

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
**«Технологія виробництва електричних машин і апаратів»**  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

**Електромеханіка**

за темою - **Загальні питання  
обмотувальної-ізоляційного виробництва**

**Харків 2022**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2022 № 8

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 22.08.2022 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 15.08.2022 № 1.

**Розробник:** к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Волканін Є.Є.

**Рецензенти:**

1. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

### **План лекції:**

1. Вироби, виготовлені в обмотувально-ізоляційних цехах, і особливості їх технології.
2. Класи нагрівостійкості електроізоляційних матеріалів.
3. Матеріали, що застосовуються при виготовленні обмоток.
4. Заготівельні роботи.

### **Рекомендована література:**

#### **Основна література:**

1. Юхимчук В.Д. Технологія виробництва електричних машин: Підручник/ В.Д. Юхимчук – Х.: Тім Пабліш Груп, 2014.
2. Чучман Ю. І. Технологія машинобудування для електромеханіків.: Навч. посібник для студ. електромех. спец. ВНЗ України. - Львів: Вид-во Нац. Ун-ту «Львівська політехніка», 2001.- 356 с.
3. Чучман Ю. І. Виготовлення феромагнітних осердь електротехнічних пристроїв.: Навч. посібник для студ. електромех. спец. ВНЗ України. - Львів: Вид-во Нац. Ун-ту «Львівська політехніка», 2003. - 246 с.

#### **Допоміжна література:**

1. Електричні машини: підручник / Б.Т. Кононов, Г.І. Лагутін, О.Б. Котов та ін.; за заг. ред. Б.Т. Кононова. – Харків : ХУПС, 2015. – 493 с.
2. Белікова Л.Я. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Л.Я. Белікова, В.П. Шевченко. – Одеса : Наука і техніка, 2012. – 478 с.
3. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

1. <https://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/tehnologiya-i-oborudovanie-proizvodstva-elektricheskikh-mashin.html>
2. <http://web.kpi.kharkov.ua/elmash/wp-content/uploads/sites/108/2017/04/Tehnologiya-proizvodstva-elektricheskikh-mashin-v-2-h-knigah.YUhimchuk-V.D.-2006.pdf>

## Текст лекції

### **1. Вироби, виготовлені в обмотувально-ізоляційних цехах, і особливості їх технології.**

Обмотки електричних машин (катушок якорів, роторів, статорів, головних і додаткових полюсів) виготовляють в обмотувально-ізоляційних цехах електромашинобудівних заводів. У цих же цехах зазвичай виготовляють міканітові манжети колекторів і виробляють ізолювання різних металевих деталей (пальці щіткотримачів і ін.).

Технологічний процес виготовлення катушок, незважаючи на їх велику конструктивну різноманітність, має багато спільного.

Укрупнено його можна розділити на наступні групи операцій:

- 1) заготівельні - різання ізоляції, різання і правка мідних шин, виготовлення вивідних кінців;
- 2) по намотуванню і формуванню, в результаті виконання яких катушці надається відповідна форма;
- 3) по ізолюванню;
- 4) з просочення і сушіння катушок;
- 5) по контролю і випробування катушок.

Обмотувально-ізолювальні роботи поряд з укладанням обмоток є найбільш трудомісткими в порівнянні з іншими процесами виробництва електродвигунів. Це пояснюється застосуванням при виконанні цих робіт ручної праці в великому обсязі, так як конструкція катушок та вживані матеріали створюють великі труднощі для механізації і автоматизації процесів їх виготовлення.

У обмотувально-ізоляційних цехах для виготовлення виробів, як правило, застосовується нестандартне обладнання, з якого найбільш поширені ручні та механізовані ножиці для різання ізоляції, медерезательні верстати для різання і редагування мідних шин, різні намотувальні і формувальні верстати, ізолювальні головки, ванни і автоклави для просочення і печі для сушки катушок та ін.

