

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»



**СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

ТИПОВА ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ»

За редакцією В.І. Мілих

Харків 2013

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

**СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

ТИПОВА ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ»

За редакцією В.І. Мілих

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 07.06.13

Харків 2013

Сервісне обслуговування електромеханічних пристроїв. Типова програма, методичні вказівки та контрольні завдання для студентів спеціальності «Електричні машини та апарати» / уклад. : Шевченко В.В., Павленко Т.П., Масленніков А.М.; за редакцією Мілих В.І. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2013. – 61 с.

Укладачі: В.В. Шевченко, Т.П. Павленко, А.М. Масленніков

За редакцією В.І. Мілих

Рецензент: Б.В. Клименко

Кафедра електричних машин

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Сервісне обслуговування електромеханічних пристроїв» вивчає технологію та організацію робіт з обслуговування, монтажу, налагоджування та діагностування стану електричних машин і трансформаторів. Методичною основою вивчення цієї навчальної дисципліни є знання загального курсу і курсів конструювання, технології виготовлення та умов експлуатації електричних машин і трансформаторів, правил улаштування електроустановок.

Завданням дисципліни є вивчення:

- вимог правил експлуатації електроустановок;
- питань правильного вибору електричних машин і трансформаторів для заданого агрегату;
- питань підготовки та установки електричних машин і трансформаторів на фундаменті та центрівки валів електричних машин;
- засобів діагностування стану електричних машин і трансформаторів;
- засобів ремонту та налагоджування електричних машин і трансформаторів.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати правила:

- транспортування та монтажу електричних машин і трансформаторів;
- виконання пуско-налагоджувальних робіт та приймально-здавальних випробувань електричних машин і трансформаторів;
- виконання контролю за роботою електричних машин і трансформаторів в процесі експлуатації.

Методичне видання містить програму курсу «Сервісне обслуговування електромеханічних пристроїв», контрольні питання за розділами курсу, індивідуальні завдання та методичні вказівки для виконання цих завдань, а також перелік літературних джерел, необхідних для вивчення дисципліни і виконання робіт.

2 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

За навчальним планом дисципліна «Сервісне обслуговування електромеханічних пристроїв» вивчається в 10 семестрі на п'ятому курсі. Навчальним планом передбачено 4 кредити загального обсягу, що становить 144 навчальні години, які включають лекції, лабораторні заняття, самостійну роботу для виконання контрольних завдань, науково-дослідницьку роботу і підготовку до екзамену.

До складу дисципліни увійшли такі розділи:

Розділ 1. Класифікація електромеханічних пристроїв та електроприміщень.

Розділ 2. Експлуатаційні показники та технічна документація електричних машин і трансформаторів.

Розділ 3. Транспортування та монтажно-налагоджувальні роботи щодо експлуатації електричних машин і трансформаторів.

Розділ 4. Технічне обслуговування і ремонт електричних машин і трансформаторів.

Розділ 5. Випробування електричних машин і трансформаторів.

Розділ 6. Діагностика і модернізація електричних машин і трансформаторів.

3 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

3.1 Класифікація електромеханічних пристроїв та електроприміщень

Класифікація електромеханічних пристроїв.

Кліматичне виконання електричних машин і трансформаторів.

Категорія розміщення, ступінь захисту, способи охолодження електричних машин і трансформаторів.

Режими роботи електричних машин і трансформаторів.

Види виконань електричних машин і трансформаторів.

Класифікація електроприміщень за умовами електробезпеки, за характером навколишнього середовища, за небезпекою щодо ураження людей електричним струмом.

Класифікація електроприміщень за пожежно- та вибухонебезпечністю.

3.2 Експлуатаційні показники та технічна документація електричних машин і трансформаторів

Номінальні параметри. Допустима температура нагріву окремих частин електричних машин і трансформаторів. Допустимий рівень вібрацій та шуму електричних машин і трансформаторів.

Нормативна, проектна документація для електричних машин і трансформаторів. Приймально-здавальна та експлуатаційна документація.

3.3 Транспортування та монтажно-налагоджувальні роботи щодо експлуатації електричних машин і трансформаторів

Транспортування електричних машин і потужних трансформаторів. Тран-

спортні та підйомні засоби, які використовують для електричних машин і трансформаторів. Захоплення стропами електричних машин і їх частин.

Основні етапи монтажу електричних машин і потужних трансформаторів. Підготовка електричних машин і трансформаторів до монтажу. Інструменти і прилади, які використовуються при монтажно-налагоджувальних роботах. Вимірювання довжин, діаметрів та повітряних проміжків. Матеріали, які застосовуються при монтажно-налагоджувальних роботах.

Улаштування фундаментів електричних машин і трансформаторів. Призначення та різновиди фундаментів для електричних машин і трансформаторів. Перевірка і розбиття головних вісів фундаменту для електричних машин і трансформаторів. Установлення фундаментних плит для електричних машин і трансформаторів.

Монтаж електричних машин з нероз'ємними і з роз'ємними статорами. З'єднання і центрування валів електричних машин. Монтаж трансформаторів.

Підготовка підшипників ковзання та кочення до експлуатації. Підшипниковий (паразитний) струм у підшипниках електричної машини та боротьба з ним.

Заземлення і занулення електричних машин і трансформаторів.

Контрольне завдання № 1.

3.4 Технічне обслуговування і ремонт електричних машин і трансформаторів

Основні характеристики електроізоляційних, провідникових матеріалів та сталей, які використовують в електромашинобудуванні.

Підготовка електричних машин до ремонту. Розбирання електричних машин. Ремонт і технічне обслуговування електродвигунів 0,4 кВ. Складання ущільнюючих підшипників.

Контролювання стану і сушка ізоляції електричних машин і трансформаторів.

Ремонт роторів асинхронних електродвигунів з короткозамкненою обмоткою.

3.5 Випробування електричних машин і трансформаторів

Випробування електричних машин і трансформаторів до включення. Перевірка маркування виводів електричних машин і трансформаторів.

Вимірювання опору і якості покриття ізоляції. Вимірювання активного опору обмоток електричних машин і трансформаторів. Випробування ізоляції

обмоток підвищеною напругою промислової частоти.

Перевірка в машинах постійного струму правильності чередування полюсів і встановлення щіток на геометричну нейтраль.

Пробний пуск електричної машини та перше включення трансформаторів. Обкатка електричних машин і підготовка трансформаторів до роботи в процесі поточної експлуатації.

3.6 Діагностика та модернізація електричних машин і трансформаторів

Система планово-запобіжних ремонтів для електроустаткування промислових підприємств та електростанцій.

Види діагностики активної зони електричних машин і трансформаторів. Діагностика електрообладнання при зупинці його на ремонт і в режимі «*on-line*». Моніторинг стану машин і устаткування в процесі прироблення і експлуатації. Методи неруйнівного контролю параметрів електричних машин і трансформаторів.

Напрямки модернізації електрообладнання. Вирішення питань енергозбереження при проведенні модернізації електрообладнання. Модернізація електрообладнання на прикладі модернізації потужних турбогенераторів.

Контрольне завдання № 2.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

Контрольні питання повинні допомогти студенту перевірити свої знання по курсу та підготуватися до іспиту.

1. Дайте визначення електричним машинам і трансформаторам.
2. Як класифікують електричні машини за вихідною потужністю, напругою та за частотою обертання?
3. Назвіть кліматичні виконання, ступені захисту, види конструктивних виконань електричних машин і трансформаторів.
4. Які є можливі категорії розміщення та способи охолодження електричних машин і трансформаторів?
5. Як організована система охолодження трансформаторів?
6. Назвати режими роботи електричних машин і трансформаторів.
7. Як вибрати електричні машини для роботи у вибухонебезпечних зонах?
8. Як класифікують електроприміщення за умовами електробезпеки та за небезпекою щодо ураження людей електричним струмом?
9. Як класифікують приміщення за пожеже- та вибухонебезпечністю?

10. За якими показниками класифікують гранично допустимі експлуатаційні показники електричних машин?
11. Яка температура допустима для окремих частин електричних машин? Наведіть приклади.
12. Допустимий рівень вібрацій електричних машин. Як його вимірюють?
13. Який допустимий рівень шуму електричних машин? Як його вимірюють?
14. Яка документація необхідна для монтажу електричних машин? Що таке нормативна документація?
15. Яка приймально-здавальна та експлуатаційна документація необхідна для монтажу електричних машин і трансформаторів?
16. Як здійснюється транспортування великих електричних машин?
17. Назвіть, які бувають транспортні та підйомні засоби для транспортування та переміщення електричних машин і трансформаторів.
18. Як здійснюється перевозка потужних трансформаторів від заводу-виробника до місця їх установки?
19. Основні етапи монтажу електричних машин і трансформаторів.
20. Підготовка електричних машин і трансформаторів до монтажу.
21. Як контролюється допустима температура у струмопровідних елементах електричних машин і трансформаторів?
22. Як виміряти довжину активної сталі, діаметр статора і ротора та повітряний проміжок електричної машини?
23. Які провідникові матеріали застосовуються для електричних машин?
24. Які конструкційні матеріали застосовуються для електричних машин?
25. Електроізоляційні матеріали для електричних машин.
26. Які є різновиди фундаментів електричних машин ?
27. Як здійснюється улаштування фундаментів великих електричних машин?
28. Перевірка головних осей фундаменту електричних машин.
29. Як здійснюють установку статора турбогенератора на фундамент?
30. Як здійснюють з'єднання і центрування валів електричних машин?
31. Підготовка підшипників ковзання та кочення до експлуатації.
32. Призначення ущільнюючих підшипників великих електричних машин.
33. Знімання підшипників з валу та використання приладів.

34. Чому з'являється підшипниковий (паразитний) струм в підшипниках електричної машини?
35. Які є засоби боротьби з підшипниковими струмами?
36. Заземлення електричних машин і трансформаторів.
37. Занулення електричних машин і трансформаторів.
38. Назвіть методи випробувань силових трансформаторів.
39. Як планують ремонти і виконують технічне обслуговування електродвигунів напругою до 0,4 кВ?
40. Як планують організацію та підготовку електричних машин до ремонту?
41. Як контролюють стан і виконують сушку ізоляції електричних машин і трансформаторів?
42. Назвіть установки для індукційного високочастотного нагріву деталей, що демонтуються при ремонті електричних машин.
43. Як виконують ремонт роторів асинхронних електродвигунів з короткозамкненою обмоткою?
44. Які існують і як виконують з'єднання жил кабелів, проводів і струмоведучих шин електричних машин і трансформаторів?
45. Які є випробування електричних машин і трансформаторів?
46. Які випробування електричних машин і трансформаторів виконують перед включенням?
47. Вимірювання опору ізоляції електричних машин і трансформаторів.
48. Вимірювання активного опору обмоток електричних машин і трансформаторів.
49. Як перевірити в машинах постійного струму правильність чередування полюсів?
50. Як в машинах постійного струму виставити щітки на геометричну нейтраль?
51. Як здійснюється введення ротора в статор турбогенератора?
52. Як підготувати пробний пуск електричної машини?
53. Як підготувати включення трансформатора після монтажу і ремонту?
54. Як складається програма планово-запобіжних ремонтів для електроустаткування промислових підприємств та електростанцій?
55. Перелічить переваги і недоліки системи планово-запобіжних ремонтів для електроустаткування промислових підприємств та електростанцій.

56. Назвіть види діагностики електричних машин і трансформаторів.
57. Як виконують діагностику електрообладнання під час його ремонту?
58. Як виконують діагностику електрообладнання в режимі «on-line»?
59. Запропонуйте напрямки модернізації електрообладнання з метою підвищення його потужності та вирішення питань енергозбереження.
60. Запропонуйте напрямки модернізації потужних турбогенераторів з метою підвищення їх потужності та вирішення питань енергозбереження при їх експлуатації.

4 ЗМІСТ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

4.1 Вибір варіанту контрольних завдань

Контрольні завдання № 1 та № 2 з дисципліни «Сервісне обслуговування електромеханічних пристроїв» включають по три теми, в кожній із яких треба письмово відповісти на контрольні питання та виконати завдання у відповідності до варіанту. Номер варіанту відповідає номеру за списком в журналі академічної групи.

Під час виконання контрольних завдань використовуйте джерела інформації [1 – 14]. Завдання зараховуються після співбесіди з викладачем. Приклад оформлення титульного листа контрольних завдань приведено в додатку А.

4.2 Контрольне завдання № 1

4.2.1 Відповісти на питання

Письмово відповісти на питання (табл.1) по розділам 1 – 3, які відповідають номерам питань із розділу «КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ».

Таблиця 1 – Номери питань щодо виконання першої частини завдання №1

Варіант	Номери питань	Варіант	Номери питань	Варіант	Номери питань
1	1, 31, 51	8	8, 38, 58	15	15, 25, 45
2	2, 32, 52	9	9, 39, 59	16	16, 26, 46
3	3, 33, 53	10	10, 40, 60	17	17, 27, 47
4	4, 34, 54	11	11, 21, 41	18	18, 28, 48
5	5, 35, 55	12	12, 22, 42	19	19, 29, 49
6	6, 36, 56	13	13, 23, 43	20	20, 30, 50
7	7, 37, 57	14	14, 24, 44	21	21, 51, 56

4.2.2 Виконати завдання

Вибрати машину згідно варіанту табл. 2 та скласти план розбирання і дефектації електричної машини при проведенні ремонтних робіт.

Таблиця 2 – Тип машини щодо виконання другої частини завдання №1

Номер варіанту	Тип електричної машини
1, 11	Двигун постійного струму
2, 12	Генератор постійного струму
3, 13	Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором
4, 14	Асинхронний двигун з фазним ротором
5, 15	Синхронний турбогенератор
6, 16	Синхронний гідрогенератор
7, 17	Синхронний двигун
8, 18	Індукторний двигун
9, 19	Індукторні двигуни подвійного живлення
10, 20	Двигун з кігтеподібним ротором

4.3 Контрольне завдання № 2

4.3.1 Відповісти на питання

Письмово відповісти на нижчеперелічені питання по розділам 4 – 6.

1. Перелічити та надати коротку характеристику матеріалів (сталі, провідникові та ізоляційні матеріали), які використовують в електричних машинах і трансформаторах.

2. Назвати сучасні вимоги, що висуваються до систем функціонального діагностування електричних машин.

3. Запропонувати напрямки модернізації потужних турбогенераторів з метою підвищення їх потужності та вирішення питань енергозбереження.

4.3.2 Виконати завдання

Описати і скласти програму дослідження параметрів електричних машин і трансформаторів з використанням завдання табл. 3.

5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

5.1 Визначення і класифікація електричних машин

Електричні машини – електромеханічні перетворювачі, які мають класифікацію по різним показникам:

- 1) За вихідною потужністю електричні машини розділяють на різні групи:
– мікромашини (до 0,75 кВт);

Таблиця 3 – Тип дослідження електричних машин

Номери варіантів	Завдання
1	Неруйнівний контроль на етапі виготовлення. Вихідний (вхідний) контроль деталей і вузлів. Вибраковка комплектуючих виробів.
2	Стенди для вхідного (вихідного) контролю. Контроль якості збірки електричних машин, трансформаторів і устаткування.
3	Контроль якості з'єднань і покриттів кабелів, провідників і шинопроводів.
4	Діагностика машин і механізмів в процесі їх підготовки до першого пуску. Вихідний контроль готових виробів.
5	Контроль якості монтажу машин і устаткування при експлуатації.
6	Моніторинг стану машин і устаткування в процесі експлуатації.
7	Моніторинг машин і устаткування на транспорті.
8	Аварійний захист устаткування з використанням методів неруйнівного контролю і діагностики. Особливості захисту машин і устаткування від помилкових дій обслуговуючого персоналу.
9	Неруйнівний контроль теплового стану електричних машин.
10	Обстеження машин і устаткування при їх технічному обслуговуванні. Аналіз результатів стану та обстеження.
11	Завдання неруйнівного контролю на різних етапах життєвого циклу устаткування. Активний і пасивний неруйнівний контроль.
12	Візуально-оптичний і вимірювальний контроль стану параметрів машин.
13	Основні види діагностики машин і устаткування.

