

ТЕМА АСИНХРОННІ МАШИНИ

Мета: Вивчення і первинне закріплення знань. Актуалізація провідних знань.

Сформувані уявлення про пристрій і типи асинхронних двигунів та взаємозв'язки деталей між вузлами.

Ознайомити студентів з великими вченими які працювали над винаходом асинхронних двигунів.

Розвивати пам'ять, мислення, інтерес до теми, самостійність.

Добитися засвоєння матеріалу на занятті. Підвищити інтерес до професії, уміння якісно виконувати роботу

План

1 Будова АД

2 Графічне позначення АД

3 Принцип роботи АД

1 Будова АД

Електрична машина є електромеханічним перетворювачем, в якому перетворюється механічна енергія в електричну або електрична енергія в механічну.

Залежно від роду струму, який віддається або споживається, електричні машини розділяються на машини змінного і постійного струму.

Машини змінного струму діляться на синхронні, асинхронні і колекторні.

В свою чергу асинхронні на :

- з короткозамкненим ротором
- з фазним ротором

Трифазні асинхронні машини були розроблені у 1888 р. М. О. Доліво-Добровольським. Асинхронна машина - це машина змінного струму, в котрій збуджується обертове магнітне поле. Ротор обертається асинхронно, тобто із швидкістю, що відрізняється від швидкості поля.

Асинхронні машини принципово можуть бути генераторами або двигунами. Характеристики асинхронних двигунів дуже хороші, і вони широко застосовуються в техніці. Асинхронні генератори майже не використовуються, тому що мають дуже низькі експлуатаційні якості.

Асинхронні двигуни за своєю простотою, надійністю та ефективністю дістали широкого розповсюдження. Понад 85% усіх електродвигунів - це трифазні асинхронні двигуни.

Асинхронна машина складається із статора і ротора. Нерухома частина машини називається **статор**, рухома – **ротор**

Статор має шихтований сердечник, у пазах якого розташована трифазна обмотка. Сердечник зібраний з листів сталі у вигляді кілець з пазами для укладки обмотки. У трифазних АД вона складається із трьох котушок, які зсунуті одна до одної на 120° .

Ротор буває двох типів:

- короткозамкнений;
- фазний.

Короткозамкнений ротор має шихтований циліндр із пазами. У пази укладаються стержні, замкнені електрично з обох боків кільцями. Ці кільця та стержні М. О. Доліво-Добровольський назвав "білячим колесом" (Рис. 1)

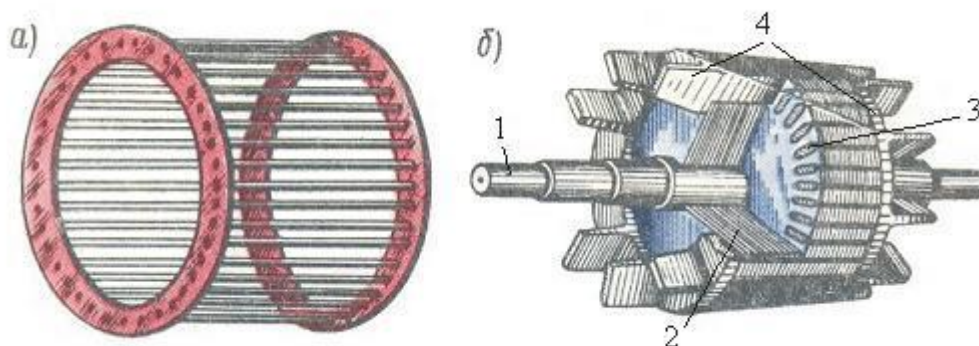


Рис.1 Ротор - "біляче колесо"

Таку обмотку виготовляють із алюмінію який в гарячому стані під тиском заливають в пази ротора. Разом зі стержнями відливають і замикаючі кільця , які постачають крилами для покращення вентиляції.

На рисунку 2 показаний сердечник статора у зборі.

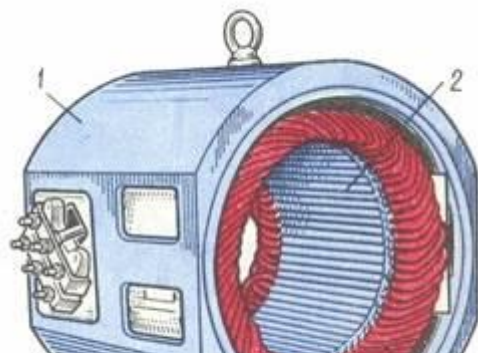


Рис.2 Сердечник статора АД у зборі.

Станина (1) виконується литою, з немагнітного матеріалу. Найчастіше станину виконують з чавуну або алюмінію. На внутрішній поверхні листів (2), з яких виконується сердечник статора, є пази, в які закладається трифазна обмотка (3). Обмотка статора виконується в основному з ізольованого мідного проводу круглого або прямокутного перерізу, рідше - з алюмінію.

На рисунку 3 приведений вид асинхронної машини з короткозамкненим ротором в розрізі: 1 - станина, 2 - сердечник статора, 3 - обмотка статора, 4 - сердечник ротора з короткозамкненою обмоткою, 5 - вал.

