{Q_s} \cdot S''_{sc} = z'_{Q_s} \cdot S'_{sc}$  Звідки площа поперечного перерізу провідника

$S'_{sc} = S''_{sc} \cdot \frac{z''_{Qs}}{z'_{Qs}}$ . За значенням площі поперечного перерізу провідника  $S'_{sc}$

вибирають нормований провідник за сортаментом.

Визначаємо попереднє значення лінійного струмового навантаження, А/см,

$$A''_{sN} = \frac{10 \cdot z''_{Qs} I''_{sN}}{\tau_s},$$

де  $\tau_s = \frac{\pi \cdot d_s}{Q_s}$  – зубцевий крок статора, мм;

$d_s$  – внутрішній діаметр статора, мм;

$Q_s$  – кількість пазів статора;

$I''_{sN}$  – попереднє значення фазного струму обмотки статора.

Визначаємо змінене значення лінійного струмового навантаження, А/см,

$$A'_{sN} = A''_{sN} \cdot \frac{S'_{sc} \cdot z'_{Qs}}{S''_{sc} \cdot z''_{Qs}}.$$

Розрахунок значення магнітної індукції у повітряному проміжку слід проводити для попереднього та зміненого значення частоти номінальної напруги і відповідних величин. Таким чином необхідно визначити кількість витків у фазі обмотки статора та значення магнітного потоку для обох випадків.

Визначаємо кількість витків у фазі обмотки статора:

$$N_s = \frac{z_{Qs} \cdot p \cdot q_s}{a_s},$$

де  $a_s$  – кількість паралельних віток обмотки статора, яку приймаємо такою, що дорівнює одиниці ( $a_s$  обов'язково повинне бути одним з дільників кількості пар полюсів  $p$ ).

$p$  – кількість пар полюсів,  $p = \frac{60 \cdot f_s}{n_s}$ ;

$q_s$  – кількість пазів статора на полюс і фазу,  $q_s = \frac{Q_s}{2 \cdot p \cdot m_s}$ .

Визначаємо значення магнітного потоку, Вб,

$$\Phi = \frac{K_E \cdot U_{sN}}{4,44 \cdot f_s \cdot K_{ws} \cdot N_s},$$

де  $K_E$  – коефіцієнт відношення ЕРС до номінальної напруги, що приймається

таким, який дорівнює 0,97 – 0,99;

$K_{W_s}$  – обмотковий коефіцієнт, який для одношарових обмоток статора приймається таким, що дорівнює 0,95 – 0,96;

$U_{sN}$  – номінальна фазна напруга, яка залежить від способу з'єднання фазних обмоток статора:

- при з'єднанні фазних обмоток статора у «зірку» (Y)

$$U_{sN} = \frac{U_N}{\sqrt{3}};$$

- при з'єднанні фазних обмоток статора у «трикутник» ( $\Delta$ )

$$U_{sN} = U_N.$$

Розраховуємо значення магнітної індукції у повітряному проміжку, Тл,

$$B_\delta = \frac{\Phi \cdot p \cdot 10^6}{d_s \cdot l_s}.$$

Знаходимо змінене значення потужності, кВт,

$$P'_{sN} = \frac{A'_s \cdot z'_{Qs} \cdot B'_\delta}{A''_s \cdot z''_{Qs} \cdot B''_\delta} \cdot P''_{sN}.$$

Одержуємо змінене значення фазного струму, А,

$$I'_{sN} = \frac{P'_{sN}}{P''_{sN}} \cdot I''_{sN}.$$

При перерахуваннях є допущення, що  $\frac{z'_{Qs}}{z''_{Qs}} = \frac{f'_s}{f''_s}$ . Щоб залишити

електричну потужність незмінною, варто зменшити розрахункові електричні навантаження при переході на більшу частоту напруги електропостачання обмежуючись допустимим значенням густини струму на рівні 8 – 9 А/мм<sup>2</sup>.

