

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**Типова програма, методичні вказівки
та контрольні роботи з курсу
«Технологія виробництва електричних машин середньої потужності»**
для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.050702
«Електричні машини і апарати»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 20.03.2015

Харків
НТУ «ХПІ»
2015

Типова програма, методичні вказівки та контрольні роботи з курсу «Технологія виробництва електричних машин середньої потужності» для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.050702 «Електричні машини і апарати» / Уклад. Петренко М.Я., Масленніков А.М. – Харків: НТУ «ХП», 2015. – 23 С. (на українській мові).

Укладачі: М.Я. Петренко
А.М. Масленніков

Рецензент В.Д. Юхимчук

Кафедра електричних машин

ВСТУП

Технологія електромашинобудування, як і машинобудування в цілому, отримують потужну автоматизацію та роботизацію багатьох процесів та окремих робіт. Це дозволяє скорочувати термін виготовлення виробу, підвищує його точність та, як наслідок, збільшується якість продукції. Але ці переваги можливі тільки при досконалому вивченні технології виготовлення окремих видів електричних машин та детальній розробці технологічного процесу їх виготовлення.

Підготовка фахівців у сфері електромашинобудування потребує тісної взаємодії між вивченням теоретичних основ електромеханічного перетворення енергії та можливістю виготовлення необхідної конструкції з метою отримання високих техніко-економічних показників. В усі часи виготовлення електричних машин інженери-технологи займаються розробкою технологічного обладнання, розробкою нових та вдосконалюють існуючі технологічні процеси.

Методичні вказівки та контрольні роботи з дисципліни «Технологія виробництва електричних машин середньої потужності» присвячені отриманню базових знань та практичних навичок при розробці технологічного процесу виготовлення окремих деталей та вузлів електричної машини. В результаті виконання завдань студент повинен знати типи, конструкції, основні складальні елементи електричної машини, вміти аргументовано вибирати послідовність робіт у технологічному процесі виготовлення електричної машини.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою вивчення даної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам теоретичних і практичних знань з питань розробки технологічних процесів виготовлення деталей і вузлів електричної машини постійного і змінного струму.

Задачею вивчення дисципліни є оволодіння методами проектування та розробки технологічних процесів, на обраному обладнанні у реальних виробничих умовах.

При вивченні курсу студенти отримають знання про:

- конструкцію і принцип дії конкретної електричної машини;
- фізико-технічні властивості матеріалів, які використовуються для виготовлення магнітної системи та конструкції електричної машини;
- сучасне обладнання на якому можна реалізувати вибраний технологічний процес.

В результаті вивчення курсу студент повинен уміти:

- дати ґрунтовну оцінку обраних матеріалів для виготовлення деталі чи вузла електричної машини;
- підібрати сучасне обладнання з кращими питомими показниками для реалізації технологічного процесу;
- застосувати механізацію і автоматизацію на різних етапах підготовки виробництва та виготовлення електричної машини.

Ця програма, методичні вказівки призначені для студентів заочної форми навчання кафедри електричні машини, які вивчають курс з «Технології виробництва електричних машин середньої потужності» в десятому семестрі.

Відповідно з навчальним планом курс читається складається з 18 годин лекцій, 8 годин лабораторних занять, 1 контрольної роботи. Якщо при вивченні дисципліни, або виконанні контрольного завдання виникають питання, тоді слід звертатися на кафедру електричних машин для отримання необхідної консультації.

2 ПРОГРАМА КУРСУ

2.1 Загальні питання підготовки виробництва і технології виготовлення електричних машин середньої потужності

Електромашинобудування (ЕМБ) є однією з основних галузей промислового комплексу України. Електричні машини всіх типів мають широке використання в багатьох галузях життєдіяльності людини. Ряд типів електричних машин виготовляються спеціально для тої чи іншої галузі (металургія, вуглевидобуток, нафторозвідка, електрична тяга, кранове обладнання та ін.). Такі електричні машини потребують використання спеціальних технологічних процесів для виготовлення і забезпечення їх надійності в експлуатації. Для підвищення ефективності технології виробництва потрібна тісна співпраця конструкторів і технологів. Покращення технології виготовлення, удосконалення технологічного обладнання і покращення якості продукції, підвищення продуктивності праці є основним завданням технолога. Взагалі, технологія виготовлення електричних машин передбачає отримання заготовок, їх механічну обробку, виготовлення деталей і вузлів з метою наступного складання електричної машини з раніше розрахованими необхідними характеристиками. При цьому використовується як загальномашинобудівні технологічні процеси так і спеціальні: штампування, збірка осердя, виготовлення і вкладання в пази осердя обмотки, просочення обмоток, виготовлення колектора, загальне складання електричної машини та ін.. Так як електричні машини виготовляються різної потужності і габаритів, то і технологічні процеси їх виготовлення мають свої особливості.