Продовження таблиці 3

14	Моніторинг, як основа переходу на обслуговування і ремонт устаткування по фактичному стану.
15	Економічні аспекти моніторингу, діагностики і прогнозу стану машин і устаткування.
16	Прогноз стану і оцінки залишкового ресурсу устаткування в процесі експлуатації.
17	Використання засобів неруйнівного контролю і діагностики в процесі доремонтної дефектації устаткування.
18	Неруйнівний контроль і діагностика устаткування при проведенні ремонтних робіт.
19	Обстеження машин для продовження їх ресурсу експлуатації.
20	Методи неруйнівного контролю і діагностики електричних машин.

- машини малої потужності (від 0,75 до 10 кВт);
- машини середньої потужності (від 10 кВт до 500 кВт);
- машини великої потужності (більше 500 кВт).

2) За частотою обертання електричні машини підрозділяються на:

- тихохідні (до 300 об/хв.);
- середньої швидкохідності (300 – 1500 об/хв.);
- швидкохідні (1500 – 6000 об/хв.);
- надшвидкохідні (понад 6000 об/хв.).

3) По ступеню захисту від зовнішніх дій конструктивне виконання електричних машин розділяється на: захищене, бризгозахищене, каплезахищене, водозахищене, пилезахищене, закрите, герметичне і вибухозахищене.

4) За способом охолодження розрізняють машини з природним і штучним охолодженням. Класифікація за цією функціональною ознакою пов'язана з рівнем потужності машин.

5) За кліматичним виконанням електроустаткування класифікується по способу захисту від дії та властивостей навколишнього середовища з урахуванням місця їх установки. Стандартами встановлено 10 кліматичних виконань устаткування для експлуатації в районах:

- У – з помірним кліматом;
- УХЛ – з помірним і холодним кліматом;

ТВ і ТС – з тропічним вологим і з тропічним сухим кліматом;
М і ТМ – з помірно-холодним кліматом і тропічним морським кліматом;
Т – для всіх районів на суші, що мають тропічний клімат;
О – для всіх районів на суші;
ОМ – для всіх районів на морі;
В – для всіх районів на суші і морі.

6) По категорії розміщення електроустаткування класифікується згідно діючим стандартам, якими встановлено 5 категорій розміщення та експлуатації електроустаткування:

- 1 – на відкритому повітрі;
- 2 – під навісом, який захищає від прямої дії опадів і сонячної радіації;
- 3 – в закритих приміщеннях, в яких дія коливання температури і вологості істотно менше, ніж на відкритому повітрі;
- 4 – в приміщеннях зі штучно регульованими кліматичними умовами (кондиціонування повітря);
- 5 – в приміщеннях з підвищеною вологістю, в яких можлива тривала наявність води або часта конденсація вологи на стінах і стелі.

7) По категорії характеристик навколишнього середовища устаткування умовно розділяються на 4 категорії:

- категорія I – умовно-чиста;
- категорія II – промислова;
- категорія III – морська;
- категорія IV – приморська - промислова.

Слід зазначити, що устаткування кліматичних виконань У, УХЛ, ТС, ТБ, Т призначається для експлуатації в навколишньому середовищі категорії I і II; кліматичного виконання О – в середовищі категорії IV; кліматичного виконання М, ТМ; ОМ – в середовищі категорії III; кліматичного виконання В – в середовищах категорій III і IV.

8) Ступені захисту електроустаткування класифікують згідно зі стандартами двома латинськими буквами *IP (International Protection)* і двома цифрами. Перша цифра характеризує ступінь захисту персоналу від зіткнення зі струмоведучими або рухомими частинами, друга – ступінь захисту від проникнення вологи всередину корпусу.

Перша цифра означає:

- 0 – спеціальний захист відсутній;

- 1 – захист від проникнення твердих тіл розміром понад 50 мм;
- 2 – захист від проникнення твердих тіл розміром понад 12 мм;
- 3 – захист від твердих тіл розміром більше 2,5 мм;
- 4 – захист від попадання всередину дроту або твердих тіл (більше 1 мм);
- 5 – обмежено попадання пилу;
- 6 – проникнення пилу повністю виключене.

Друга цифра означає захист від вологи:

- 0 – захист від проникнення вологи відсутній;
- 1 – захист від вертикально падаючих крапель води;
- 2 – захист від крапель води, падаючих під кутом до 15° щодо вертикалі;
- 3 – захист від крапель дощу, падаючих під кутом до 60° щодо вертикалі;
- 4 – захист від бризок, що летять на оболонку з будь-якого напрямку;
- 5 – захист від водяних струменів з будь-якого напрямку;
- 6 – захист від морських хвиль;
- 7 – захист при зануренні у воду;
- 8 – захист при тривалому зануренні у воду (за умовами виробника).

9) По способу охолодження електричні машини класифікуються відповідно до ДСТУ 20459 і позначаються латинськими буквами *IC* (*International Cooling*) та подальшої групи знаків з однієї букви і двох цифр. Латинська буква позначає вид хладагенту, що використовується для охолодження: А (або відсутність букви) – повітря; N – азот, H – водень, У – вуглекислий газ, F – фреон, W – вода, V – трансформаторне мастило, K – газ.

Перша цифра означає побудову системи циркуляції хладагенту (від 0 до 9). Наприклад, цифра 0 означає вільну циркуляцію хладагенту між машиною і навколишнім середовищем; 4 – первинний хладагент циркулює по замкнутому контуру усередині машини і віддає тепло через поверхню корпусу вторинному хладагенту (навколишньому середовищу); 7 – первинний хладагент циркулює по замкнутому контуру і віддає тепло вторинному хладагенту, що не є навколишнім середовищем, а знаходиться в охолоджувачі, який вбудовано в електричну машину.

Друга цифра визначає спосіб переміщення хладагенту і також змінюється від 0 до 9. Наприклад, цифри означають: 0 – вільна конвекція хладагенту за рахунок різниці температур при незначній вентиляючій дії ротора; 1 – самовентиляція за рахунок вентиляючої дії ротора; 5 – вентиляція за допомогою вбудованого вентилятора, двигун якого має живлення незалежне від живлення

електрообладнання, яке охолоджують; 8 – рух хладагенту здійснюється за рахунок відносного руху елементів електрообладнання в цьому хладагенті.

Спосіб охолодження силових трансформаторів має, відповідно до ДСТУ 11677, буквене позначення і залежить від виду ізолюючого і охолоджуючого середовища. Розрізняють:

- масляні трансформатори;
- сухі (повітряні) трансформатори;
- трансформатори, заповнені рідким негорючим діелектриком;
- трансформатори з елегазовим охолоджуючим середовищем.

Сухі трансформатори мають 4 позначення системи охолодження:

С – природне повітря при відкритому виконанні;

СЗ – те ж при захищеному виконанні;

СГ – те ж при герметичному виконанні;

СД – повітряні з примусовою циркуляцією повітря.

Масляні трансформатори мають 8 різних систем охолодження:

М – з природною циркуляцією мастила і повітря;

Д – те ж і примусовою циркуляцією повітря;

МЦ – з природною циркуляцією повітря і з примусовою циркуляцією з ненаправленим потоком мастила;

НМЦ – те ж, що МЦ, але з направленим потоком мастила;

ДЦ – з примусовою циркуляцією повітря і без направленого потоку мастила;

НДЦ – те ж, що і ДЦ, але з направленим потоком мастила;

Ц – з примусовою циркуляцією води і мастила;

НЦ – те ж, що і Ц, але з направленим потоком мастила.

5.2 Вибір електричних машин для вибухонебезпечних зон

Електричні машини, у яких можливо створення іскор при нормальній роботі (колекторні або з контактними кільцями), рекомендується виносити за межі вибухонебезпечних зон, якщо це не викликає особливих утруднень при експлуатації і не пов'язано з невиправданими витратами. Якщо така електрична машина встановлюється в межах вибухонебезпечної зони, то вона повинна відповідати вимогам класу необхідної зони.

Вибухозахищені електричні машини, що встановлені в хімічно-активних, вологих або заповнених середовищах, повинні бути також захищені від дії хімічно активного середовища, вогкості і пилу. Вибухозахищені електричні

машини, які використовують в зовнішніх установках, повинні мати відповідне кліматичне виконання і категорію розміщення. Вибір електричних машин для вибухонебезпечних зон відбувається згідно типу їх захисту:

– тип захисту "e" допускається застосовувати в електроприводах, де вони не піддаватимуться перевантаженням, частим пускам і реверсам. Цей тип означає, що в електроустаткуванні або в його частинах вжиті заходи, що утрудняють появу небезпечного нагрівання, електричних іскор і дуг;

– тип захисту "d" (вибухонепроникна оболонка) застосовується в середовищах з вибухонебезпечними сумішами категорії ПС і повинні бути встановлені таким чином, щоб вибухонепроникні фланцеві проміжки не примикали впритул до якої-небудь поверхні, а знаходилися від неї на відстані не менше 50 мм. Цей тип захисту витримує тиск вибуху зсередини, а також виключає можливість його розповсюдження із оболонки в навколишнє вибухонебезпечне середовище.

Вибухонебезпечні суміші категорії ПС об'єднують: водень, водяний та світільний газ, суміші (75 % водню + 25 % азоту), ацетилен, метилдіхлорсилан, трихлорсилан, сірководень.

Електричні машини, вживані для роботи в вибухонебезпечних середовищах сумішей газів і пилу, повинні мати температуру нагріву поверхні при роботі з номінальним навантаженням нижче за температуру тління пилу не менше ніж на 50 °С або так, щоб значення температури досягало не більше двох третин температури самозаймання для негорючого пилу.

5.3 Експлуатаційні показники та режими роботи електричних машин

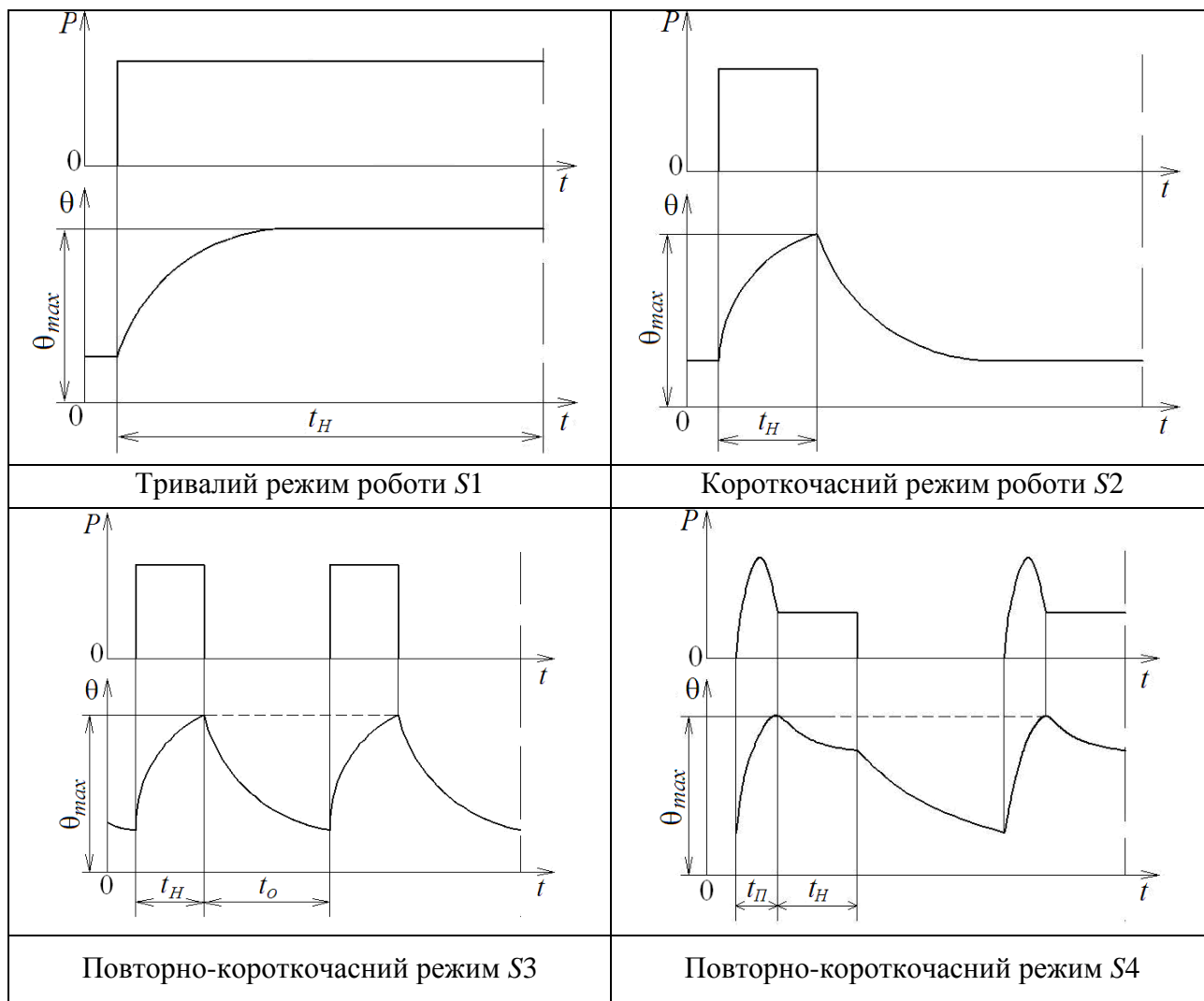
Можливі режими роботи електроприводів відрізняються величезним різноманіттям за характером і тривалістю циклів, значенням навантажень, умовами охолодження, співвідношенням втрат в період пуску, сталого руху і т.п. Тому виготовлення електродвигунів для кожного з можливих режимів роботи електроприводу не має практичного сенсу. На підставі аналізу роботи електроприводів виділяють номінальні режими на основі яких проектується і виготовляються серійні двигуни. Дані, що містяться в паспорті електричних машин, відносяться до певного номінального режиму і називаються номінальними даними електричних машин.

Діючий ДСТУ передбачає 8 номінальних режимів, які, відповідно до міжнародної класифікації, мають умовні позначення S1–S8 (рис. 1, рис.2).

Тривалий режим роботи $S1$ – робота машини при незмінному навантаженні достатньо тривалий час (t_H) при незмінній температурі всіх її частин.

Короткочасний режим роботи $S2$ – робота машини при незмінному навантаженні протягом часу (t_H), недостатньому для досягнення всіма частинами машини сталої температури, після чого слідує зупинка машини на якийсь час, достатній для охолодження машини до температури, яка не більше ніж на $2^\circ C$ перевищує температуру навколишнього середовища. Для короткочасного режиму роботи нормується тривалість робочого періоду 15, 30, 60, 90 хвилин.

Повторно-короткочасний режим роботи $S3$ – послідовність ідентичних циклів роботи, кожний з яких включає час роботи при незмінному навантаженні (t_H), за який машина не нагрівається до сталої температури, і час зупинки (t_o), за який машина не охолоджується до температури навколишнього середовища.



