

# ТЕМА 10. Будова, монтаж, технічне обслуговування і ремонт електричних машин змінного та постійного струмів. (12 год)

## Урок №65. Електричні машини постійного струму.

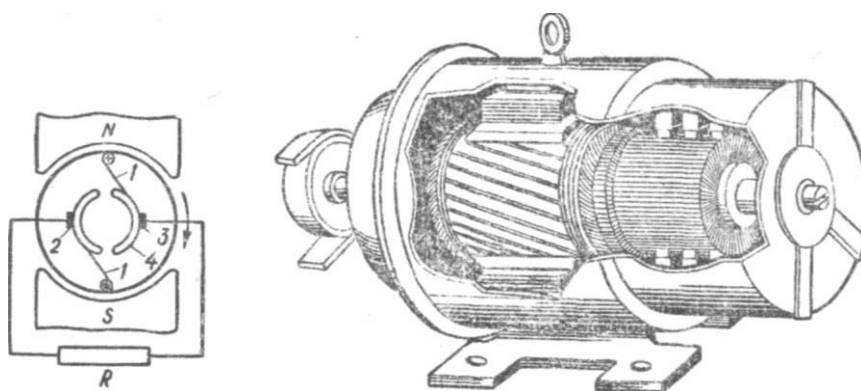
Загальні відомості про електричні машини постійного струму. Типи, конструкції і класифікація електричних машин постійного струму, їх будова та режими роботи. Залежність конструктивного виконання електричних машин від умов навколишнього середовища. Правила включення і відключення електродвигуна. Обмотки електричних машин. Види і схеми обмоток. Струмознімні і вивідні пристрої, маркування виводів електричних машин. Особливості пуску машин.

### Принцип дії та будова машини постійного струму

Найпростішим генератором є виток, що обертається в магнітному полі полюсів N і S. У такому витку індукується змінна у часі ЕРС. Тому при з'єднанні кінців витка з контактними кільцями, що обертаються разом з витком, у навантаженні через нерухомі щітки протікає змінний струм, тобто така машина буде генератором змінного струму.

Для перетворення змінного струму в постійний застосовують колектор, принцип дії якого полягає ось у чому. Кінці витка 1 (мал. 65.1, а) приєднуються до двох мідних напівкільць (сегментів), що називаються колекторними пластинами 4. Пластини жорстко закріплені на валу машини й ізольовані одна від одної та від вала. На пластинках розміщені нерухомі щітки 2 і 3, електрично з'єднані з приймачем енергії.

Під час обертання витка колекторні пластини також обертаються разом з валом машини і кожна з нерухомих щіток 2 і 3 стикається то з однією, то з іншою пластинкою. Щітки на колекторі встановлені так, що вони переходять з однієї пластинки на другу в той момент, коли ЕРС, що індукується у витку, дорівнює нулеві. У цьому разі під час обертання якоря у витку індукується змінна ЕРС, яка змінюється синусоїдно за рівномірного розподілу магнітного поля, але кожна щітка стикається з тією колекторною пластинкою і відповідно з



Мал. 65.1. Генератор постійного струму: а - схема будови; б - загальний вигляд

тим провідником, який у даний момент перебуває під полюсом певної полярності.

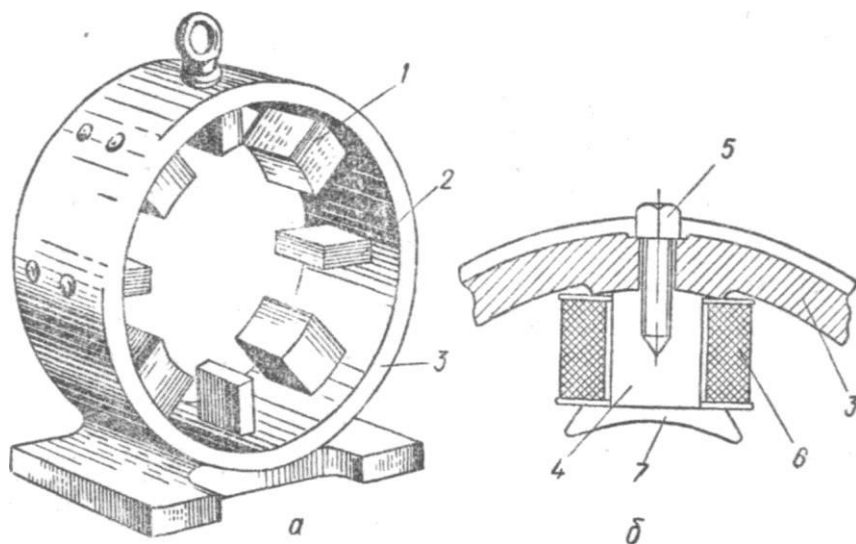
Отже, ЕРС на щітках 2 і 3 знаку не змінює, і струм по зовнішній ділянці замкненого електричного кола протікає в одному напрямку - від щітки 2 через опір до щітки 3.