Значний час при виготовленні електричних машин займає технологічна підготовка виробництва (ТПВ). Під ТПВ розуміють роботу з розробки технологічного проектування і виготовлення оснастки і інструменту, сучасного обладнання і налагодження всього технологічного процесу для виготовлення нового виробу. Впровадження єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) скорочує час і витрати на підготовку виробництва. ЄСТПВ розглядається як система діяльності міністерств, об'єднань, підприємств і організацій. Вона базується на сучасних єдиних

організаційно-технічних принципах ТПВ. В загальних випадках ЄСТПВ базується на таких положеннях:

- уніфікація і відпрацювання виробу на технологічність;
- типізація технологічного процесу;
- механізація і автоматизація виробничого процесу.

2.2 Матеріали, які використовуються в електромашинобудуванні

2.2.1 Загальні положення

Електрична машина складається з двох основних частин: активної і конструктивної. В активній частині, до якої відносяться обмотки і магнітопровід, відбувається перетворення енергії, а конструктивна частина (станина, корпус, підшипникові щити, підшипники та вал) приймає на себе зусилля, які виникають в активній частині, і через вал передають або приймають ці зусилля на інші механізми. Тому експлуатаційна надійність, економічність і вартість електричної машини в значній мірі залежить від фізико-технічних властивостей матеріалів.

Матеріали, що використовуються при виготовленні електричної машини, можна підрозділити на активні, електроізоляційні і конструктивні. Активні матеріали – це магнітні і провідникові. Електроізоляційні матеріали відокремлюють струмопровідні частини машини одну від одної та від інших частин машини. Деякі деталі і вузли електричної машини працюють у складних умовах і виконують функції як конструкційних, так і активних матеріалів (станина машини постійного струму). Для таких матеріалів суміщенні вимоги: добрі магнітні властивості і механічна міцність [1.Кн.1 – С.124–180], [2,3].

2.2.2 Магнітні матеріали

В електричних машинах частіше використовують магнітом'які матеріали з низькими питомими втратами потужності і високою індукцією насичення (тонколистова електротехнічна сталь). Електротехнічна сталь окрім низьких питомих втрат повинна мати гарну штампуємість. Магнітні властивості сталі залежать від способу прокатки та кількості в ній вуглецю (0,1–4,8)%. По структурному складу і виду прокатки сталь підрозділяється на:

- гарячекатану ізотропну;

- холоднокатану ізотропну;
- холоднокатану анізотропну з ребровою структурою [1.Кн.1 – С.124 – 140], [2,3].

2.2.3 Провідникові матеріали

До провідникових матеріалів відносяться метали і їх сплави. Для обмоток

електричних машин використовується мідь і алюміній, які мають низький питомий електричний опір, достатню механічну міцність, задовільну стійкість до корозії, добре з'єднується за допомогою пайки і зварювання [1.Кн.1 – С.140–153], [2,3].

2.2.4 Конструктивні матеріали

Це всі матеріали, з яких виготовлюються деталі і вузли електричної машини (за винятком активних частин машини й ізоляції). Конструкційні матеріали приймають на себе і передають механічні зусилля, а також забезпечують захист від навколишнього середовища. До конструкційних матеріалів відносяться:

- чорні метали (сталь, чавун);
- кольорові метали (мідні сплави, які підрозділяються на латунні, бронзові і мідно-нікільові сплави, а також алюмінієві сплави);
- пластмаси [1.Кн.1 – С.153–180], [2,3].

2.2.5 Електроізоляційні матеріали

Це матеріали, що служать для ізоляції частин електричної машини, які знаходяться під напругою. Основними вимогами до ізоляційних матеріалів є:

- висока електрична і механічна міцність та вологостійкість;
- достатня нагріво- і теплостійкість;
- малі діелектричні втрати потужності;
- стабільність фізичних, хімічних та діелектричних властивостей.