Таблиця 5 – Обмоткові данні електродвигунів серії АИР [1]

Тип електродвигуна	Номінальна потужність $P_N$ , кВт	Синхронна частота обертання $n_s$ , об/хв	Номінальний лінійний струм $I_N$ , А ( $\Delta/Y$ )	Номінальна лінійна напруга $U_N$ , В ( $\Delta/Y$ )	Кількість пазів статора $Q_s$	Кількість ефективних провідників у пазу $z_{Qs}$	Діаметр ізолюваного проводу $d_{scis}$ , мм	Діаметр неізолюваного проводу $d_{sc}$ , мм	Внутрішній діаметр статора, $d_s$ , мм	Довжина осердя статора, $l_s$ , мм
АИР90L2	3,0	3000	10,6/6,1	220/380	24	81	1,12	1,04	81,8	100
АИР90L2	3,0	3000	6,1/3,5	380/660	24	73	1,12	1,04	81,8	100
АИР90L4	2,2	1500	5,0/2,9	380/660	36	71	0,865	0,8	95,8	100
АИР90L4	2,2	1500	8,6/5,0	220/380	36	41	0,865	0,8	95,8	100
АИР90L6	1,5	1000	4,1/2,4	380/660	36	90	0,805	0,55	99,8	110
АИР90L6	1,5	1000	7,1/4,1	220/380	36	8	0,805	0,74	99,8	110
АИР90LA8	0,75	750	3,6/2,1	220/380	48	68	0,625	0,57	105,8	100
АИР90LB8	1,1	750	3,0/1,7	380/660	48	88	0,605	0,55	105,8	100
АИРС90L2	3,5	3000	13,4/7,7	220/380	24	39	1,12	1,04	81,8	105
АИРС90L4	2,4	1500	10,0/5,8	220/380	36	38	0,865	0,8	95,8	105
АИРС90L6	1,7	1000	8,7/5,1	220/380	36	49	0,865	0,8	99,8	105
АИРС90LA8	0,9	750	4,8/2,8	220/380	48	62	0,73	0,67	105,8	105
АИРС90LA8	0,9	750	2,8/1,6	380/660	48	108	0,625	0,57	105,8	105
АИРС90LB8	1,2	750	6,5/3,8	220/380	48	47	0,805	0,74	105,8	120

Примітка. Кількість елементарних провідників в одному ефективному  $N_c = 1$ , частота мережі  $f_s = 50$  Гц, клас ізоляції  $F$ .

Таблиця 6 – Діаметри та площі поперечних перерізів мідних проводів марок ПЭТВ, ПЭТ-155 (ГОСТ 21428 із змінами, відповідає стандарту ІЕС 60317-0-1)

Діаметр ізолюваного проводу, мм	Діаметр неізолюваного проводу, мм	Площа поперечного перерізу неізолюваного проводу, мм <sup>2</sup>	Діаметр ізолюваного проводу, мм	Діаметр неізолюваного проводу, мм	Площа поперечного перерізу неізолюваного проводу, мм <sup>2</sup>
0,080	0,06	0,00283	0,605	0,55	0,2380
0,090	0,07	0,00385	0,625	0,57	0,2550
0,100	0,08	0,00503	0,645	0,59	0,2730
0,110	0,09	0,00686	0,675	0,62	0,3020
0,122	0,10	0,00785	0,700	0,64	0,3220
0,132	0,11	0,00950	0,730	0,67	0,3530
0,142	0,12	0,01131	0,750	0,69	0,3740
0,152	0,13	0,01327	0,780	0,72	0,4070
0,162	0,14	0,01539	0,805	0,74	0,4300
0,180	0,15	0,01767	0,835	0,77	0,4660
0,190	0,16	0,0201	0,865	0,80	0,5030
0,200	0,17	0,0227	0,895	0,83	0,5410
0,210	0,18	0,0255	0,925	0,86	0,5810
0,220	0,19	0,0284	0,965	0,90	0,6360
0,230	0,20	0,0314	0,995	0,93	0,6790
0,240	0,21	0,0346	1,025	0,96	0,7240
0,265	0,23	0,0415	1,080	1,00	0,785
0,285	0,25	0,0491	1,120	1,04	0,849
0,305	0,27	0,0573	1,160	1,08	0,916
0,325	0,29	0,0661	1,200	1,12	0,985
0,345	0,31	0,0755	1,240	1,16	1,057
0,365	0,33	0,0855	1,280	1,2	1,131
0,390	0,35	0,0962	1,330	1,25	1,227
0,420	0,38	0,1134	1,385	1,3	1,327
0,450	0,41	0,1320	1,468	1,40	1,539
0,480	0,44	0,1521	1,570	1,50	1,767
0,510	0,47	0,1735	1,670	1,60	2,011
0,530	0,49	0,1886	1,772	1,70	2,27
0,565	0,51	0,2040	1,872	1,80	2,545
0,585	0,53	0,2210	1,974	1,90	2,835

### 4.3 Дефектація деталей електричних машин

В процесі експлуатації електричні машини зношуються. Умовно можна виділити три види зношування за характером фізичних процесів, що лежать в його основі: механічний, електричний, моральний.

