

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни**

***«ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ»***

Харків 2020

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 13 січня 2020 р., протокол № 6.

Рекомендовано для бакалаврів спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» і 273 «Залізничний транспорт» денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

доценти Н. П. Карпенко,
В. П. Нерубацький

Рецензент

доц. С. І. Яцько

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Загальні питання підготовки виробництва та технології виготовлення тягових електричних машин..... | 5 |
| 2 Матеріали, що використовуються в електромашинобудуванні.. | 6 |
| 3 Методи отримання заготовок для виготовлення деталей тягової електричної машини..... | 8 |
| 4 Технологія механічної обробки деталей тягової електричної машини..... | 9 |
| 5 Технологічний процес та вибір обладнання для штампування електротехнічної сталі..... | 9 |
| 6 Технологія складання осердя статора, ротора і якоря..... | 11 |
| 7 Технологія виготовлення обмоток статора, ротора і якоря..... | 12 |
| 8 Технологія виготовлення колектора тягового двигуна постійного струму..... | 16 |
| 9 Технологічний процес складання тягового двигуна постійного струму..... | 26 |
| 10 Випробування тягових електричних машин..... | 35 |
| 11 Складання технологічної карти..... | 46 |
| Питання для підготовки до захисту розрахунково-графічної роботи..... | 47 |
| Список літератури..... | 48 |
| Додаток А Варіанти завдання до виконання розрахунково-графічної роботи..... | 49 |

ВСТУП

Технології електромашинобудування доповнюються засобами потужної автоматизації та роботизації багатьох процесів та окремих робіт. Це дає змогу скорочувати термін виготовлення виробу, підвищує його точність і, як наслідок, збільшується якість продукції. Але ці переваги можливі тільки при досконалому вивченні технології виготовлення окремих видів тягових електричних машин та детальному розробленні технологічного процесу їх виготовлення.

Метою виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) з навчальної дисципліни «Технологія виробництва електрообладнання систем електричної тяги» є поглиблення базових знань і практичних навичок при розробленні технологічного процесу виготовлення окремих деталей та вузлів тягової електричної машини. В результаті виконання РГР студент повинен знати типи, конструкції, основні складальні елементи тягової електричної машини, вміти аргументовано вибирати послідовність робіт у технологічному процесі виготовлення тягової електричної машини.

Варіанти завдання до виконання розрахунково-графічної роботи наведено в додатку А.

Виконана розрахунково-графічна робота подається до захисту у вигляді пояснювальної записки та графічного (ілюстративного) матеріалу.

Пояснювальна записка має містити такі обов'язкові розділи:

- вступ;
- опис особливостей конструкції та матеріалів, що застосовуються при виробництві заданого вузла;
- обладнання і пристрої, необхідні при виробництві заданого вузла;
- технологія виробництва заданого вузла;
- розроблення карти технологічного процесу;
- висновки до розрахунково-графічної роботи;
- список використаних джерел.

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Електромашинобудування є однією з основних галузей промислового комплексу України. Електричні машини всіх типів широко використовуються в багатьох галузях життєдіяльності людини. Ряд типів електричних машин виготовляється спеціально для тої чи іншої галузі.

Усі електричні машини, які встановлюються на електричному рухомому складі, називаються тяговими електромашинами.

За родом споживаного струму вони розподіляються на машини постійного або пульсуючого струму, змінного однофазного (промислової та зниженої частоти) та змінного трифазного струму.

За призначенням машини класифікуються на тягові електродвигуни, тягові генератори, допоміжні електромашини – двигуни та генератори, що обслуговують потреби саме електричного рухомого складу. Окрему групу складають електромашинні перетворювачі.

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 використовуються як загальномашинобудівні технологічні процеси, так і спеціальні: штампування, складання осердя, виготовлення і вкладання в пази осердя обмотки, просочування обмоток, виготовлення колектора, загальне складання електричної машини та ін. Оскільки електричні машини виготовляються різної потужності і габаритів, то і технологічні процеси їх виготовлення мають свої особливості. Багато часу при виготовленні електричних машин забирає

технологічна підготовка виробництва (ТПВ). Під ТПВ розуміють процес розроблення 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. У загальних випадках ЄСТПВ базується на таких положеннях:

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

2 МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОМАШИНОБУДУВАННІ

2.1 Загальні положення

Тягова електрична машина складається з двох основних частин: активної і конструкційної. В активній частині, до якої належать обмотки і магнітопровід, відбувається перетворення енергії, а конструкційна 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 значною мірою залежать від фізико-технічних властивостей матеріалів.

Матеріали, що використовуються при виготовленні електричної машини, можна підрозділити на активні, електроізоляційні і конструкційні.

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 суміщені вимоги: добрі магнітні властивості і механічна міцність.

2.2 Активні матеріали

2.2.1 Магнітні матеріали. В електричних машинах найчастіше використовують магнітом'які матеріали з низькими питомими втратами потужності і високою індукцією насичення (тонколистова електротехнічна сталь). Вимоги до електротехнічної сталі – низькі питомі втрати і гарна штампованість. Магнітні властивості сталі залежать від способу прокатки та кількості в ній вуглецю (0,1...4,8) %. За структурним складом і видом прокатки сталь підрозділяється на такі види:

- гарячекатану ізотропну;
- холоднокатану ізотропну;
- холоднокатану анізотропну з ребровою структурою.

2.2.2 Провідникові матеріали. До провідникових матеріалів належать метали і їх сплави. Для обмоток електричних машин використовуються мідь і алюміній, які мають низький питомий електричний опір, достатню механічну міцність, задовільну стійкість до корозії, добре з'єднуються за допомогою паяння і зварювання.

2.3 Конструкційні матеріали

Конструкційні матеріали – це всі матеріали, з яких виготовляються 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 належать:

- чорні метали (сталь, чавун);
- кольорові метали (мідні сплави, які підрозділяються на латунні, бронзові і мідно-нікелеві сплави, а також алюмінієві сплави);
- пластмаси.

2.4 Електроізоляційні матеріали

Електроізоляційні матеріали – це матеріали, що служать для ізоляції частин електричної машини, що перебувають 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 на дев'ять класів нагрівостійкості.

Для тягових електричних машин застосовують ізоляційні матеріали за класами нагрівостійкості ізоляції «В», «F», «H». У таблиці 1.1 наведено температуру перегрівання окремих вузлів тягового двигуна залежно від класу ізоляції.

Таблиця 1.1 – Класи нагрівостійкості ізоляції

| Найменування вузла | Клас нагрівостійкості ізоляції | | |
|--------------------|--------------------------------|-----|-----|
| | «В» | «F» | «H» |
| Обмотка якоря | 120 | 140 | 160 |
| Обмотка полюсів | 130 | 155 | 180 |
| Колектор | 95 | 95 | 105 |

3 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ЗАГОТІВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТЯГОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Технологічний процес виробництва заготовок можна реалізувати шляхом їх виготовлення з малими або з великими припусками. Перший варіант виготовлення заготовок використовується при масовому виробництві, а другий – для одиничного. Трудомісткість виготовлення розподіляється між механічним та заготівельним цехом відповідно. Залежно від призначення деталей є такі види заготовок:

- виливки з чорних та кольорових металів;
- ковани і штамповані заготівки;
- заготівки з прокату і зварні;
- заготівки з металокераміки і неметалевих матеріалів.

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструкційними формами, розмірами і програмою випуску.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТЯГОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ

Станини, вали, підшипникові щити, кришки, деталі колектора і якоря тягової електричної машини механічно обробляються на металорізальних верстатах. Виробничі фактори, що впливають на якість виготовленої деталі, – це правильний вибір обладнання та інструменту, фізико-технічні властивості матеріалу, досконалість розробленого технологічного процесу і якість виконання обробки і контролю. В загальній трудомісткості виготовлення тягової електричної машини механічна обробка посідає значне місце (до 40 %). При виготовленні тягових електричних машин використовуються всі види механічної обробки (різання, фрезерування, свердлування, шліфування та ін.).

5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШТАМПУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ

5.1 Загальні положення

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

- деталі складної форми;
- міцні і жорсткі легкі конструкції;
- деталі з високою точністю без наступної механічної обробки (8–9 квалітет);

- деталі однакових розмірів;
- високу продуктивність технологічного процесу;
- економічне використання матеріалу та низьку собівартість.

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

5.2 Обладнання для штампування електротехнічної сталі

За технологічним принципом для штампування сталі використовують одну штампувальну операцію (вирубання 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 послідовного штампування дає змогу комплексно автоматизувати виготовлення листів осердя. Такі установки використовуються для штампування листів діаметром до 250 мм.

Для більших діаметрів листів осердь використання таких штампів є недоцільним у зв'язку зі зростанням габаритів багатопозиційних 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 такі переваги:

- забезпечується автоматична послідовність штампування листів діаметром до 650 мм;
- скорочується довжина і підвищується стійкість штампів;
- зникає потреба в пресах великої потужності;
- спрощується виготовлення та 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 багаторядне штампування на універсальних пресах суміщеними штампами або на прес-автоматах – двопозиційними штампами.

6 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 такі вимоги:

- мінімальне зсунення листів осердя магнітопроводу між собою;
- надійна ізоляція між листами осердя магнітопроводу;
- високий коефіцієнт заповнення осердя магнітопроводу;
- надійна фіксація листів осердя магнітопроводу один відносно одного.

При виготовленні осердя магнітопроводу передбачаються такі технологічні операції:

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

Залежно від стану електротехнічної сталі та якості штампування деякі операції можна виключити.

При складанні осердя статора передбачаються такі технологічні операції:

- дозування листів осердя (може виконуватись поштучно, за вагою чи довжиною осердя);
- орієнтування листів осердя по пазах (для наближення розмірів паза статора у світлі до розмірів у штампі);
- компенсація різновтовщинності 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.

Особливістю складання осердя полюсів є те, що вони не оброблюються і не лакуються. Збоку на листі осердя є шихтувальний знак, завдяки якому осердя полюса набирають задирками в один бік.

7 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБМОТОК СТАТОРА, РОТОРА І ЯКОРЯ

7.1 Технологічний процес виготовлення обмоток статора

Для тягових двигунів змінного струму пази осердя виконуються відкритими або напіввідкритими. Обмотка виконується у вигляді окремих котушок (секцій), на які накладається корпусна ізоляція. Секція набуває жорсткої прямокутної форми і укладається в пази осердя. В пазах секція фіксується клином, формуються лобові частини, бандажуються, виконується контроль електричної міцності ізоляції.

7.2 Технологічний процес виготовлення обмотки полюсів

До обмоток полюсів тягових електричних машин належать 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 намотування котушок, ізолювання, просочування, сушіння і контролю виконаних робіт.

7.3 Технологія виготовлення короткозамкнених обмоток роторів

За конструкцією і технологією виготовлення короткозамкнені обмотки асинхронних двигунів можуть виконуватись литими та зварними. Двигуни потужністю до 400 кВт виготовляються з короткозамкненою алюмінієвою обмоткою ротора. При заливанні пазів ротора алюмінієм одночасно заливаються і короткозамкнені кільця з вентиляційними лопатками. У зварній конструкції до стрижнів обмотки по торцях 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.

Заливання ротора алюмінієм є прогресивним енергоощадним технологічним процесом. Технологією виготовлення короткозамкнених обмоток ротора передбачаються такі види заливання:

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

7.4 Технологічний процес виготовлення обмотки якоря тягових двигунів постійного струму

У тягових двигунах постійного струму обмотки якоря виконуються у вигляді жорстких формованих катушок. Катушки виконуються одновитковими. Катушки в пази якоря укладаються таким чином, щоб широка сторона розташовувалась паралельно до

стілки паза – це дає змогу зменшити додаткові втрати потужності і спрощує з'єднання провідників з півниками колектора. Для зменшення втрат від скін-ефекту ефективний провідник розбивають на елементарні.