Залежно від функціонального призначення електроізоляційні матеріали підрозділяються на основні і допоміжні. Ізоляційні матеріали, які використовуються в електричних машинах, поділяються з нагрівостійкості на 9 температурних індексів (класів нагрівостійкості), які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Температурний індекс і клас нагрівостійкості ізоляції

Температурний індекс	ТИ 90	ТИ 105	ТИ 120	ТИ 130	ТИ 155	ТИ 180	ТИ 200	ТИ 220	ТИ 250
Клас нагрівостійкості	У	А	Е	В	F	Н	200	220	250
Допустима температура нагрівостійкості, °С	90	105	120	130	155	180	200	220	250

3 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ЗАГОТІВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Технологічний процес виготовлення заготовок можна реалізувати шляхом їх виготовлення з малими або з великими припусками. Перший варіант виготовлення заготовок використовується при масовому виробництві, а другий – для одиничного. Трудоемність виготовлення розподіляється між механічним та заготівельним цехом відповідно.

Залежно від призначення деталей розділяють такі види заготовок:

- вилівка з чорних та кольорових металів;
- ковани і штампувальні заготовки;
- заготовки з прокату і зварювальні;
- заготовки з металокераміки і неметалевих матеріалів.

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами, розмірами і програмою випуску [1.Кн.1 – С.181–241], [2,3].

4 ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Станини, вали, підшипникові щити, кришки, деталі колектора і якоря електричної машини механічно обробляються на металорізючих верстатах. Виробничі фактори, які впливають на якість виготовленої деталі, це правильний вибір обладнання і інструменту, фізико-технічні властивості матеріалу, досконалість розробленого технологічного процесу і якість виконання обробки і контролю. В загальній трудоемності виготовлення електричної

машини механічна обробка займає значне місце (для машин потужністю від 1 до 100 кВт – 10–25 %, більше 100 кВт – до 40 %). При виготовленні електричних машин використовуються усі види механічної обробки (різання, фрезерування, свердлування, шліфування та ін.). [1.Кн.1 – С.242–333], [2,3].

5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ

5.1 Загальні положення

Для отримання багатьох деталей електричної машини використовують прогресивний технологічний процес холодного штампування. Таке штампування дає можливість:

- отримати деталі складної форми;
- створити міцні і жорсткі легкі конструкції;
- отримати деталі з високою точністю без наступної механічної обробки (8–9 квалітет);
- можливість отримання деталей однакових розмірів;
- висока продуктивність технологічного процесу;
- економічне використання матеріалу та низьку собівартість.

В електричних машинах методом штампування виготовляють листи осердя статора і ротора, пластини та півники пластин колектора, деталі щіткотримача, вентилятори та ін.

5.2 Обладнання для штамповки електротехнічної сталі

По технологічному принципу для штампування сталі використовують одну штампувальну операцію (вирубку паза, отвору та ін.). Комбіновані штампи бувають двох видів дії: компаундні та послідовні. Штампи послідовної дії використовуються в автоматизованій листоштампувальній установці для виготовлення листів статора і ротора асинхронних двигунів. Метод послідовної штамповки дозволяє комплексно автоматизувати виготовлення листів осердя. Такі установки використовуються для штампування листів діаметром до 250 мм. Для більших діаметрів листів осердь використання таких штампів недоцільно у зв'язку зі зростанням габаритів багато-

позиційних штампів та ускладненням їх експлуатації. Для таких випадків використовують систему «Тандем», суть якої в тому, що штампування виконується на двох послідовно працюючих пресах з двома штампами.

Штампування листів статора і ротора на установці «Тандем» дає наступні переваги:

- забезпечується автоматична послідовність штампування листів діаметром до 650 мм;
- скорочується довжина і підвищується стійкість штампів;
- зникає потреба в пресах великої потужності;
- спрощується виготовлення і експлуатація штампів.

5.3 Технологічний процес штампування листів полюсів

За формою листи осердя полюсів визначаються:

- листи полюсів синхронних машин з болтовим кріпленням на роторі;
- листи полюсів з Т-подібним хвостовим кріпленням;
- листи осердя головних полюсів для електричних машин постійного струму.

Для покращення форми магнітного поля лист полюса передбачає полюсний наконечник, на якому можуть виконуватись пази для розміщення демпферної або компенсаційної обмотки. Для скріплення осердя полюса передбачаються отвори для заклепок. Листи головних полюсів штампуються з листів електротехнічної сталі товщиною 1 мм. Для покращення коефіцієнта використання сталі виконують багаторядну штампівку на універсальних пресах суміщеними штампами або на прес-автоматах – двопозиційними штампами [1.Кн.1 – С.335–390], [2,3].