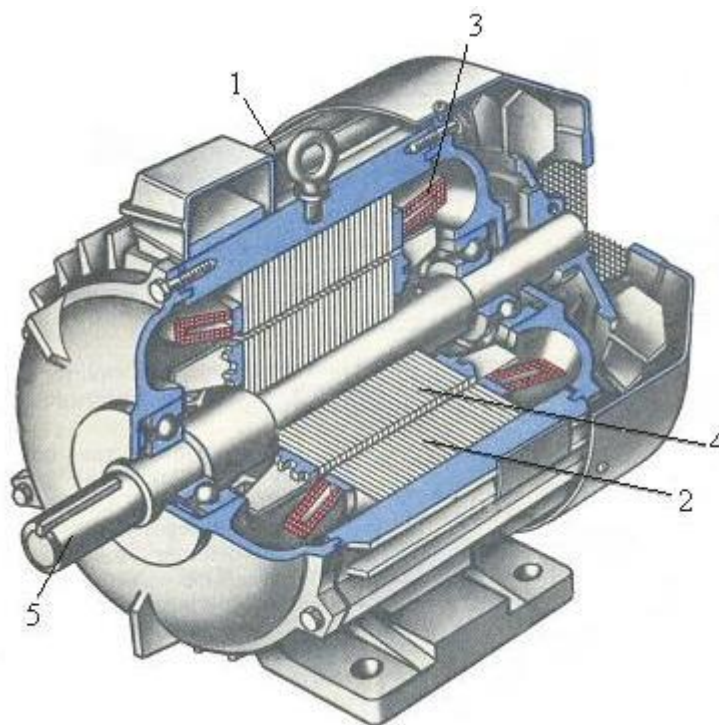


Рис. 3 Вид асинхронної машини з короткозамкненим ротором в розрізі

Обмотка статора складається з трьох окремих частин, що називаються фазами. Початки фаз позначаються буквами $c 1$, $c 2$, $c 3$, кінці - $c 4$, $c 5$, $c 6$.

Початки і кінці фаз виведені на клемник (рис.4а), закріплений на станині. Обмотка статора може бути сполучена за схемою зірка (рис.4.б) або

трикутник (рис. 4. в). Вибір схеми з'єднання обмотки статора залежить від лінійної напруги мережі і паспортних даних двигуна. У паспорті трифазного двигуна задаються лінійна напруга мережі і схема з'єднання обмотки статора. Наприклад, 660/380, Y/Δ. Цей двигун можна включати в мережу з $U_l=660\text{В}$ за схемою зірка або в мережу з $U_l=380\text{В}$ - за схемою трикутник.

Основне призначення обмотки статора - створення в машині магнітного обертового поля.

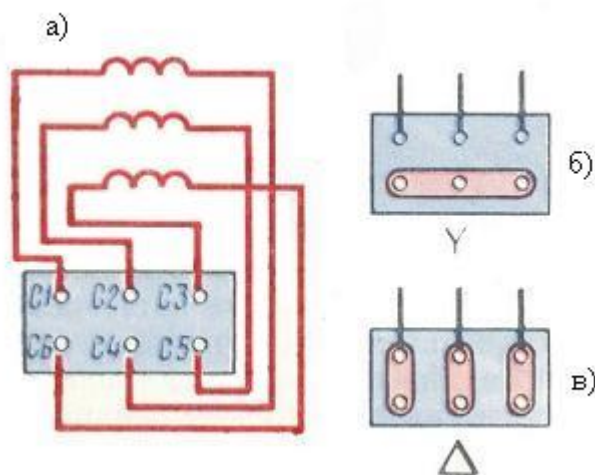


Рис.4 Схеми сполучення обмоток статора АД.

Доливо-Добровольський першим створив двигун з короткозамкненим ротором і досліджував його властивості. Він з'ясував, що у таких двигунів є дуже серйозний недолік - обмежений пусковий момент. Доливо-Добровольський назвав причину цього недоліку - сильно закорочений ротор. Їм же була запропонована конструкція двигуна з фазним ротором.

У двигунів з фазним ротором в пазах ротора розташовують трифазну ізольовану обмотку, яка подібна обмотці статора. Фази ротора з'єднують зіркою або трикутником. Їх початки під'єднують до трьох контактних кілець які розміщені на валу і ізольованих як від вала так і поміж собою. Ці кільця жорстко закріплені на валу і обертаються разом з ним. До кілець через щітки при пуску двигуна для регулювання обертання приєднують реостат (R), що дозволяє зменшити пускові струми. Сердечник ротора виготовляють із металевих пластин 0,5 мм, ізольованих одна від одної. Оскільки на роторі немає колекторного вузла, ротор не має ковзних контактів, двигун дуже простий щодо обслуговування, надійний у роботі, дешевий, легкий та

економічний. Це двигун "основного виконання".

На рисунку5 приведений вид асинхронної машини з фазним ротором в розрізі: 1 - станина, 2 - обмотка статора, 3 - ротор, 4 - контактні кільця, 5 - щітки.