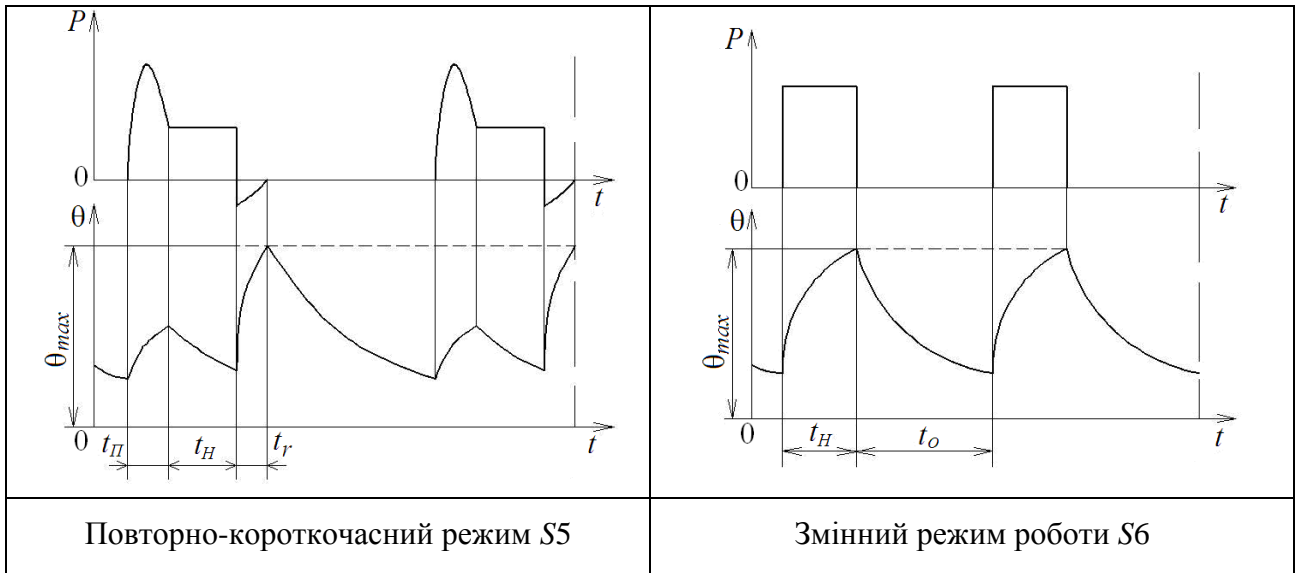


Рисунок 1 – Режими роботи електричних машин (S1 – S6)

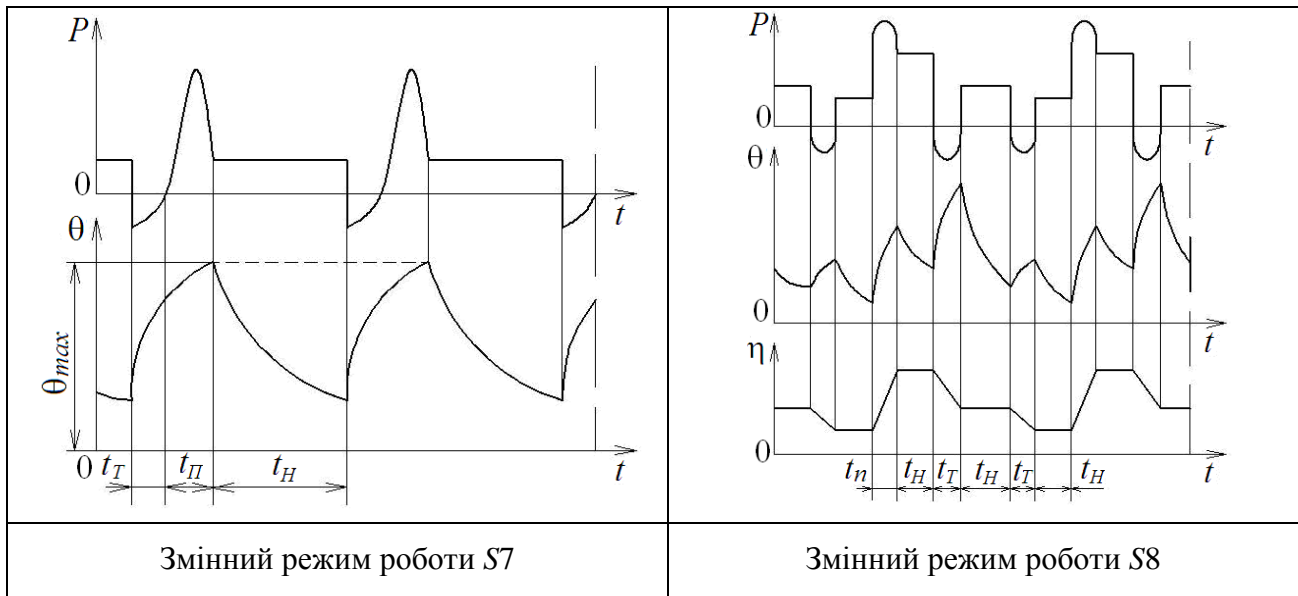


Рисунок 2 – Залежність зміни температури $\theta = f(t)$, навантаження електрообладнання $P = f(t)$ та ККД $\eta = f(t)$ від часу в різних номінальних режимах (S7 – S8)

У цьому режимі цикл роботи такий, що пусковий струм не робить помітного впливу на перевищення температури. Тривалість циклу недостатня для досягнення теплової рівноваги і не перевищує 10 хв. Режим характеризується величиною тривалості включення (ТВ), %:

$$ТВ = (t_p / (t_p + t_o)) \cdot 100,$$

де t_p – час роботи обладнання, хв; t_o – час зупинки обладнання, хв.

Нормовані значення тривалості включення: 15, 25, 40, 60 %, або відносні значення тривалості робочого періоду: 0,15; 0,25; 0,40; 0,60.

Для режиму $S3$ номінальні дані відповідають тільки певному значенню повторного включення (ПВ) і відносяться до робочого періоду. Режими $S1$ – $S3$ в даний час є основними, номінальні данні яких вітчизняні електромашинобудівні підприємства включають в каталоги і паспорти електричних машин.

Повторно-короткочасний режим роботи з впливом пускових процесів $S4$ – послідовність ідентичних циклів роботи, кожний з яких включає час пуску ($t_{п}$), достатньо тривалий для того, щоб пускові втрати впливали на температуру частин машини, час роботи при постійному навантаженні ($t_{н}$), за яке машина не нагрівається до сталої температури, і час зупинки (t_o), за який машина не охолоджується до температури навколишнього середовища.

Повторно-короткочасний режим з впливом пускових процесів і електричним гальмуванням $S5$ – послідовність ідентичних циклів роботи, кожний з яких включає достатньо тривалий час пуску ($t_{п}$), час роботи при постійному навантаженні ($t_{н}$), за який машина не нагрівається до сталої температури, час швидкого електричного гальмування ($t_{г}$) і час зупинки (t_o), за який машина не охолоджується до температури навколишнього середовища.

Переміжний режим роботи $S6$ – послідовність ідентичних циклів, кожний з яких включає час роботи з постійним навантаженням ($t_{н}$) і час роботи на неробочому ході (t_o), причому тривалість цих періодів така, що температура машини не досягає сталої значення.

Переміжний режим з впливом пускових процесів і електричним гальмуванням $S7$ – послідовність ідентичних циклів, кожний з яких включає достатньо тривалий пуск ($t_{п}$), роботу з постійним навантаженням ($t_{н}$) і швидке електричне гальмування ($t_{г}$). Режим не містить пауз.

Переміжний режим з частотою обертання, що періодично змінюється, $S8$ – послідовність ідентичних циклів, кожний з яких включає час роботи з незмінним навантаженням ($t_{н}$) і незмінною частотою обертання (t_n), потім слідує один або декілька періодів при інших постійних навантаженнях, кожному з яких відповідає своя частота обертання (наприклад, цей режим реалізується при перемиканні кількості пар полюсів асинхронного двигуна). Режим не містить пауз.

Урахування режиму роботи має велике значення при виборі двигуна. Потужності двигунів, вказані в каталогах, приведені для режиму S1 і нормальних умов роботи, окрім асинхронних двигунів з підвищеним ковзанням.

5.4 Види ремонтів електричних машин і трансформаторів

Для електрообладнання використовують різні види планових ремонтів, а саме: капітальний, поточний, планово-запобіжний, дрібний, а також його технічне обслуговування.

Капітальний ремонт – це ремонт з повним розбиранням електричної машини. Наприклад, у типовий обсяг капітального ремонту турбогенератора входять:

- розбирання і складання з виїмкою або без виїмки ротора;
- огляд, чищення і перевірка всіх доступних деталей і вузлів, зокрема збудника з повним його розбиранням;
- розбирання і ремонт виводів, системи мастилопостачання, систем водяного і газоохолодження;
- проведення випробувань і вимірювань необхідних параметрів;
- усунення всіх дефектів, що виявлені під час ремонту.

Як правило, проводиться проточка кілець ротора і колектора збудника, (якщо вони є). При необхідності в період капітального ремонту проводяться спеціальні роботи: заміна дефектних стрижнів обмотки статора, усунення віткових замикань в обмотці ротора, заміна кілець ротора і роторних бандажів, реконструкція ущільнень валу ротора і інші.

Капітальні і поточні ремонти генераторів повинні поєднуватися з капітальними і поточними ремонтами турбін. Капітальні ремонти турбогенераторів до 100 МВт включно повинні проводитися 1 раз в 3–5 років; турбогенераторів більше 100 МВт – 1 раз на 3–4 роки; синхронних компенсаторів – не частіше ніж через 4–5 років; гідрогенераторів – 1 раз в 4–6 років. Перед виведенням і після введення ротора спеціальним щупом вимірюються проміжки між ротором і статором: згори, внизу, зліва і справа. Несиметрія проміжків може викликати появу вібрації і підвищений нагрів поверхні ротора.

У типовий обсяг капітального ремонту електричних машин, окрім повного розбирання і складання, входять:

- чищення, огляд і перевірка статора і ротора;
- усунення виявлених дефектів;
- фарбування, якщо потрібно, лобових частин обмотки;

- розточування статора;
- промивка, перевірка та необхідна заміна підшипників кочення;
- проведення профілактичних випробувань.

Окрім типового обсягу при капітальному ремонті можуть виконуватися реконструктивні та спеціальні роботи по ремонту або заміні окремих вузлів з метою усунення недоліків, виявлених під час експлуатації електрообладнання.

За вимогами «Правил технічної експлуатації» (ПТЕ) капітальний ремонт з виїмкою ротора електродвигунів відповідальних механізмів, що працюють в тяжких умовах щодо температури і забрудненості навколишнього повітря, повинен проводитися не рідше ніж 1 раз за 2 роки. Для електродвигунів, що працюють в нормальних умовах, термін капітального ремонту встановлюється залежно від місцевих умов. Періодичність поточного і капітального ремонтів встановлюється головним інженером. Для знов змонтованих електродвигунів, особливо середньої і великої потужності, перший капітальний ремонт треба проводити через рік від початку експлуатації.

Капітальний ремонт, як правило, виконується з демонтажем електрообладнання на спеціальному ремонтному майданчику. Підшипники кочення при капітальному ремонті рекомендується замінювати новими незалежно від їх стану.

Окрім капітальних ремонтів електродвигунів з повним розбиранням проводять поточні ремонти, при яких замінюють або додають мастило і вимірюються проміжки в підшипниках ковзання, оглядають сепаратори в підшипниках кочення, проводять чищення і обдування статора і ротора від пилу при знятій задній кришці, огляд обмоток і сталі в доступних місцях. Для скорочення трудовитрат роботи по центрівці і по підготовці робочого місця оперативного персоналу ремонт електрообладнання доцільно суміщати за часом з плановим ремонтом механізму, на якому електродвигун встановлений. Поточний ремонт електродвигунів проводять 1 раз в 9 – 12 місяців згідно зі строками планово-запобіжних ремонтів (ПЗР), які є комплексом робіт, що проводяться по наперед складеному плану для попередження несподіваних виходів устаткування з ладу.

Система ПЗР включає технічне (міжремонтне) обслуговування, поточний і капітальний ремонти. Основним завданням системи ПЗР є подовження міжремонтного терміну служби устаткування, зниження витрат на його ремонт і підвищення якості ремонту. Іноді, разом з поточним і капітальним, виконується-

ся також і середній ремонт устаткування. Він включає ряд робіт з поточного і капітального ремонтів.

Основою системи ПЗР, що визначає трудові і матеріальні витрати на ремонт, є ремонтний цикл і його структура. Ремонтний цикл – це тривалість роботи устаткування (в роках) між двома капітальними ремонтами. Для нового устаткування ремонтний цикл обчислюється з моменту введення його в експлуатацію до першого капітального ремонту.

Структурою ремонтного циклу називається порядок розташування і чергування різних видів ремонтів і оглядів в межах одного ремонтного циклу. Час роботи устаткування, виражений в місяцях календарного часу між двома плановими ремонтами, називається міжремонтним періодом. Величина ремонтного циклу і його структура повинні бути такими, щоб була забезпечена надійна робота даного виду устаткування за заданих умов експлуатації.

Технічне обслуговування включає в основному роботи профілактичного характеру: спостереження за устаткуванням, виконання правил експлуатації, своєчасне регулювання машин і усунення дрібних дефектів. Міжремонтне обслуговування проводиться переважно без простою устаткування. При дрібному ремонті проводять підтяжку контактів, кріплень, чищення доступних частин машини (зовнішніх поверхонь) і інші роботи.

У період між плановими ремонтами оглядають також машини по спеціальному графіку. При огляді виявляють дефекти, які повинні бути негайно усунені, і дефекти, що підлягають усуненню при найближчому плановому ремонті. Поточний ремонт звичайно проводиться на місці установки без демонтажу машини з фундаменту. Якщо виявлена несправність, яка може викликати аварію або травми персоналу, електродвигун негайно зупиняють.

Правила технічної експлуатації (ПТЕ) електроустановок вимагають проводити негайну аварійну зупинку електрообладнання при:

- появі диму або вогню з машини або пускорегулюючої апаратури;
- нещасному випадку;
- сильної вібрації, яка загрожує цілості машини;
- поломці механізму, що приводиться до обертання;
- неприпустимо сильному перегріві підшипників;
- помітному зниженні частоти обертання, що супроводжується швидким нагрівом машини.

Морально застаріле устаткування при капітальних ремонтах модернізують, покращують його технічні характеристики, а саме: потужність, надійність, економічність, безпеку обслуговування і т.д. – шляхом часткової зміни конструкції. Доцільність модернізації повинна бути економічно виправдана. Устаткування із значним моральним зносом, як правило, не модернізують, а замінюють на нове.

Вихід з ладу електричних машин і трансформаторів супроводжується простоями технологічного устаткування. У багатьох випадках аварійний простій електрообладнання протягом 5 – 10 годин наносить збиток, що перевищує саму вартість обладнання. Швидкісний ремонт значно скорочує час простою устаткування. Для забезпечення можливості його проведення виконують ретельну підготовку виробництва.

5.5 Технічна документація щодо монтажу електричних машин і трансформаторів

Підготовку до монтажу починають з комплектації і вивчення технічної документації. Остання включає документацію, що передається замовником і яка була розроблена проектною організацією. До документації, що передається замовнику, відноситься: технічна документація, яка одержана їм безпосередньо від заводу-виробника; креслення на установку обладнання, що розроблені проектною організацією для даного об'єкту.