5.4 Технологія складання осердя статора, ротора і якоря

Для зменшення втрат потужності в осерді магнітопроводу його шихтують окремими листами електротехнічної сталі товщиною 0,5 мм. При цьому виконуються наступні вимоги:

- мінімальне зсування листів осердя магнітопроводу між собою;
- надійна ізоляція поміж листів осердя магнітопроводу;
- високий коефіцієнт заповнення осердя магнітопроводу;

– надійна фіксація листів осердя магнітопроводу один відносно одного.

При виготовленні осердя магнітопроводу передбачаються наступні технологічні операції:

- штампування листів, зняття заусенців;
- термічна обробка і нанесення ізоляційного покриття листів;
- складання листів в осердя, пресування і скріплення осердя.

При виготовленні електричних машин середньої потужності листи осердя статора, ротора і якоря штамнуються твердосплавними високоточними штампами, якість штампування висока і відпадає потреба у знятті задирок.

При складанні осердя статора передбачаються такі технологічні операції:

- дозування листів осердя (може виконуватись поштучно, за вагою чи довжиною осердя);
- орієнтування листів осердя по пазам (для наближення розмірів паза статора в світу до розмірів в штампі);
- компенсація різнотовщинності листів статора (для цього частину пакета розвертають на 180° – таким чином досягають паралельності торців осердя);
- пресування і скріплення осердя магнітопроводу: осердя статора скріплюється скобами, зварюванням по зовнішній поверхні або склеюванням, а осердя ротора зварюється по внутрішній поверхні.

6 ТЕХНОЛОГІЯ ІЗОЛЮВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ОБМОТКИ СТАТОРА ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗМІННОГО СТРУМУ

Для електричних машин змінного струму середньої потужності технологією передбачається ізолювання пазів, намотка котушок круглим проводом з емалевою ізоляцією з наступною укладкою обмотки в пази осердя статора. Після чого виконується формовка лобових частин, бандажування, контроль електричної міцності ізоляції, просочування та сушка обмотки статора.

Для електричних машин більшої потужності пази осердя виконуються відкритими або напіввідкритими. Обмотка виконується у вигляді окремих котушок (секцій) на які накладається корпусна ізоляція. Секція отримує жорстку прямокутну форму і укладається в пази осердя. В пазах секція фіксується клином, формуються лобові частини, бандажуються, виконується контроль електричної міцності ізоляції [1.Кн.1 – С.104–163], [2,3].

В електричних машинах постійного струму обмотки якоря виконуються у вигляді жорстких формованих котушок. Котушки виконуються одновиткові або багатовиткові. Котушки в пази якоря укладаються таким чином, щоб широка сторона була паралельно до стінки паза – це дозволяє зменшити додаткові втрати потужності і спрощує з'єднання провідників з півніками колектора. Для зменшення втрат від скін-ефекту ефективний провідник розбивають на елементарні [1.Кн.2– С.261–291], [2,3].

6.1 Технологічний процес виготовлення обмотки полюсів

До обмоток полюсів електричних машин відносяться обмотки збудження головних і додаткових полюсів машин постійного струму, компенсаційні обмотки і обмотки збудження полюсів синхронних машин. Обмотки полюсів виготовляються багатовитковими із ізолюваного проводу каркасними чи безкаркасними. Котушки додаткових полюсів і котушки синхронних машин можуть виготовлятися із шинної міді. Котушки полюсів виконуються із круглого проводу якщо площа перерізу не перевищує 7 мм^2 , з прямокутного проводу – до 16 мм^2 , а при площі перерізу більше 20 мм^2 обмотку виконують мідними шинами.

Технологія виготовлення котушок полюсів із круглого і прямокутного ізолюваного проводу складається із намотки котушок, ізолювання, просочення, сушки і контролю виконаних робіт [1.Кн.2–с.297–313], [2,3].

6.2 Технологія просочування і компаундування обмоток

Для виконання цієї операції застосовуються просочувальні, покривні і ключі лаки з холодною і гарячою сушкою. Для просочування обмоток застосовуються різні способи:

– просочення зануренням. Такий спосіб просочення широко застосовується на практиці, так як дозволяє на одному обладнанні просочувати вироби різних розмірів і конструкції;

– просочення в вакуумі і під тиском. Обмотковий вузол кладуть в автоклав і створюють в ньому вакуум після чого подають лак. Коли рівень лаку закrije поверхню обмоткового вузла, тоді знімають вакуум і створюють тиск. Відсутність повітря забезпечує високу якість просочення;

– просочення у вакуумі. Обмотковий вузол кладуть в автоклав, створюють у ньому вакуум і подають лак до того рівня, що необхідний для повного занурення обмотки. Після цього лак із автоклава зливають і сушать вузол під вакуумом. Далі вузол транспортують в термopіч для теплової сушки і запічки лаку;

– просочування краплинним способом. Статор обмотаний встановлюють на робочий стіл під кутом 20° до горизонталі, приєднують обмотку статора до джерела зрегульованою напругою живлення і обертають обмотковий вузол з малою частотою обертання. Напругу живлення визначають за необхідною температурою обмотки статора. На верхню і нижню лобову частину із дозатора подається просочувальний лак без розчинника. Дозування просочувального лаку проводять за часом його просочення або по об'єму.