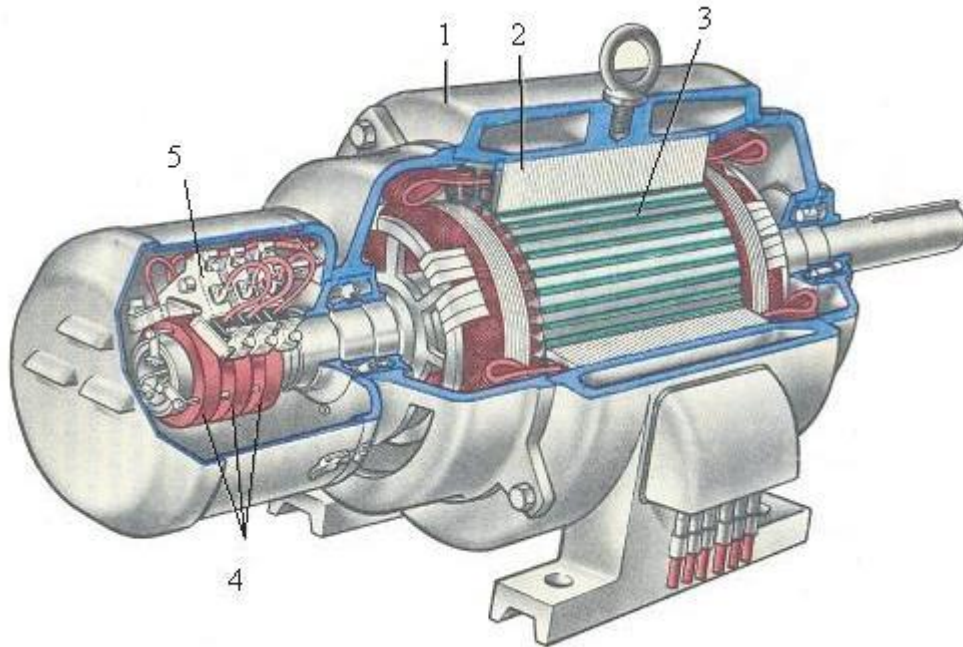


Рис.5 Вид асинхронної машини з фазним ротором в розрізі.

У фазного ротора трифазного АД обмотка виконується трифазною, аналогічно обмотці статора, з тим же числом пар полюсів. Витки обмотки закладаються в пази сердечника ротора і з'єднуються за схемою зірка. Кінці кожної фази з'єднуються з контактними кільцями, закріпленими на валу ротора, і через щітки виводяться в зовнішнє коло. Контактні кільця виготовляють з латуні або сталі, вони мають бути ізольовані один від одного і від валу. В якості щіток використовують металографітні щітки, які притискаються до контактних кілець за допомогою пружин щіткотримачів, закріплених нерухомо в корпусі машини.

На щитку машини, закріпленому на станині, наводяться дані:

P_n , U_n , I_n , n_n , а також тип машини.

- P_n - це номінальна корисна потужність(на валу)
- U_n і I_n - номінальні значення лінійної напруги і струму для вказаної схеми з'єднання. Наприклад, 380/220, Y/Δ, $I_n Y/I_n Δ$.
- n_n - номінальна частота обертання в про/хв.

Тип машини, наприклад, заданий у вигляді 4АН315S8. Це асинхронний двигун (А) четвертої серії захищеного виконання. Якщо буква Н відсутня, то двигун закритого виконання.

- 315 – висота осі обертання в мм;
- S - настановні розміри (вони задаються в довіднику);
- 8 – число полюсів машини.

2 Графічне позначення АД

За стандартом передбачені спрощений та розгорнений способи графічного позначення асинхронних машин. У спрощеному способі обмотки статора та ротора зображуються у вигляді кілець. У розгорнутих позначеннях обмотка статора зображається у вигляді ланцюжка півкілець, а обмотка ротора - у вигляді кільця.

На рис. 6 наведено спрощене та розгорнене графічне зображення короткозамкненого асинхронного двигуна. На рис. 7 наведено спрощене та розгорнене позначення асинхронної машини з фазним ротором.

В обох випадках обмотка статора з'єднана у "трикутник".

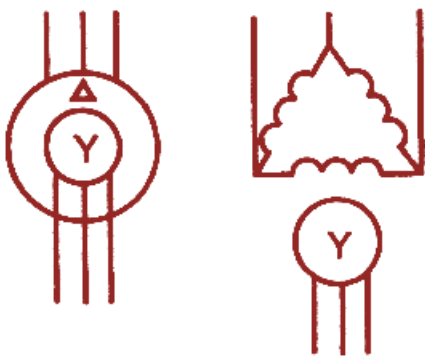


Рис.6 Спрощене а) та розгорнене б) графічне зображення зображення АД з короткозамкненим ротором

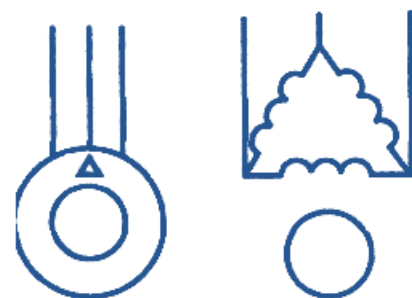


Рис.7 Спрощене та розгорнене графічне зображення АД з фазним ротором

3 Принцип роботи АД

Робота АД основана на принципі електромагнітної індукції. Обертове магнітне поле яке збуджується струмами в обмотці статора, перетинає провідники обмотки ротора і індукуює в цій обмотці ЕРС. Якщо обмотка ротора замкнена на якийсь опір або накоротко то в ній під дією індукованої ЕРС виникнуть змінні струми взаємодія яких в обмотці ротора з магнітним полем обмотки статора створюють обертаючий момент який приводить

ротор до обертання. Напрямок всякого індукованого струму такий що він протидіє причині яка його визвала. Тому струми в проводах обмотки ротора прагнуть стримувати обертове поле статора і не в змозі це зробити приводять ротор до обертання так що він слідує за полем статора. Таким чином сукупність цих сил F (направлення визначають за правилом лівої руки) створюють обертаючий момент M , який приводить ротор до обертання зі швидкістю n_2 в напрямку обертання магнітного поля. Електрична енергія яка надходить із мережі в обмотку статора перетворюється в механічну енергію обертового ротора яка через вал двигуна передається в навантаження тобто в механізм. Швидкість обертання ротора n_2 – асинхронна швидкість, завжди менша синхронної швидкості обертання магнітного поля n_1 , тобто

$$n_1 > n_2$$

Ротор ніби то ковзає вздовж магнітного поля, тому створюється змінне магнітне поле по відношенню до провідників обмотки ротора, що приводить до виникнення ЕРС індукції, а відповідно і струму ротора. Якщо

$$n_1 = n_2$$

Ротор обертатися не буде так як магнітне поле буде нерухомим по відношенню до провідників обмотки ротора.