Документація, яку одержують від заводу-виробника, включає: паспорт по монтажу і експлуатації, складальні заводські креслення, специфікації і відомості комплектувань (відправні), інструкцію щодо складання машин, які поступають в розібраному вигляді. Технічна документація, яка передається замовником на завод-виробник, повинна мати штамп з написом «Дозволено до виробництва» і підпис відповідального представника замовника.

Обсяг і зміст документації, яка розроблюється проектною організацією, залежать від потужності і габаритів електричних машин. Для монтажу великих електричних машин, як правило, розробляють проект виробництва робіт, для середніх електричних машин обмежуються технологічною запискою. Вивчення технічної документації починають з докладного ознайомлення з паспортами, технічним описом і інструкцією щодо монтажу і експлуатації машин. Останні входять до складу супровідної документації, що відправляється заводом-виробником безпосередньо з електричними машинами в закритому вигляді.

У паспорті електричних машин вказують основні технічні характеристики: тип, потужність, максимальний момент (для двигунів), дату випуску, назву заводу-виробника і т.д.

Технічний опис з інструкцією щодо монтажу і експлуатації містить короткі відомості про призначення машини, її основні технічні дані, опис конструкції, перелік спеціального інструменту і пристосувань, що відвантажуються заводом в комплекті з електричними машинами (наприклад, ключ для регулювання болтів віджимних планок ротора, які притискають котушки полюсів до полюсних наконечників, гвинти для притиснення віджимних планок ротора, ключ для підпресування осердя статора за допомогою віджимних болтів гребінок, ключ для закручування гайок, що контрять вказані віджимні болти та ін.), відомості про маркування частин машин, рекомендації щодо зберігання машин, вказівки про їх консервації, вимоги до розбирання і складання, короткі вказівки щодо монтажу і підготовці до експлуатації, перелік контрольованих величин, перелік можливих несправностей і способів їх усунення, вказівки щодо техніки безпеки.

Технічний опис також містить креслення, зокрема: загальний вид машини; схему пришліфування щіток; схему вимірювання тиску щіток на контактні кільця або колектор; схему визначення місця замикання ізоляції підшипників; схему пристосувань для переміщення статора і інші креслення; перелік котрих залежить від габариту і призначення машин.

Далі детально вивчають специфікації, відомості, перелік комплектуючих елементів і заводські складальні креслення. Якщо машини надійшли від заводу - виробника в розібраному вигляді, необхідна також інструкція заводу щодо їх складання. Також весь монтажний персонал повинен ретельно вивчити програму планово-запобіжних ремонтів та технологічну записку на монтаж машин.

До складу проектів виконання робіт щодо монтажу великих електричних машин входять наступні матеріали:

- пояснювальна записка, що включає короткі відомості щодо об'єкту;
- технічна характеристика електричних машин, які монтують, і механічно пов'язаного з ними технологічного устаткування;
- відомість змін і доповнень до проекту; технологія монтажу з вказівкою послідовності окремих операцій;

- план розміщення електричних машин або їх вузлів (якщо машини надійшла в розібраному вигляді) в монтажній зоні, що враховує питоме навантаження на перекриття;

- перелік домкратів та гвинтових пристроїв для монтажу;

- перелік вживаних при монтажі підйомно-транспортних засобів, інструментів, пристосувань, основних і допоміжних матеріалів;

- розрахунок стропів і канатів, необхідних для переміщення електричних машин і їх частин;

- схеми строповки машин або окремих вузлів;

- календарний план або мережевий графік виконання робіт;

- вказівки щодо техніки безпеки;

- перелік форм здавальної документації.

У технологічній записці приводять лише короткі відомості для монтажного персоналу, зокрема:

- характеристику електрообладнання і технологічного устаткування;

- технологію монтажу з вказівкою послідовності окремих операцій;

- відомість вживаних при монтажі підйомно-транспортних засобів, інструментів, пристосувань, основних і допоміжних матеріалів;

- вказівки щодо техніки безпеки.

В обсяг і склад робіт з підготовки до монтажу, крім вивчення обсягу комплектації і технічної документації, в процесі яких монтажний персонал детально знайомиться з технічною характеристикою, призначенням кожної з машин, що підлягають установці, і іншими матеріалами, входять наступні операції:

- виявлення способів кріплення машин до фундаментів і валів машин між собою, а також з технологічним устаткуванням або механізмами за установочними кресленнями заводів-виробників або за іншою технічною документацією;

- фіксація висотних відміток (за установочними кресленнями) для окремих машин-агрегатів, не пов'язаних з технологічним устаткуванням (механізмами), розташування головних осей валів вказаного устаткування для приводних двигунів;

- ознайомлення з конструкціями фундаментних плит і перевірка будівельних розмірів фундаментів з урахуванням висотних відміток;

– перевірка наявності і справності домкратів або відповідності гвинтових пристроїв розмірам і геометрії різьб у фундаментних плитах (залежно від вибраного способу монтажу). При необхідності повинна бути зроблена видача заявок на придбання домкратів або виготовлення гвинтових пристроїв;

– видача (при необхідності) завдання будівельникам на виправлення дефектів і виявлених при перевірці будівельних розмірів фундаментів;

– перевірка наявності анкерних болтів і відповідності їх розмірів установочним кресленням, повідомлення замовника про виявлені відступи і видача, при необхідності, ескізів на виготовлення болтів відповідних розмірів;

– виявлення необхідної кількості напівмуфт, перевірка їх наявності на складах замовника і відповідності кресленням заводу-виробника. При цьому перевіряють відповідність розмірів в ступцях діаметрам шийок валів, на які вони повинні бути насаджені (при невідповідності посадочних розмірів отворів в ступцях напівмуфт необхідно сповістити про це замовнику у письмовій формі);

– ознайомлення з наявністю і визначення підйомно-транспортних засобів, яких недостає, пристосувань, канатів, стропів і інструменту для монтажу машин та видача заявок на їх придбання;

– вибір, спільно з представниками замовника, майданчика для розвантаження і підготовки до монтажу обладнання, оснащення його необхідним приладдям і пристосуваннями для робіт (на майданчику повинні бути заготовлені шпали, дерев'яні і металеві козли), такелажів, а також матеріалами для покриття частин машин (брзент, толь, руберойд, обгортувальний папір і т.п.);

– підготовка для промивки деталей: бідонів, противнів, обгортувальних кінців, дрантя, газу, бензину, етилового спирту, ксилолу, а також гарматного мастила, мастила ЦИАТИМ-203 по ДСТУ 8773 та інші;

– оснащення монтажного майданчика пересувним робочим місцем (контейнером), верстаками, шафами і ящиками, що закриваються, для зберігання метизів і дрібних деталей;

– складання спільно із замовником і генпідрядником графіка доставки до місця монтажу електричних машин і їх частин.

Електричні машини і трансформатори, які прибулі з підприємства-виробника в зібраному вигляді, на місці монтажу перед установкою не розбирають.

5.6 Оцінка роботи електричної машини по шуму і рівню вібрації

Клас вібрації визначається по вібраційній швидкості в міліметрах в секунду, рівень шуму - в децибелах. Відповідно до рекомендацій ДСТУ 16921 для асинхронного двигуна (АД) загальнопромислового виконання з конструктивним виконанням ІМ1001 - ІМ1080 встановлені наступні класи вібрації, табл.4:

Таблиця 4 – Класи вібрації асинхронних двигунів, мм/с

Тип двигуна	Висота осі обертання, мм			
	до 80	від 80 до 132	від 132 до 225	225 мм і більше
Загальнопромислового призначення	1,1	1,8	2,8	4,5
Для двигунів з малим шумом і двигунів, приводів верстатів підвищеної точності, в приводах поліграфічних машин	0,7	1,1	1,8	2,8
Для спеціальних і прецизійних приводів з особливо жорсткими вимогами по вібрації і надійності	0,45	0,7	1,1	1,8

Реальні рівні шуму і вібрації, що створюють електричні машини, обмежені вимогами норм безпечного ведення робіт і чинником продуктивності праці. Шуми, що порушуються аеродинамічними, магнітними і механічними чинниками, а також підшипниками і щітками, складають загальний шум електричної машини.

Звукові частоти охоплюють діапазон від 16 Гц до 16 кГц. Аеродинамічний шум з'являється в результаті турбулентного руху газової середовища, що охолоджує, при обертанні ротора і вентилятора електричної машини. Завихрення відображаються від поверхні, що обертається, і викликають широкосмуговий шум, енергія котрого спектрально розподілена по всьому діапазону чутиності.

Шум вентилятора в основному залежить від його швидкості. Так, у електричної машини з окружними швидкостями понад 60 м/с загальний рівень шуму визначається в більшості випадків тільки аеродинамічним вихором вентилятора. До аеродинамічних шумів відносяться і сиренні ефекти, що виника-

ють, коли стисле вентилятором повітря або газ натрапляє на такі перешкоди, як ребра корпусу або підшипникового щита, болти і інші деталі. Ці перешкоди стають сферичними випромінювачами подовжніх хвиль. У разі рівномірного кроку лопаток вентилятора основна частота сиренного звуку дорівнює, Гц:

$$f = z \cdot n,$$

де z – кількість лопаток вентилятора;

n – частота обертання, об/с.

Магнітний шум з'являється внаслідок виникнення вимушених коливань статора і ротора електричної машини під дією знакозмінних електромагнітних сил, що мають періодичний характер. Магнітний шум, в основному, обумовлений радіальними зусиллями, які пропорційні квадрату магнітної індукції в повітряному проміжку машини. Через складний характер розподілу магнітного поля в повітряному проміжку виникаючий магнітний шум є широкосмуговим.

Шум підшипників обумовлюється, головним чином, небалансом і неточністю виготовлення елементів підшипників кочення. Інтенсивність шуму зростає зі збільшенням діаметра підшипника, швидкістю обертання валу, сил одностороннього магнітного тяжіння і нерівноваженістю ротора. Основна частота шуму, обумовленого небалансом підшипників, не перевищує частоту обертання ротора, тобто доводиться на нижній діапазон чутності. Неточність виготовлення підшипників приводить до появи шуму з частотою, що перевищує частоту обертання ротора, і пропорційна кількості деформованих елементів підшипника кочення.

Шум щіток виникає при їх ковзанні по колектору і залежить від якості поверхні колектора, стану щіток, ступені їх тиску на колектор. У складових шуму щіток найбільш виражені звуки, які обумовлені періодичним проходженням колекторних пластин під щітками (так званий «шум удару»). Частота цих звуків пропорційна частоті обертання і кількості колекторних пластин, тому шум щіток є високочастотним.

Шум, що порушується механічними чинниками, виникає унаслідок розповсюдження вібрацій підшипників або внутрішніх частин електричних машин на великі площі фундаментів або кожухів. Цей структурний шум перетворюється в аеродинамічний і випромінюється в навколишнє середовище. Якщо причиною вібрації є погане балансування ротора, то шуми в більшості випадків є низькочастотними, оскільки нижня межа діапазону чутності 16 Гц

відповідає частоті обертання 960 об/хв.

Методи вимірювання рівня шуму і вібрації при промислових випробуваннях викладені в ДСТУ 11929 і 12379. Відзначимо, що ці стандарти не встановлюють методи визначення шуму і вібрацій в нестаціонарних процесах (пуски, реверси, гальмування). По рівню шуму електричні двигуни, відповідно до ДСТУ 16372, розділені на п'ять класів: від 0 до 4:

0 – двигуни, що працюють в короткочасному і повторно-короткочасному режимах, двигуни із способами охолодження *IC03*, *IC13*, багатошвидкісні асинхронні двигуни (АД), а також АД з підвищеними ковзанням і пусковим моментом;

1 – двигуни постійного і змінного струму загальнопромислового призначення, до яких не пред'являють вимоги по обмеженню рівня шуму, а також машини, що розроблені до 1985 р. і доопрацювання яких до класу 2 недоцільне;

2 – машини експортного виконання і машини, що знов розробляються, двигуни з малошумними підшипниками і вентиляторами та інші;

3 – двигуни зі зниженим використанням активних матеріалів, закриті, малошумні, з малошумними підшипниками кочення і глушниками вентиляційного шуму;

4 – особливо малошумні машини, в яких додатково передбачене знижене використання активних матеріалів і установка звукоізолюючого кожуха.

Граничні значення рівнів шуму машин класів 2, 3, 4 повинні бути нижче за рівнем шуму машин класу 1 на 5, 10 і 15 дБ відповідно. Рівні шуму, відповідні класу 1, приведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Рівні шуму, що відповідні класу 1

Номінальна потужність, кВт	Середнє граничне значення рівня шуму, дБ, електричних машин класу 1, зі ступенем захисту <i>IP44</i> та <i>IP22</i> , з номінальною частотою обертання, об/хв.				
	600-900	900-1320	1320-1900	1900-2360	2360-3150
Від 0,25 до 1,1	67 (73)	70 (76)	71 (78)	74 (81)	75 (84)
Від 1,1 до 2,2	69 (75)	70 (78)	73 (81)	78 (84)	80 (87)
Від 2,2 до 5,5	72 (78)	74 (81)	77 (85)	82 (88)	83 (91)

Продовження таблиці 5

Від 5,5 до 11	75 (82)	78 (85)	81 (88)	86 (91)	87 (94)
Від 11 до 22	78 (86)	82 (89)	85 (92)	87 (94)	91 (97)
Від 22 до 37	80 (89)	84 (92)	86 (94)	89 (96)	92 (99)
Від 37 до 55	81 (90)	86 (94)	88 (97)	92 (99)	94 (101)
Від 55 до 110	84 (94)	89 (97)	92 (100)	93 (102)	96 (104)
Від 110 до 220	87 (98)	91 (100)	94 (103)	96 (105)	98 (107)
Від 220 до 400	88 (100)	92 (104)	96 (106)	98 (107)	99 (108)
Від 400 до 630	89 (103)	93 (106)	97 (108)	99 (109)	100 (110)
Від 630 до 1000	91 (105)	95 (108)	98 (110)	100(111)	101(112)

При виборі двигунів щодо рівня шуму слід враховувати норми шуму для виробничих приміщень, які обумовлюють величини загального рівня шуму всього встановленого устаткування.

При проведенні контрольних випробувань приміщення вважається придатним для вимірювань шуму по методу вільного поля, якщо середній рівень звуку збільшується не менше ніж на 5 дБ при зменшенні удвічі відстані r_1 від центру джерела до крапок вимірювання шуму або середній рівень звуку зменшується не менше ніж на 4 дБ при подвоєнні вказаної відстані.

У ідеальному вільному полі без загасання зміна середнього рівня звуку L_2 при збільшенні відстані до $r_2 = 2r_1$ складає 6 дБ відповідно до виразу:

$$L_2 = L_1 + 20 \cdot \lg\left(\frac{r_1}{r_2}\right).$$

При оцінці вібрації електричних машин основною вимірюваною величиною є ефективне значення вібраційної швидкості v_{ef} , зміряне в діапазоні від робочої частоти до 2000 Гц. Для електричних машин з робочою частотою обертання до 3000 об/хв допускається вимірювання v_{ef} в діапазоні частот до 1000 Гц. Визначення ефективного значення вібраційної швидкості допускається проводити за даними спектрального аналізу в заданому діапазоні частот.