Доцільність використання того чи іншого способу просочування визначається його трудоемністю, часом протікання процесу, енергоспоживанням, а також вимогами до якості просоченого вузла, продуктивністю праці і раціональним використанням просочувального матеріалу [1.Кн.2–С.323–360], [2,3].

6.3 Контроль і випробування електричної міцності ізоляції обмоток електричної машини

Надійність і довговічність роботи електричної машини залежить головним чином від якості виготовлення і експлуатації обмоток. Для перевірки відповідності обмотки розрахунковому формуляру служать контрольні операції. В процесі контролю перевіряють розміри котушки, її опір, опір ізоляції, відсутність розривів, короткого замикання між елементарними провідниками обмотки статора, правильне позначення виводів, вірність

з'єднання окремих елементів з пластинами колектора. Контрольні операції передбачаються технологічним процесом на різних стадіях виготовлення і укладання обмоток. Для своєчасного попередження браку ізоляції обмоток проводять випробування в процесі їх виготовлення і укладки (після виготовлення елементів обмотки, укладки обмотки в пази, просочування обмоткового вузла, складання електричної машини). Згідно з ГОСТ 183 величина випробувальної напруги при дослідженні електричної міцності міжвіткової ізоляції обмоток дорівнює $1,3U_N$. Час подачі напруги вибирається таким чином, щоб виявити дефекти в ізоляції, але не мало місця старіння ізоляції під дією електричного поля, а також залежить від потужності та типу електричної машини. В цілому контроль ізоляції передбачає:

- вимірювання активного опору обмоток;
- вимірювання опору ізоляції обмоток відносно корпусу машини і поміж обмотками;
- випробування електричної міцності ізоляції обмоток;
- випробування електричної міцності міжвіткової ізоляції.

При дослідженні обмоток якорів перевіряють електричну міцність ізоляції, відсутність міжвіткових замикань, якість пайки і вірність з'єднання кінців обмоток до колектора. Для контролю якості обмоток широко використовуються прилади ИДО – 07 та ИДВИ – 02, виготовлені фірмою «ТЭТРА ЛТД» (кафедра «Електричні машини») [1.Кн.2–с.363–394], [2,3].

6.4 Технологія виготовлення короткозамкнених обмоток роторів

З конструкції і технології виготовлення короткозамкнені обмотки асинхронних двигунів можуть виконуватись литими та зварними. Двигуни потужністю до 400 кВт виготовлюються з короткозамкненою алюмінієвою обмоткою ротора. При заливці пазів ротора алюмінієм одночасно заливаються і короткозамкнені кільця з вентиляційними лопатками. У зварної конструкції до стрижнів обмотки по торцям приварюють кільця. З метою покращення пускових характеристик ротор може виконуватись двохклітковим, при цьому може бути по одному короткозамкненому кільцю з кожного боку чи по два – відповідно для пускової та робочої обмоток.

Заливка ротора алюмінієм є прогресивним енергозберігаючим технологічним процесом. Технологією виготовлення короткозамкнених обмоток ротора передбачаються наступні заливки:

- технологія заливки ротора статичним способом (використовується при ремонті та одиничному виробництві);
- технологія заливки ротора вібраційним і відцентровим способами (не дають високу якість заливки та потребують спеціального обладнання);
- технологія заливки роторів під низьким тиском (заливка виконується автоматично, технологічний процес стабільний і не залежить від кваліфікації працівника);
- технологія заливки ротора під високим тиском (забезпечує високу продуктивність праці, реалізується автоматично в ливарній машині).

7 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Складання електричних машин є важливим етапом виробництва. Від правильно обраного та організованого технологічного процесу складання і якісного виконання всіх операцій залежить надійність і довговічність електричної машини, а також її енергетичні показники. Технологічний процес складання електричної машини складається з двох етапів:

- складання із окремих деталей складальних вузлів;
- складання із попередньо складених одиниць, покупних деталей і деталей, вироблених на підприємстві (загальне складання).