Швидкість ковзання визначається по формулі :

$$n_s = n_1 - n_2,$$

а ковзання:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

При нерухомому роторі $s = 1$ (100%)

При $n_1 = n_2$ $s = 0$

При нормальній роботі $s = 1 - 6\%$

Частота струму в обмотці обертового ротора f_2 пропорціональна ковзанню s . Для АД вона невелика і при $f_1 = 50$ Гц не перебільшує декількох Гц, так при $s = 5\%$ $f_2 = 2,5$ Гц. Частота струму в обмотці обертового ротора f_2 можна визначити по формулі

$$f_2 = \frac{pn_s}{60} = \frac{p(n_1 - n_2)}{60} = f_1 s$$

Із цієї формули можна зробити висновок. Що від ковзання залежить і частота струму в обмотці обертового ротора f_2 .

ВИСНОВОК

Трифазна обмотка статора створює обертове магнітне поле. Швидкість обертання поля залежить тільки від частоти струму та кількості пар полюсів обмотки статора:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p},$$

де n_1 — швидкість обертання поля (об/хв);

f_1 — частота струму в обмотці статора;

p — число пар полюсів.

Обертове магнітне поле перетинає стержні "білячого колеса" і наводить у них ЕРС. Оскільки стержні замкнені кільцями, ЕРС індукує в них струм. Взаємодія обертового магнітного поля із струмом у стержнях створює обертальний електромагнітний момент. Якщо ротор розігнати до швидкості обертового поля, то магнітні силові лінії не перетинатимуть стержнів і не буде наводитися ЕРС.

У цьому разі не створюватиметься обертальний електромагнітний момент. Тобто машина працює тільки тоді, коли

$$n_1 \neq n_2,$$

де n_1 , — швидкість обертання поля (об/хв — синхронна швидкість);

n_2 — швидкість обертання ротора (об/хв — асинхронна швидкість).

Взагалі асинхронна машина, як і всі електричні машини, оборотна, тобто при

$n_1 > n_2$ машина працює у режимі двигуна;

$n_1 < n_2$ машина працює у режимі генератора;

$n_1 = n_2$ — штучний режим ідеального неробочого (холостого) ходу.

Якщо поле обертається в один бік, а ротор обертається сторонньою силою в інший бік, то машина працює у режимі електромагнітного гальма.

Вводять величину S (ковзання), що характеризує асинхронність:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

Ця величина визначається у частках одиниці або відсотках і коливається у межах 0,02...0,05.

Питання для самоконтролю

- 1 Назвіть вузли статора електричної машини.
2. Що називають ротором?
3. Яка частина машини виконує корпусну функцію?
4. Яка деталь набирається з ізольованих пластин електротехнічної сталі завтовшки 0.5 мм?
5. За допомогою чого обмотка закріплюється в пазах?

Література

Паначевний Б.Т., Свергун Ю.Ф. «Загальна електротехніка, теорія і практикум».
Київ. Каравела. 2004 §10.1-10.4

ТЕМА: ДВИГУНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З РІЗНИМИ СПОСОБАМИ ЗБУДЖЕННЯ.

Мета: Засвоєння принципу дії та основних рівнянь, що характеризують властивості і процеси, що відбуваються в двигунах постійного струму.

План:

- 1 Призначення та види двигунів постійного струму.
- 2 Принцип дії та основні рівняння двигунів постійного струму.
3. Класифікація двигунів
4. Характеристики ДПС
- 5.Втрати в машинах постійного струму

1 Призначення та види двигунів постійного струму.

Перший електродвигун був винайдений в 1834 році Б.С. Якобі, який в 1838 році використовував його для приведення в рух човна.

Принцип дії заснований на взаємодії сили струму, який проходить по провідниках обмотки якоря і магнітного поля полюсів індуктора.

Взаємодія струму якоря з полем збудження створює на якорі електромагнітний момент M , який є обертовим (у генераторі - гальмо).

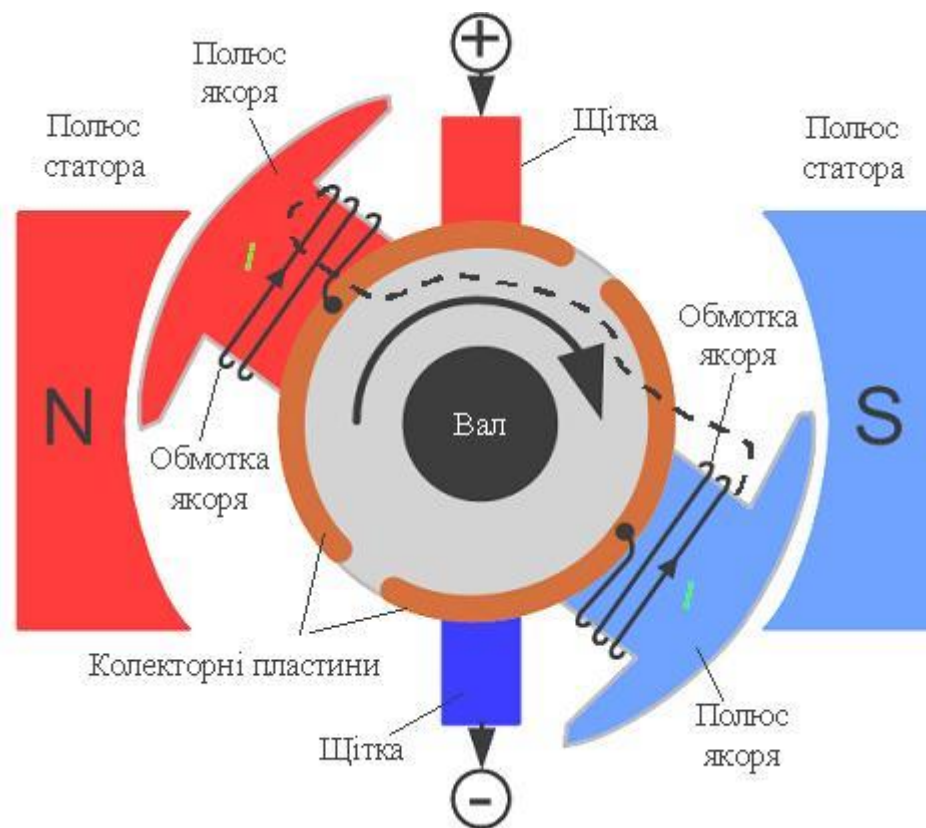
Під його дією якір обертається. У обмотці якоря одночасно виникає електрорушійна сила індукції, напрям якої можна визначити за правилом правої руки, а напрям обертання якоря за правилом лівої руки. Напрямок цієї електрорушійної сили протилежний струму якоря тому її називають проти - ЕРС.