Технологічний процес виготовлення обмотки якоря містить такі операції:

- 1) виготовлення одновиткових котушок якоря:
 - правка та розріз дроту;
 - зачищення вивідних кінців;
 - згинальні операції (формування головки; розведення лобових частин; формування напівкотушок та лобових частин);
 - ізолювання;
- 2) виготовлення вирівнювальних з'єднань (для хвильових обмоток якоря така операція не виконується);
- 3) укладання котушок:
 - підготовка осердя якоря до укладання котушок (напресування колектора на вал; розмітка якоря; ізолювання обмоткотримачів та пазів);
 - укладання котушок у пази осердя якоря;
 - бандажування;
 - паяння або зварювання вивідних кінцівок;
- 4) просочування обмоток;
- 5) випробування обмотки.

7.5 Технологія просочування і компаундування обмоток

Для виконання цієї операції застосовуються просочувальні, покривні і склеювальні лаки з холодним і гарячим сушінням. Для просочування обмоток застосовуються різні способи:

- просочування зануренням. Такий спосіб просочування широко застосовується на практиці, оскільки дає змогу на одному обладнанні просочувати вироби різних розмірів і конструкцій;

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

– просочування 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 у термopіч для теплового сушіння і запікання лаку;

– просочування краплинним способом. Статор обмотаний встановлюють на робочий стіл під кутом 20° до горизонталі, приєднують обмотку статора до джерела з регульованою 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 трудомісткістю, часом, протягом якого відбувається процес, енергоспоживанням, а також вимогами до якості просоченого вузла, продуктивністю праці і раціональним використанням просочувального матеріалу.

7.6 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, правильність з'єднання окремих елементів з пластинами колектора. Контрольні операції передбачаються технологічним процесом на різних стадіях виготовлення і укладання обмоток. Для своєчасного запобігання браку ізоляції обмоток проводять випробування в процесі їх виготовлення і укладання (після виготовлення елементів обмотки, укладання обмотки в пази, просочування обмоткового вузла, складання електричної машини). Згідно з ГОСТ 183 величина випробувальної напруги при дослідженні

електричної міцності міжвиткової ізоляції обмоток дорівнює $1,3 \cdot U_N$. Час подачі напруги вибирається таким чином, щоб виявити дефекти в ізоляції, але не відбувалося 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 між обмотками;
- випробування електричної міцності ізоляції обмоток;
- випробування електричної міцності міжвиткової ізоляції.

При дослідженні обмоток якорів перевіряють електричну міцність ізоляції, відсутність міжвиткових замикань, якість паяння і правильність з'єднання кінців обмоток до колектора.

8 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЕКТОРА ТЯГОВОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

8.1 Загальні відомості

Колектор – один з основних вузлів, яким обумовлене найбільше виконання тягових двигунів. Колектори у сучасних потужних тягових машинах є на межі використання матеріалів і технологічних можливостей.

Діаметри колекторів сучасних тягових двигунів – у межах 250...1000 мм з кількістю пластин до 600 та більше. При окружних швидкостях до 60...65 м/с комутаційні частоти їх доходять до $13 \cdot 10^3 \dots 15 \cdot 10^3$ пластин за секунду.

Інтенсивна іонізація колекторної камери працюючої машини потребує посилення ізоляції колекторів та підвищення інтенсивності вентиляції їхніх поверхонь. Навіть за найбільш сприятливих умов у конструкціях колекторів в експлуатації завжди можуть бути їх значні пошкодження. Для тягових двигунів постійного та пульсуючого струму найбільш небезпечним може бути дугоутворення на колекторі, для однофазних двигунів – ерозійний, нерівномірний знос унаслідок неповної компенсації трансформаторної ЕРС у період їх пуску.

Колектори тягових двигунів виконують майже завжди з арочним кріпленням пластин у корпусі за допомогою виступів, які мають форму хвоста ластівки. Принцип такого кріплення показано на рисунку 8.1.

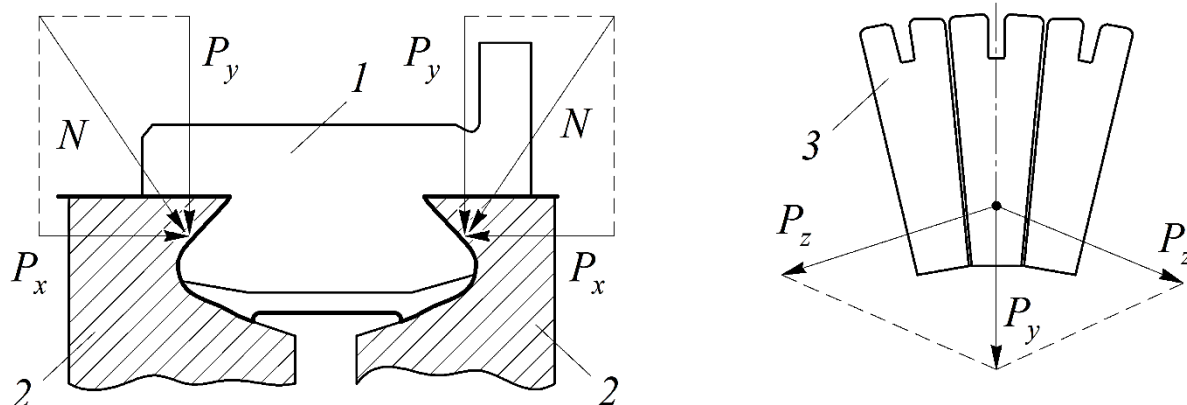


Рисунок 8.1 – Колектор арочного типу

Колекторні пластини 1 стягнуті конусами 2 через ізоляційні манжети. Зусилля затяжки P_x , діюче вздовж осі колектора, викликає сили P_y а сили N . Сили P_y діють у напрямку до центра кола колектора, зтягуючи пластини у цьому напрямку.

Оскільки колекторні пластини в поперечному перерізі виконуються у формі клина, під зусиллям P_y , яке діє на них, на їхніх бокових поверхнях виникають зусилля розпирання P_x . Останні стискають міканітові прокладки 3 між пластинами 1 та зводять пластини в єдиний міцний вузол, елементи якого електрично ізолювані один від одного. Сили P_x називають силами арочного розпору. Сили P_y діють проти відцентрових сил та компенсують їх.

Слід зазначити, що останнім часом у практику виробництва тягових електромашин запроваджується спосіб кріплення колекторних пластин у колекторах пластмасовими корпусами. У такого колектора (рисунок 8.2) колекторні пластини 1 зв'язані пластмасовим корпусом 2 в спільний моноблок, а з метою підвищення міцності кріплення та розвантаження пластмаси від відцентрових сил передбачені армовані кільця $Б$. Кільце $Б$ являє собою багаторядний бандаж 3 зі сталевого дроту, намотаного на сталевий каркас 4 та залитою пластмасою.

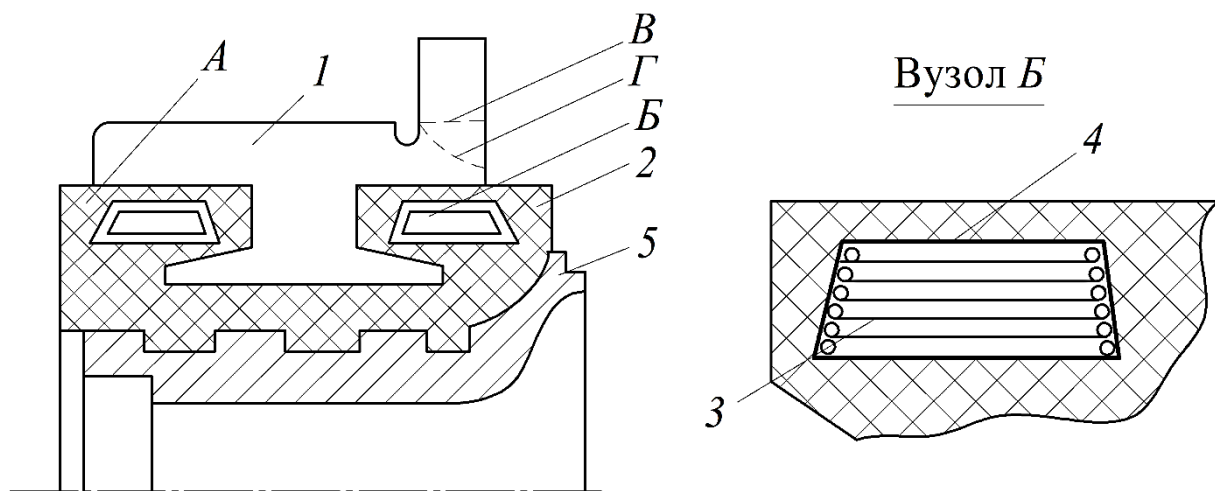


Рисунок 8.2 – Колектор з пластмасовим корпусом

Пластмасовий корпус становить одну деталь разом зі сталеву коробкою *Б*, яка своєю маточиною насаджена з натягом на вал якоря. Поряд з простотою та стабільністю конструкції такий колектор дає змогу значно знизити його осьові розміри за рахунок використання замість переднього ізоляційного конуса торцевої поверхні корпусу *А*.

Слід зазначити, що, внаслідок значних розбіжностей коефіцієнтів об'ємного теплового розширення у міді (пластині) та пластмасі (корпусу *А*), великі за діаметром колектори на пластмасі не використовують.

Для виготовлення колекторних пластин використовують холоднотягнуту електротехнічну мідь з механічними якостями: твердість за Брунелем – 75...85; межа міцності 28 кгс/мм², межа плинності та розтягання – 35 кгс/мм². У колекторну мідь додають присадки кадмію, срібла або алюмінію та інших металів. Ізоляція між колекторними пластинами виготовляється з колекторів міканіту з малим вмістом клейких речовин КФ1, який має первинну усадку $\mu \leq 7\%$ при тиску більше 600 кгс/мм². Товщину міканітових прокладок приймають у межах 0,8...1,2 мм з відхиленням не більше 0,05 мм. Оскільки зносостійкість міканіту вища, ніж у міді, ізоляцію між пластинами фрезерують на глибину 0,8...1,2 мм (продоріжка колектора). Але продоріжка спричиняє нерівності на поверхні колектора, які призводять до погіршення роботи щіток та можливості виникнення струмопровідних містків. Для уникнення цього інколи пази продоріжки заповнюють

спеціальною мастикою, зносостійкість якої після затверднення її дорівнює зносостійкості міді.

Найбільш трудомісткими у виробництві колекторів є міканітові манжети. Вони виготовляються суцільними або складеними з окремих секторів, які перекривають один одного, з використанням формового міканіту ФФ2А, ФМ2А. Маючи високу електричну міцність (30 кВ/мм), цей міканіт має витримувати тиск до 600...750 кгс/см при осіданнях не більше 15 %.

Відкриту передню частину міканітового конуса закривають захисним покриттям з декількох шарів бавовняної або скляної стрічки, просочених та профарбованих лаком, що забезпечує гладку, блискучу поверхню конуса.

Корпус колектора (коробка або втулка та натискна шайба) виготовляється зі сталевого литва таким чином, щоб він забезпечував щільну (бажано внутрішню) посадку натискної шайби в коробку. Це дасть змогу запобігти проникненню вологи під колекторні пластини. Натискну шайбу з коробками скріпляють найчастіше стяжними болтами, які також виконують роль пружних компенсаторів теплового подовження пластин. Найчастіше для колекторних болтів використовують вуглецеву сталь підвищеної міцності з термообробкою або леговану сталь. При складанні колекторів треба вживати спеціальних заходів, які забезпечуватимуть рівномірне затягування болтів (тарованими по моменту ключами).

