

Тема №4: Електричні машини постійного струму

Тема: Потужність і ККД машин.

Лабораторна робота №18

Мета: Ознайомитися з поняттям потужності і ККД машин. Навчитися характеризувати дані електричних машин постійного струму

I. Опрацювання теоретичного матеріалу

Електричну напругу на ділянці електричного кола можна визначити за формулою:

$$U = \frac{A}{q},$$

де A – повна робота кулонівських і сторонніх сил з переміщення на цій ділянці позитивного заряду q . Цю роботу часто називають **роботою струму**. Таким чином, робота $A = Uq$. Враховуючи, що заряд $q = It$, де t – час проходження струму, можна отримати формулу для розрахунку роботи електричного струму на даній ділянці кола:

$$A = UIt.$$

Одиниця роботи електричного струму в СІ – джоуль (Дж).

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}.$$

В електротехніці використовують позасистемну одиницю роботи струму – **кіловат-годину** (кВт·год). $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

Якщо на ділянці кола, в якій тече струм, не виконується механічна робота й не відбуваються хімічні реакції, то робота електричного струму призводить тільки до нагрівання провідника. Згідно із законом збереження енергії кількість виділеної теплоти Q дорівнюватиме роботі A струму. Враховуючи формулу $U = IR$, а також наведену вище формулу для роботи струму, можна отримати наступний вираз:

$$Q = I^2 R t.$$

Ця формула є математичним записом закону, який незалежно один від одного дослідним шляхом встановили англійський фізик Дж. П. Джоуль і російський фізик Е. Х. Ленц. Пізніше цей закон отримав назву **закон Джоуля – Ленца**:

Кількість теплоти Q , яка виділяється у провіднику зі струмом, прямо пропорційна квадрату сили струму I , опору R провідника та часу t проходження струму.

Дослідження довели, що кількість теплоти, яка виділяється в процесі проходження струму в ділянці кола, **завжди** можна обчислити за формулою $Q = I^2 R t$. А ось іншими модифікаціями цієї формули –

$$Q = U_{2t} / R \quad \text{і} \quad Q = UIt \quad \text{– можна користуватись тільки в тому випадку, коли вся}$$

електрична енергія витрачається на нагрівання.

Потужність електричного струму P – це фізична величина, яка характеризує швидкість виконання струмом роботи і дорівнює відношенню роботи A до часу t , за який цю роботу виконано:

$$P = \frac{A}{t}.$$

Враховуючи, що $A = UIt$, можна отримати наступні вирази для потужності:

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

Одиниця потужності в СІ – ват (Вт). 1 Вт = 1 Дж/с. Із формули для розрахунку потужності електричного струму випливає: 1 Вт = 1 В·А.

Потужність джерела ЕРС визначають за формулою:

$$P = \varepsilon I.$$

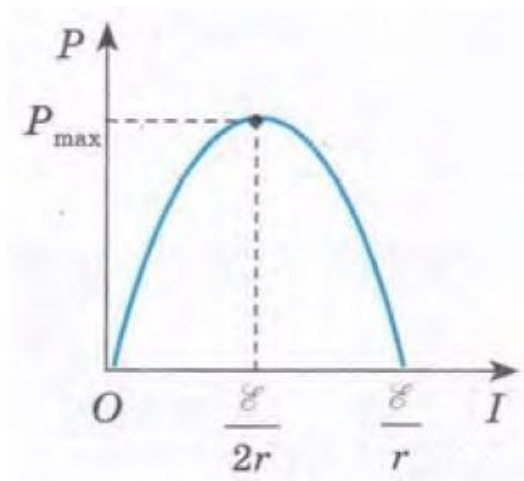
Для визначення залежності $P(I)$ – потужності, яка споживається зовнішньою частиною кола, від сили струму, можна розглянути електричне коло, яке складається із джерела струму із внутрішнім опором r і ЕРС ε , яке замкнене на зовнішнє навантаження з опором

R . Якщо в колі є струм, то, враховуючи закон Ома для повного кола, ЕРС джерела можна виразити так: $\varepsilon = IR + Ir$. Таким чином, повна потужність, яку розвиває джерело струму, дорівнює:

$$P_{\Pi} = \varepsilon I = I^2 R + I^2 r,$$

де $I^2 R = P$ – потужність, яку споживає зовнішня частина кола (зовнішнє навантаження), $I^2 r = P_{\text{в}}$ – потужність, яку споживає внутрішня частина кола. Отже, потужність, яку споживає зовнішня частина кола, дорівнює:

$$P(I) = \varepsilon I - I^2 r = I(\varepsilon - Ir).$$



$P(I)$ є квадратичною функцією відносно змінної I , графіком якої є парабола з гілками, напрямленими вниз (див. рисунок). Аналіз отриманої залежності показує, що потужність, яку споживає зовнішня частина кола, дорівнює нулю

та

$$I_2 = r,$$

а за сили струму $I = \frac{\varepsilon}{2r}$

має максимальне

$$\text{значення } P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}.$$

Якщо підставити значення $I = \frac{\varepsilon}{2r}$ у

формулу, яка виражає закон Ома для повного кола, отримаємо

$$\text{рівність: } \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{\varepsilon}{R+r}.$$