2 Принцип дії та основні рівняння двигунів постійного струму.

Машина постійного струму мають властивість зворотності, тобто вони

можуть працювати як у режимі генератора, так і в режимі двигуна. Тому якщо машину постійного струму підключити до джерела енергії постійного струму, то в обмотці збудження і в обмотці якоря машини

з'являться струми.



Взаємодія струму якоря з полем збудження створює на якорі електромагнітний момент M , що є не гальмівним, як це мало місце в генераторі, а обертовим.

Під дією електромагнітного моменту якоря машина почне обертатися, тобто машина буде працювати в режимі двигуна, споживаючи з мережі електричну енергію і перетворюючи її в механічну. У процесі роботи двигуна його якорь обертається в магнітному полі. В обмотці якоря індукуються ЕРС E_a , напрямком якої можна визначити за правилом «правої руки». Вона не відрізняється від ЕРС, що наводиться в обмотці якоря генератора. У двигуні ж ЕРС спрямована проти струму I_a , і тому її називають протиелектрорушійною силою (противо-ЕРС) якоря.

Для двигуна, що працює з постійною частотою обертання,

$$U = E_a + I_a \sum R. \quad (1)$$

З (1) видно, що підведена до двигуна напруга врівноважується противо-ЕРС обмотки якоря і спаданням напруги в колі якоря. На підставі (1) струм якоря

$$I_a = \frac{U - E_a}{\sum R} \quad (2)$$

де U, I_a – напруга та струм в колі обмотки якоря;

$\sum R$ - опір в колі якоря

3. Класифікація двигунів

Виходячи з вимог сучасного електропривода в основу створення нового покоління машин серії 4П покладені наступні принципи диференціації двигунів постійного струму:

- по регульовальних властивостях: двигуни з нормальним регулюванням - до 1:5 і двигуни з широким регулюванням - до 1:1000;
 - по типу конструкції: закриті, захищені;
 - за умовами експлуатації: нормальні, з важкими умовами експлуатації.
- Двигуни потужністю до 10 кВт з нормальними регульовальними

властивостями становлять майже 2/3 загальної потреби галузей народного господарства в машинах постійного струму. З метою значного зниження (в 2 - 3 рази) трудомісткості виготовлення таких двигунів у новій серії реалізована ідея уніфікації конструкції машин постійного струму з асинхронними двигунами.

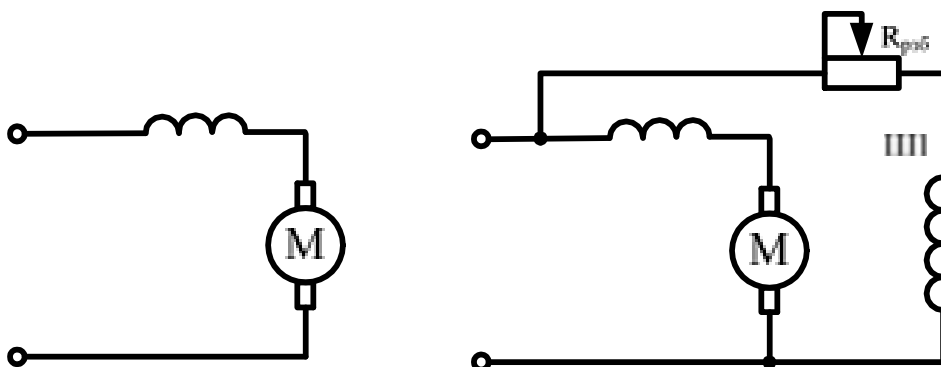
За способом живлення обмотки збудження розрізняють наступні типи двигунів постійного струму:

– з незалежним збудженням - обмотка збудження ДПС отримує живлення від стороннього джерела постійного струму; (рис. 2, а)

– з паралельним збудженням - обмотка збудження ДПС (шунтова обмотка) та обмотка якоря підключені паралельно мережі живлення; (рис. 2, б)

– з послідовним збудженням - обмотка збудження ДПС (серієсна обмотка) підключена послідовно з обмоткою якоря і мережею живлення; (рис. 2, в)

– зі змішаним збудженням - використовуються дві обмотки збудження: одна підключається паралельно джерела живлення (шунтова обмотка), друга (серієсна обмотка) послідовно з обмоткою якоря. (рис. 2, г)