Точність та стабільність робочої поверхні колектора мають бути дуже високими. Причому чим вища швидкість руху поверхні колектора, тим меншим допускається їх відхилення від ідеалу. Наприклад, при $V_{ком} = 30$ м/с відхилення 0,1...0,12 мм; при $V_{ком} = 55...60$ м/с – 0,025...0,035 мм.

Для забезпечення стабільності форми колектора при його виготовленні необхідними є підбір пластин за твердістю або правка їх твердості накатуванням, а також використання процесів штучного старіння. Цей процес полягає в повторних циклах нагрівання, розносу при швидкості обертання $n_{вискр}$, послідовних опресуваннях та підтягуваннях болтів. Указані технологічні цикли треба проводити до тих пір, поки залишкові деформації колектора після двох послідовних циклів не стануть практично невідчутними.

Технологічний процес виготовлення колектора містить такі операції:

- виготовлення деталей колектора;
- збирання колекторних пластин і прокладок у кільце;
- опресування, випікання, розточування «хвоста ластівки»;
- збирання на втулку;
- динамічне формування.

8.2 Виготовлення колекторних пластин та міканітових прокладок до них

Пластини виготовляються з мідно-кадмієвої штаби, яка замовляється у її виробника під розміри колектора машини, що готують до серійного випуску. Основні розміри штаби: кут поперечного перерізу, ширина штаби та її товщина по більшій основі трапеції перерізу. Виготовлювач штаби має також виконати всі металографічні параметри, встановлені замовником.

Колекторні пластини висікаються (штампуються) на штампувальних автоматах. Якість відштампованої пластини передбачає відсутність нерівності її площини, задирок, корозійних плям, забруднень. Розміри пластини по всій її конфігурації мають бути з припусками на остаточну обробку колектора.

Відштамповані пластини проходять знежирення в підігрітій лужній ванні, після чого їх промивають чистою водою та сушать. Чисті сухі пластини проходять операцію покриття півників розчином крейди в 10 %-му водному розчині рідкого скла. Операція механізована за допомогою підвісного ланцюгового конвеєра, який обладнано висячими пружинними затискачами. На ці затискачі чіпляються пластини півниками донизу. Конвеєр рухається повз ванни з розчином крейди та через сушильну піч. У зоні ванни конвеєр знижується на відстань ширини півника, і пластини півником занурюються в розчин крейди. У зоні виходу півника з ванни конвеєр підіймається, витягує пластину з ванни і несе її далі через сушильну піч. На виході з печі пластини відчіпляються від конвеєра і накопичуються в збірнику перед операцією фрезерування півника.

Фрезерування півника виконується дисковою фрезою таким чином, щоб ширина фрезерованої доріжки була на 0,3...0,5 мм

більша за товщину штаби міді, з якої виготовляються секції обмотки якоря. Фрезерування пластин здійснюється окремо для з'єднання їх тільки з кінцем секції обмотки якоря (глибина канавки до рівня робочої поверхні пластини – рівень В) та для з'єднання з кінцем секції обмотки якоря і вирівнювальної обмотки (рівень Г). Фрезеровані пластини підвищуються знову до ланцюгового підвісного конвеєра донизу півниками, який несе їх спочатку до ванни з травленою кислотою для травлення поверхонь фрезерованих канавок, а потім до ванни з розплавленим припоєм олов'яно-свинцевим (ПОС). Над ваннами конвеєр знижується на відстань ширини півника і, зануривши в кислоту, травить його, а потім у розплавлений ПОС – лудить стінки канавок. Час перебування півника пластини в розплаві ПОС достатній для нагрівання пластини до температури розплаву. Цей час залежить від довжини ванни з ПОС та швидкості руху конвеєра і регулюється зміною цієї швидкості.

Висока температура півникової зони пластини, чиста та протравлена поверхня канавок забезпечують якісне покриття полудою цих поверхонь та відсутність накопичування олова в канавках. Пластини після полуди охолоджуються спрямованим потоком повітря, знімаються з конвеєра та накопичуються на ділянці складання колектора. Міканітові прокладки для колектора висікаються на штампувальних автоматах з листів колекторного міканіту товщиною 1...1,5 мм. Конфігурація та розміри міканітової прокладки мають повторювати конфігурацію та профільні розміри колекторної пластини. Технологія складання колектора потребує лише збільшення на 1,0...1,5 мм висоти прокладки у формі хвоста ластівки.

8.3 Складання колектора

Для складання колектора використовується пристрій – стенд, який складається з основи – диска із зовнішнім розміром, що дорівнює діаметру колектора по півниковій зоні. Диск має центральний отвір з діаметром, що дорівнює $D_k - 2H_n$ (рисунок 8.3). По робочій поверхні диска 1 (зверху) на діаметрі $D_k - 2h_2$ виконаний кільцевий упор 5 висотою 5 мм.

Радіально від цього кільцевого упору по робочій поверхні диска до його зовнішнього обрису фрезеровані канавки розміром $1,5 \times 1,5$ мм. У ці канавки, як показано на рисунку 8.3, вставляються впритул до кільцевого упору міканітові прокладки.

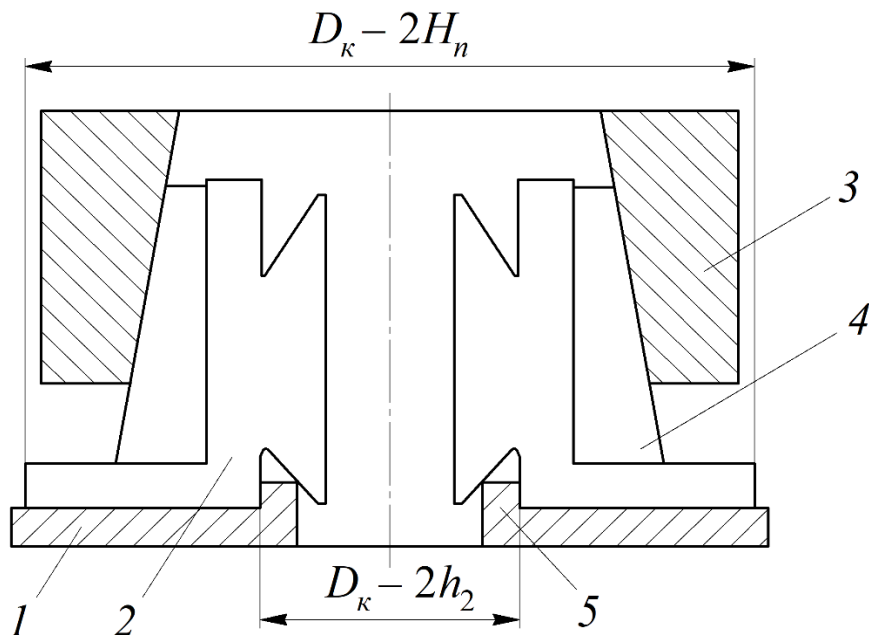


Рисунок 8.3 – Стенд для складання колектора

Кількість фрезерованих канавок дорівнює розрахунковій кількості колекторних пластин. Тому, якщо в усі канавки диска поставити міканітові прокладки, а між ними – колекторні пластини 2, на диску стенда буде повний набір колектора.

Для формування цього набору в колектор на диск стенда з набором пластин навколо пластин встановлюється набір клинів 4 гострими кутами вгору. Кут клина не перевищує максимального кута із самогальмуванням.

Комплект клинів, зібраний навколо набору колектора, являє собою розрізане кільце, внутрішній отвір якого циліндричний і охоплює циліндричне тіло майбутнього колектора. Зовнішню складову кільця виконано конусною. Профіль клинів виконано у вигляді паралелограма, тому розташовані навколо клини налягають своїми внутрішніми поверхнями одноразово на одні й ті самі пластини, забезпечуючи їх рівномірне обтиснення (рисунок 8.4).

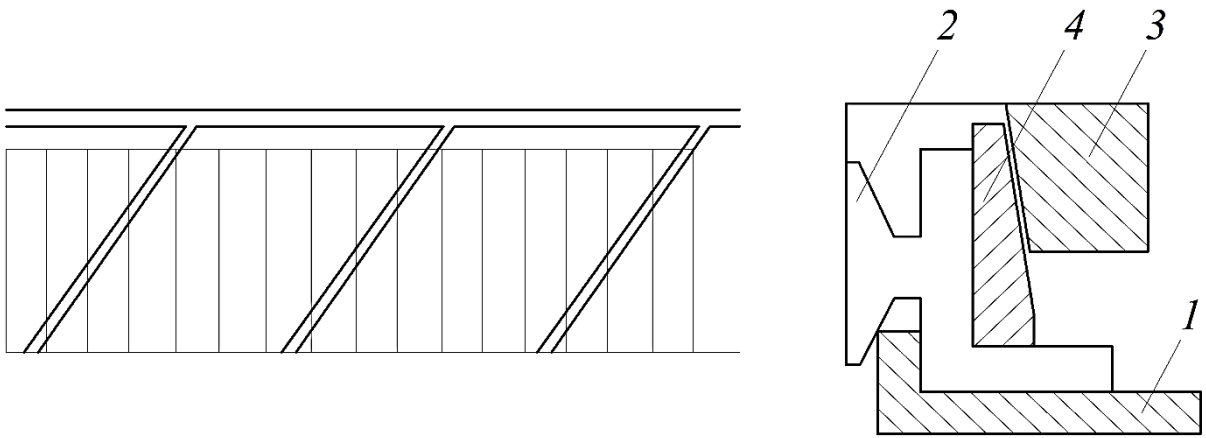


Рисунок 8.4 – Пристрій для обтиснення колекторних пластин

Для обтиснення набору колектора зверху на комплект клинів надівається потужне опресувальне кільце 3. Внутрішня розточка кільця є конусною з кутом конуса, що дорівнює подвійному куту 2 клина. Тому кільце щільно облягає комплект клинів і при його переміщенні до низу комплекту пластин на косих поверхнях клинів та розточці кільця виникає радіальне зусилля P_y , яке розкладається на сили P_x , нормальні до складової бокової поверхні пластини (рисунок 8.3). Цими силами набір колектора ущільнюється і стає єдиною конструкційною деталлю, спроможною витримати будь-які зусилля, які діють на колектор під час його роботи.

Для ущільнення комплекту (набору) колектора він разом з клинами та опресувальним кільцем подається до нагрівальної печі, де нагрівається до необхідної температури. Максимальне значення температури нагрівання визначається станом колекторного міканіту.

Після нагрівання комплект пластин з клинами та опресувальним кільцем подається на гідравлічний прес і пресується зусиллям P_{zn} , кг·с, яке можна визначити як рівне або вище

$$P_{zn} \geq (1,4 \dots 1,5) \cdot \sum Cx \approx \pi \cdot D_k \cdot l_{нк} \cdot P_0 \cdot (tg\alpha + f), \quad (8.1)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f \approx 0,12 \dots 0,17$;

P_0 – нормальний тиск запресування на ізоляційний конус,
 $P_0 = 300 \text{ кгс/см}^2$;

D_k – діаметр колектора;

$l_{нк}$ – довжина похилої складової пластини у формі хвоста ластівки.

Залежно від діаметра колектора він нагрівається та пресується двічі або тричі. Після останнього обтискування комплект пластини–клини з опресовувальним кільцем охолоджується і подається на токарно-фрезерувальний верстат, де розточується його базова поверхня $D = D_k - 2H_n$ на повну довжину колектора у формі хвоста ластівки. Після цього комплект установлюється розточкою на спеціальну оправку верстата, кріпиться нерухомо і фрезерується по похилих поверхнях конуса у формі хвоста ластівки.