### **2. Класи нагрівостійкості електроізоляційних матеріалів.**

Одним з найважливіших властивостей, що визначають якість і термін служби електроізоляційних матеріалів, є їх нагріву-стійкість, тобто здатність ізоляції без погіршення електроізоляційних властивостей витримувати вплив високої температури при роботі машини в нормальних для неї умовах експлуатації протягом тривалого часу (кількох років).

Для кожного електроізоляційного матеріалу існує своя гранично допустима температура.

Все електроізоляційні матеріали, близькі по нагрівостійкості, об'єднуються у відповідні класи, які встановлює стандарт.

Таблиця. Класи нагрівостійкості електроізоляційних матеріалів

Класи нагрівостійкості	Температура, що характеризує нагрівостійкість матеріалів даного класу, град	Класи нагрівостійкості	Температура, що характеризує нагрівостійкість матеріалів даного класу, град
Y	90	F	155
A	105	H	180
E	120	C	более 180
B	130		

Нагрівостійкість ізоляції в електричних машинах визначається не тільки родом матеріалу ізоляції, але і залежить від лаків, якими вона просочується. У зв'язку з цим стандартом для кожного класу електроізоляційного матеріалу рекомендуються просочувальні лаки відповідної нагрівостійкості.

Нижче наводяться найбільш вживані електроізоляційні матеріали та просочувальні лаки з розбивкою їх на класи нагрівостійкості:

клас А - текстильні та целюлозні матеріали (на основі бавовни, шовку, картон, фібра), просочені лаками на основі натуральних смол або бітумними компаундами; ізоляція емаль-проводів;

клас Е - ізоляція емальпроводів з синтетичної плівки, просочують бітумно-олійними лаками на основі синтетичних і натуральних смол;

клас В - слюда і слюдиніту, скло і азбестових-волокнисті матеріали; ізоляція емальпроводів. Для просочення застосовуються лаки на основі синтетичних і натуральних смол;

клас F - слюда, скловолокнисті і азбестові матеріали, просочують смолами і лаками відповідної нагрівостійкості (епоксидні, термореактивні, поліефірні, кремнійоргані-етичні);

клас Н - слюда, скловолокно та азбестові матеріали, просочують відповідними даного класу нагрівостійкості кремнійорганіческими лаками.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення і укладання в електричну машину обмоток технолог повинен враховувати класи нагрівостійкості, властивості ізоляції і просочувальних матеріалів і, виходячи з цього, призначати необхідну кількість і відповідні методи просочень і встановлювати режими сушіння.

### **3. Матеріали, що застосовуються при виготовленні обмоток.**

При виготовленні електричних машин застосовуються різні ізоляційні матеріали, від якості яких залежить сучасний технічний рівень виробів (техноекономічні показники, надійність роботи і термін служби електричних машин).

Основним у розвитку електроізоляційних матеріалів є:

широке застосування органічних полімерів з підвищеними електричними і механічними характеристиками і нагрівостійкістю;

заміна матеріалів на основі слюди матеріалами з слюдяних паперів (слюдиніту і слюдопласт);

створення матеріалів з високою нагрівостійкістю на основі неорганічних полімерів;

підвищення якості та більш широке впровадження просочувальних складів без розчинників;

розробка нових марок лаків для емальпроводів більш високих класів ізоляції;

впровадження в великих і тягових електричних машинах скло-слюдинітової ізоляції на термореактивних зв'язуючих (моноліт).

Обмотувальні дроти. Обмотувальні дроти виготовляють з міді і алюмінію з волокнистої, емальволокнистої і емалевої ізоляцією.

Для виготовлення машин з ізоляцією нагревостойкости класу А застосовуються дроти з емалевою ізоляцією марки ПЕВ-2 (вініфлексівая ізоляція).

Вони мають також слизьку гладку поверхню, що полегшує укладку проводів в пази сердечників.