Проте, незважаючи на незмінність напрямку ЕРС у зовнішньому колі, її значення міняється з часом, тобто одержано не сталу, а пульсуючу ЕРС. Струм у зовнішньому колі буде також пульсуючим.

Якщо розмістити на якорі два витки під кутом  $90^\circ$  один до одного і кінці цих витків з'єднати з чотирма колекторними пластинами, то пульсація ЕРС і сили струму у зовнішньому колі значно зменшаться. Зі збільшенням кількості колекторних пластин пульсація швидко зменшується і при великій кількості колекторних пластин ЕРС і сила струму практично сталі.

На мал. 65.1, б показано загальний вигляд машини постійного струму, її нерухома частина - індукуюча, тобто вона утворює магнітне поле, а обертова частина - індукована (якір).

**Нерухома частина машини** (мал. 65.2, а) складається з головних полюсів 1, додаткових полюсів 2 і станини 3. Головний полюс (мал. 65.2, б) являє собою електромагніт, який утворює магнітний потік. Він складається з осердя 4, обмотки



збудження 6 та полюсного наконечника 7. Полюс закріплюється на станині

3 болтом 5. Осердя полюса

з поперечним перерізом овальної форми відливають зі сталі. На осерді полюса

розміщується обмотка збудження з ізольованого мідного проводу. Котушки

всіх полюсів з'єднуються послідовно, утворюючи обмотку збудження. Струм,

що протікає по обмотці збу-

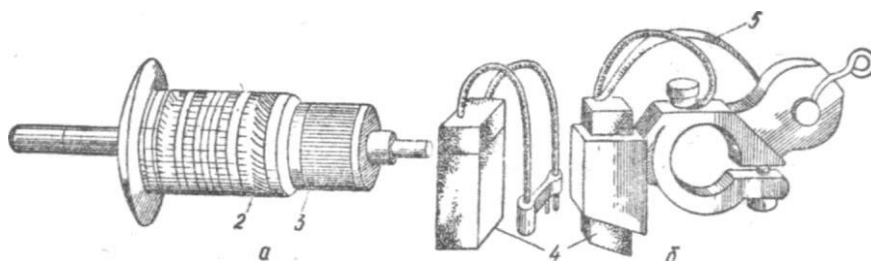
дження, утворює магнітний потік. Полюсний наконечник утримує обмотку збудження на полюсі і забезпечує рівномірний розподіл магнітного поля під полюсом. Полюсному наконечнику надають такої форми, за якої повітряний зазор між полюсами та якорем однаковий по всій довжині полюсної дуги. У додаткових полюсів також є осердя та обмотки.

Мал. 65.2. Будова статора машини постійного струму: а - схема статора; б - схема головного полюса

Додаткові полюси розміщені між головними полюсами і кількість їх може або дорівнювати кількості головних полюсів, або бути вдвічі меншою. Додаткові полюси встановлюють у машинах великих потужностей; вони служать для усунення іскріння під щітками. У машинах малих потужностей додаткових полюсів немає.

Станину, яка є остовом машини, виливають зі сталі. На ній закріплюють головні й додаткові полюси, а на торцевих боках її - бічні щити з підшипниками, які утримують вал машини. За допомогою станини машину закріплюють на фундаменті.

