

Лабораторна робота №9

Тема: Дослідження двигуна постійного струму з паралельним збудженням.

Мета роботи: вивчити будову, принцип дії, порядок пуску, а також способи регулювання частоти обертання двигуна постійного струму з паралельним збудженням; дослідити і проаналізувати основні характеристики двигуна.

Наочність і обладнання: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Загальна електротехніка».

Теоретичні відомості

Двигун постійного струму принципово побудовано так само, як і генератор. Він складається зі статора (індуктора) і ротора (якоря). Колекторно-щітковий вузол має аналогічну будову, але призначення його інше.

Якщо до щіток підвести постійну напругу, то в провідниках витка буде протікати постійний струм (мал. 1). На провідники зі струмом, які знаходяться в магнітному полі, будуть діяти електромагнітні сили F , напрямом яких визначається правилом лівої руки. Сукупність всіх сил утворює електромагнітний момент і виток починає обертатися. Півкільця спільно зі щітками (колекторно-щітковий вузол) перетворюють постійний струм джерела в змінний струм у провідниках витка. Щітки перейдуть з одного півкільця на інше в момент, коли провідники витка будуть перетинати лінію геометричної нейтралі (переходити з зони одного полюса в зону іншого).

У двигуні постійного струму з паралельним збудженням, який досліджується в даній лабораторній роботі, обмотку збудження індуктора підключено паралельно до обмотки якоря та мережі постійного струму (мал. 2).

У коло обмотки збудження включено регульовальний реостат R_{P1} , а в коло якоря - пусковий реостат $R_{П}$. Реостат R_{P1} дозволяє змінювати струм збудження двигуна I_z і його магнітний потік Φ . Призначення реостата $R_{П}$ у колі якоря пояснимо на основі аналізу основних рівнянь, що описують роботу двигуна.

У відповідності з другим законом Кірхгофа рівняння електричної рівноваги двигуна для кола якоря має вигляд:

$$U = E + R_{\text{я}} I_{\text{я}}$$

де E - ЕРС, що виникає в обмотці якоря. $E = C_e n \Phi$ (n - частота обертання якоря; C_e - коефіцієнт, що залежить від конструктивних елементів машини; $I_{\text{я}}$ - струм якоря).

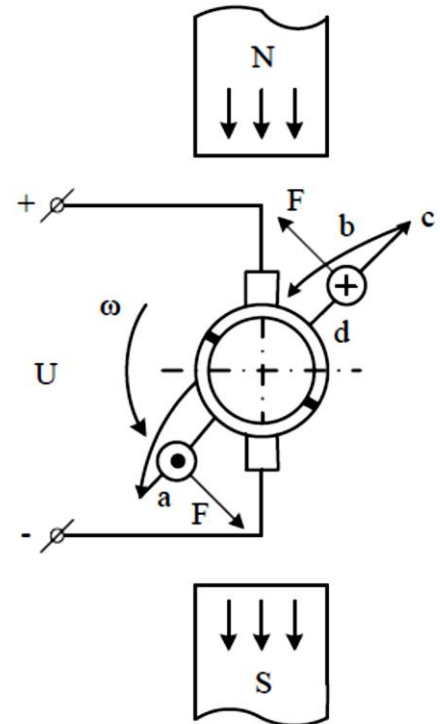
Обертний момент, що розвивається двигуном

$$M = C_M I_{\text{я}} \Phi$$

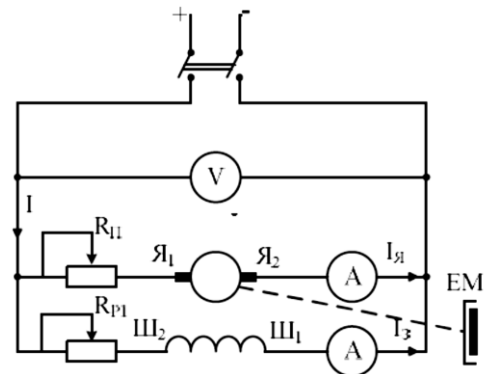
де C_M - механічна стала, що залежить від конструкції і числа полюсів двигуна.