Одночасно зі складанням та обробкою колектора або заздалегідь у механічному цеху обробляються корпус колектора, коробка або втулка та натискна шайба, відлиті зі сталі. В ізоляційному відділенні виготовляються міканітові манжети – конусні прокладки, які ізолюють колектор від його корпусу та натискної шайби.

Для виготовлення міканітової манжети в ізоляційному відділенні використовують сталеві шаблони, які за конфігурацією та розмірами повторюють конуси коробки чи натискної шайби корпусу колектора. У комплекті до цих шаблонів додаються їхні кришки, які точно (у дзеркальному відображенні) копіюють конфігурацію та розмір шаблонів. Маса сталевих шаблонів та їхніх кришок достатньо великі, що забезпечує тривале утримання ними теплоти, отриманої від нагрівання в нагрівальній печі, для формування манжети, оскільки міканіт ФФ2А або ФМ2А має високу жорсткість, його не можна використовувати в кінцевій товщині (1,0...2,0 мм) листа для формування манжети. Тому манжету викладають на шаблоні з окремих тонких (0,1...0,25 мм) листків міканіту розміром до 50×50 мм. Міканітові листки, покладені з перекриттям один одного, скріплюються згущеним термореактивним лаком. У міру викладання на шаблоні повної поверхні манжети товщиною близько 50 % від проектної її товщини шаблон з цим шаром манжети накривається кришкою, яка притискується до шаблону, і в такому стані останній подається в піч для нагрівання.

До досягнення необхідної температури комплект витримується в печі, після чого виймається з печі і охолоджується. З нього знімається кришка, манжета доклеюється до повної товщини і знову закрита й притиснута кришкою подається в піч. Після нагрівання, витримки, охолодження та виймання з форми манжета зачищається, обрізається до необхідних розмірів і подається на складання колектора.

На колектор, остаточно при нагріваннях обтиснутий клинами та опресовувальним кільцем з двох його боків, накладається коробка та натискна шайба, покриті ізоляційними манжетами. Між ними в циліндричну розточку колектора закладається ціла (нерозрізана) циліндрична міканітова прокладка. Коробка та натискна шайба стягуються стяжними болтами. Перед постановкою корпусу в колектор він виставляється відносно пластини колектора по знаку на його торці, який визначається в механічному цеху при виготовленні в осьовому отворі його маточини шпонкової канавки.

При постановці на загальну шпонку вала осердя якоря та колектора симетрично суміщають пази якоря з групами пластин колектора, на які виходять провідники котушок якірної обмотки.

При затягуванні стяжних болтів колектора треба вживати спеціальних заходів, що забезпечуватимуть рівномірне їх затягування. До цих заходів належать використання динамометричних ключів та підтягування болтів за схемами, що передбачають сувору черговість її за болтами (наприклад для колектора з вісьма стяжними болтами: 1-5-3-7-2-6-4-8).

Після повного обтягування колектора стяжними болтами опресовувальне кільце спресовується з нього та знімаються клини. Колектор ставиться на технологічний вал та проходить статичне балансування. Балансувальні вантажі встановлюються з боку коробки корпусу. Після статичного балансування проводять динамічне формування колектора: нагрів протягом 2,5...3 годин до температури 160...170 °С та підвищена частота обертання (приблизно у 1,5 разу перевищує максимальну робочу частоту обертання). Після зупинки виконують підтягування болтів з нормованим зусиллям. Динамічне формування проводять 2...4 рази на спеціальному верстаті. Після динамічного формування виконують проточування робочої поверхні.

Перевіряють відсутність замикання між пластинами колектора, проводять випробування на пробій напругою, що перевищує більше ніж у 8 разів номінальну (для тягових двигунів постійного струму приблизно 13 кВ, для тягових двигунів змінного струму – 8 кВ). Підготовлений колектор напресовують на якір. Остаточну обробку робочої поверхні колектора проводять у зібраному якорі.

9 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ ТЯГОВОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

9.1 Загальні відомості

Складання тягових електричних машин є важливим етапом виробництва. Від правильно обраного та організованого технологічного процесу складання і якісного виконання всіх операцій залежить надійність та довговічність машини, а також її енергетичні показники.

При складанні тягових електричних машин застосовують стаціонарну форму складання, за якої машина повністю комплектується на одному робочому місці одним працівником або однією бригадою. Порядок складання чотириполюсного тягового двигуна постійного струму наведено нижче.

9.2 Комплектуючі елементи

На складальний майданчик електромашинного цеху подаються окремі вузли двигуна, раніше виконані та перевірені відділами технічного контролю механічного, якірного, обмоткового цехів та відділень роликів підшипників і щіткових пристроїв. Для розміщення цих вузлів на складальному майданчику розташовані стелажі та якірні підставки. Остови (корпуси) двигунів накопичуються у спеціальній зоні складального цеху, де їх заздалегідь готують до подачі на складальний майданчик, продувають стисненим повітрям та протирають чистими серветками (таблиця 9.1).

Таблиця 9.1 – Перелік комплектуючих елементів до складання тягового електродвигуна

| Вузол чи деталь | Кількість |
|--|--------------------------------------|
| Остов | 1 |
| Якір | 1 |
| Великий підшипниковий щит з передньою та задньою кришками і лабіринтом | 1 |
| Малий підшипниковий щит з передньою та задньою кришками і лабіринтом | 1 |
| Осердя головного полюса | 4 |
| Обмотка (катушка) головного полюса | 4 |
| Осердя додаткового полюса | 4 |
| Обмотка (катушка) додаткового полюса | 4 |
| Рамки або пружинні каркаси чи пружинні рамки кріплення катушок полюсів | 4 комплекти головних та 4 додаткових |
| Комплект щіткотримачів та їх кронштейнів із щітками | 4 |
| Комплект гарнітури двигуна: кришки люків з прокладками, захисні сітки з їх огорожами, кабельні перемички або шини, вихідні кабелі, кліщі | Комплект |
| Метизи, шайби різні плоскі та спеціальні, шпильки, болти | Комплект |

9.3 Оснащення остова полюсами

Остов із зони накопичування подається на складальний майданчик мостовим краном і встановлюється вертикально на спеціальну підставку, яка фіксує положення остова. Для постановки полюсів остов установлюється на підставку донизу колекторною камерою.

9.4 Складання та постановка в остов полюсів

Осердя головних та додаткових полюсів розкладаються на спеціальному верстаку поверхнями полюсної дуги (головного) та кронштейнів (додаткового) донизу. На осердя надіваються послідовно захисні рамки-каркаси, обмотки збудження, пружинки

рамки. На полюс, складений таким чином та перевернутий догори полюсною дугою (кронштейном), накладається рамками транспортний пристрій. Пристрої для транспортування головних та додаткових полюсів відрізняються лише розмірами та конфігурацією утримувальних рамок, які відповідають розмірам та конфігурації поперечного перерізу зібраного полюса.

Основою пристрою є нижня рамка, нерухомо з'єднана з тримальним стрижнем, який закінчується кільцем – римом. Верхня рамка пристрою має однакові з нижньою розміри та конфігурацію і встановлена рухомо на середній частині стрижня. Залежно від того, у якому напрямі відносно горловин остова встановлюються полюси виводами своїх обмоток, нижня та верхня рамки пристрою мають у своїх опорних поверхнях вирізи для цих виводів. Стрижень зверху рухомої рамки має переріз, виконаний таким чином, щоб центр маси полюса, встановленого на нижню нерухому рамку, містився на лінії осі частини стрижня, яка закінчується римом. Ця умова забезпечує транспортування складеного полюса у вертикальному положенні з гарантуванням утримання його на пристрої.

Підіймальним краном, гак якого зачеплений за рим пристрою (що разом з полюсом перевертається у вертикальне положення), переноситься до остова і опускається в його горловину на рівень свердловин для кріплення болтів. В один з цих отворів просовується монтажний стрижень, загострений спереду. На нього нанизується відповідним отвором осердя полюса, поданого всередину остова. Монтажний стрижень фіксує полюс відносно болтових отворів остова, через які здійснюється постановка кріпильних болтів. Під головки болтів встановлюються розрізні шайби. Затягування болтів виконується пневматичним динамометричним торцевим ключем. Таким чином встановлюються всі полюси машини. До об'єднання обмоток полюсів в єдину електричну схему стандартним пристроєм, який встановлюється в розточки горловин остова своїми опорами (рисунок 9.1), контролюється концентричне розташування осердь полюсів відносно осі остова і, таким чином, відносно осі якоря.

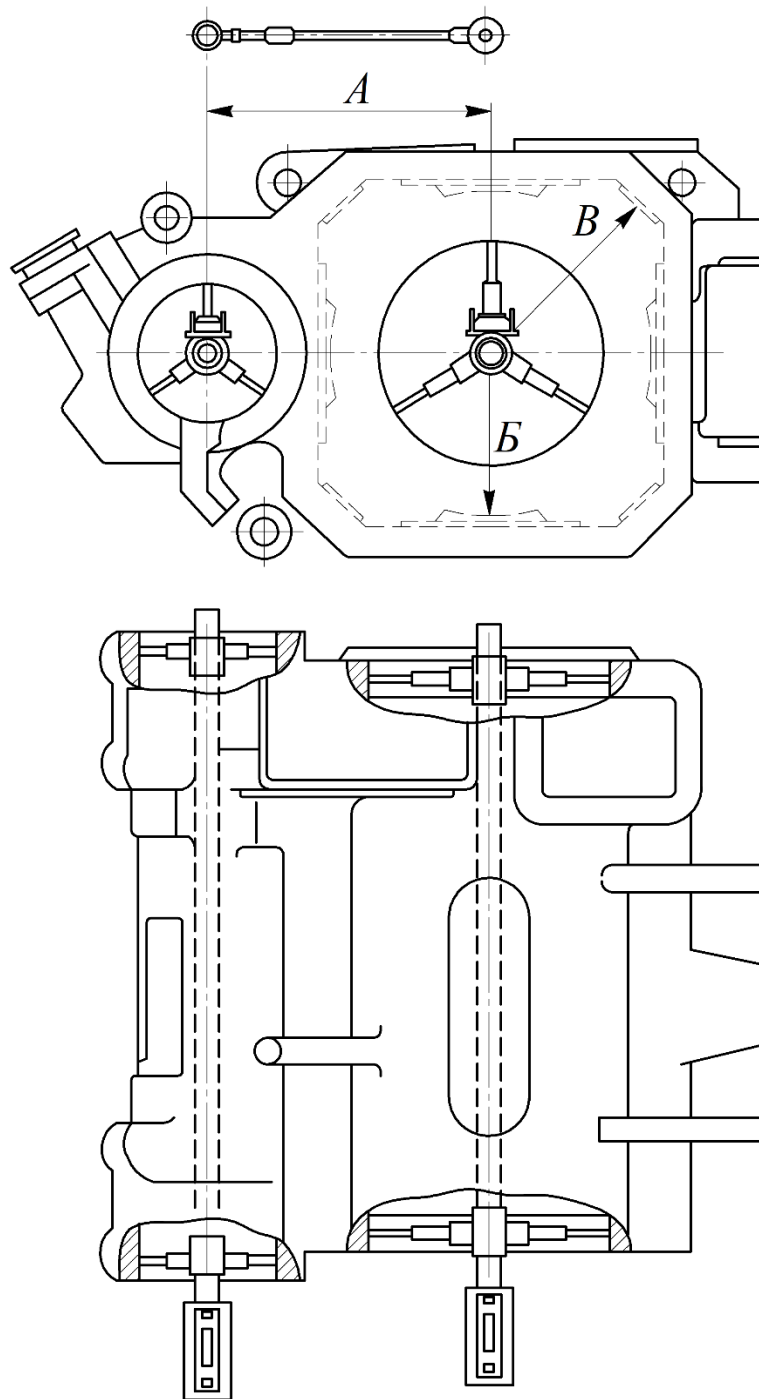


Рисунок 9.1 – Пристрій для контролю якості складання магнітної системи остова електродвигуна