Послідовність розробки технологічного процесу складання:

- вивчення складальних і робочих креслень;
- проведення аналізу розмірів та необхідної точності;
- встановлення порядку комплектації вузлів і машини в цілому;
- розробка схем з'єднання складальних одиниць і машини в цілому;
- відпрацювання технологічного процесу збирання.

Згідно зі стандартами, передбачаються наступні методи досягнення точності розрахунку розмірного кола: повна взаємозамінність; неповна взаємозамінність; групова взаємозамінність; підгонка; регулювання.

Залежно від положення виробу, основними організаційними формами складання є стаціонарна і рухома. При стаціонарному складанні машина повністю комплектується на одному робочому місці одним працівником, або однією бригадою. Таке складання використовується при одиничному і серійному виробництві (може виконуватись концентрованим або диференційним методом). При рухомому складанні весь процес подрібнюється на окремі операції і кожна з них виконує окремий працівник або бригада, а виріб під час складання рухається від одного робочого місця до іншого. Залежно від розміщення складальних місць загальне збирання електричної машини може мати поточну або не поточну форму [1.Кн.2–с.424–510], [2,3].

Електрична машина, яка виготовлена на підприємстві, повинна задовольняти вимогам стандартів та ТУ. Метою промислових випробувань є перевірка електричної машини на відповідність вимогам технічних умов. Для визначення відповідності вимогам стандартів готові електричні машини зазнають технічного контролю і випробувань. Згідно з ГОСТ 183, виконують наступні види випробувань:

- приймальні, що виконуються на дослідному зразку з метою приймання для серійного виробництва;
- приймально-здавальні, що виконуються для кожної машини, яка виготовлюється на підприємстві;
- періодичні, що проводяться в зазначені терміни з метою контрольних перевірок якості виробу;
- типові, що проводяться при внесенні змін до конструкції електричної машини;
- кваліфікаційні, що проводяться комісією над відібраними зразками встановленої серії з метою перевірки готовності підприємства до випуску продукції даного виду;
- атестаційні, що проводяться з метою визначення рівня якості електричної машини при її атестації [1.Кн.2– С.512–538], [2,3].

8 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

8.1 Вимоги до виконання контрольної роботи

Студент виконує протягом семестру індивідуальну контрольну роботу. Контрольна робота має одне питання по розробці реального технологічного процесу та два теоретичні питання. Нумери варіантів завдання і питання співпадають з порядковим номером у списку навчальної групи.

Контрольну роботу необхідно виконувати в окремому зошиті або на листах формату А4. Зміст розташовувати так, щоб залишалось 3–4 см з правого краю для зауважень викладача. Схеми, рисунки, ескізи та інші графічні роботи виконувати відповідно вимог ЄСКД. Всі схеми, діаграми і графіки нумерують по порядку і супроводжуються відповідними підписами. На початку роботи написати питання свого варіанту. Відповіді повинні повністю розкривати суть питання. По закінченні роботи привести список джерел інформації.

8.2 Порядок виконання роботи

Відносно з порядковим номером у журналі з таблиці 1 вибрати завдання і дати повні відповіді на поставлені запитання. Розробити технологічний процес виготовлення деталі або вузла електричної машини середньої потужності. Вибрати матеріал, підібрати обладнання на якому реалізовано технологічний процес у виробництві.

Таблиця 1 – Варіанти завдань для контрольних робіт

Номер варіанту	Номери питань		
	1	2	3
1	1.1	2.1	3.1
2	1.2	2.2	3.2
3	1.3	2.3	3.3
4	1.4	2.4	3.4
5	1.5	2.5	3.5
6	1.6	2.6	3.6
7	1.7	2.7	3.7
8	1.8	2.8	3.8
9	1.9	2.9	3.9
10	1.10	2.10	3.10

Номер варіанту	Номери питань		
	1	2	3
11	1.11	2.11	3.11
12	1.12	2.12	3.12
13	1.13	2.13	3.13
14	1.14	2.14	3.14
15	1.15	2.15	3.15
16	1.16	2.16	3.16
17	1.17	2.17	3.17
18	1.18	2.18	3.18
19	1.19	2.19	3.19
20	1.20	2.20	3.20

ЗАВДАННЯ 1

1.1. Розробити технологічний процес виготовлення осердя статора асинхронного двигуна серії АИР80L2.

1.2. Розробити технологічний процес виготовлення осердя ротора асинхронного двигуна серії АИР80L2.