При механічному зношуванні є механічний вплив на елементи електричних машин, який призводить до погіршення їх якісних властивостей та зміни початкової форми.

Електричне зношування призводить до невідновної втрати електроізоляційними матеріалами своїх ізоляційних властивостей. Тому в ізоляції проводів, пазових та лобових частин обмоток електричних машин знижується опір. Електричному зношуванню сприяє висока робоча температура, наявність у навколишньому середовищі хімічних активних речовин, пилу тощо.

Моральне зношування викликане появою нового обладнання, що має кращі техніко-економічні показники. В цих умовах подальша експлуатація застарілого устаткування є недоцільною, оскільки призводить до збільшення вартості продукції, що випускається. Зміною конструкції та покращенням технічних показників такого обладнання при капітальному ремонті в процесі модернізації можна продовжити терміни його економічно виправданої експлуатації. Основні види ушкоджень при зношуванні електричних машин наведені у табл. 7.

Таблиця 7 – Ушкодження деталей електричних машин, способи виявлення та ремонту

Ушкодження деталей, чинники до вибракування	Способи виявлення ушкоджень	Способи ремонту
Обмотки статора та ротора		
1. Незначні ушкодження ізоляційного покриття лобових частин обмотки статора або фазного ротора. Обмотка статора вибраковується, електрична машина підлягає капітальному ремонту при наявності значних механічних ушкоджень ізоляції лобових частин обмотки, почорніння або обвуглювання обмотки або окремих її частин	Огляд	Нанесення лаку на ушкоджені місця
2. Обрив або ослаблення бандажа лобових частин обмотки	Огляд	Заміна бандажа
3. Механічні ушкодження окремих ділянок ізоляції вивідних проводів обмотки статора	Огляд	Ізолювання місць ушкодження

Продовження табл. 7

Ушкодження деталей, чинники до вибракування	Способи виявлення ушкоджень	Способи ремонту
4. Тріщини та ушкодження по всій довжині вивідних проводів обмотки статора	Огляд	Заміна вивідних проводів
5. Зволоження ізоляції обмоток статора або фазного ротора. Сушінню підлягають обмотки статора та фазного ротора, що мають опір ізоляції менш 0,5 МОм при 20°C. Якщо після сушіння опір ізоляції становить менше 0,5 МОм при 20°C, то ці обмотки підлягають заміні, а електрична машина підлягає капітальному ремонту	Вимір опору ізоляції	Сушіння ізоляції обмоток, просочення, сушіння після просочення
6. Ослаблення пазових клинів у пазах. Клини вибраковуються, якщо при постукуванні по них молотком у поздовжньому напрямку спостерігається їхнє переміщення або при легких ударах по клинах в напрямку паза – вібрація клину	Огляд, перевірка кріплення пазових клинів	Заміна клинів
7. Порушення пайки бандажа лобової частини обмотки фазного ротора	Огляд	Пайка бандажа
Осердя статора та ротора		
8. Корозія, сліди зачіпання ротора за осердя статора	Огляд	Зачищення та нанесення лаку
9. Вм'ятини на поверхні пакетів осердя статора або ротора	Огляд	Зачищення та нанесення лаку
Станина статора		
10. Злам лап	Огляд	Капітальний ремонт
11. Тріщина на лапі	Огляд	Капітальний ремонт
12. Пошкодження на різі в отворах під болти та гвинти	Огляд	Калібрування різьблення мітчиком або плашкою
13. Зношування або зрив різі в отворах під болти кріплення вальницьових щитів, кожуха вентилятора та коробки виводів	Перевірка різі новим болтом	Інсталяція різьбових вставок
14. Пошкодження та задирки на посадкових місцях під вальницьові щити	Огляд	Зачищення пошкоджень і задирок
Короткозамкнений ротор		
15. Злам вентиляційних лопаток	Огляд	Капітальний ремонт
16. Тріщини на короткозамикальних кільцях	Огляд	Капітальний ремонт