**Обертова частина машини - якір** (мал. 65.3, а) складається з осердя 1, обмотки 2 і колектора 3. Осердя являє собою циліндр, складений із листів електротехнічної сталі. Листи ізолюють один від одного лаком або папером для зменшення втрат на вихрові струми. Сталеві листи штампують на верстатах по шаблону; у них є пази, в які укладають



Мал. 65.3. Якір машини постійного струму:  
а — загальний вигляд; б — щітка і щіткотримач

провідники якірної обмотки. У тілі якоря передбачають повітряні канали для охолодження обмотки й осердя. Обмотку старанно ізолюють від осердя й закріплюють у пазах немагнітними клинами.

Лобові з'єднання закріплюють сталевими бандажами. Усі секції обмотки, розміщені на якорі, з'єднують послідовно, утворюючи замкнене коло, і приєднують до колекторних пластин.

**Колектор являє собою циліндр, що складається з окремих пластин. Колекторні пластини виготовляють із твердотягнутої міді й ізолюють між собою та від корпусу прокладками з міканіту. Для закріплення на втулці колекторним пластинам надають форми «ластівчиного хвоста», який затискується між виступом на втулці і шайбою, які мають форму, що відповідає формі пластини. Шайбу прикріплюють до втулки болтами.**

**Колектор - це найскладніша у конструктивному відношенні і найвідповідальніша в роботі частина машини. Поверхня колектора має бути строго циліндричною, щоб уникнути биття та іскріння щіток.**

Для з'єднання якірної обмотки з зовнішнім колом на колекторі розміщують нерухомі щітки, які можуть бути графітними, вугільно-графітними або бронзо-графітними. У машинах високої напруги застосовують графітні щітки з великим перехідним опором між щіткою й колектором, у машинах низької напруги - бронзо-графітні щітки. Щітки розміщують у особливих щіткотримачах (мал. 65.3, б). Щітка 4, розміщена в обоймі щіткотримача, притискується пружиною 5 до колектора. На кожному щіткотримачі може знаходитися кілька щіток, приєднаних паралельно.

Щіткотримачі закріплюють на щіткових болтах-пальцях, які в свою чергу закріплені на траверсі. Для закріплення на щітковому пальці у щіткотримача є отвір. Щіткові пальці ізолюють від траверси ізоляційними шайбами та втулками. Кількість щіткотримачів дорівнює кількості полюсів. Траверсу встановлюють на підшипниковому щиті в машинах малої й середньої потужності або прикріплюють до станини — у машинах великої потужності.

Траверсу можна повертати і цим міняти положення щіток відносно полюсів. Траверсу встановлюють у такому положенні, за якого розміщення щіток у просторі збігається з розміщенням осей головних полюсів.

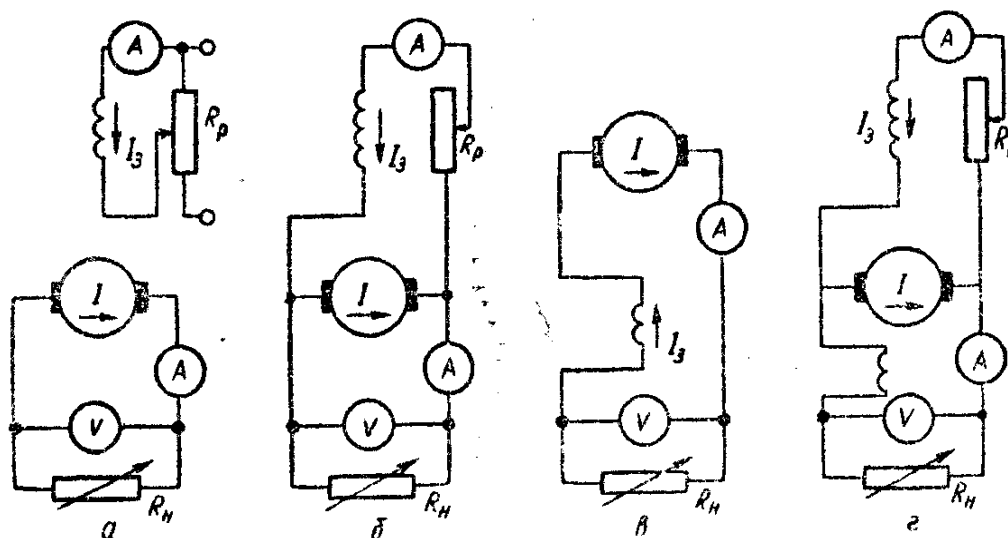
В машинах постійного струму виведені назовні кінці обмоток маркують буквами: Я - обмотка якоря, К - компенсаційна обмотка, Д - обмотка додаткових полюсів, С - послідовна обмотка збудження, Ш - паралельна обмотка збудження, Н - незалежна обмотка збудження, П - пускова обмотка, В - зрівняльний провід і зрівняльна обмотка. До літерних позначень додаються цифри: 1 - початок обмотки, 2 - кінець обмотки; наприклад, Я1 - початок обмотки якоря, Я2 - її кінець.