З першого рівняння запишемо вираз для струму якоря:

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}}}$$



Мал. 1



Мал. 2

В початковий момент пуску, коли $n = 0$, у відповідності з виразом для струму якоря $E = 0$. Враховуючи незначний опір кола якоря, початкове значення пускового струму $I_{\Pi} = \frac{U}{R_{\text{я}}}$ буде досягати небезпечного для машини значення (до $4I_H$), тому силові двигуни постійного струму завжди вмикають з допомогою реостата в колі якоря і який називається

$$I_{\text{яп}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\Pi}}$$

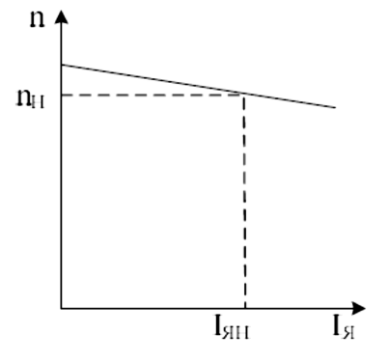
пусковим. В цьому випадку пусковий струм якоря обмежується до безпечного для машини значення (зазвичай до $2I_H$). І тільки зі збільшенням швидкості обертання двигуна, який супроводжується збільшенням ЕРС, опір реостату зменшується до нуля.

Для забезпечення швидкого пуску двигуна, з урахуванням обмеження струму якоря, потік збудження Φ роблять максимальним, збільшуючи тим самим пусковий обертаючий момент $M = C_M I_{\text{я}} \Phi$. З цією метою опір $R_{\text{Р1}}$ у колі збудження, що регулює струм збудження, встановлюють рівним нулю.

З виразу для обертового моменту випливає, що змінити напрям обертання якоря можна двома способами:

1. змінити напрям струму в якорі, не змінюючи напрямку магнітного поля. Для цього слід поміняти місцями провідники, що йдуть до затисків якоря Y_1 і Y_2 ;
2. змінити напрям струму збудження із збереженням напрямку струму в якорі. Для цього необхідно поміняти місцями провідники, що йдуть до затисків III_1 і III_2 .

Розглянемо характеристики двигуна з паралельним збудженням (мал. 3), які найбільш у повній мірі визначають його експлуатаційні властивості. Роботу двигуна характеризують: обертовий момент M , частота обертання n , потужність на валу двигуна $P_2 = \omega M$, струм якоря двигуна $I_{\text{я}}$ (струм навантаження) і коефіцієнт корисної дії η . Характеристики отримують дослідним шляхом, змінюючи момент навантаження за допомогою гальмового пристрою.



Мал. 3

Зі збільшенням навантаження на валу двигуна, тобто із збільшенням струму якоря $I_{\text{я}}$, частота обертання зменшується пропорційно спаду напруги на опорі кола якоря $R_{\text{я}}$. Оскільки опір $R_{\text{я}}$ малий, то це зменшення незначне, а це означає, що двигун постійного струму з паралельним збудженням має жорстку частотну характеристику.

Частоту обертання двигунів постійного струму можна регулювати такими способами: включенням додаткового опору в коло якоря, зміною магнітного потоку Φ і зміною напруги U , що підводиться до двигуна.

Перевагою регулювання частоти обертання включенням додаткового опору в коло якоря, полягає у відносній простоті отримання плавної зміни частоти обертання в широких межах. До недоліків варто віднести значні втрати потужності в додатковому опорі.

Регулювання частоти обертання двигуна зміною магнітного потоку найбільш економічне і зручне. Струм збудження незначний, $I_z = (1 - 5)\% I_H$, тому розміри регулювального реостату і потужність втрат у ньому, також малі.

У випадку обриву кола збудження ($I_z = 0$), магнітний потік двигуна знижується до значення, яке дорівнює залишковому магнітному потоку $\Phi_{\text{зал}}$. В цьому випадку двигун «йде вразнос», розвиваючи частоту обертання, що становить небезпеку як для двигуна, так і для обслуговуючого персоналу.