Продовження табл. 7

Ушкодження деталей, чинники до вибракування	Способи виявлення	Способи ремонту
17. Зношування посадкових місць під вальниці. Діаметр посадкових місць вимірюють у випадку вільного переміщення внутрішнього кільця вальниці відносно валу. Ротор підлягає капітальному ремонту, якщо діаметр посадкових місць під вальниці менше припустимих значень.	Вимірювання діаметра посадкових місць мікрометром	Капітальний ремонт
<b>Фазний ротор</b>		
18. Зношування поверхні контактних кілець, наявність канавок. При зношуванні контактних кілець до діаметра, менше припустимого, ротор підлягає капітальному ремонту	Огляд, вимірювання діаметра контактних кілець	Проточування та шліфування кілець
19. Шорсткість, плями від підгоряння, дрібні подряпини на поверхні контактних кілець	Огляд	Шліфування поверхні кілець
20. Биття кілець (визначається до розбирання машини)	Вимір величини биття	Проточування та шліфування кілець
21. Ушкодження ізоляції контактних шпильок (тип АК). Ізоляція шпильок підлягає заміні, якщо опір ізоляції менше 4 МОм при 15°C й при наявності слідів механічних ушкоджень ізоляції	Вимір опору ізоляції мегаомметром	Заміна ізоляції шпильок
22. Перекриття ізоляції між контактними кільцями дугою	Огляд	Заміна ділянки та нанесення на неї лаку
<b>Вальниці</b>		
23. Тріщини та ушкодження, корозія на тілах кочення, бігових доріжках, сепараторах вальниці. Справна вальниця повинна обертатися легко, без помітного пригальмовування та заїдання. При обертанні повинен чути шиплячий звук. При перевірці на обертання вальниця промивається в бензині з добавкою 10 % автолу або дизельного палива	Огляд	Заміна вальниці
24. Зношування вальниць кочення. Вальниця підлягає заміні, якщо радіальний проміжок перевищує допустимий при поточному ремонті	Вимірюється радіальний проміжок вальниці обладнанням для контролю вальниці без знімання з валу	Заміна вальниці
<b>Щітковий механізм</b>		
25. Злам пружини щікотримача	Огляд	Заміна пружини

Продовження табл. 7

Ушкодження деталей, чинники до вибракування	Способи виявлення ушкоджень	Способи ремонту
26. Ослаблення натискання пружини щіткотримача. Пружини підлягають заміні, якщо їхнє натискання на щітки менше допустимого значення	Огляд, вимірювання натискання пружини динамометром	Заміна пружини
27. Пробій або механічне ушкодження ізоляції пальця щіткотримача. Сліди пробою або механічного ушкодження на ізоляції пальця не	Огляд	Заміна ізоляції
28. Зрив різи на пальці щіткотримача. Зрив більше однієї нитки різьблення не допускається	Огляд	Виконання нової різи
29. Тріщини, відколи або злами пальця щіткотримача	Огляд	Заміна пальця
30. Зношування або обгорання внутрішньої поверхні щіткотримача	Огляд	Зачищення поверхні
31. Напливи металу на щіткотримачі	Огляд	Зачищення поверхні
32. Відколи й тріщини на робочій поверхні щітки	Огляд	Заміна щітки
33. Зношування щітки по висоті. Висота щітки повинна бути не менш припустимого значення.	Вимір висоти щітки штангенциркулем	Заміна щітки
34. Зношування бічної поверхні щітки. Проміжок між щіткою й обоймою повинен бути в межах від 0,2 до 0,5 мм у напрямку вісі обертання машини й у межах від 0,06 до 0,3 мм у напрямку обертання ротора	Вимір проміжок між щіткою й обоймою щупом	Заміна щітки
35. Оплавлення або надлам наконечника струмопровідного провідника щітки	Огляд	Заміна щітки
<b>Вальницеві щити й кришки вальниць кочення</b>		
36. Відколи та тріщини на щиті	Огляд	Капітальний ремонт
37. Пошкодження на посадкових місцях під корпус статора	Огляд	Зачищення
38. Ушкодження ущільнювальних кілець	Огляд	Заміна кілець
39. Ушкодження або зношування манжетних ущільнень валу	Огляд	Заміна ущільнень
<b>Коробка виведень</b>		
40. Тріщини на поверхні коробки або крищі	Огляд	Повна заміна
41. Обгорання контактних клем колодки	Огляд	Заміна болтів
42. Обгорання поверхні клем колодки. Допускається обгорання не більше 10 % поверхні клемної колодки	Огляд	Заміна колодки
<b>Кожух вентилятора та контактних кілець</b>		
43. Вм'ятини на кожусі вентилятора або контактних кільцях	Огляд	Рихтування
44. Тріщини та розриви на кожусі	Огляд	Заварка