1.3. Розробити технологічний процес виготовлення обмотки статора асинхронного двигуна серії АИР80L2.

1.4. Розробити технологічний процес укладання обмотки статора в пази асинхронного двигуна серії АИР80L2 роздільним способом.

1.5. Розробити технологічний процес укладання обмотки статора в пази асинхронного двигуна серії АИР80L2 сумісним способом.

1.6. Розробити технологічний процес укладання обмотки статора в пази асинхронного двигуна серії АИР80L2 вручну.

1.7. Розробити технологічний процес просочення обмотки статора асинхронного двигуна серії АИР112В4 крапельним методом та підібрати матеріал й обладнання для його реалізації.

1.8. Розробити технологічний процес просочення обмотки статора асинхронного двигуна серії АИР112В4 методом занурювання та підібрати матеріал для просочення й обладнання для його реалізації.

1.9. Розробити технологічний процес просочення обмотки статора асинхронного двигуна серії АИР112В4 під вакуумом і тиском та підібрати матеріал для просочення й обладнання для його реалізації.

1.10. Розробити технологічний процес виготовлення короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна серії АИР112В4 статичним методом.

1.11. Розробити технологічний процес виготовлення короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна серії АИР112В4 під низьким тиском.

1.12. Розробити технологічний процес виготовлення короткозамкненої обмотки ротора асинхронного двигуна серії АИР112В4 під високим тиском.

1.13. Розробити технологічний процес виготовлення вала асинхронного двигуна серії АИР112В4 та підібрати обладнання для його реалізації.

1.14. Розробити технологічний процес складання та кріплення осердя головного полюса до станини в машині постійного струму.

1.15. Розробити технологію загального складання колектора.

1.16. Розробка технології виготовлення колектора на пластмасі, підбрати матеріал і обладнання для реалізації процесу виготовлення колектора.

1.17. Розробити технологічний процес компаундування обмотки статора синхронного двигуна.

1.18. Розробити технологічний процес контролю і випробування електричної міцності ізоляції обмоток асинхронного двигуна.

1.19. Розробити загальний технологічний процес складання асинхронної машини.

1.20. Розробити загальний технологічний процес складання машини постійного струму.

ЗАВДАННЯ 2

2.1. Пояснити, чим відрізняються приймальні випробування від приймально-здавальних випробувань.

2.2. Як можна визначити опір ізоляції обмотки електричної машини?

2.3. Пояснити, як можна виконати перевірку габаритних та приєднувальних розмірів електричної машини.

2.4. Як визначити втрати потужності в обмотках статора і ротора при виконанні дослідів короткого замикання для асинхронного двигуна?

2.5. Пояснити, які існують способи установки шарикопідшипників на вал в електричних машинах.

2.6. Які існують способи кріплення осердя ротора на валу?

2.7. Як виконується статичне балансування ротора?

2.8. Пояснити, які типи короткозамкнених обмоток ротора використовуються в асинхронних двигунах і чому.

2.9. Пояснити, як працює полуавтоматичне обладнання для заливки обмотки ротора під високим тиском.

2.10. Яка послідовність операцій при заливці ротора під низьким тиском?

2.11. Пояснити, як визначають активний опір обмотки будь якої електричної машини при постійному струмі.

2.12. Як виконати заміри опору ізоляції, якщо електрична машина має декілька обмоток з окремими виводами?

2.13. Пояснити, чому при визначенні електричної міцності ізоляції необхідно подавати випробувальну напругу поступово.

2.14. Дати пояснення, як підрозділяються електроізоляційні лаки за призначенням.

2.15. Які складові входять в просочувальний лак?

2.16. Які вимоги висувають до просочувальних лаків?

2.17. Дати пояснення, що таке компаунди і на які основні групи вони підрозділяються по хімічному складу лакової основи.

2.18. Як залежить опір ізоляції обмотки від часу сушки після просочування і чому?

2.19. Як впливає в'язкість лаку на час і якість просочування?

2.20. Які переваги і недоліки має крапельний метод просочення?

ЗАВДАННЯ 3

3.1. Пояснити, які функції виконують обмотки полюсів машини постійного струму.

3.2. Яка послідовність основних технологічних операцій при виготовленні котушок полюсів ізольованим проводом для машин постійного струму середньої потужності?

3.3. Поясніть, як виконується намотка котушок на полюси зібраних осердь машин постійного струму.

3.4. Пояснити, для чого необхідно виконувати відпалювання котушок із шинної міді, що намотана на ребро, і чому використовується мідь спеціального профілю?