Широке застосування, особливо в електроприводах, побудованих по системі «генератор – двигун», одержав спосіб регулювання частоти обертання шляхом зміни напруги на затискачах якоря двигуна. Зі зміною напруги живлення, частота обертання холостого ходу пропорційна напрузі.

Робочі характеристики двигунів постійного струму - це залежності частоти обертання n , моменту M , струму якоря $I_{\text{я}}$, коефіцієнта корисної дії η від корисної потужності на валу P_2 за умови $U = \text{const}$ та $I_z = \text{const}$.

Робочі характеристики двигуна паралельного збудження показано на мал. 4. З цих характеристик видно, що частота обертання n двигуна із збільшенням навантаження трохи зменшується.

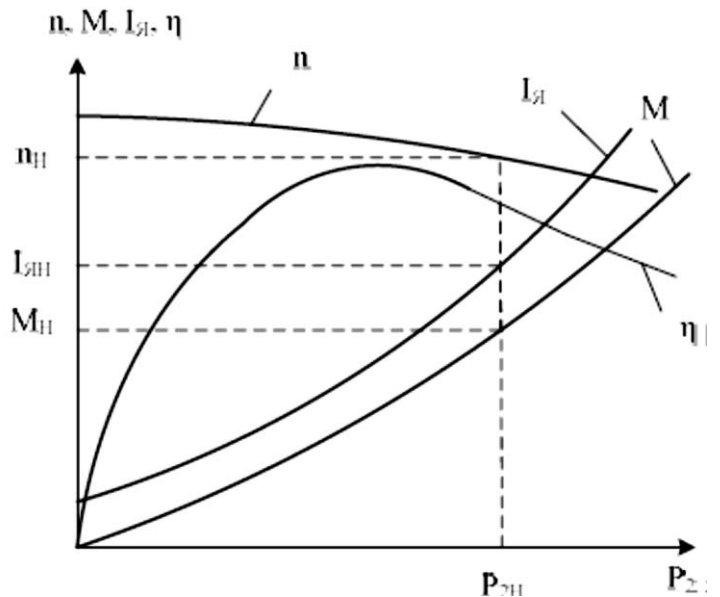
Залежність моменту на валу двигуна має вигляд майже прямої лінії, оскільки момент пропорційний навантаженню на валу:

$$M = \frac{P_2}{\omega} \quad \text{де} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Скривлення зазначеної характеристики пояснюється зниженням частоти обертання зі збільшенням навантаження. Коли $P_2 = 0$, струм якоря дорівнює струму холостого ходу. Із збільшенням потужності струм якоря збільшується приблизно по тій же залежності, що і момент навантаження на валу. ККД визначають як відношення корисної потужності на валу до потужності, що споживається з мережі

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \quad \text{де} \quad P_1 = UI \quad \text{а}$$

$$P_2 = 0.105 M n$$



Мал. 4

Коефіцієнт корисної дії досягне максимального значення за умови, коли змінні втрати потужності в двигуні будуть дорівнювати сталим: перші включають електричні втрати потужності в колах якоря і збудження, а також механічні втрати; до других відносять втрати потужності в магнітопроводі якоря.

Хід роботи:

1. Ознайомитись з методичними вказівками до виконання лабораторної роботи.
2. Записати теоретичні відомості до зошита.
3. Перейти за посиланням <https://www.youtube.com/watch?v=UcJUOcCVGD0> і уважно подивитись відео.
4. Написати висновок за результатами виконаної роботи.
5. Дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання:

1. Будова двигуна постійного струму.
2. Принцип дії двигуна постійного струму.
3. Яким чином можливо змінити напрям обертання двигуна?
4. Яким чином здійснюється пуск двигунів постійного струму з паралельним збудженням?
5. Пояснити призначення додаткового опору в колі якоря.
6. Пояснити призначення додаткового опору в колі збудження.
7. Пояснити характер частотної, механічної та робочих характеристик двигуна.
8. Як впливає на роботу двигуна постійного струму з паралельним збудженням обрив кола збудження?