5.7 Методи контролю температур та класи нагрівостійкості ізоляції

У багатьох виробництвах буває необхідна система контролю температури процесів, що відбуваються в тому або іншому місці виробничого циклу. Багато зон, де потрібен контроль, недоступні для спостереження через технологічні або інші чинники. Для різних температурних діапазонів існують різні методи контролю і прилади вимірювання. Контроль нагрівання можна проводити за допомогою біметалічного датчика температури, вбудованого в систему нагрівачів. Точність такого датчика не висока, але інколи буває достатньою, щоб технологічний процес відбувався в оптимальному температурному діапазоні з найменшими енергетичними втратами. В деяких виробничих процесах температурні діапазони набагато ширші і точність підтримки температури іноді змінюється на соті долі градуса. Для цього існує система контролю температури, заснована абсолютно на інших принципах контролю.

Для вимірювання температури застосовуються методи контролю:

- за тепловим розширенням тіл, що мають твердий, рідкий або газоподібний стан, тобто контроль за термомеханічними ефектами;
- манометричний метод, заснований на збільшенні тиску в замкнутому об'ємі, залежно від прикладеної температури;
- електропровідні методи, які засновані на зміні опору тіл при нагріванні (терморезистори);
- методи, які засновані на вимірюванні електромагнітного випромінювання при нагріванні.

Перші три пункти переліку вимірювань проводяться контактними приладами контролю температури, а саме вимірювальними датчиками, що мають безпосередній контакт з об'єктами. Також є і безконтактні електропровідні методи, принцип вимірювання котрих засновано на перетворенні довгих хвиль електромагнітного випромінювання при різних значеннях температури. Такі прилади називаються пірометрами і вони вимірюють температуру від одиниць градусів до температури в десятки тисяч градусів, знаходячись при цьому на значній відстані від вимірюваного об'єкту.

Шкала температурних градацій для практичних цілей задається Міжнародною практичною температурною шкалою. Ця шкала заснована на ряді ознак окремих речовин, їх властивостей: температур плавлення, кипіння або замерзання. Клас нагрівостійкості ізоляції (табл. 6) встановлює межу стійкості ізоляції при нагріві.

Таблиця 6 – Класи нагрівостійкості ізоляції

Клас нагрівостійкості	Температура, °С	Ізоляційний матеріал
У	90	Волокнисті матеріали із целюлози, хлопку, натурального шовку
А	105	Волокнисті матеріали із целюлози, хлопку, натурального або синтетичного шовку, просочені або занурені в рідкий діелектрик
Е	120	Синтетичні органічні матеріали і прості поєднання матеріалів, для яких, на підставі практичного досвіду або відповідних випробувань, встановлено, що вони можуть працювати при температурі, відповідній даному класу
В	130	Матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, вживані з органічними зв'язуючими або просочуючими складами
F	155	Матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, вживані в поєднанні з синтетичними зв'язуючими і просочуючими складами, які відповідають даному класу нагрівостійкості
Н	180	Матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокна, вживані в поєднанні з кремнійорганічними зв'язуючими і просочуючими складами, кремнійорганічні еластомери.
С	більш 180	Слюда, керамічні матеріали, скло, кварц або їх комбінації, вживані без зв'язуючих елементів, з неорганічними або органічними складами. Температура застосування цих матеріалів визначається їх фізичними, хімічними, механічними і електричними властивостями

5.8 Розбирання електричних машин для проведення ремонту

До розбирання електричні машини слід очистити від бруду і продути сухим повітрям з компресора. Приготувати інструмент, знімачі для муфти, шківів, підшипників кочення, ящики для укладання кріплень, щіток і щіткових пристроїв. Якщо обмотка не підлягає заміні, її випробовують на випробувальній станції за спеціальної програмою. Машину випробують на номінальній частоті обертання, при цьому уважно прослуховують підшипники, характер гудіння машини, перевіряють вібрацію, роботу щіток, щіткового вузла, колекторів і контактних кілець.

Розбирання машини починають зі зняття муфти і шківів за допомогою трьох лапчастих знімачів, які підбирають за діаметром деталей, що знімають-

ся з валу. Якщо муфта і шків щільно насаджені, їх підігривають (із зовнішньої частини до диску, а потім - до маточини). Нагрів контролюють, торкаючись до деталі, що нагрівається, шматочком олова. Олово починає плавитися при температурі близько +250 °С. Цієї температури достатньо для зняття муфти або шківів з валу.

При нагріві деталей полум'ям вал захищають від нагріву азбестом, змоченим у воді. Ще краще нагрівати деталі, що знімаються, струмами високої частоти, коли вал майже не прогрівається. Зняття роз'ємних деталей проводять обережно, без перекосів і ударів.

Перед зняттям підшипникових щитів АД з фазним ротором і машин постійного струму (МПС) виймають щітки з щіткотримачів, виключаючи при цьому їх пошкодження. Потім відкручують болти, що притискають щити до станини. У середніх машинах в щитах є отвори для віджимних болтів, якими виводять (віджимають) щити з центруючих заточувань. Після зняття підшипникових щитів в малих машинах ротор із статора виводять вручну. У машинах середньої і великої потужності виведення ротора із статора здійснюють за допомогою спеціального пристосування, захоплюючого ротор або якір за вал з боку вентилятора. Перед виведенням ротора під нього прокладають картон за товшки 0,5 мм.

Підшипники кочення і вентилятори знімають тільки в тому випадку, якщо підшипники треба міняти, а вентилятор ремонтувати. У асинхронних двигунів з фазним ротором, перед зняттям заднього щита, знімають ковпак з контактних кілець, виймають щітки і знімають коробку контактних кілець.

При розбиранні двигунів контактні кільця знімають знімачем, відпаюють вивідні кінці обмотки ротора, знімають з валу стопорне кільце. У МПС до зняття щитів відключають всі дроти, які підключені до траверси щіткотримачів, заздалегідь промаркірувавши їх. Подальше розбирання визначається характером призначеного ремонту. Якщо, наприклад, необхідно ремонтувати полюси, їх розбирають. Усі зняті деталі маркірують привласненим ремонтним номером і, залежно від розмірів, складають їх в стелажні осередки або на підготовленому майданчику.

5.9 Дефектація деталей і вузлів електричних машин

При розбиранні ретельно оглядають всі деталі і вузли. Проводять необхідні вимірювання величин проміжків, опорів обмоток головних і додаткових

полюсів МПС, проміжків в підшипниках кочення, знос стінок обойм щіткотримачів і т.д.

В процесі огляду деталей і вузлів при дефектації може виникнути необхідність визнати електричну машину неремонтопридатною. Фахівці-ремонтники складають акт про необхідність вибраковування машини, якщо виявлені наступні дефекти:

- пошкодження 25 % листів активної сталі осердя статора або ротора;
- тріщини, що перевищують 50 % відповідного лінійного розміру корпусу (по довжині, ширині або діаметру);
- зруйнованість гнізда кріплення підшипникових щитів або двох лап;
- нерівномірність повітряного проміжку складає понад 10 % і його неможливо відновити.

Відомість дефектів складають на основі зроблених в змінних журналах записів за наслідками технічного обслуговування, капітальних ремонтів, поточних ремонтів із зняттям щитів (кожухів); записів в агрегатних книгах. Відомість необхідна для розробки графіка капітального ремонту, матеріально - технічного забезпечення; складання кошторису на виробництво робіт електрослужбою цеху, в якому планується ремонт машини.

Відомість дефектів на капітальний ремонт електричної машини складається в строк до 1 березня року, попередньому планованому, і передається в ремонтні організації, які братимуть участь в ремонті, і у відділ головного енергетика.

Плановий обсяг робіт при проведенні капітального ремонту великої електричної машини включає всі операції поточного ремонту, а саме:

- повну або часткову заміну обмоток або їх ремонт з подальшим двократним просоченням роторів, якорів;
- ремонт механічної частини роторів, якорів, контактних кілець і колекторів; ремонт або виготовлення підшипникових щитів і фланців; повне пропаявання;
- кріплення активної сталі ротора, якоря, статора;
- кріплення обмотки з подальшими випробуванням, просоченням, обробкою і сушкою.
- вимір опору ізоляції обмотки до, після і під час її очищення проводять мегомметром;
- ревізію обмотки і стану її кріплення бандажами і пазовими клинами;

– огляд колектора на ходу до зупинки і визначення обсягу його ремонту, динамічного формування для стабілізації колекторних пластин з подальшою проточною колектора; перепаювання контактів при їх пошкодженнях;

– перевірку паяння «півників» у колекторних пластинах і в інших частинах обмотки; бандажування і промазка торців колектора електроізоляційною мастикою;

– огляд кріплення осердя до остову, посадки ступці на вал, приварювання несучих балок якоря;

– заміну котушок головних, додаткових полюсів і корпусної ізоляції, якщо необхідне використання іншого класу нагрівостійкості;

– заміну ізоляції стрижнів компенсаційної обмотки. Якщо дозволяє час, переізолюють стрижні в період планованої зупинки на капітальний ремонт, або виготовляють нові стрижні, якщо такої можливості немає;

– ремонт, або заміна у щітковому апараті щікотримачів і щіток, їх регулювання і притирка;

– перевірку кріплення осердя в станині машини змінного струму, розпірок між пакетами; щільність шихтовки активної сталі (спеціальним ножем), пазових клинів на відсутність послаблення, кріплення лобових частин обмотки і стан вивідних кінців обмотки статора. При повній заміні обмотки статора секції нової обмотки ретельно оглядають і перевіряють на електричну міцність пазову і загальну ізоляцію, після чого обмотку укладають в пази підготовленого статора;

– заміну в роторі АД з короткозамкненою обмоткою обірваних стрижнів, розпайка короткозамикаючого кільця. При обриві стрижнів збільшується час пуску, а при обриві декількох стрижнів двигун не розганятиметься до номінальної частоти обертання. Також можливе збільшення вібрації двигуна в результаті виниклої асиметрії магнітних потоків ротора. Несправності в короткозамкненій обмотці виявляють при візуальному огляді в розібраному вигляді, а також – в момент запуску і при роботі АД.

– перевірку в роторі АД з фазною обмоткою стана обмотки, дротяних бандажів; визначення необхідності переклинування обмотки з установкою додаткових прокладок з електрокартону або склотекстоліту; перевірка механічної частини ротора;

– перевірку в роторах синхронних двигунів щільності посадки на осердя котушок обмотки збудження, цілісності міжкотушкових перемичок. Перемич-

ки, які сполучують зовнішні виведення котушок, найчастіше обломлюються і їх доводиться міняти. Це можливо при повному демонтажі полюсів, знятих котушках з осердь.

У відомості дефектів слід передбачити:

– перебирання, при необхідності, контактних кілець, заміну ізоляції, проточку кільця. Огляд щіткового вузла із заміною або ремонтом щіткотримачів і заміною щіток;

– проведення ревізії підшипників в підшипникових вузлах після повного розбирання машини, очищення від бруду, перезаливку вкладишів (при необхідності) або наплавку пошкоджених місць. За наслідками огляду можлива пришабрівка вкладишів. Особливу увагу приділяють лабіринтовим ущільненням, які при капітальному ремонті міняють або ремонтують за наявності зносу або інших пошкоджень.

У підшипниках ковзання з примусовою подачею рідкого мастила на зливній стороні встановлюють сітчастий фільтр для очищення масла від можливого забруднення. Після очищення масла фільтри знімають. Ізоляцію підшипникових стійок сполучних муфт на маслопроводі ревізують, а при необхідності замінюють.

Підшипники кочення звичайно не ремонтують, а замінюють в наступних випадках: за наявності в мастилi стружки від сепараторів, абразивному зносі, корозії тіл кочення (кульки, ролики) і робочих поверхонь кілець, руйнуванні сепараторів, при збільшених радіальних і осьових зазорах, які свідчать про знос. У двигунів приводів відповідальних механізмів через 10 000 годин роботи замінюють підшипники кочення .

Систему охолодження ремонтують одночасно з ремонтом машин. Повітроохолоджувачі демонтують, ретельно очищають внутрішню і зовнішню поверхню труб. Масляні фільтри очищають і ремонтують. Ремонтують також вентилятори і їх приводні електродвигуни, канали проходження холодного і гарячого повітря. Фундаментну камеру під машиною, канали, приміщення вентиляторів після очищення і необхідного ремонту фарбують для створення глянсової поверхні, що зменшує опір проходженню повітря.

Як видно з приведеного переліку, частина дефектів виявляється в процесі технічного обслуговування експлуатаційним персоналом, а деякі дефекти виявляються і усуваються після повного розбирання машини. Приведений перелік дефектів включають у відомість дефектів, яка передається виконавцям.

5.10 Системи функціонального діагностування електричних машин

Застосування систем функціональної діагностики спільно з випробуваннями і перевітками під час ревізій і оглядів дозволяє максимально збільшити міжремонтний період, а при необхідності проведення ремонту точніше визначити місце і ступінь пошкоджень, мінімізував тим самим його об'єм і час проведення.

У системах функціональної діагностики знайшли широке застосування пристрої контролю хімічних і механічних домішок в охолоджуючому газі, що дозволяють визначати перевищення температури ізоляції (за продуктами її теплової деструкції або за продуктами розкладання термочутливих покриттів) і ступінь її механічного зносу (за складом і кількістю механічних домішок). Ці пристрої можуть бути, як стаціонарними (для постійного контролю стану ізоляції), так і переносними (для періодичного контролю стану ізоляції).

Оскільки вартість діагностичних систем велика, застосовувати їх доцільно лише для діагностування великих електричних машин (синхронних генераторів, компенсаторів і двигунів змінного струму), простій або відмова яких може привести до великого економічного збитку.

Розглянемо дефекти, що найбільш часто зустрічаються, їх прояви, які характерні для основних елементів конструкції великих електричних машин.

1) Осердя статора:

- пошкодження міжлистової ізоляції, що викликає місцеві перегріву;
- ослаблення пресування, що викликає вібрацію пластин сталі з пошкодженням міжлистової ізоляції; розпушення крайніх пакетів, що викликає злам листів;
- зміна форми статора гідрогенераторів через ослаблення стиковки секторів статора, що може привести до торкання ротора і статора.

2) Обмотка статора:

- ослаблення кріплення стрижнів в пазу, що викликає стирання ізоляції стрижня;
- пошкодження напівпровідного покриття стрижня, що викликає появу часткових розрядів; розшарування ізоляції, її активне, прискорене старіння;
- порушення ізоляції елементарних провідників, що викликає збільшення циркуляційних струмів і місцевий перегрів обмотки;
- ослаблення кріплення лобових частин, що викликає стирання ізоляції, зсув провідників і підвищену вібрацію лобових частин;

– забруднення, замащення і зволоження ізоляції, що викликає зниження електричної міцності ізоляції;

– тріщини в ізоляції, що призводять до зниження її електричної міцності.

Для машин з безпосереднім водяним охолодженням небезпечним дефектом є зволоження ізоляції через порушення герметичності системи охолодження, що викликає пробій в зоні стрижня на виході з пазу.

3) Система безпосереднього охолодження: закупорка каналів безпосереднього охолодження, що приводить до місцевих перегрівів обмотки, або порушення герметичності, що приводить до появи дистилату усередині корпусу і зволоженню ізоляції.

4) Ротор:

– тріщини в різних частинах ротора турбогенератора або вала гідрогенератора, що приводить до підвищених вібрацій;

– порушення цілості бандажу і клинів обмотки ротора, що приводить до підвищених вібрацій.