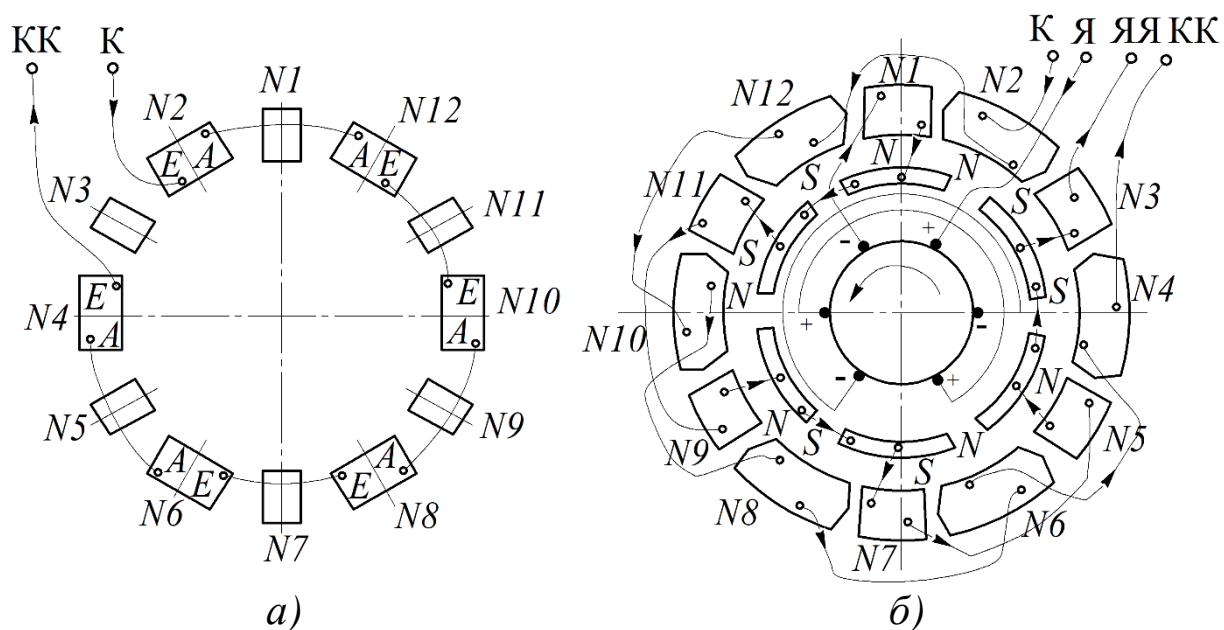
Відхилення від концентричності (в радіальному розмірі) – не більше 1,0 мм. Вимірювання концентричності виконується в трьох точках на подовжній лінії симетрії осердя полюса – посередині її і за 20 мм від її кінців.

Для виконання цих вимірів остов знімається краном з підставки і встановлюється в горизонтальне положення.

У цьому ж положенні остова болти кріплення його головних полюсів прикриті зовні деталями колісно-моторного блока (з боку моторно-осьових підшипників прикриті віссю колісної пари та її кожухом) і фіксуються постановкою до грані головки болта, сталевому сегмента, який приварюється до стінки болтового гнізда в тілі остова.

У разі витримання припусків на концентричність розташування в остові всіх полюсів обмотки об'єднують у схему збудження за допомогою шин та кабельних перемичок (рисунок 9.2).

Кріплення кінців перемичок та вивідних кабелів виконується за допомогою болтів та гайок. Кожне з'єднання має по два болти, які в отвори перемички та виводу обмотки полюса вставляються знизу, тобто головками болтів донизу. Це забезпечує постановку гайок кріплення зверху, що полегшує їх затягування та фіксацію плоскими дводірчастими шайбами, кути яких відгинаються на грані затягнутих гайок.



a – вигляд з боку, протилежного колектору; *б* – вигляд з боку колектора

Рисунок 9.2 – Схема об'єднання обмоток головних полюсів

Вузол з'єднання перемички та виводу обмотки полюса обмазується ізоляційною замазкою до повного покриття його неізольованих частин. Після цього він щільно обмотується в

напівперекришу двома шарами кіперної стрічки. Кіперна стрічка з'єднання кількарязово покривається термореактивним лаком.

Ізоляційна замазка виконується з азбеститу (коротко роздроблених волокон азбесту), замішаного на термореактивному лаку до консистенції замазки.

Кабельні виводи «КК» та «К», передчасно пропущені через отвори в стінці остова, приєднуються до виводів обмоток, полюсів 2 та 4 з виконанням раніше описаної технології. Місце проходження вивідних кабелів через стінку остова ущільнюється гумовими циліндричними втулками, надітими на ці кабелі.

Після виконання описаних операцій остов перевертається колекторною камерою догори і знову встановлюється на технологічній підставці. У такому його положенні за допомогою шин та кабельних перемичок виконують об'єднання в схему всіх обмоток додаткових полюсів (рисунок 9.3).

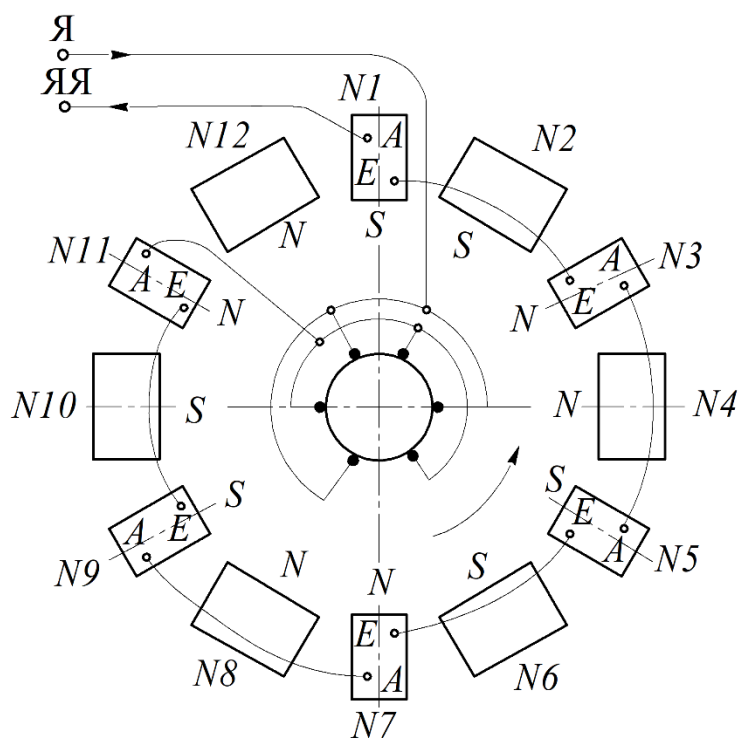


Рисунок 9.3 – Схема з'єднання обмоток додаткових полюсів (вигляд з боку колектора)

Технологію виконання вузлів з'єднання кабельних перемичок або шин з виводами обмоток описано раніше для головних полюсів.

9.5 Оснащення остова щіткотримачами

Торцева стінка остова з боку його колекторної камери має просвердлені отвори для постановки болтів кріплення: підшипникового щита – 6 шт. з різьбою М24-М30. У чотириполюсних двигунах на ній просвердлюється чотири пари отворів без різьби під болти М24 кріплення бракетів щіткотримачів. З внутрішнього боку стінка навколо цих отворів під болти кріплення бракетів має розмірні розточки – заглиблення, в які мають ставитися напрямні бурти сталевих пальців корпусів бракетів.

Якщо двигун виконано з шістьма або більшою кількістю полюсів, щіткотримачі встановлюються на поворотній траверсі (ярмі). Траверса дає змогу переміщувати щіткотримачі в будь-яке положення для огляду та обслуговування. Траверса на своїй торцевій поверхні має парні просвердлені отвори без різьби під болти М24 кріплення бракетів щіткотримачів. Кількість пар просвердлених отворів має дорівнювати кількості полюсів двигуна. Траверса з боку, повернутого до якоря, має розмірні розточки-заглиблення, в які встановлюються напрямні бурти сталевих пальців корпусів бракетів.

Промиті авіаційним бензином бракети встановлюються напрямними буртами в розточки стінки або траверси і притягуються до неї болтами з розрізними шайбами. На бракети встановлюються в необхідному положенні з максимально можливим зазором відносно колектора якоря щіткотримачі без щіток.

Корпуси бракетів об'єднуються ізольованими шинами – перемичками згідно зі схемою на рисунку 1.8. Кріплення кожного з кінців перемичок до корпусів бракетів – двома болтами з фіксацією їх плоскими дводірчастими шайбами з відгином їхніх кутів на грань головки болта. Вузол з'єднання перемички з корпусом бракетів двічі покривається нітроемаллю.

9.6 Постановка підшипникового щита з боку колекторної камери

Після монтажу в остові бракетів щіткотримачів у його отвір горловини для підшипникового щита встановлюється стандартний індукційний нагрівач, яким зона навколо отвору прогрівається до

температури 180 °С. Це тимчасово ліквідує діаметральний натяг раніше підготовленого щита відносно остова. Заздалегідь підготовлений щит, у підшипниковій камері якого закладена зовнішня обойма підшипника з комплектом роликів у сепараторі, закрита зовнішньою та внутрішньою кришками і забита консистентним мастилом марки 1ЛЗ ДЕСТ1631-75, краном встановлюється в отвір горловини остова. При цьому необхідне положення болтових отворів щита відносно таких самих отворів стінки остова встановлюється шляхом постановки в один з болтових отворів стінки через парний йому отвір у фланці щита напрямного технологічного стрижня.

Після опускання посадочного бурта щита в отвір горловини остова щит притягується кріпильними болтами до стінки остова. Для уникнення перекосу бурта щита в горловині стінки затягування болтів виконується хрест-навхрест.

9.7 Підготовка щитів до складання машини

Підшипникові щити, після механічної обробки та перевірки їх технічним контролем механічного відділення машинного цеху, подаються карами на складальний майданчик. Після обдування стисненим повітрям та протирання серветкою щита в його центральну розточку – підшипникову камеру вставляється змащена підшипниковим мастилом зовнішня обойма підшипника з комплектом роликів у сепараторі. Ролики підшипника обмазуються консистентним мастилом 1ЛЗ ДЕСТ 1631-75. Підшипникова камера закривається з обох боків кришками, які центруються по розточці щита своїми напрямними буртами та стягуються до оброблених торцевих поверхонь щита болтами. Стяжні болти мають довгі стрижні, які дають змогу пропустити кожен з них через отвори у фланці передньої кришки, у стінці щита і вкрутити їх нарізні кінці в нарізні отвори задньої кришки. Рівномірним підтягуванням болтів зовнішня обойма підшипника фіксується між торцями напрямних буртів кришок.