Я1-Я2 – обмотка якоря; Н1-Н2 – обмотка незалежного збудження; Ш1-Ш2 – обмотка паралельного збудження; С1-С2 – обмотка послідовного збудження. Рисунок 2 - Схема двигуна постійного струму незалежного (а), паралельного (б), послідовного (в) і змішаного (г) збудження

4. Характеристики ДПС

Експлуатаційні можливості двигунів постійного струму визначається їх робочими характеристиками: $M=f(P_2)$ при $U=\text{const}$; $i_{36}=\text{const}$

Швидкісними характеристиками $n=f(P_2)$ при $U=\text{const}$

Механічними характеристиками

$$n=f(M) \text{ при } U=\text{const}; i_{36}=\text{const}$$

Механічна характеристика при відсутності додаткового опору в колі якоря називають природною (пряма1), а при введенні додаткових опорів в коло якоря штучними характеристиками (прямі 2,3)

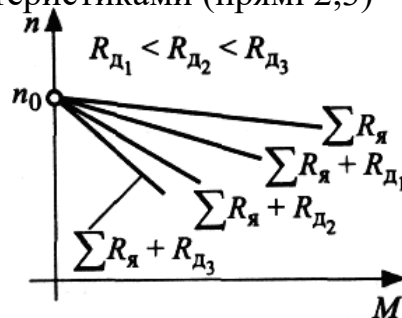


Рис. 1 Механічні характеристики

Механічна характеристика вважається жорсткою (число обертів якоря незначно залежить від електромагнітного моменту). Двигун має стійкі оберти

не $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$. робочого ходу:

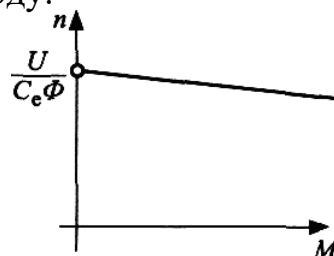


Рис.2 Жорстка механічна характеристика

ДВИГУНИ НЕЗАЛЕЖНОГО ТА ПАРАЛЕЛЬНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Паралельне збудження ДПТ

Принцип дії двигуна постійного струму паралельного збудження визначається його механічною характеристикою, тобто залежність швидкості обертання від навантажувального моменту на його валу.



Для такого двигуна зміна швидкості при переході від холостого обертання до номінального моменту навантаження становить від 2 до 10%. Такі механічні характеристики називаються жорсткими.

Таким чином, принцип дії двигуна постійного струму з паралельним збудженням обумовлює його застосування в приводах з постійною швидкістю обертання при великому діапазоні зміни навантаження. Проте він широко використовується і в регульованому електроприводі з змінною швидкістю обертання. При цьому для регулювання його швидкості може застосовуватися як зміна струму якоря, так і струму збудження.

ДВИГУНИ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Особливістю двигунів послідовного збудження є те, що струм якоря є також і струмом збудження, тобто $I_a = I_f$. Основний магнітний потік пов'язаний із струмом якоря, тобто має місце пропорційність $\Phi \sim M$.

Механічна характеристика двигуна послідовного збудження м'яка (рис. 3), тобто число обертів якоря значною мірою залежить від електромагнітного моменту. Двигун послідовного збудження витримує великі перевантаження при помірному підвищенні струму та стійко працює при значно знижених

обертах якоря. При малих навантаженнях оберти нескінченно підвищуються, двигун "іде її рознос". Двигуни такого типу треба використовувати з постійним навантаженням на валу. Розвантажувати такий двигун не можна.

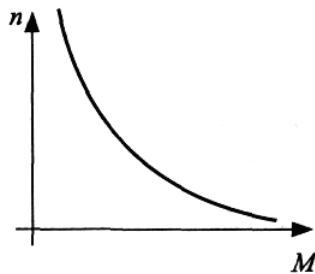


Рис.3 Механічна характеристика двигуна послідовного збудження

ДВИГУНИ ЗМІШАНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Особливістю двигуна змішаного збудження є те, що магнітний потік створюється двома обмотками. Механічна характеристика двигуна змішаного збудження (компаундного двигуна) є проміжною між характеристиками двигуна паралельного та послідовного збудження.

На рис. 4 наведені механічні характеристики двигунів із різними способами збудження. Розрізняють два типи компаундних двигунів. У двигунах послідовно-паралельного збудження переважає послідовне збудження. Механічна характеристика досить м'яка, але двигуна не боїться розвантаження, тобто збільшення обертів при розвантаженні двигуна обмежене. У двигунах паралельно-послідовного збудження переважає паралельне збудження. Механічна характеристика такого двигуна жорстка, але м'якша, ніж характеристика двигуна паралельного збудження.

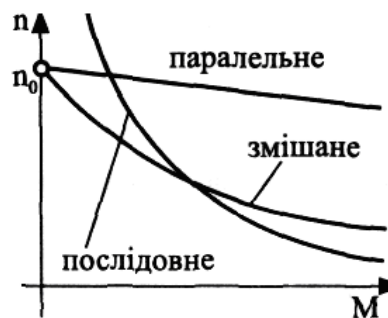


Рис.4 механічні характеристики двигунів із різними способами збудження

РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ ЯКОРЯ

Великою перевагою двигунів постійного струму є можливість регулювання швидкості обертання якоря у широких межах кількома досить простими способами.

Регулювання швидкості обертання якоря можна розглянути на прикладі двигуна паралельного (незалежного) збудження. Рівняння механічної характеристики такого двигуна має вигляд:

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{M \sum R_{я}}{C_e C_m \Phi^2}.$$

Із цього виразу випливає, що є три способи регулювання швидкості обертання якоря:

- зміною напруги;
- зміною опору кола якоря;
- зміною магнітного потоку.