5) Обмотка збудження:

– пошкодження корпусної ізоляції і виткові замикання, що приводять до підвищених вібрацій на частоті обертання і появи підшипникових струмів;

– знос порожнистих провідників обмотки статора при водяному охолодженні, що приводить до теплового небалансу ротора і підвищених вібрацій.

6) Повітряний проміжок (для гідрогенераторів і великих асинхронних двигунів): зміна форми проміжку або співвісності осердь статора і ротора, що приводить до асиметрії струму в паралельних вітках і до можливого зачіпання ротора за статор з подальшим руйнуванням останніх.

7) Підшипники і підп'ятники:

– порушення ізоляції, що приводить до появи підшипникових струмів і підвищеного нагріву підшипників;

– знос робочих поверхонь і перекоси, які також приводять до збільшення температури і рівня вібрації.

8) Ущільнення валу ротора (для турбогенераторів з водневим охолодженням): знос ущільнень або їх пошкодження, що приводить до збільшення витрат водню і попадання масла всередину корпусу; або перекіс ущільнень, що приводить до їх підвищеного нагріву.

5.11 Засоби і методи контролю стану окремих вузлів електричних машин

Працездатність електричних машин залежить від роботи їх основних елементів. Для контролю роботи електричної машини в різноманітних режимах та вимогах експлуатації, а також окремих її вузлів, використовуються необхідні засоби та методи.

1) Осердя статора.

Ослаблення пресування осердя приводить до його підвищеної вібрації, яка контролюється спеціальними датчиками, встановленими на корпусі машини. Пошкодження міжлистової ізоляції приводить до місцевих перегрівів, які контролюються термодатчиками, встановленими в активній сталі статора, тепловізорами або за допомогою спеціальних термоіндикаторних покриттів.

Ці покриття наносяться на поверхню критичних по перегрівах вузлів машини, і, досягши граничної температури, виділяють певні гази і аерозолі, які виявляють при хімічному аналізі охолоджуючого газу. На різні вузли машини наносяться покриття різного хімічного складу, що дозволяє не тільки зафіксувати місцеві перегріви, але і ідентифікувати їх джерела.

Окрім покриттів на небезпечні місця можуть встановлюватися термочутливі «етикетки», що змінюють свій колір при перевищенні порогового значення температури в місці установки. Огляд «етикеток» можливий тільки під час ревізії на зупиненій машині.

2) Обмотка статора.

Контроль теплового стану обмотки здійснюється за допомогою вбудованих датчиків температури, за допомогою тепловізорів або шляхом хімічного аналізу охолоджуючого газу, в якому знаходяться продукти термічного розкладання ізоляції. За концентрацією продуктів розкладання можна судити про ступінь перегріву ізоляції. Контроль за місцевими перегрівами можна проводити за допомогою нанесення термоіндикаторних покриттів або термочутливих «етикеток».

Контроль стану ізоляції здійснюється аналізаторами частинних розрядів, що вимірюють їх інтенсивність. Сигнали на аналізатор поступають від датчиків, що встановлюються під пазовим клином. Існуючі аналізатори частинних розрядів дозволяють розпізнати наступні дефекти обмотки статора: ослаблення кріплення обмотки в пазу, пошкодження напівпровідного покриття, розша-

рування або погане просочення ізоляції, відшаровування міді від корпусної ізоляції, істотний знос ізоляції, ослаблення кріплення обмотки.

Частинні розряди приводять до появи озону в охолоджуючому газі. Велика концентрація озону свідчить про наявність частинних розрядів в ізоляції, пов'язаних з пошкодженням напівпровідного покриття. У зв'язку з високою інформативністю аналізатори частинних розрядів набули широкого поширення в системах діагностики великих електричних машин.

3) Повітряний проміжок.

Контроль повітряного проміжку здійснюється за допомогою систем оптичного контролю, що мають точність 0,05 мм при межі вимірювання 40 мм. За допомогою таких систем, які мають датчики на статорі і роторі, вдається виявити радіальні коливання статора, нерівномірне розширення статора при нагріванні, динамічні зміни повітряного проміжку при змінах режиму роботи і битті вала.

Останнім часом широко використовуються системи контролю повітряного проміжку гідрогенераторів на базі датчиків ємностей. Вони простіше оптичних і дозволяють обійтися тільки датчиками, встановленими на статорі.

4) Підшипники і підп'ятники.

Для визначення стану підшипників здійснюється безпосередній (шляхом установки датчиків на бабітових вкладишах) або непрямий (вимірювання температури масла на вході і виході підшипника) тепловий контроль, а також контроль вібрації.

В даний час широко вживають систему вібродіагностики. Ці системи дозволяють одержувати достовірну інформацію про наявність наступних дефектів: розбалансування ротора, неспіввісність валів, нерівномірність повітряного проміжку, дефекти ущільнень, тріщини в роторі, структурні резонанси та інш.

5) Пошкодження стрижнів обмотки статора гідрогенератора, які супроводжуються частковими розрядами в ізоляції, що з часом збільшуються, визначаються за допомогою радіочастотних датчиків. Для отримання більшої чутливості і точності фіксації місця розряду ці датчики встановлюють на осі полюса. Крім того, контроль за частковими розрядами ведеться за допомогою датчиків ємності, вбудованих в пази статора.

6) Контроль величини повітряного проміжку здійснюється двома індуктивне зв'язаними котушками, закріпленими в повітряному проміжку. Це дає можливість здійснювати вимірювання повітряного проміжку (по трьох осях за

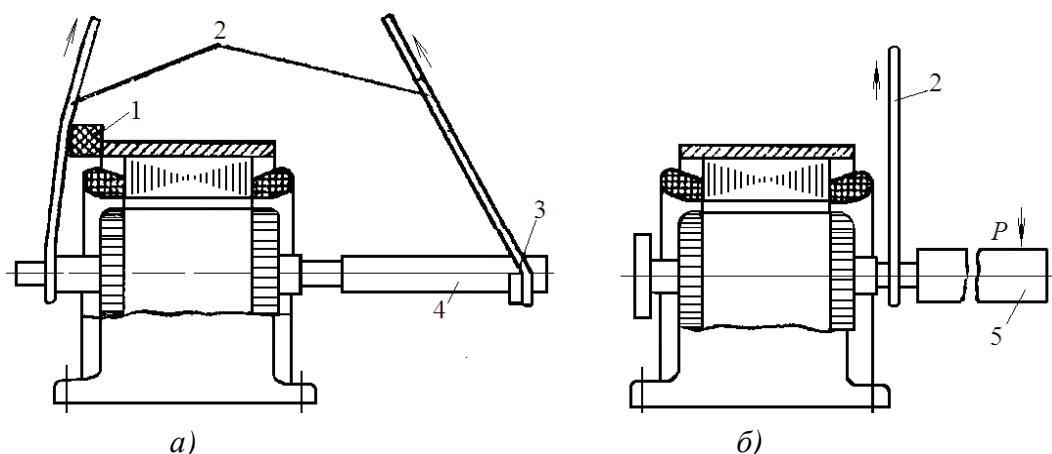
допомогою датчиків Холлу) з точністю до 0,64 мм. У проміжку вимірюється складова магнітного поля, яке обертається, що дозволяє виявити виткові замикання в котушках статора.

7) Виявлення ослаблення пазових клинів, кріплення лобових частин і вібрації осердя статора здійснюється шляхом аналізу шуму за допомогою трьох мікрофонів, встановлених в блоці датчиків. У блоці датчиків встановлені також акселерометр для вимірювання вібрації ротора, пристрій живлення датчиків і оптоволоконний пристрій передачі даних на приймачі. Система діагностики і її скануючий пристрій контролює температуру повітря в повітряному проміжку, стан підшипників і щітково-контактного апарату. Основним напрямом розвитку систем діагностики є автоматизація.

5.12 Виведення ротора зі статора

5.12.1 Виведення ротора із статора малих і середніх електричних машин

Виведення ротора зі статора є однією з найбільш відповідальних операцій при розбиранні. В великих електричних машинах навіть ледь помітне зачіпання за обмотки або осердя може привести до серйозних пошкоджень. Способи виймки залежать від маси і конструкції ротора. Легкі ротори виймають вручну, важкі - вантажопідйомним пристосуванням. Для розбирання середніх машин найчастіше застосовують подовжувач 4 (рис. 3, а) – товсту трубу з привареним кільцем 3, яку насаджують на кінець валу. Машину встановлюють у горизонтальне положення.



1 – запобіжний дерев'яний брусок; 2 – строп; 3 – приварене кільце;
4 – подовжувач; 5 – труба-противага

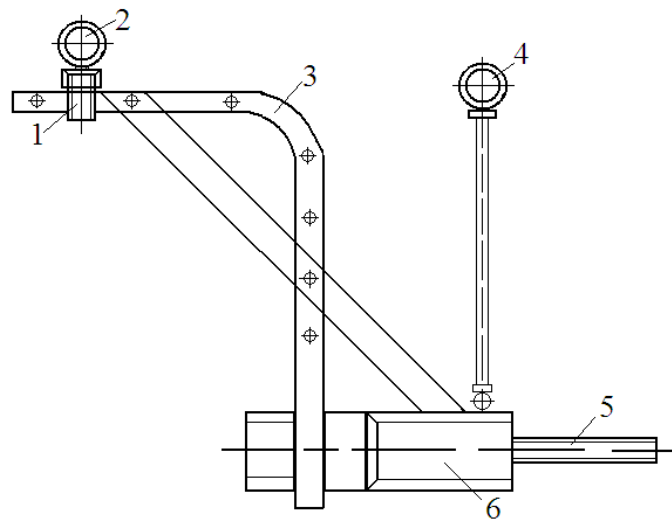
Рисунок 3 – Вивід ротору за допомогою подовжувача (а) и противаги (б)

Довжина стропа 2 повинна бути в 4 – 5 разів більше довжини валу щоб виключити зачіпання ротора за статор в процесі виведення. Щоб строп не прослизав, його встановлюють на вал у виступ і на подовжувач за накладним кільцем і підвішують на крюк крана. Строп не можна розташовувати на шийці валу в зоні, яка оброблена під підшипник, він не повинен торкатися вентилятора, обмотки і інших частин, які можуть бути пошкоджені.

Якщо лобові частини обмотки статора виступають за торець корпусу, то з боку вільного кінця валу встановлюють запобіжний дерев'яний брусок 1. Положення стропа на крюку регулюється так, щоб при пробному підйомі ротор знаходився в горизонтальному положенні. Потім краном ротор підводять і зрушують вліво. Вільний кінець валу опускають на наперед підготовлену, регульовану по висоті опору, опирають ротор на осердя статора, захищений підкладкою з електрокартону. Строп і подовжувач знімають, потім строп встановлюють по центру тяжіння ротора, який знаходять шляхом поступового пересування і натягнення стропа до тих пір, поки ротор не займатиме в підвішеному стані горизонтальне положення. Після цього ротор підводять краном і виводять зі статора.

Ротори, другий кінець яких неможливо застропити, виймають за допомогою труби-противаги 5 (рис. 3,б), насадженої на вал. Строп 2 розміщують між осердям ротора і противагою. У малих і середніх електродвигунах для введення і виведення ротора широко застосовується спеціальне пристосування, яке складається з труби 6

(рис. 4) з привареними до неї кронштейном 3 і рукояткою 5. Рим-болт 2 з обоймою 1 може переміщатися уздовж кронштейна.



1 – обойма; 2 – рим-болт; 3 – кронштейн;
4 – другий рим-болт; 5 – рукоятка; 6 – труба.

Рисунок 4 – Пристосування для введення і виведення ротора малих і середніх електричних машин

Ротор зберігає горизонтальне положення завдяки установці рим-болта по центру його тяжіння. Другий рим-болт 4 служить для транспортування самого пристосування, яке закріплене в двох місцях і зберігає горизонтальне положення.

Розбирання електричних машин, підшипникові вузли яких не мають внутрішніх кришок розглянемо на наприкладі, розбирання АД з короткозамкненим ротором, яка проводиться в такій послідовності:

- знімають кожух, відгвинтивши гвинти, що кріплять його до корпусу машини;
- знімають вентилятор, вигвинтивши болти на 1–2 обороти;
- знімання щитів після вигвинчування болтів, які кріплять їх до корпусу, і виїмки шпонки з канавки на приводному кінці валу;
- виводиться ротор зі статора.
- залишити підшипникові кришки на щитах, шарикопідшипники – на валу ротора;
- знімання шарикопідшипників гвинтовим знімачем відбувається тільки у разі їх заміни або ремонту частин ротора. Вони знаходяться за підшипником і повинні бути зняті з валу.

У АД потужністю до 100 кВт з внутрішніми підшипниковими кришками ротор виводять зі статора разом з щитом. Для цього відгвинчують болти або гайки кріплення кришки підшипника тільки з боку приводу. Потім знімають щит (передній) з боку приводу і виводять ротор, переміщаючи його легкими поштовхами у бік другого (заднього) щита. Ротор разом із заднім щитом кладуть осердя на підставку, потім знімають задній щит, заздалегідь відгвинтивши болти або гайки, що кріплять підшипникові кришки. Підшипникові щити випресовують з корпусу, уникаючи перекосів, щоб не пошкодити підшипники. Для цього зусилля прикладають поперемінно в діаметрально протилежних крапках, поступово переміщаючи щит в осьовому напрямі.

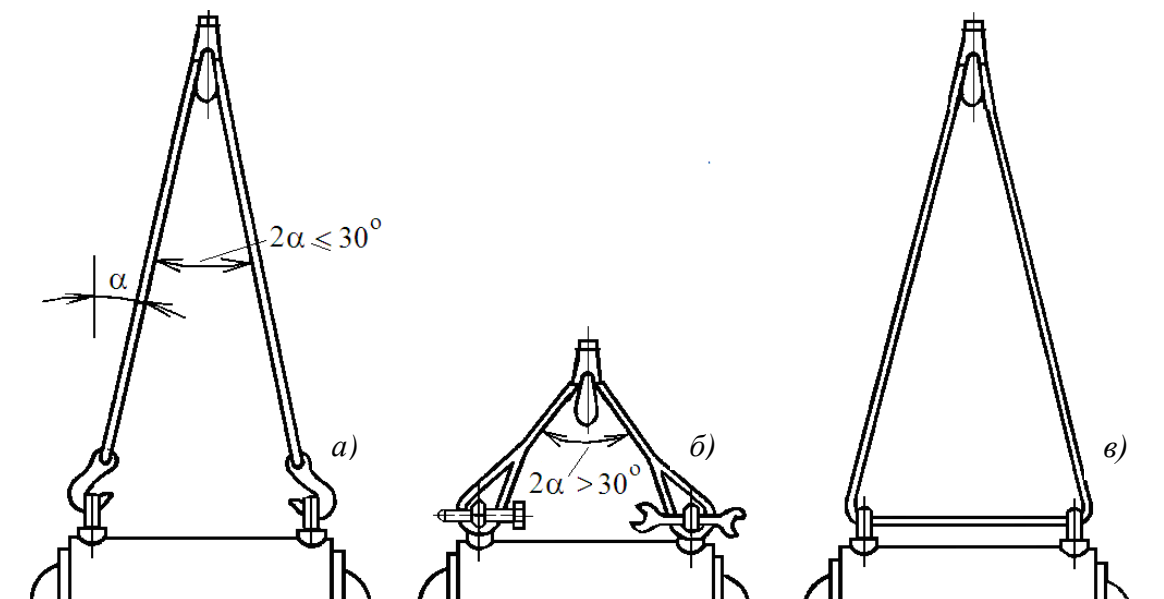
Щоб не допустити втрати болтів і дрібних деталей, їх слід складати в ящик, який повинен входити в набір інструменту і пристосувань.