3.5. Які основні технологічні операції виконуються при виготовленні котушки компенсаційної обмотки машини постійного струму?

3.6. Пояснити схеми обмотки якоря машин постійного струму, які застосовують і для чого їх виконують двохшаровими.

3.7. Як виконується технологія формування голівки, розводу лобових частин і формовки одновиткових котушок обмотки якоря машин постійного струму?

3.8. Яким способом закріплена обмотка якоря в пазу і лобових частинах машин постійного струму?

3.9. Які технологічні операції передбачає остання обробка складеного якоря машин постійного струму?

3.10. Пояснити, як виконується заготівля та з'єднання алюмінієвих стрижнів обмотки ротора асинхронного двигуна.

3.11. Пояснити, яка послідовність технологічних операцій при виготовленні обмотки статора роздільним способом.

3.12. Пояснити, як готується осереддя статора для укладання обмотки в пази.

3.13. Пояснити, переваги і недоліки термореактивної ізоляції в порівнянні з термопластичною при виготовленні обмоток електричних машин.

3.14. Яка послідовність технологічних операцій при виготовленні і вкладанні всипних обмоток статора асинхронного двигуна?

3.15. Пояснити, яке обладнання і інструмент використовується при укладанні обмотки статора ручним способом.

3.16. Дайте характеристику обмотки якоря машин постійного струму.

3.17. Дати загальний аналіз вимогам, які пред'являються для обмоткового та ізоляційного виробництва.

3.18. Проаналізуйте, у яких випадках використовують стрічкову та гільзову ізоляцію пазів осереддя статора асинхронного двигуна.

3.19. Поясніть, які вимоги висувають до колектора машини постійного струму в процесі його виготовлення та експлуатації.

3.20. Які технологічні операції передбачає обробка якоря?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Юхимчук В.Д. Технология производства электрических машин : учебник / В.Д. Юхимчук – Х.: Тимченко, 2006. Кн. 1, 2. – 1122 С.
2. Костромин В.Г. Технология производства асинхронных двигателей: учебник / В.Г. Костромин – М: Энергия, 1986. – 380 С.
3. Антонов М.В. Технология производства электрических машин : учебник / М.В. Антонов, Л.С. Герасимов – М. : Энергоиздат, 1982. – 510 С.

Зміст

Вступ.....	3
1 Загальні положення.....	4
2 Програма курсу	5
2.1 Загальні питання підготовки виробництва і технології виготовлення електричних машин середньої потужності.....	5
2.2 Матеріали, що використовуються в електромашинобудуванні.....	6
2.2.1 Загальні положення	6
2.2.2 Магнітні матеріали.....	6
2.2.3 Провідникові матеріали.....	7
2.2.4 Конструктивні матеріали.....	7
2.2.5 Електроізоляційні матеріали.....	7
3 Методи отримання заготовок для виготовлення деталей електричної машини.....	8
4 Технологія механічної обробки деталей електричної машини.....	8
5 Технологічний процес і вибір обладнання для штампування електротехнічної сталі.....	9
5.1 Загальні положення	9
5.2 Обладнання для штамповки електротехнічної сталі.....	9
5.3 Технологічний процес штампування листів полюсів.....	10
5.4 Технологія збирання осердя статора, ротора і якоря.....	10
6 Технологія ізолювання, виготовлення обмотки і вкладання її в пази..	11
6.1 Технологічний процес виготовлення обмоток полюсів.....	12
6.2 Технологія просочення і компаундування обмоток.....	12
6.3 Контроль і випробування обмоток електричної машини.....	13
6.4 Технологія виготовлення короткозамкнених обмоток роторів.....	14
7 Технологічний процес складання електричних машин.....	15
8 Контрольна робота.....	17
8.1 Вимоги до виконання контрольної роботи.....	17
8.2 Порядок виконання роботи.....	17
Список літератури.....	22

Навчальне видання

ПЕТРЕНКО Микола Якович,
МАСЛЄННІКОВ Андрій Михайлович

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА
ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ**
Типова програма, методичні вказівки та контрольні роботи
для студентів заочної форми навчання спеціальності 7.050702
«Електричні машини і апарати»

Відповідальний за випуск *В.І. Мілех*

Роботу до друку рекомендував *В.В. Воїнов*

В авторській редакції

План 2015, поз.142

Підписано до друку. 2015р. Формат 60x84 1/16. Папір офісний.
Rios-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. . Наклад 100 прим.
Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21