Регулювання зміною напруги використовується у системах "генератор - двигун". При зміні напруги другий член рівняння механічної характеристики (характеризує нахил прямої) не змінюється. Тому усі прямі будуть паралельні одна одній (рис. 5).

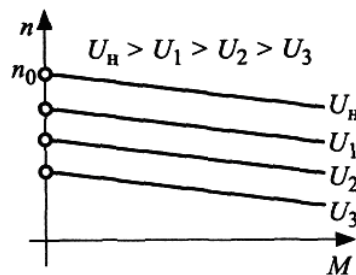


Рис.5 Механічні характеристики при регулюванні зміною напруги

Характеристики різняться обертами неробочого (холостого) ходу (першим членом рівняння). Цим способом можна регулювати оберти у дуже широких межах, аж до зупинки якоря. Недоліком цього способу є необхідність використання джерела з регульованою ЕРС.

Регулювання швидкості обертання якоря введенням додаткового опору у

коло якоря також дає змогу змінювати оберти у широких межах (до зупинки якоря). При збільшенні опору кола якоря збільшується другий член рівняння механічної характеристики, тобто збільшується нахил прямих (рис. 6). Цей спосіб не вигідний з енергетичної точки зору — виникають додаткові втрати на регулюючому реостаті.

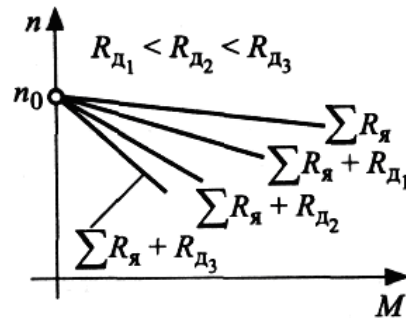


Рис. 6 Регулювання швидкості обертання якоря введенням додаткового опору

Змінюючи струм збудження, можна змінювати магнітний потік статора. При зменшенні потоку збільшується перший та зменшується (у квадраті) другий член рівняння механічної характеристики. Тобто є зона, де при послабленому потоці швидкість обертання буде більшою, ніж швидкість при номінальному потоці

(рис. 7). Але при зменшенні струму збудження до нуля швидкість обертання буде обмеженою:

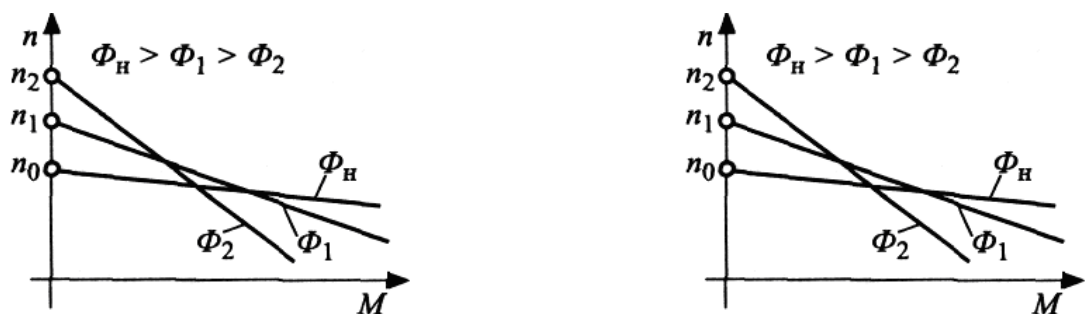


Рис.7 Механічна характеристика при Зміні струму збудження

Цей спосіб є ефективнішим. Зазвичай використовують різні способи регулювання або їх комбінації в залежності від конкретних умов експлуатації двигуна.

5. ВТРАТИ У МАШИНАХ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Втрати та ККД машини можна розглянути на прикладі двигуна паралельного збудження. $\eta = \frac{P_2}{P_1}$, ККД двигуна:

де P_2 — корисна потужність на валу,

P_1 — потужність, що споживається з мережі.

Корисна потужність на валу: $P_2 = M_2\omega$,

де M_2 — реальний обертальний момент на валу. Потужність, що споживається з мережі, $P_1 = UI_{\text{дв}} = U(I + I_3)$,

тобто враховуються втрати енергії і в обмотці збудження.

Таким чином, ККД можна визначити за формулою: $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P}$,

де $\sum P$ — сумарні втрати у двигуні.

Сумарні втрати складаються з таких видів втрат:

1. Втрати в обмотці збудження: $P_3 = I_3U = I_3^2R_3$.

2. Втрати в обмотці якоря: $P_я = I^2 \sum R_я$

3. Втрати механічні $P_{\text{мех}}$ — це втрати від тертя, охолодження двигуна та інше. Вони залежать від особливостей експлуатації, і точно розрахувати їх неможливо.

4. Втрати магнітні у якорі ($P_{\text{м.я.}}$) пов'язані з явищем реакції якоря.

Таким чином, $\sum P = P_3 + P_я + P_{\text{мех}} + P_{\text{м.я.}}$

З енергетичної діаграми (рис. 8)

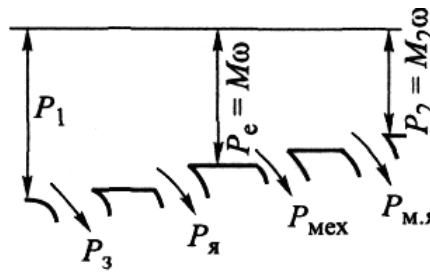


Рис.8 Енергетична діаграма

бачимо, що електромагнітна потужність (P_e) відрізняється від P на втрати в обмотках збудження та якоря: $P_1 - P_e = P_3 + P_я$

Оскільки втрати моменту ($M_в$), які залежать від $P_{мех} + P_{м.я}$, теоретично визначити важко, механічна характеристика будується щодо електромагнітного моменту. Щоб знайти реальний момент M_2 , необхідно зсунути пряму паралельно собі на величину втрат $M_в$ (рис. 9).