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Таблиця обмотувальних даних електродвигунів АИР. *ТОВ «Системи якості, ЛТД»*. URL: <https://aipr.com.ua/poleznoe/spravochnik-obmotochnyh-dannyh/> (дата звернення 07.06.2024)
- 2 Юхимчук В. Д. Технологія виробництва електричних машин: підручник. Харків : Тім Пабліш Груп, 2012. 740 с.
- 3 Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК : підручник. Київ : Мета, 2003. 543 с.
- 4 Леонтєв В. О., Бевз С. В., Видмиш В. А. Електротехнічні матеріали : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 122 с.
- 5 Грицюк Ю. В. Монтаж і експлуатація електрообладнання : методичні вказівки до лабораторних занять для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології». Луцьк : ЛНТУ, 2016. 104 с.
- 6 Яцун М. А., Яцун А. М. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів : підручник. Львів : Львів. політехніка, 2010. 228 с.
- 7 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. *Міністерство енергетики та вугільної промисловості України*. Затверджено наказом № 91 від 13.02.2012 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z114306#Text> (дата звернення 07.06.2024)
- 8 Правила улаштування електроустановок. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 760 с.
- 9 Сторінка 13: НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. (1692). *ДНАОП – Нормативно-правова бібліотека інструкції документи*. URL: [https://dnaop.com/html/1692\\_13.html](https://dnaop.com/html/1692_13.html) (дата звернення: 07.06.2024).

## ДОДАТОК А

### Приклад оформлення титульного листа контрольних завдань

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра електричних машин

### **ЗВІТ**

**про виконання контрольних завдань**

з навчальної дисципліни

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН**

Студент групи Е- \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ повністю)

Викладач \_\_\_\_\_  
(підпис) (посада, ПІБ)

Харків 20 \_\_\_\_

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Структура навчальної дисципліни.....	4
2 Програма навчальної дисципліни та контрольні запитання.....	4
2.1 Основні задачі експлуатації та ремонту електричних машин.....	4
2.2 Монтаж електричних машин.....	4
2.3 Організація технічного обслуговування електричних машин.....	4
2.4 Модернізація електричних машин.....	5
3 Зміст розрахункового завдання.....	8
3.1 Вибір варіанту розрахункового завдання.....	8
3.2 Контрольне завдання № 1.....	8
3.3 Контрольне завдання № 2.....	9
4 Методичні вказівки до виконання контрольних завдань.....	10
4.1 Розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу номінальну фазну напругу.....	10
4.2 Розрахунок обмоткових даних асинхронного двигуна на іншу частоту напруги.....	11
4.3 Дефектація деталей електричних машин.....	16
Список використаних джерел.....	20
Додаток А. Приклад оформлення титульного листа контрольних завдань	

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання  
розрахункового завдання  
з навчальної дисципліни «Експлуатація та ремонт електричних машин»  
для студентів денної та заочної форми навчання  
за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Укладач:

МАСЛЕННИКОВ Андрій Михайлович

Відповідальний за випуск проф. Мілих В. І.

Роботу до видання рекомендував доц. Чепелюк О. О.

В авторській редакції

План 2024 р., поз. 404

Підп. до друку 02.09.2024 р. Формат 60×84 1/16.

Папір офсетний. Друк ризографічний. Ум. друк. арк.0,8.

Обл. вид. арк.            Наклад 50 прим. Замовлення № \_\_\_\_\_.

---

Видавничий центр НТУ «ХП».

вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

---

Електронна версія