### Робота машини постійного струму в режимах генератора і двигуна

Генератори постійного струму можуть бути виконані з магнітним та електромагнітним збудженням. Для утворення магнітного потоку в генераторах першого типу використовують постійні магніти, а в генераторах другого типу - електромагніти.

Постійні магніти застосовують лише в машинах дуже малих потужностей. Отже, електромагнітне збудження є найширше використовуваним способом утворення магнітного потоку. За цього способу збудження магнітний потік утворюється струмом, що протікає в обмотці збудження.

*Залежно від способу живлення обмотки збудження генератори постійного струму можуть бути з незалежним збудженням та з самозбудженням. За незалежного збудження (мал. 65.4, а) обмотку збудження приєднують в мережу допоміжного джерела енергії постійного струму.*



Мал. 65.4. Схеми збудження генераторів постійного струму: а - незалежного збудження, б - паралельного збудження, в - послідовного збудження, г - змішаного збудження

Для регулювання сили струму збудження  $I_z$  в коло обмотки введено опір  $R_p$ . За такого

збудження сила струму  $I_3$  не залежить від сили струму в якорі  $I$ .

Недоліком генераторів незалежного збудження є потреба в додатковому джерелі енергії. Тому генератори незалежного збудження мають дуже обмежене застосування лише в машинах високих напруг, у яких живлення обмотки збудження від кола якоря неприпустиме з конструктивних міркувань.

**Генератори з самозбудженням залежно від способу приєднання обмотки збудження можуть бути паралельного (мал. 65.4, б), послідовного (мал. 65.4, в) та змішаного (мал. 65.4, г) збудження.**

У генераторів паралельного збудження сила струму збудження низька (кілька процентів номінальної сили струму в якорі) і обмотка збудження має велику кількість витків. За послідовного збудження сила струму збудження дорівнює силі струму в якорі і обмотка збудження має малу кількість витків. У разі змішаного збудження на полюсах генератора розміщують дві обмотки збудження - паралельну і послідовну.

Процес самозбудження генераторів постійного струму протікає однаково за будь-якої схеми збудження. Наприклад, у генераторах паралельного збудження, які набули найширшого застосування, процес самозбудження протікає таким чином. Первинний двигун обертає якор генератора, магнітне коло (ярмо й осердя полюсів) якого має невеликий залишковий магнітний потік  $\Phi$ . Цей магнітний потік в обмотці якоря, що обертається, індукуює ЕРС  $E_0$ , яка становить кілька процентів номінальної напруги машини. Під дією ЕРС  $E_0$  в замкненому колі, що складається з якоря й обмотки збудження, протікає струм силою  $I_3$ . Магніторушійна сила обмотки збудження  $\omega I_3$  ( $\omega$  - кількість витків) спрямована узгоджено з потоком залишкового магнетизму, збільшуючи магнітний потік машини  $\Phi$ , що обумовлює зростання ЕРС в обмотці якоря  $E$  та сили струму в обмотці збудження  $I_3$ . Збільшення сили струму в обмотці збудження призводить до подальшого зростання  $\Phi$ , що в свою чергу збільшує  $E$  та  $I_3$ .