. Звідси випливає, що максимальна потужність

споживається зовнішнім навантаженням у випадку, коли $R = r$,

тобто коли опір R зовнішнього навантаження дорівнює внутрішньому опору r джерела струму.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) η джерела струму визначається, як відношення потужності P , яку споживає зовнішня частина кола (корисна потужність) до повної потужності P_{Π} , яку розвиває джерело

$$\text{струму: } \eta = \frac{P}{P_{\Pi}}.$$

Після підстановки виразів $P_{\Pi} = \varepsilon I$ та $P = UI$ в останню формулу, маємо такі вирази для ККД джерела струму:

$$\eta = \frac{UI}{\varepsilon I} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{IR}{I(R+r)} = \frac{R}{R+r}.$$

Аналіз останнього виразу $\eta = \frac{R}{R+r}$ показує, що для збільшення ККД джерела необхідно, по можливості, зменшити його внутрішній опір. У

випадку, коли r набагато менше R , ККД джерела наближається до одиниці.

II. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач:

Приклад 1. Яку потужність має електричний струм в автомобільній лампі, якщо напруга в бортовій мережі автомобіля – 14,4 В, а сила струму через лампу складає 7,5 А? *(Дано записати згідно правил)*

$$P = UI.$$

Відповідь: 108 В.

Приклад 2. Опір електричного нагрівника становить 11 Ом. До мережі якої напруги потрібно підключити нагрівник, щоб потужність електричного струму в ньому становила 4,4 кВт? *(Дано записати згідно правил)*

$$P = U^2/R, U^2 = PR$$

Лабораторна робота №18

Тема: Потужність і ККД машин постійного струму

Мета: Дослідити залежність потужності і ККД машин постійного струму від напруги та сили струму провідника. Освоїти методи обчислення втрат потужності у двигунах, методи розділення втрат, обчислення ККД

Хід роботи

Опис експериментальної установки

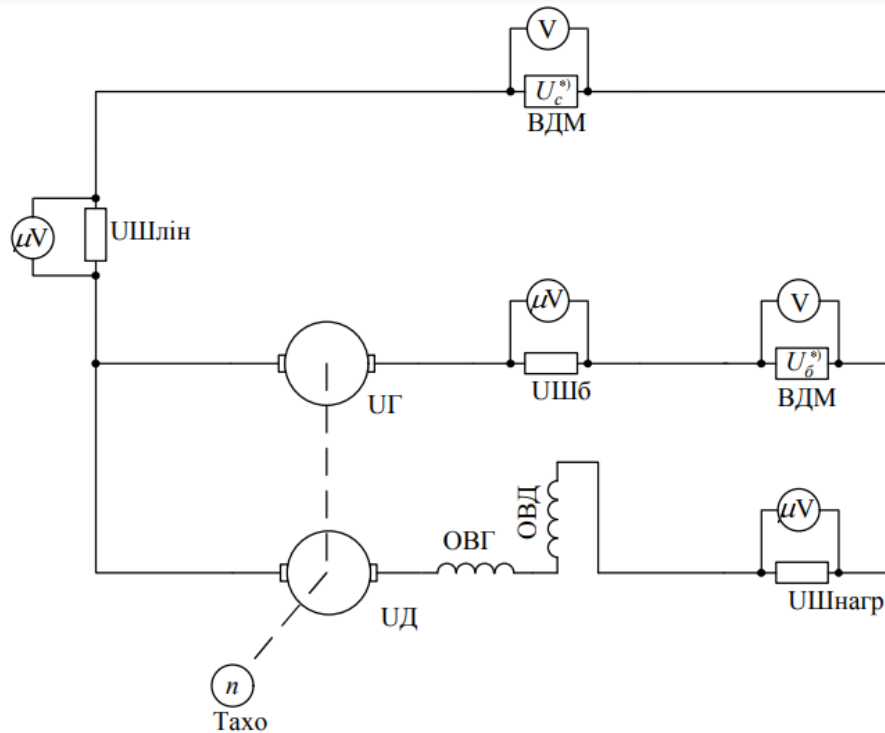
Об'єктом дослідження є двигун постійного струму (ДПС) незалежного збудження, номінальні дані якого представлені на робочому місці.

Принципова схема стенда для дослідження двигуна постійного струму при неробочому ході подана на рис.1.

Якір досліджуваного двигуна М з виводами А1-В2 з'єднаний послідовно з пускорегулюючим реостатом R2 і вмикається в мережу постійного струму автоматом QF і магнітним контактором КМ. Для вимірювання напруги і струму якоря ввімкнені вольтметр PV і амперметр PA2. Обмотка збудження двигуна виводами F1-F2 через реостат R1 і амперметр PA1 вмикається в ту ж саму мережу постійного струму тим же автоматом QF.

Для вимірювання частоти обертання досліджуваного двигуна є тахометр, що складається з фотоелектричного датчика частоти обертання BR і електронного блоку PF (прилад частотомір), що вмикається в мережу змінного струму 220 В автоматом SB.

1. Ознайомитись із схемою взаємного навантаження тягових двигунів.



2. Визначити:

- які втрати потужності мають місце у машині постійного струму;
- яка залежність кожного виду втрат від струму навантаження;
- які з втрат найбільші у балансі потужності;
- які умови максимуму ККД машини

Написати висновок...

III. Домашнє завдання

1. Вивчити про потужність та ККД машин
2. Знайти інформацію (або відео) про межі температури нагріву електричних машин