9.8 Постановка якоря в зібраний остов машини

Якір машини, остаточно виконаний та прийнятий технічним контролем якірного відділення машинного цеху, заздалегідь

надходить на складальний майданчик, де укладається на спеціальні підставки. Підставки мають дугоподібні вирізи, поверхні яких покриті м'яким шаром технічної повсті і цим забезпечують неможливість скочування з них якорів та пошкодження їх поверхонь. Для монтажу якоря остов машини підймальним краном перевертається колекторною камерою донизу і знову встановлюється на підставку в точно вертикальному положенні. Монтаж якоря до зібраного остова машини здійснюється за допомогою підймального крана. Для цього на різьбовий кінець якоря, протилежний його колектору, нагвинчується технологічна гайка – рим, за який потім чіпляється гак крана. Якір краном піднімається з горизонтального положення у вертикальне, у якому його внутрішні обойми підшипників, дистанційні та лабіринтні кільця протираються чистою серветкою, змоченою злегка авіаційним бензином. Піднятий краном до необхідної висоти якір переноситься до остова та опускається донизу через його магнітну систему.

Увага! При опусканні якоря в остов безперервно контролюється та забезпечується неможливість удару колектора по елементах магнітної системи остова або по щіткотримачах, а торця внутрішньої обойми нижнього підшипника – по його роликах. Опускання якоря закінчується після того, як торець бурта внутрішньої обойми підшипника торкнеться торців роликів підшипникового набору. При цьому нижній кінець вала якоря пройде через отвори задньої і передньої кришок нижнього підшипникового щита.

Після цього за раніш описаною технологією встановлюється підшипниковий щит з боку, протилежного колекторній камері. Після кріплення цього щита болтами якір зібраної машини, діючи на кінець його вала, руками обережно прокручується, щоб упевнитися в якості її складання.

Якісне складання машини підтверджується легким, без зайвого шуму та чіпання якоря його обертанням у підшипниках.

Після закінчення вказаної перевірки зібрана машина краном перевертається колекторною камерою догори. Таке положення машини дозволяє швидко і якісно встановити її щіткотримачі в робоче положення з необхідним зазором між колектором в 1...2 мм, встановити в них заздалегідь притерті за шаблоном колектора машини щітки та прикріпити їх струмопровідні шунти.

9.9 Завершальні операції складання машини

Остаточними операціями складання машини є операції постановки на вихлопні вікна остова захисних сіток та скоб їх прикриття, постановки клем або клемних коробок із заведенням до них вивідних кабелів К, КК та Я, ЯЯ, постановки та кріплення кришок люків колекторної камери сітки приймальної горловини системи повітряного охолодження, фарбування машини чорною емаллю БТ-99 і після її висихання – кріплення фірмової таблички з проставленням на ній номера й дати випуску машини, її електричних та загальних параметрів.

10 ВИПРОБУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

10.1 Загальні відомості. Контрольні й типові випробування

Сьогодні на електричному рухомому складі застосовують в основному тягові двигуни постійного та пульсуючого струму.

ГОСТ 2582-81 на тягові електричні машини вимагає два види їх випробування – контрольні та типові. Контрольні випробування проводяться для перевірки якості виготовлення чи ремонту машин.

Метою типових випробувань є дослідні визначення номінальних їх характеристик, а також повна перевірка працездатності машин. Типові випробування проводяться при виробництві електричних машин нових типів, при змінах їх конструкції, технології виробництва або матеріалів, якщо ці зміни мають вплинути на характеристики або потужність та граничні якості машини.

У процесі виготовлення або ремонту тягових електромашин майже після кожної технологічної операції проводяться їх контрольні вимірювання або випробування. Працездатність машини та відповідність її основних даних номінальним залежать не тільки від стану і точності виготовлення окремих деталей, але і від якості їх складання. Тому кожен машину після її складання обов'язково пропускають через контрольні випробування, які проводяться відділами технічного контролю підприємства-

виготовлювача або ремонтного підприємства за програмою в такій послідовності: огляд та перевірка габаритних розмірів машини, перевірка опору обмоток, випробування на нагрівання протягом години (або меншого проміжку часу, відповідного номінальному режиму машин такого типу), перевірка швидкості обертання в обох напрямках при номінальній потужності випробування на підвищену швидкість обертання, перевірка комутації, опору ізоляції, перевірка міцності ізоляції.

10.2 Навантаження машин

Для випробувань тягових електричних машин застосовуються способи їх безпосереднього або взаємного навантаження.

При безпосередньому навантаженні (рисунок 10.1) двигун D , який навантажується, підключається до джерела електричної енергії з необхідною напругою U_k , а його вал спеціальною муфтою з'єднується з валом другої електричної машини G (такої самої або більшої потужності), яка працює в генераторному режимі, навантажуючи двигун, який випробовується. Електричну енергію, яка виробляється генератором G , гасять на навантажувальних опорних резисторах R_n . Зміна навантаження двигуна досягається регулюванням навантажувального резистора R_n та струму в обмотці збудження генератора $I_{зз}$. Для навантаження двигуна, який випробовується, можна використати яку-небудь іншу гальмову установку, яка має достатню потужність та регулювальні властивості, необхідні для випробувань.

Недолік цього методу навантаження полягає в значних втратах електроенергії, особливо у двигунів великої потужності, тому що потужність, яка має бути погашена в навантажувальному резисторі, менша за потужність, підведена до двигуна, який випробовується, тільки на величину витрат у цьому двигуні та в навантажувальному генераторі G .

Потреба знизити витрати електроенергії при випробуваннях привела до використання способу взаємного навантаження двигуна, який випробовується, та навантажувального генератора.

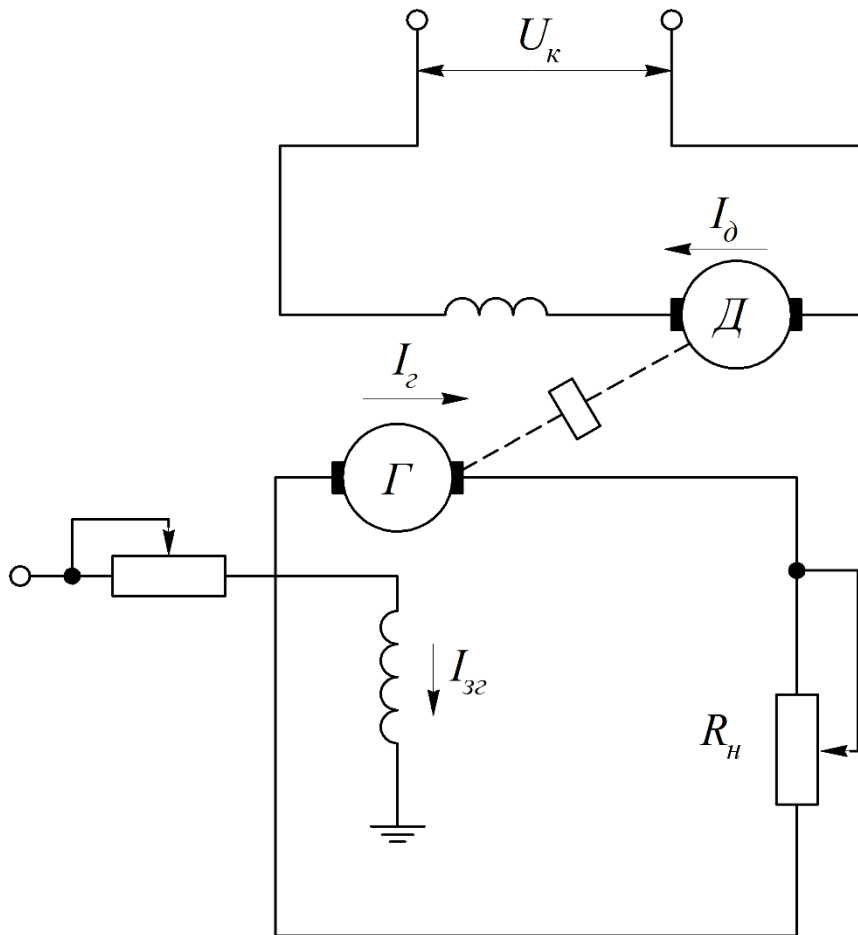


Рисунок 10.1 – Схема безпосереднього навантаження електродвигуна, що випробовується

Особливість цього методу полягає в тому, що електричну енергію навантажувального генератора не гасять на опорних резисторах, а віддають тому самому двигуну, який приводить у дію цей генератор. При цьому енергія, яка споживається з мережі або від якихось інших джерел, дорівнює тільки енергії втрат у двигуні та генераторі. У порівнянні зі способом безпосереднього навантаження такий спосіб сприяє зниженню втрат енергії на випробуваннях у чотири-п'ять разів.

Схема вмикання машин для їх випробувань способом взаємного навантаження наведена на рисунку 10.2.

У цій схемі як генератор Γ використовують машину такого самого типу, як і двигун, призначений до випробування. Для покриття втрат у двигуні та генераторі використовують спеціальний лінійний генератор ЛГ , який призводять до обертання асинхронним двигуном АДІ .

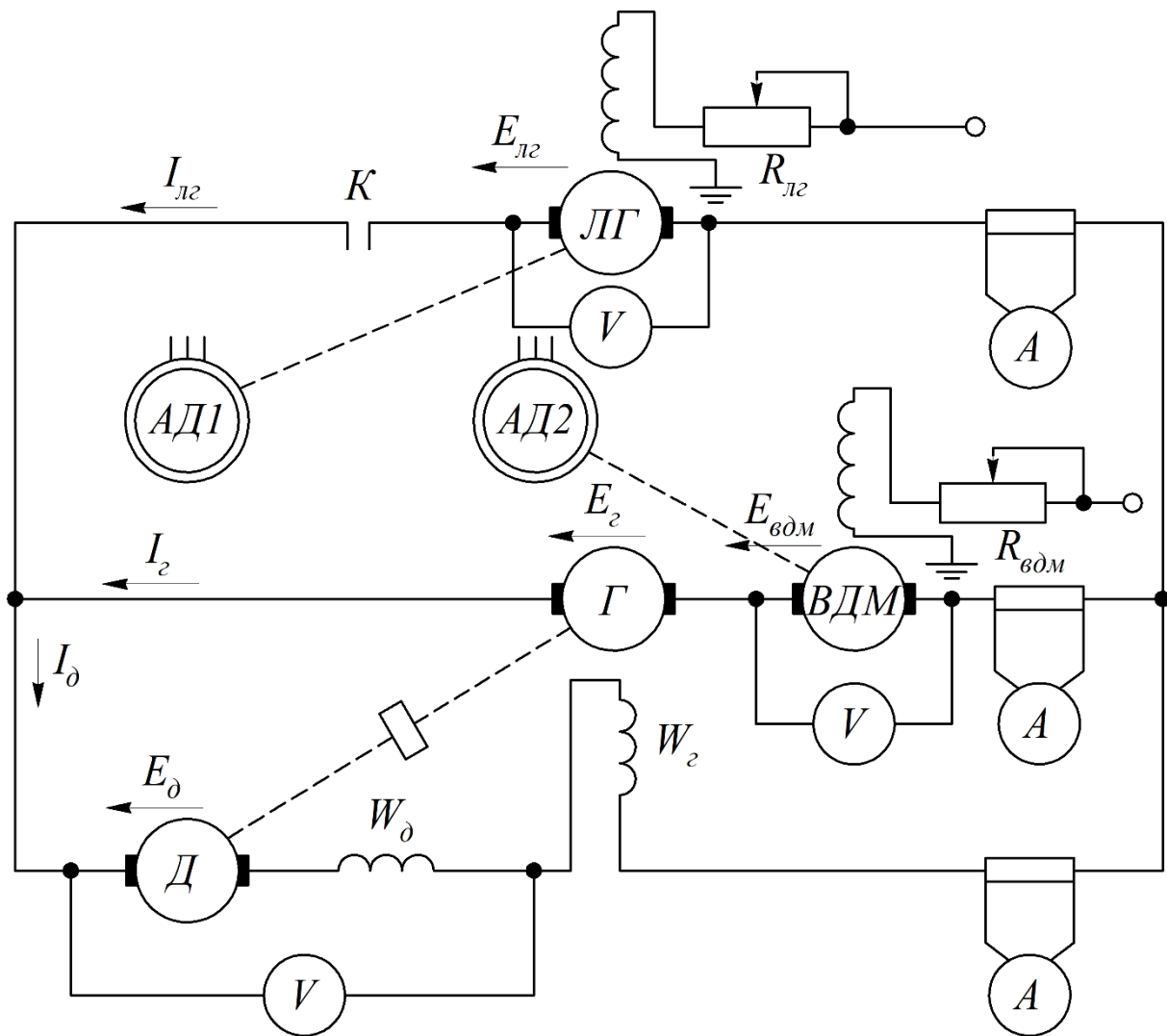


Рисунок 10.2 – Схема взаємного навантаження тягового електродвигуна, що випробовується

Оскільки генератор послідовного збудження не може працювати паралельно з іншим джерелом електричної енергії, то і у схемі (рисунок 10.2) паралельна робота генератора Γ з лінійним генератором ЛГ теж неможлива. Тому обмотку збудження W_2 цього генератора вмикають у коло струму двигуна Д . У цьому випадку зустрічно направлені електрорушійні сили обертання двигуна E_δ та генератора E_2 будуть завжди однакові, тому що двигун та генератор – машини одного й того самого типу і працюють з однаковою швидкістю обертання (їх вали з'єднані муфтою) та мають однакові магнітні потоки, оскільки по їхніх обмотках збудження проходить один і той самий струм I_δ .