Через насичення сталі магнітного кола машини самозбудження відбувається не безмежно, а до якоїсь певної напруги, залежної від частоти обертання якоря машини та від опору в колі обмотки збудження. У разі насичення сталі магнітного кола збільшення магнітного потоку сповільнюється і процес самозбудження закінчується. Збільшення опору в колі обмотки збудження зменшує силу струму в ній та магнітний потік, збуджуваний цим струмом. Тому знижуються ЕРС і напруга, до якої збуджується генератор.

Зміна частоти обертання якоря генератора обумовлює зміну ЕРС, яка прямо пропорційна частоті, внаслідок чого змінюється й напруга, до якої збуджується генератор.

Самозбудження генератора відбуватиметься лише за умов, наведених нижче.

1. У генераторі має бути потік залишкового магнетизму. У разі відсутності цього потоку не утворюватиметься ЕРС  $E_0$ , під дією якої в обмотці збудження починає протікати

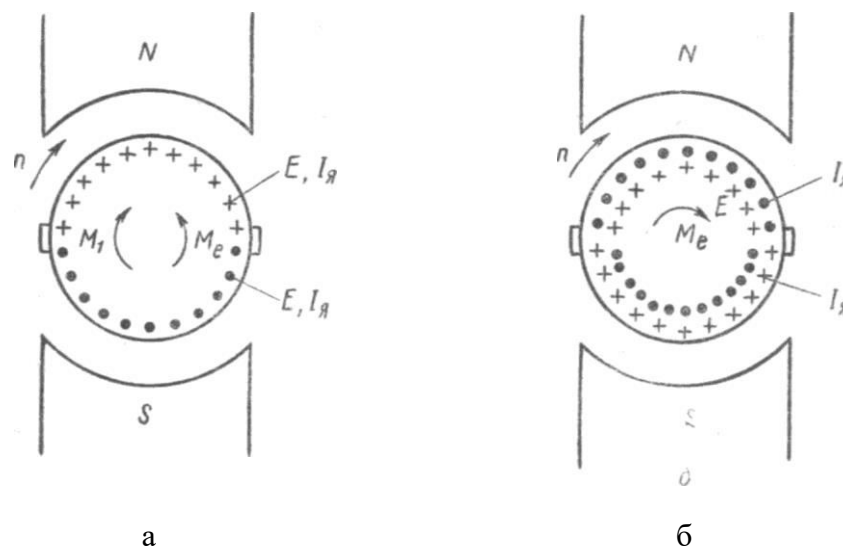
струм, тому збудження генератора буде неможливе. Якщо машина розмагнічена і немає залишкового намагнічування, то через обмотку збудження треба пропустити постійний струм від стороннього джерела електричної енергії. Після від'єднання обмотки збудження в машині знову буде залишковий магнітний потік.

2. Обмотка збудження має бути приєднана узгоджено з потоком залишкового магнетизму, тобто так, щоб намагнічувальна сила цієї обмотки збільшувала потік залишкового магнетизму. У разі зустрічного приєднання обмотки збудження її магніторушійна сила зменшуватиме залишковий магнітний потік і за тривалої роботи може повністю розмагнітити машину. Якщо обмотка збудження приєднана зустрічно, то потрібно змінити напрямок струму в ній, тобто поміняти місцями провідники, що підходять до затискачів цієї обмотки.

3. Опір кола обмотки збудження має бути не дуже великим; у разі дуже великого опору самозбудження генератора неможливе.

4. Опір зовнішнього навантаження має бути великим, оскільки за низького опору сила струму збудження буде також малою і самозбудження не відбудеться.

Під час ввімкнення двигуна постійного струму в мережу під дією прикладеної напруги протікає струм у якірній обмотці та в обмотці збудження. Струм збудження утворює магнітний потік полюсів. Внаслідок взаємодії струму в провідниках якірної обмотки з магнітним полем полюсів виникає обертаючий момент і якір машини починає обертатися.



Мал. 65.5. Схеми роботи машини постійного струму в режимах: а - генератора; б - двигуна.

Особливістю електричних двигунів постійного струму є те, що вони можуть плавно змінювати частоту обертання зі зміною сили струму, яка на них подається.