При розбиранні необхідно нанесенням міток керном зафіксувати положення напівмуфт і в якому отворі напівмуфти встановлений кожен палець. Прокладки під лапами електродвигуна, що підкладені при центрівці його з приводним механізмом, слід зв'язати і розмітити, щоб після ремонту кожну групу прокладок можна було безпомилково покласти на те ж місце, де вона

була. Це значно полегшить і прискорить центрівку електродвигуна після ремонту. Слід розмітити також кришки, фланці і інші деталі, щоб при збірці все було встановлено на своє місце. Недотримання цього правила може привести до помилок, необхідності повторного розбирання і, в деяких випадках, до повторного ремонту. Наприклад, якщо вентилятор, знятий з ротора, не встановити в попереднє положення, може бути порушено балансування ротора і в електродвигуні після ремонту з'явиться вібрація.

Кабель, що живить електродвигун, слід опустити вниз або відвести убік. Якщо зробити це неможливо, то при знятті електродвигуна з фундаменту кабель потрібно оберігати від пошкодження, не допускаючи переміщення електродвигуна у бік кабелю. Щоб уникнути розриву ізоляції і подальшого електричного пробоя не слід допускати крутих вигинів кабелю і його жил. Найчастіше пошкодження ізоляції від крутого вигину відбувається в місці виходу кабелю з кожуху. Для усунення зламу необхідно на час ремонту електродвигуна знімати кожух кінцевого оброблення з кабелю або вживати заходи до попередження зламу, наприклад, шляхом прив'язки кожуха і кабелю до укріпленої дошки.

Для установки і зняття електродвигуна з фундаменту він стропиться на крюк підйомного пристрою за рими (рис. 5,а), підводиться і переміщається на вільне місце або вкладається на фундаменті так, щоб було зручно знімати напівмуфту.



a – правильно; *б, в* – неправильно.

Рисунок 5 – Строповка електродвигуна для знімання з фундаменту

При підйомі електродвигуна за два рима зусилля, що виникає в стропі, залежить від кута між гілками стропа. Чим більше кут між гілками, тим більше зусилля, що приходиться на строп, і тим менший вантаж їм можна підняти. При куті між гілками в 0° , зусилля в кожній гілці стропа мінімальне і дорівнює половині навантаження, створюваного масою електродвигуна.

При куті між гілками 60° це зусилля зростає в 1,15, при куті 90° – в 1,42 і при куті 120° – в 2 рази. На бирці стропа вказується номер, максимально допустима маса вантажу, підвішеного на одній вертикальній гілці (вантажопідйомність), і дата випробування.

Неприпустимо проводити підйом електродвигуна на дуже короткому стропі (рис. 5, б), оскільки це може привести до поломки римів. Довжина стропів при підйомі за рими повинна бути така, щоб кут між гілками стропа був не більше 36° . Для цього кожна гілка стропа повинна мати довжину не менш подвоєної відстані між римами, або загальна довжина стропа повинна бути не менш чотирикратної відстані між ними. Ще небезпечно і тому неприпустимо стропити електродвигун за рими, як показано на рис. 5, в. Навіть при куті між гілками менш 30° , рими працюють, головним чином, на злам і при підйомі електродвигуна можуть обірватися.

Якщо через недостатньої висоти приміщення відстань між електродвигуном і гаком така, що не представляється можливим забезпечити між гілками стропа кут в 30° і менше, то слід виготовити і застосовувати спеціальне коромисло, наприклад, у вигляді двох швелерів, що закріплюються на римах болтами і що мають посередині коротке пристосування для підйому гаком. Можливе закріплення петлі стропа на римі за допомогою закладки випадкових предметів (гайкових ключів, коротких шматків труб і інше., (див. рис. 5, б). Для цієї мети на кінцях строп, що вживані для підйому, повинні бути гаки, які випробувані подвійним вантажем. Можуть бути застосовані також «вісімки» (рис. 6). Проте їх вантажопідйомність порівняно невелика (табл. 7).

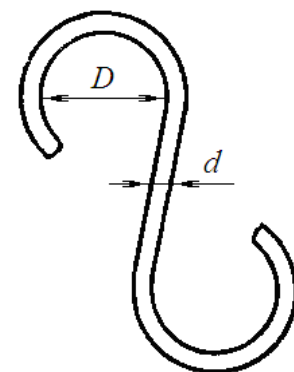


Рисунок 6 – Закріплення петлі стропа «Вісімка»

Таблиця 7 – Допустима маса вантажу, що підіймається на «вісімці»

d , мм	D , мм	Маса вантажу, яку можливо підіймати, кг
20	60	300
25	65	550

За відсутності крюків або «вісімок» для кріплення петель стропа на римах в отвори римів і в петлі стропа вставляється труба, яка перевірена розрахунком і випробувана в робочому стані на подвійне навантаження. Довжина труби якої більше відстані між римами на 200–300 мм. Для зняття напівмуфти з валу великої машини необхідні значні зусилля, а також потужний знімач. Для виконання цих робіт обов'язково від виконавця потрібні досвід і уміння.

5.12.2 Виведення ротора зі статора турбогенератора

Виведення ротора зі статора турбогенератора і введення його в статор – найбільш відповідальні операції по розбиранню і складанню генератора. Маса ротора в великих генераторах досягає десятків тонн. Наприклад, маса ротора турбогенератора ТВВ 1000–4У3 дорівнює 110 т. Навіть легке зачіпання ротора за активну сталь і тим більше за лобову частину обмотки статора приведе до пошкодження ізоляції обмотки і активної сталі. Тому при виведенні і введенні ротора необхідно безперервно стежити за наявністю проміжку між ним і статором. Трос, що вживаний для виїмки ротора, не повинен торкатися поверхонь ковзання на шийках валу і дисків.

Існують різні способи виведення ротора зі статора турбогенератора. Наприклад, за допомогою двох візків.

Після зняття збудника і торцевих кришок за допомогою крана підводять вал ротора з боку збудника. Під вал встановлюють опорну балку і опускають на неї ротор. Потім видаляють вкладиш та стілець підшипника з боку збудника і роблять настил з дошок або дерев'яних брусів, на які укладають направляючи зі сталевих брусів або рійок.

У верхню частину повітряного проміжку між ротором і статором заводять сталевий лист завтовшки 10-12 мм, який зігнутий по колу активної сталі статора, і потім опускають його в нижню частину проміжку і закріплюють тросом для оберігання від переміщення під час виведення ротора. На направляючі, з боку збудника, встановлюється візок, на який опускається і закріплюється

півкільцями вал ротора. Рівень направляючих повинен бути таким, щоб ротор займав концентричне положення щодо статора. Далі закріплюється однороликівий візок на валу ротора з боку турбіни. Ротор з боку турбіни підводять краном за напівмуфту і видаляють нижню половину вкладиша підшипника. При допомозі талів або лебідки і переміщення мостового крана у бік збудника, висувають ротор зі статора, поки трос, на якому підвішений ротор, не торкнеться корпусу генератора.

Кінець ротора з боку турбіни опускають на візок, який встановлюють на сталевий лист, укладений в розточуванні статора. Ротор з боку збудника підтримують краном за вал. При допомозі талі або лебідки висувають ротор зі статора більш ніж на половину його довжини. Підвішують ротор за бочку тросами на крюк крана, добиваючись при підйомі його горизонтального положення, і остаточно виводять зі статора. Застосування телескопічного подовжувача (рис. 7) полегшує переміщення ротора. Він має різні конструкції. Наприклад, у заводському подовжувачу ротора генератора ТВФ-100, що має довжину 1000 мм, видалена хрестовина жорсткості і замість неї вставлена висувна труба завдовжки 1360 мм.

При висуненні цієї труби загальна довжина подовжувача збільшується до 1860 мм, що забезпечує виведення ротора зі статора на необхідну відстань без застосування сталевих листів – прокладок і другого візка. При цьому вал ротора з боку збудника підводять краном на 5 – 8 мм і за допомогою пристосування підвішують до корпусу генератора (рис. 7, а).

Стілець підшипника зі сторони контактних кілець видаляють і ротор опускається на візок, встановлений на рейки. Пристосування для підвіски ротора переносять на сторону турбіни. Вал ротора з боку турбіни на стропах підвішують на крюк крана, і ротор висувається зі статора настільки, щоб можна було вставити подовжувач з прибраною всередину висувною трубою. Виведення ротора прово-

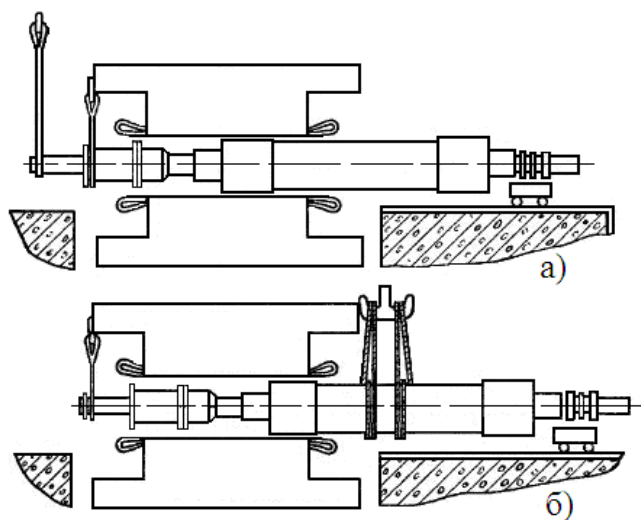


Рисунок 7 – Вивід ротору за допомогою телескопічного подовжувача

дять переміщенням крана у бік збудника і одночасно обертанням колес візка ломами. За допомогою крана подають подовжувач і прикріплюють його болтами до напівмуфти ротора. Після цього ротор висувають на 1000 мм і підвішують на пристосуванні (рис. 7, б). З подовжувача висувають внутрішню трубу. Ротор стропиться на крюк крана за кінець цієї труби і виводиться зі статора ще на 800 мм. Потім ротор стропиться за середину бочки і повністю виводиться зі статора. Введення ротора в статор проводиться в зворотньому порядку.

При установці торцевих щитів генераторів з водневим охолодженням дуже важливо не допустити нещільності в роз'ємах між корпусом і торцевими щитами, а також між їх половинками. Слід також заміряти проміжки між ними і вентиляторами. Проміжки повинні бути в межах, вказаних в заводському паспорті.

При вимірюванні проміжка необхідно стежити за тим, щоб розсунті пластинки щупа не спіралися на пазові клини, а на поверхні зубців статора і ротора не було напливу лаку. Проміжки в діаметрально протилежних місцях не повинні відрізнятись від середнього значення більш ніж на:

- 10 % для турбогенераторів з непрямим охолодженням;
- 5 % для турбогенераторів з безпосереднім охолодженням;
- 20 % для гідрогенераторів, якщо заводом-виробником не вказані менші розміри.

5.13 Випробування електричних машин

Випробування і перевірки електродвигунів є складовою частиною налагоджувальних робіт перед його включенням.

Налагоджувальні роботи включають індивідуальні випробування устаткування і апаратури, випробування окремих технологічних вузлів і комплексні випробування перед включенням в роботу, оформлення протоколів і виправлених схем, а також іншої технічної документації. На завершальному етапі випробування устаткування виконуються за індивідуальними технічними програмами. Ці програми затверджуються головним інженером підприємства. Всі результати індивідуальних перевірок і випробувань оформляються протоколом після закінчення роботи по індивідуальній перевірці.

У об'єм випробувань для електродвигунів входить вимірювання опору ізоляції обмоток. Якщо обмотка електродвигуна була зволожена, то для визначення можливості випробування і включення такого електродвигуна без

сушки доцільно керуватися нормами для машин, що знов вводяться. В цьому випадку електродвигуни, можуть бути включені без сушки при дотриманні наступних умов:

1) Абсолютне значення опору ізоляції обмотки при температурі 75 °С повинне бути не нижче значення, визначеного за формулою, Ом:

$$R_{60''} = \frac{U_N}{1000 + 0,01 \cdot S_N},$$

де $R_{60''}$ – опір ізоляції, що зміряний мегомметром через 60 с після початку випробувань, Ом;

U_N – номінальна лінійна напруга, В;

S_N – номінальна повна потужність, кВ·А.

Для температур нижче 75 °С (але не нижче 10 °С) найменше значення опору ізоляції обмоток машин визначається множенням значення, одержаного за формулою, на температурний коефіцієнт K_T , приведений в табл. 8.

Таблиця 8 – Залежність коефіцієнта K_T від температури обмотки

Температура обмотки, °С	75	70	60	50	40	30	20	10
Коефіцієнт, K_T	1	1,2	1,7	2,4	3,4	4,7	6,7	9,4

2) Значення відношення $R_{60''} / R_{15''}$ при температурі (10–30) °С повинне бути не нижче 1,3.

Електродвигуни включають без сушки, якщо опір ізоляції, зміряний при температурі 10–30 °С не менш 0,5 МОм.

Випробування електричних машин включають вимірювання електричних і ізоляційних характеристик. У комплекс цих випробувань входять також перевірка і визначення характеристик систем охолодження, стан мастила, перевірка обмоток збудження, релейного захисту, пристроїв автоматики і синхронізації, управління і вимірювання. Висновок про можливість включення машини в мережу дається на підставі результатів всіх проведених перевірок, вимірювань і випробувань. Всі випробування проводяться в строгій відповідності з вимогами Правил техніки безпеки електроустановок (ПТБЕ).

Випробування електричної машини починають з перевірки характеристик ізоляції для оцінки необхідності її сушки, а потім перевіряють решту параметрів і випробовують ізоляцію підвищеною напругою змінного струму. Такий порядок дозволяє впевнитися в тому, що характеристики ізоляції знаходяться

в нормі і не вимагають сушки. Якщо ізоляція електричної машини вимагає сушки, перевірку всіх параметрів і характеристик проводять після проведення сушки.

Зовнішній огляд електричної машини виконують після її установки на фундамент, продування і очищення від бруду і пилу. При огляді особливу увагу звертають на стан лобових частин обмотки в місцях виходу з пазів, кріплення бандажів, клинів, відсутності вм'ятин, тріщин в ізоляції, стану фарбування і покриттів, на правильність і надійність виконання заземлення окремих частин машини. Випробування ізоляції електричної машини проводять після перевірки стану кінцевих виводів по схемі: фаза (вітка) щодо інших фаз (віток), сполучених з корпусом. При жорстко сполучених виведеннях обмотки випробовуються одночасно всі три фази (всі вітки) щодо корпусу машини. Характеристики ізоляції вимірюють по черзі у кожній фазі відносно двох інших фаз.

Критеріями оцінки стану ізоляції є абсолютні значення: опору ізоляції R_{60}'' при температурах не нижче 10 °С; коефіцієнта абсорбції K_{abs} ; струма витоку і коефіцієнта нелінійності. Умови включення в роботу без сушки різні для окремих груп електричних машин:

1) електродвигуни з напругою нижче 1 кВ вмикають без сушки при значеннях опору ізоляції R_{isol} не менш 0,5 МОм, які вимірюють при температурах обмотки 10–30 °С;

2) ізоляцію електричних машин ємністю більше 10000 пФ вимірюють електронними мегомметрами типу Ф-4100 і Ф-4108, спеціально призначеними для вимірювання опору ізоляції R_{isol} обмоток великих електричних машин і встановлення коефіцієнту абсорбції. Ці мегомметри мають границі вимірювання 50000–100000 МОм і спеціальні сигнальні пристрої для відліку значення R_{isol} через 15 і 60 с після початку вимірювання, а також забезпечують випробувальну напругу безпосередньо при включенні в мережу напругою 220–250 В або при автономному живленні від акумуляторів напругою 9–12 В. За початок вимірювання приймається момент подачі напруги на обмотку. Перед початком вимірювань R_{isol} і після їх закінчення схему вимірювання, разом з обмоткою, заземляють не менш ніж на 2 хв для зняття електростатичного заряду і лише після цього проводять повторні вимірювання R_{isol} або вимірювання R_{isol} іншої фази.