Для машин інших класів ізоляції більше застосовують дроти:

для класів Е і В - емальпровода марки ПЕТВ (покріті поліетилентерефталатна лаками ПЕ-939 і ПЕ-943), дроти зі скловолокнистої ізоляцією марок ПКД з нормальною товщиною ізоляції (0,23-0,33 мм) і марки ПСДТ з тонкою ізоляцією (товщиною 0,18-0,23 мм);

для класу Р - провід з поліефірполімідним покриттям марки ПЕТ-155, а також дроти марок ПКД і ПСДТ;

для класу Н - дроти марок ПСДК і ПСДКТ, що мають скловолокнисту ізоляцію, підклеєними кремнійорганічеськими лаками К-44 або К-47.

Ізоляційні матеріали. В якості основних ізоляційних матеріалів застосовуються електрокартон, лакоткани і склотканини, плівки з синтетичних матеріалів, стеклоленти, азбестові матеріали і матеріали на основі слюди (гнучкий, формувальний і прокладочний міканіти, Мікаленти і стекломікаленти, різні слюдинітова і слюдопластових матеріали).

Лакотканини і склаклатканини застосовуються в якості основної ізоляції обмоток нагревостойкости класу А, а в поєднанні з Електрокартон - як пазової ізоляції.

В електричних машинах з ізоляцією класу Е для ізолювання пазів сердечників широко застосовується синтетична плівка типу лавсан товщиною 0,05 мм, що володіє високими електроізоляційними властивостями і високою механічною міцністю.

Пазові гільзи виготовляють з лавсанової плівки в поєднанні з електрокартоном, товщина якого 0,2 мм.

Для більш високих класів нагрівостійкості в електричних машинах в якості ізоляції застосовують міканітові, слюдинітові і скловолокнисті матеріали.

Для ізолювання провідників в місцях пошкодження ізоляції (в місцях вигину) при виготовленні котушок застосовують скляні стрічки, плівку із фторопласта 4 (товщиною від 20 до 200 мкм). Місця вигину круглих проводів котушок ізолюють, одягаючи скляний «панчіх».

Просочувальні матеріали. Для просочення обмоток застосовують лаки: олійно-бітумні марок 458 і 447; олійно-гліфталеві марок ГФ-95, МГМ-8, МЛ-82; терморезистивні марок АФ-17 і ФЛ-98; водноемульсійні марок 321Т і ПФЛ-86; кремнійорганические марок К-47 і К-47К і лаки без розчинників типу КП.

Крім лаків, для просочення котушок збудження класу А і статорних обмоток високовольтних машин використовують термопластичні бітумні компаунди, що не містять розчинників і тверднуть при охолодженні.

Для просочення обмоток деяких машин спеціального призначення застосовують терморезистивні поліефірні компаунди марок КМГС-1, КМГС-2 і МБК.

Застосування того чи іншого лаку або компаунда визначається класом ізоляції, призначення та умов роботи електричної машини.

#### **4. Заготівельні роботи.**

До заготівельних робіт, що виконуються окремими ділянками цеху, відносяться: різка ізоляційних матеріалів, правка і різання проводів прямокутного перетину, виготовлення вивідних кінців.

Ізоляційні матеріали, що застосовуються при виготовленні обмоток і в якості пазової ізоляції, на електромашинобудівний завод надходять в листах і рулонах.

Листову ізоляцію розрізають на заготовки необхідних розмірів на ручних або механізованих ножицях. Рулони на окремі смуги розрізають на спеціальних роликових ножицях.

На багатьох заводах різання листового ізоляції механізована і проводиться на гільйотинних ножицях з автоматичною подачею матеріалу в зону різання. Процес різання часто поєднаний з формуванням пазових коробочок.

Кабельні заводи прямокутні дроти постачають в бухтах.

Виправлення і різання проводів на заготовки проводиться на медерезательних верстатах різних конструкцій.

Виготовлення вивідних кінців. Вивідні кінці статорів і індукторів виготовляють з гнучкого кабелю, а полюсні котушки в якості висновків мають гнучкий кабель або мідні пластини.