Для того щоб машина Γ працювала в генераторному режимі, її ЕРС обертання має бути більшою за ЕРС обертання двигуна Д .

Це може бути досягнуто посиленням магнітного потоку машини Γ шляхом збільшення її збудження струмом від стороннього джерела. Але можливості регулювання магнітного потоку та ЕРС машини Γ у цьому випадку стримуються насиченням її магнітної системи або можливим нагріванням обмотки збудження. Для зняття цих обмежень послідовно з машиною Γ вмикається спеціальний вольтододатковий генератор $ВДМ$, який приводять до обертання синхронним двигуном $АД2$.

Генератор $ЛГ$ та вольтододааткова машина $ВДМ$ мають обмотки незалежного збудження. Повільне регулювання струму в цих обмотках реостатами $R_{лг}$ та $R_{вдм}$ дає можливість плавно регулювати їх ЕРС обертання, тобто і напругу на їхніх виводах.

Якщо контактором K вимкнути коло лінійного генератора, то ЕРС працюючої вольтододааткової машини спричинить струм у колі «двигун–генератор». При однакових характеристиках намагнічування машин D та Γ їх обертальні моменти мають бути однакові та направлені залежно від напрямку струму в обмотках збудження машин. При випробуваннях двигунів таким способом їх обмотки збудження вмикають так, щоб одержати зустрічне направлення обертальних моментів. У такому разі моменти урівнюють один одного, тому машини не обертаються. Обертання машин стане можливим тільки в разі розбіжності їх магнітних характеристик.

Якщо при достатній напрузі на затискачах лінійного генератора закрити контактор K , то струм його піде по колу двигуна, тому що $E_d < E_g + E_{вдм}$. Струм двигуна I_d буде більшим за струм генератора I_g на величину струму лінійного генератора $I_{лг}$, тобто $I_d = I_g + I_{лг}$, що викличе однакове збільшення магнітних потоків, тобто і ЕРС обертів двигуна та генератора, тому що обмотки збудження обох машин замкнені послідовно в коло струму двигуна. Обертальний момент двигуна більше, ніж генератора, тому що при однаковості їхніх магнітних потоків струм двигуна більший за струм генератора, внаслідок чого машини будуть обертатися прискорено доти, поки електромагнітний обертальний момент двигуна не стане врівноваженим електромагнітним моментом генератора та моментами протидії обертанню, які виникають від магнітних та механічних втрат у двигуні та генераторі. Для того щоб з'ясувати, який вплив має

зміна напруги вольтододаткової машини та лінійного генератора на струм і напругу двигуна, який випробовується, можна розглянути рівняння електричної рівноваги в колі «двигун–генератор»:

$$E_{вдм} + E_2 - E_{\partial} = I_2 \cdot r_{вдм} + I_2 \cdot r'_2 + I_{\partial} \cdot (r'_{\partial} + r_{в\partial} + r_{в2}), \quad (10.1)$$

де $r_{вдм}$ – опір обмоток вольтододаткової машини в колі струму генератора, Ом;

r'_2, r'_{∂} – опір обмоток якорів та додаткових полюсів генератора і двигуна, Ом;

$r_{в\partial}, r_{в2}$ – опір обмоток збудження двигуна та генератора, Ом.

Якщо взяти до уваги, що $E_2 = E_{\partial}$ та $E_{вдм} - I_2 \cdot r_{вдм} = U_{вдм}$, то після деяких перебудов вищезазначеної формули можна визначити, що

$$U_{вдм} + I_2 \cdot r'_2 + I_{\partial} \cdot (r'_{\partial} + r_{в\partial} + r_{в2}). \quad (10.2)$$

З цього рівняння випливає, що напруга вольтододаткової машини компенсує падіння напруги в обмотках двигуна та генератора.

Ураховуючи, що $I_2 = I_{\partial} - I_{л2}$, А, на підставі значення $U_{вдм}$ можна визначити, що

$$I_{\partial} = \frac{U_{вдм}}{r'_2 + r'_{\partial} + r_{в\partial} + r_{в2}} + I_{л2} \cdot \frac{r}{r'_2 + r'_{\partial} + r_{в\partial} + r_{в2}}. \quad (10.3)$$

З формули (10.3) випливає, що струм двигуна, який випробовується, залежить від напруги на затискачах вольтододаткової машини та від струму лінійного генератора, який при сталому режимі в багато разів менший за струм двигуна, тому що він обумовлюється тільки тією частиною моменту двигуна, яка необхідна для компенсації моментів протидії обертання якорів машин. Оскільки вплив струму лінійного

генератора на значення струму двигуна порівняно невеликий, то приблизно можна вважати, що струм двигуна, який випробовується, пропорційний напрузі вольтододаткової машини:

$$I_{\partial} = \frac{U_{\text{вдм}}}{r'_2 + r'_\partial + r_{\text{вд}} + r_{\text{вг}}}. \quad (10.4)$$

Для зміни струму двигуна потрібно регулювати збудження вольтододаткової машини. Напряга на затискачах двигуна, який випробовується, залежить від напруги лінійного генератора, U ,

$$U_{\kappa} = U_{\text{лг}} - I_{\text{лг}} \cdot r_{\text{вг}}. \quad (10.5)$$

Падіння напруги в обмотці збудження генератора мале в порівнянні з напругою ЛГ, а тому на пряга на затискачах двигуна приблизно дорівнює напрузі лінійного генератора.

Зважаючи на вищевикладене, можна визначити потрібні потужності ВДМ та ЛГ. Падіння напруги в обмотках двигуна та в обмотках збудження генератора, увімкнених в одне послідовне коло,

$$\Delta U_{\partial} = I_{\partial} \cdot (r'_2 + r'_\partial + r_{\text{вд}} + r_{\text{вг}}). \quad (10.6)$$

На підставі виразу (10.2)

$$U_{\text{вдм}} = I_{\partial} \cdot r'_2 + \Delta U_{\partial}. \quad (10.7)$$

Значення потужності, Вт, можна одержати шляхом множення обох частин рівняння (10.7) на струм генератора I_2 :

$$P_{\text{вдм}} = U_{\text{вдм}} \cdot I_2 = I_2^2 \cdot r'_2 + I_2 \cdot \Delta U_{\partial}. \quad (10.8)$$

З рівняння (10.8) випливає, що потужність ВДМ компенсує електричні втрати двигуна та генератора, які виникають при проходженні по них струму генератора.

Для визначення потужності ЛГ треба помножити на величину $I_{\text{лг}}$ обидві частини рівняння (10.5), звідки

$$P_{лг} = U_{лг} \cdot I_{лг} = E_2 \cdot I_{лг} - I_{лг} \cdot \Delta U_{\delta}. \quad (10.9)$$

Електромагнітна потужність $P_{ем} = E_2 \cdot I_{лг}$ дорівнює механічним та магнітним втратам у двигуні та генераторі, а потужність $P_{ел} = I_{лг} \cdot \Delta U_{\delta}$ – потужність електричних втрат, пов'язаних з проходженням струму $I_{лг}$ по колу двигуна.

Потужність лінійного генератора покриває магнітні та механічні втрати у двигуні та генераторі, а також невелику частину електричних втрат в обмотках двигуна та обмотці збудження генератора. На практиці потужність ЛГ прирівнюють до подвоєної потужності магнітних та механічних втрат у двигуні, який випробовується, а потужність ВДМ – до подвійних механічних втрат при відповідному режимі.

Струм лінійного генератора

$$I_{лг} = \frac{P_{лг}}{U_k + I_{\delta} \cdot r_{вг}}. \quad (10.10)$$

Рівняння (10.1) – (10.10) дають змогу визначити потужність, струми і напруги ВДМ та ЛГ для будь-якого навантаження двигуна на його випробуваннях. Параметри цих машин слід вибирати так, щоб вони забезпечували всі навантаження та напруги машини, яка випробовується, що передбачається програмою випробувань.

Перед проведенням випробувань треба перевірити стан кожної машини, поданої на випробування. Якщо необхідно, ліквідувати механічні причини іскріння. При монтажі машин на випробувальний стенд їхні вали точно центруються і з'єднуються між собою спеціальною муфтою. З'єднання валів та кріплення машин до фундаменту мають бути достатньо міцними та виключати їх вібрацію під час випробувань.

10.3 Проектування стенда випробування тягових електричних машин

У загальному обсязі РГР має бути докладно розроблено технологію випробування тягових машин постійного струму, схеми, оснащення та конструкцію стенда для цих випробувань.

Розрахункова частина цього розділу складається з визначення необхідних потужностей допоміжних машин ЛГ та ВДМ. Як допоміжні машини застосовують генератори постійного струму необхідної потужності. Залежно від потужності вибраних машин до них мають бути підібрані приводні асинхронні двигуни. За значеннями параметрів роботи машин, що випробовуються, та допоміжних з ряду приладів, що виготовляються вітчизняними виробництвами, вибираються контрольні-вимірні прилади – вольтметри, амперметри і тахометри.

Розрахунки починаються з установлення паспортних параметрів двигунів, які будуть випробовуватися на стенді:

- а) тип або серія двигуна;
- б) потужність P_{∂} , кВт;
- в) годинний режим: струм I_{∂} , А;
напряга U_{κ}^{∂} , В;
швидкість обертання, n_{∂} , об/хв;
- г) опір обмоток якоря r'_{∂} , Ом;
- д) опір кола, обмоток збудження $r_{\partial\delta}$, Ом;
- е) опір кола обмоток додаткових полюсів $r_{\partial n}$, Ом;

$$P_{\partial} = P_{\varepsilon}; I_{\partial} = I_{\varepsilon}; U_{\kappa}^{\partial} = U_{\kappa}^{\varepsilon}; n_{\partial} = n_{\varepsilon}; r'_{\partial} = r'_{\varepsilon}; r_{\partial\delta} = r_{\varepsilon\delta}.$$

Але на стенді внаслідок особливостей вмикання машин у схему випробування, їх струми та напруги нерівні. Потрібна напруга на виході ВДМ, яку слід використати на стенді, може бути визначена з використанням формули (10.4):

$$U_{\partial\delta} \approx I_{\partial} \cdot (r'_{\varepsilon} + r'_{\partial} + r_{\partial\delta} + r_{\varepsilon\delta}),$$

а напруга на виході лінійного генератора ЛГ – з формули (10.5):

$$U_{\text{лг}} = U_{\kappa}^{\partial} + I_{\partial} \cdot r_{\varepsilon\delta}.$$

Потужності допоміжних машин дорівнюють:

$$P_{вдм} = U_{вдм} \cdot I_2;$$

$$P_{лг} = U_{лг} \cdot I_{лг},$$

де $I_2 = I_\partial - I_{лг}$, А.