Для своєчасного виявлення дефектів, які оглядом не завжди вдається виявити, при капітальному ремонті електродвигуна з виїмкою ротора проводять профілактичні випробування.

5.14 Попередній пуск електродвигуна після складання

Ремонт електродвигуна закінчується випробуванням і попереднім пуском. Для попереднього пуску відремонтований електродвигун ретельно оглядають, звертаючи увагу на механічну частину машини, підключення обмоток. Крім того, проводять мегомметром вимір опору ізоляції обмоток, перевіряють систему охолодження і мастило підшипників. Виконують належні організаційно-технічні заходи щодо техніки безпеки. Біля випробовуваної машини можуть знаходитися тільки особи, що призначені керівником ремонту.

Перший пробний пуск машини проводять поштовхом протягом 1 – 2 с. У цей момент фахівці прослуховують і уважно перевіряють стан машини, її ходової частини, дію максимального захисту, елементів керування, пуску і зупинки машини, значення пускового струму. При позитивних результатах цих перевірок електродвигун в другий раз розганяють до номінальної швидкості, потім відключають і спостерігають процес зниження швидкості. Утретє електродвигун включають на 60 хв., спостерігаючи за нагрівом і загальним станом підшипників, перевіряють осьовий прогин валу, розгойдуючи ротор в осьовому напрямі. Після усунення відмічених несправностей електродвигун включають в експлуатацію.

При проведенні поточних і капітальних ремонтів електричних двигунів без перемотування і з перемотуванням обмоток проводяться передремонтні, післяопераційні і (після ремонту) контрольні випробування.

Програма передремонтних і післяремонтних випробувань передбачає:

- перевірку зовнішнього вигляду, комплектності, зарисовку схем з'єднання обмоток;

- вимірювання опору обмоток мегомметром в практично холодному стані (при якому температура будь-якої частини випробовуваної машини відрізняється від температури навколишнього середовища не більше ніж на 3 °С);

- перевірку машини на неробочому ході (вібрація, нагрів підшипників, осьовий прогин);

- перевірку машини під навантаженням (вібрація, нагрів підшипників, осьовий прогин).

Після кожної ремонтної операції якої-небудь частини електричної маши-

ни, треба проводити випробування з тим, щоб відремонтована частина могла поступити на складання цілком повноцінною.

При заміні обмоток статорів або роторів, до і після їх укладання (але до паяння їх кінців), перевіряють опір ізоляції і її електричну міцність. Програма контрольних випробувань електричних машин після ремонту передбачає:

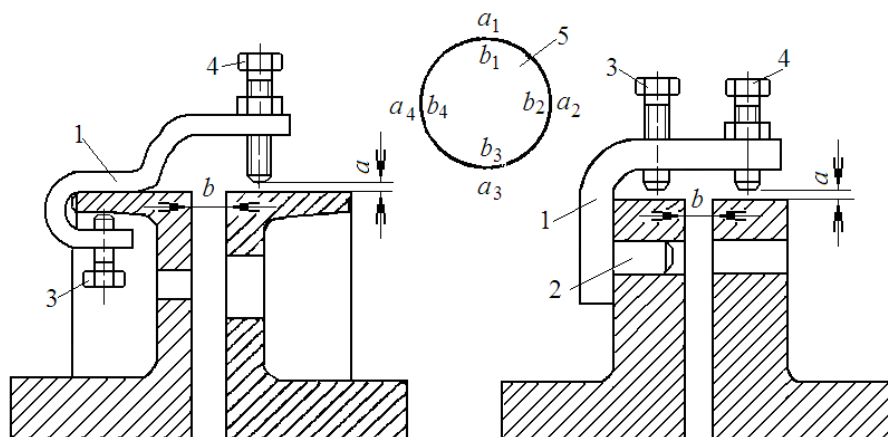
- вимірювання опору ізоляції обмоток;
- вимірювання опору обмоток;
- перевірку роботи машини у режимі неробочого ходу;
- перевірку роботи машини в режимі навантаженням.

В процесі проведення випробувань необхідно дотримуватись правил техніки безпеки, які регламентуються інструкціями. Електромонтери і інженерно-технічний персонал повинні мати відповідні кваліфікаційні групи на право роботи з електроустановками напругою до 1000 В.

5.15 Центрівка двигунів з механізмами

Щоб електродвигун і механізм, які сполучаються за допомогою муфти, працювали без вібрації, необхідно зцентрувати їх. Центрівка полягає в знаходженні і закріпленні такого взаємного розташування електродвигуна і механізму, при якому осі їх валів в місці з'єднання співпали б і складали одну пряму лінію.

Практично центрівка зводиться до того, щоб добитися концентричного розташування напівмуфт і забезпечення однакового проміжка згори, знизу і з боків між їх торцями (що відповідає відсутності зламу осей валів). Для виконання центрівки двигуна з механізмом використовують скоби (рис. 8).



1 – скоба; 2 – палець; 3 – прижимний або стопорний болт; 4 – болт для виміру проміжку; 5 – форма записи значень проміжків, які рекомендуються

Рисунок 8 – Скоби для центрівки електродвигуна з механізмом

Для перевірки концентричності напівмуфти двигуна та механізма, на одну з них встановлюється скоба 1 (рис. 8), що має болт 4 з кульовим заточуванням кінця. Скоба кріпиться на борту напівмуфти притискним болтом 3. Якщо на напівмуфтах борти відсутні, то скоба кріпиться за допомогою пальця 2 і стопорного болта 3.

Напівмуфти встановлюють в таке положення, при якому відмітки, що нанесені на них при спареній обробці на верстаті або перед роз'єднанням їх на початку ремонту, співпадали. Скоба при цьому повинна знаходитися у верхньому положенні.

За допомогою щупа вимірюють радіальний проміжок a (між болтом скоби і напівмуфтою) і аксіальний проміжок b між торцями напівмуфт (див. рис. 8). Потім поступово повертають ротори щодо первинного положення на 90 , 180 і 270° і в кожному з цих положень заміряють проміжки a і b .

Значення радіальних проміжків записують поза колом, аксіальних – всередині кола, як вказано на рис. 8. Для виключення помилок від осьового зсуву роторів, при першому вимірі і після кожного наступного, необхідно за допомогою лому або іншим способом подавати ротори один до одного до упору галтелей валів в торці вкладишів.

Якщо осьове переміщення роторів через їх великої маси виконувати складно, то можна відмовитися від нього. Але в цьому випадку в кожному з чотирьох положень роторів (0 ; 90 ; 180 і 270°) слід заміряти проміжок в чотирьох місцях: згори, знизу і з двох боків. Для верху, наприклад, необхідно знати чотири значення аксіального проміжку: $b_1^{0^\circ}$; $b_1^{90^\circ}$; $b_1^{180^\circ}$; $b_1^{270^\circ}$.

В розрахунок приймається середньоарифметичний проміжок b_1 , який встановлюють діленням суми цих чотирьох проміжків на 4. Таким же чином встановлюють середньоарифметичний проміжок для низу (b_3), і з обох боків – b_2 і b_4 .

На закінчення, ротори встановлюють в первинне положення (скоба вгорі) і знов заміряють проміжок a , який повинен співпасти з тим же проміжком, заміряним на початку перевірки. Відмінність в результатах виміру проміжків на початку і в кінці перевірки більш ніж на $0,02$ мм неприпустима і свідчить про недостатньо жорстке кріплення скоби. В цьому випадку скобу слід закріпити надійніше і замір проміжків повторити. Точність центрування визначається порівнянням проміжків, заміряних в протилежних місцях напівмуфт. Різниця

значень цих проміжків ($a_1 - a_3$; $a_2 - a_4$; $b_1 - b_3$; $b_2 - b_4$) повинна бути не більш вказаних в табл. 9.

Розцентрівка в горизонтальній площині (велика різниця в проміжках a_2 і a_4 , b_2 і b_4) усувається переміщенням по горизонталі корпусів виносних підшипників або усього електродвигуна. Для плавного переміщення двигуна доцільно до фундаментної рами поблизу кожної лапи приварювати гайки з віджимними болтами.

Розцентрівка в вертикальній площині (різниця в зазорах a_1 і a_3 , b_1 і b_3) усувається шляхом зміни товщини прокладок під корпусами підшипників або лапами електродвигунів.

Таблиця 9 – Допустима різниця в значеннях проміжків, мм

Вид муфти	Допустима різниця в значеннях проміжків, мм, при частоті обертання, об/хв		
	3000	1500	750
Жорстка	0,02–0,04	0,03–0,07	–
Напівжорстка або з напівжорсткими пальцями	0,03–0,06	0,06–0,10	0,10–0,15
Пружинна	0,05–0,08	0,08–0,12	–
Зубчаста	0,06–0,10	0,10–0,14	–

Примітка. Менша різниця в значеннях проміжків відноситься до аксіальних проміжків, більша – до радіальних.

Для прокладок застосовується листовая сталь або сталева фольга. Кількість прокладок повинна бути мінімальною, оскільки при великій кількості прокладок центрівка з часом може порушитися. Тому, якщо при центрівці двох-трьох тонких прокладок виявляється недостатньо, то доцільно закласти одну, більш товсту, і лише для точної центрівки застосовувати одну, дві тонкі прокладки. Товщину прокладок по заміряних проміжках можна визначити розрахунком.

5.16 Сушка електродвигунів

В умовах експлуатації найчастіше сушка здійснюється нагріванням шляхом подачі гарячого повітря від повітродувки в двигун через отвори, люки,

або за рахунок втрат в міді обмоток статора і ротора шляхом включення обмотки статора на знижену напругу. Ще кращі результати виходять при одночасному застосуванні обох засобів. Двигуни з напругою 6 кВ при сушці включають на напругу 380 В, двигуни на 3 кВ – на 220 В, а двигуни з напругою 380 В – на 36 В.

Температура обмотки під час сушки не повинна перевищувати 90 °С, якщо вона визначається шляхом вимірювання опору і 70 °С при вимірюванні термометром. Контроль сушки ведеться по зміні опору ізоляції обмотки.

Сушка вважається закінченою, коли опір ізоляції, після пониження до мінімального значення і подальшого підйому протягом декількох годин, залишається незмінним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по электрическим машинам.: В 2 т. / под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.
2. Міліх В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник / В.І. Міліх, О.О. Шавьолкін; за ред. В.І. Міліх. – К.: Каравела, 2008. – 688 с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Індустрія, 2008. – 516 с.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
5. Таран В.П. Диагностирование электрооборудования / В.П. Таран. – К.: Техника, 1983. – 200 с.
6. Котеленец Н.Ф. Испытания и надежность электрических машин / Н.Ф. Котеленец, Н.Л. Кузнецов. – М.: Высшая школа, 1988. – 232 с.
7. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин / О.Д. Гольдберг – М.: Высшая школа, 1990. – 255 с.
8. Гуревич Э.И. Тепловые испытания и исследования электрических машин / Э.И. Гуревич – Л.: Энергия, 1977. – 294 с.
9. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин / Г.К. Жерве – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 266 с.
10. Электрические измерения неэлектрических величин / под ред. П.В. Новицкого. – Л.: Энергия, 1975. – 243 с.
12. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций / под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1986. – 386 с.
13. Логинов В.Н. Электрические измерения механических величин / В.Н. Логинов – М.: Энергия, 1976. – 198 с.
14. Жерве Г.К. Вопросы испытания крупных турбогенераторов / Г.К. Жерве. – Л.: Энергия, 1970. – 184 с.
15. Абалаков Б.В. Монтаж турбоагрегатов и синхронных компенсаторов / Б.В. Абалаков, Б.И. Резников. – М.: Высшая школа, 1977 – 316 с.
16. Юхимчук В.Д. Технология производства электрических машин : учеб. пособ./ В 2-х кн. – Х: Тимченко, 2006. – 560 с.

ДОДАТОК А

Приклад оформлення титульного листа контрольного завдання

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра електричних машин

ЗВІТ

про виконання контрольних завдань

за дисципліною

СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Студент . _____
(група) (підпис) (ПІБ повністю)

Викладач _____
(підпис) (ПІБ)

Харків 20__

ЗМІСТ

1	Загальні положення.....	3
2	Структура дисципліни.....	3
3	Програма дисципліни та контрольні завдання	4
3.1	Класифікація електромеханічних пристроїв та електроприміщень.....	4
3.2	Експлуатаційні показники та технічна документація електричних машин і трансформаторів.....	4
3.3	Транспортування та монтажно-налагоджувальні роботи щодо експлуатації електричних машин і трансформаторів.....	4
3.4	Технічне обслуговування і ремонт електричних машин і трансформаторів.....	5
3.5	Випробування електричних машин і трансформаторів.....	5
3.6	Діагностика та модернізація електричних машин і трансформаторів	6
4	Зміст контрольних завдань	9
4.1	Вибір варіанту контрольних завдань	9
4.2	Контрольне завдання № 1	9
4.3	Контрольне завдання № 2	10
5	Методичні вказівки до виконання контрольних завдань.....	11
5.1	Визначення і класифікація електричних машин	10
5.2	Вибір електричних машин для вибухонебезпечних зон	15
5.3	Експлуатаційні показники та режими роботи електричних машин...	16
5.4	Види ремонтів електричних машин і трансформаторів	20
5.5	Технічна документація, щодо монтажу електричних машин і трансформаторів	23
5.6	Оцінка роботи електричної машини по шуму і рівню вібрації	27
5.7	Методи контролю температур та класи нагрівостійкості ізоляції.....	31
5.8	Розбирання електричних машин для проведення ремонту	32
5.9	Дефектація деталей і вузлів електричних машин	33
5.10	Системи функціонального діагностування електричних машин.....	37
5.11	Засоби і методи контролю стану окремих вузлів електричних машин.....	39
5.12	Виведення ротора зі статора	41
5.12.1	Виведення ротора зі статора малих і середніх електричних машин.....	41

5.12.2 Виведення ротора зі статора турбогенератора.....	46
5.13 Випробування електричних машин	48
5.14 Попередній пуск електродвигуна після складання.....	51
5.15 Центрівка двигунів з механізмами	52
5.16 Сушка електродвигунів	54
Список літератури.....	55
Додаток А. Приклад оформлення титульного листа контрольних завдань...	56

Навчальне видання

**СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

ТИПОВА ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ»

Укладачі: ШЕВЧЕНКО Валентина Володимирівна
ПАВЛЕНКО Тетяна Павлівна
МАСЛЄННІКОВ Андрій Михайлович

За редакцією В.І. Мілих

Відповідальний за випуск О.Ю. Юр'єва

Роботу до видання рекомендував В.Т. Долбня

В авторській редакції

План 2013 р., поз. 209

Підп. до друку _____ Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.

Друк – ризографія. Гарнітура *Times New Roman*.

Ум. друк. арк. 2,6

Зам. № _____ Наклад _____ прим..

Видавець і виготовлювач

Видавничий центр НТУ «ХП»

вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.