Оскільки $I_{лг} = P_{лг} / U_{лг}$ а $I_2 = I_\partial - P_{лг} / U_{лг}$, то на підставі формул (10.10), (10.9), (10.5) та рівняння $I_{лг} = I_\partial - I_2$:

$$I_{лг} = \frac{P_{лг}}{U_{к}^\partial + I_\partial \cdot r_{вг}} = I_\partial - \frac{U_{вдм} - I_\partial \cdot (r_\partial' + r_{вд} + r_{вг})}{r_2'},$$

$$I_2 = \frac{U_{вдм} - I_\partial \cdot (r_\partial' + r_{вд} + r_{вг})}{r_2'}.$$

При остаточному виборі допоміжних машин урахують можливі відхилення в їх характеристиках, опорах обмоток та втратах у двигуні і генераторі. Тому визначені за вищенаведеними розрахунками потужності ЛГ та ВДМ підвищують на 10...15 %.

$$P'_{лг} = 1,15 \cdot U_{лг} \cdot I_{лг},$$

$$P'_{вдм} = 1,15 \cdot U_{вдм} \cdot I_{вдм}.$$

За значеннями потужностей $P'_{лг}$ та $P'_{вдм}$ з каталогів або довідників слід вибрати електричні машини постійного струму з частотами обертання асинхронного двигуна змінного струму (1400...1450 об/хв), які рекомендовано до використання як їх привод. З чинних каталогів чи довідників вибираються також трифазні асинхронні двигуни, які надалі мають бути використані як приводні до ЛГ та ВДМ.

За максимальними значеннями струмів та напруг вибраних електричних машин за довідниками чи каталогами вибираються вимірювальні прилади – вольтметри, амперметри і тахометри.

Параметри машин та приладів зводяться у таблицю 10.1.

Таблиця 10.1 – Параметри допоміжних машин та приладів контролю їх роботи на випробувальному стенді

| Прилади | Тип | P , кВт | n , об/хв | I , А | U , В | G , кг | r , Ом | r_6 , Ом |
|--|-----|--------------|----------------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|
| ЛГ | | | | | | | | |
| ВДМ | | | | | | | | |
| Привод ЛГ АД1 | | | | | | | | |
| Привод ВДМ АД2 | | | | | | | | |
| Коло ЛГ V_1 вольтметр A_1 амперметр | | | | | | | | |
| Коло ВДМ V_2 вольтметр A_2 амперметр | | | | | | | | |
| Коло Д V_3 вольтметр A_3 амперметр | | | | | | | | |
| Тахометр | | | | | | | | |

Як тахометр можна використати механічний тахометр або електронний частотомір з індуктивним датчиком. Оскільки електричний частотомір вимірює кількість коливань за секунду, переведення цієї розмірності в розмірність оберт за хвилину виконується шляхом підвищення частоти сигналу по обертах в шістдесят разів. Для цього на деталь, що обертається, або вузол машини встановлюється і жорстко кріпиться до неї в площині постановки індуктивного датчика диск з шістдесятьма зовнішніми зубцями, що забезпечує подання на датчик шістдесят імпульсів за один оберт диска. При цьому електронний частотомір перераховує подані на нього сигнали з індуктивного датчика в показання обертів за хвилину.

10.4 Програма контрольних випробувань тягового електродвигуна

Кожна машина після складання підлягає контрольним випробуванням за такою програмою і в такій послідовності:

- 1) огляд та перевірка габаритних розмірів машини;

- 2) перевірка електричного опору обмоток;
- 3) випробування на нагрів протягом години (або меншого проміжку часу, відповідного номінальному режиму машини даного типу);
- 4) перевірка швидкості обертання у двох напрямках при номінальній потужності;
- 5) випробування на підвищену швидкість обертання;
- 6) перевірка комутації;
- 7) перевірка опору ізоляції;
- 8) перевірка електричної міцності ізоляції.

Основні вимоги до типових та контрольних випробувань і вимоги до їх проведення наведені в ГОСТ 2582-81. Запуск установлених на стенді та об'єднаних у схему випробувань машин починається з того, що запускаються двигуни ЛГ та ВДМ. При цьому контактор K вимкнений, а збудження ЛГ та ВДМ мінімальне. Збільшенням збудження ВДМ регулюється струм двигуна D . Увімкнення контактора K та підвищення збудження ЛГ приводить до початку обертання двигуна D та навантаження його генератором G .

11 СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

Розрахунково-графічна робота має завершуватися розробленням технологічної карти загального складання чи складання (виготовлення) окремих елементів тягового двигуна.

Карта складається за формою, поданою нижче.

Завдання на складання технологічної карти видається кожному студенту окремо викладачем при видачі завдання на РГР.

Технологічна карта
складання тягового електродвигуна постійного струму

| № з/п | Найменування технологічних операцій | Ескіз операції | Технологічні умови, інструкції, правила | Оснащення, інструмент | Час на операцію | Фах виконавця | Тарифний розряд виконавця |
|-------|-------------------------------------|----------------|---|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗАХИСТУ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

- 1 Які функції виконують обмотки полюсів тягових двигунів постійного струму?
- 2 Яка послідовність технологічних операцій при виготовленні котушок полюсів з голого мідного дроту, що намотується плазом?
- 3 Для чого необхідно виконувати відпалювання полюсних котушок із шинної міді, що намотана на ребро?
- 4 Які технологічні операції виконуються при виготовленні котушок компенсаційної обмотки тягового двигуна пульсуючого струму?
- 5 Які вимоги висуваються до обмотки якоря тягового двигуна постійного струму?
- 6 Яким способом закріплена обмотка якоря в пазу та лобових частинах тягового двигуна постійного струму?
- 7 Яке призначення вирівнювачів першого роду і в якому місці в тягових двигунах постійного струму їх розташовують?
- 8 Як готується осердя якоря для укладання котушок обмотки якоря в пази?
- 9 З яких операцій складається виготовлення якоря тягового двигуна постійного струму?
- 10 Як проводять розмітку якоря тягового двигуна постійного струму?
- 11 Які технологічні операції передбачає обробка якоря?
- 12 З якою метою застосовують ступінчасте спресування при шихтуванні осердь якорів тягових двигунів постійного струму?
- 13 Що входить до складу згинальних операцій котушки якоря?
- 14 З якою метою на листах осердь якорів та полюсів виконують шихтувальний знак?
- 15 З яких операцій складається термообробка листів осердь?
- 16 Які вимоги висувають до колектора тягового двигуна постійного струму в процесі його виготовлення та експлуатації?
- 17 З якою метою проводять калібрування колекторних пластин і прокладок при виготовленні колектора?
- 18 З якою метою проводять розгін колектора?
- 19 У яких випадках використовують стрічкову та гільзову ізоляцію пазів осердя статора асинхронного двигуна?

20 Як готується осердя статора асинхронного двигуна для укладання обмотки в пази?

21 Як виконується заготівка та з'єднання алюмінієвих стрижнів обмотки ротора асинхронного двигуна?

22 Як можна визначити опір ізоляції обмоток тягового двигуна постійного струму?

23 Як перевіряють комутацію тягових двигунів постійного струму при приймально-здавальних випробуваннях?

24 Які є класи нагрівостійкості ізоляції?

25 Як відбувається термообробка колектора тягового двигуна постійного струму?

26 З якою метою виконують бандажування лобових частин обмотки якоря тягового двигуна постійного струму?

27 Як виконують балансування роторів асинхронних двигунів?

28 Які існують способи заливання роторів асинхронних двигунів?

29 З якою метою просочують обмотки тягових двигунів?

30 Які вимоги висуваються до обмотувально-ізоляційного виробництва?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Магистральные электровозы: технологические основы производства / В. И. Бочаров, А. И. Каргин, К. В. Колоколов и др.; под общ. ред. В. И. Бочарова, А. В. Суровикова. Москва : Машиностроение, 1992. 254 с.

2 Юхимчук В. Д. Технологія виробництва електричних машин. Харків : Тім Пабліш Груп, 2014. 750 с.

3 Осьмаков А. А. Технология и оборудование производства электрических машин. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1980. 310 с.

4 Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання: навч. посіб. Харків : ХДАМГ, 2001. 386 с.

ДОДАТОК А

Варіанти завдання до виконання розрахунково-графічної роботи

1 Розробити загальний технологічний процес складання тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К.

2 Розробити загальний технологічний процес складання тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У.

3 Розробити загальний технологічний процес складання асинхронного тягового двигуна ДАТМ-1У1 вагону метрополітену.

4 Розробити технологію складання колектора тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К.

5 Розробити технологію складання колектора тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У.

6 Розробити технологію складання колектора тягового двигуна НБ-412К.

7 Розробити технологію складання колектора на пластмасі, підібрати матеріал і обладнання для реалізації процесу виготовлення колектора.

8 Розробити технологічний процес виготовлення осердя статора асинхронного тягового двигуна ДАТМ-1У1.

9 Розробити технологічний процес виготовлення осердя ротора асинхронного тягового двигуна ДАТМ-1У1.

10 Розробити технологічний процес виготовлення обмотки статора асинхронного тягового двигуна ДАТМ-1У1.

11 Розробити технологічний процес виготовлення обмотки ротора асинхронного тягового двигуна ДАТМ-1У1.

12 Розробити технологічний процес виготовлення котушки головного полюса тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К.

13 Розробити технологічний процес виготовлення компенсаційної обмотки тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К та підібрати обладнання для його реалізації.

14 Розробити технологічний процес виготовлення котушки додаткового полюса тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К та підібрати обладнання для його реалізації.

15 Розробити технологічний процес виготовлення котушки головного полюса тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У та підібрати обладнання для його реалізації.

16 Розробити технологічний процес виготовлення котушки додаткового полюса тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У та підібрати обладнання для його реалізації.

17 Розробити технологічний процес виготовлення осердя якоря тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К та підібрати обладнання для його реалізації.

18 Розробити технологічний процес виготовлення осердя якоря тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У та підібрати обладнання для його реалізації.

19 Розробити технологічний процес виготовлення обмотки якоря тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К та підібрати обладнання для його реалізації.

20 Розробити технологічний процес виготовлення обмотки якоря тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У та підібрати обладнання для його реалізації.

21 Розробити технологічний процес виготовлення вала тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К та підібрати обладнання для його реалізації.

22 Розробити технологічний процес виготовлення вала тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У та підібрати обладнання для його реалізації.

23 Розробити технологічний процес випробування тягового двигуна пульсуючого струму НБ-418К.

24 Розробити технологічний процес випробування тягового двигуна постійного струму 1ДТ-003.8У.

25 Розробити технологічний процес компаундування обмотки статора синхронного двигуна.

26 Розробити технологічний процес складання і кріплення осердя головного полюса до остова в тяговому двигуні пульсуючого струму НБ-418К.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни

*«ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ»*

Відповідальний за випуск Нерубацький В. П.

Редактор Буранова Н. В.

Підписано до друку 25.02.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,5. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.