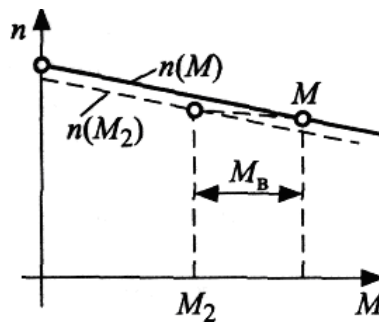


Рис.9 Механічна характеристика

ККД машини постійного струму залежить від її потужності та навантаження (рис. 10).

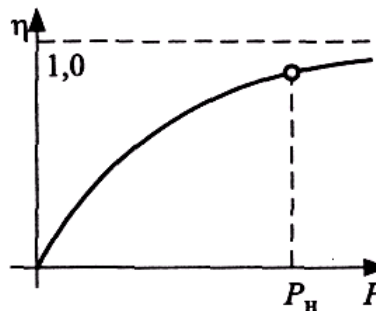


Рис 10 Залежить ККД машини постійного струму від її потужності

ККД машини змінюється від нуля (при неробочому ході) до найбільшого (при номінальній потужності). ККД машин промислового використання

становить 80...90%. В авіаційних двигунах та генераторах постійного струму
ККД

Питання для самоконтролю самоконтролю

1. Що таке оборотність машин постійного струму?
2. Опишіть принцип роботи й пристрій двигуна постійного струму.
3. Що потрібно зробити для того, щоб поміняти напрямок обертання двигуна постійного струму?
4. Від чого залежить швидкість обертання двигуна постійного струму і як її можна регулювати?
5. Перелічіть способи збудження двигунів постійного струму й надайте відповідні схеми їх включення.
6. Чому надмірне зменшення струму збудження або випадковий обрив цього ланцюга дуже небезпечні для двигунів з паралельним і незалежним збудженням?
7. Чому значне зменшення навантаження небезпечно для двигунів з послідовним збудженням?
8. Завдяки чому двигуни з послідовним збудженням легко переносять більші короточасні перевантаження й розвивають великий пусковий момент?
9. Особливості двигунів постійного струму зі змішаним збудженням.

Список літератури

- Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 2005. – §§ 9.9 – 9.12 (с. 269 – 281).
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. – 15-е изд., стереотипное – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – §§10.5 – 10.6 (с. 251 – 259).
- .7 (с. 30 - 32).

Тема. Електричні виміри та електровимірювальні прилади.

Вимірювання – це процес порівняння дослідним шляхом фізичної величини X з її одиницею M , результат якого виражається числом D , тобто

$$X = MD, \text{ або } D = \frac{X}{M}$$

Вимірювальний прилад - пристрій, за допомогою якого виробляється сигнал вимірювальної інформації і подається у формі доступній сприйняттю спостерігачем.

За родом вимірювальної величини електровимірювальні прилади розподіляються на :

- 1) вимірники напруги – вольтметри V ;
- 2) вимірники струму – амперметри A ;
- 3) вимірники опору - омметри Ω ;
- 4) вимірники активної потужності – ватметри W ;
- 5) вимірники електроенергії – лічильники кіловатт-годин kWh ;
- 6) вимірники зсуву фаз – фазометри φ ;
- 7) вимірники частоти - частотоміри Hz

Існують також комбіновані прилади, які дозволяють проводити виміри різних величин.

Прилади поділяються на аналогові і цифрові.

За принципом дії і конструктивною реалізацією прилади можуть бути електромеханічними або електронними.

Бувають слідуєчи принципи дії електромеханічних приладів:

- магнітоелектрична система;
- електродинамічна система;
- електромагнітна система;
- індукційна система;
- феродинамічна система.

На лицьовій панелі електровимірювальних приладів зображуються умовні позначення, які дозволяють правильно вибрати й експлуатувати прилад.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ПРИЛАДИ

Електричні вимірювання забезпечують раціональне ведення різноманітних виробничих процесів, безперебійну роботу електроустановок, краще їх використання, економію палива і сировини, , що при величезних

масштабах нашого соціалістичного виробництва має дуже важливе народногосподарське значення.

Тепер Радянський Союз має електроприладобудівну промисловість, яка виготовляє найрізноманітніші електровимірювальні прилади для промисловості і наукових установ.

Виміряти будь-яку величину — це означає порівняти її з іншою величиною того ж роду, умовно прийнятою за одиницю вимірювання.

Точно виготовлений зразок величини, прийнятої за одиницю вимірювання, називається мірою.

Пристрій, за допомогою якого вимірювана величина порівнюється з одиницею вимірювання, називається вимірювальним приладом.

Міри і прилади поділяються на зразкові і робочі. Перші застосовуються для зберігання і відтворення одиниць, а також для перевірки та градування робочих мір і вимірювальних приладів. Робочі міри і робочі вимірювальні прилади застосовуються для практичних вимірювань.

При будь-якому вимірюванні результат вимірювання трохи відрізняється від дійсного значення вимірюваної величини. За дійсне значення вимірюваної величини приймають значення, яке визначається за допомогою зразкових приладів, перевірюваних за допомогою порівняння їх з еталонами Всесоюзного науково-дослідного інституту метрології ім. Д. І. Менделєєва (ВНИИМ).

Різниця між виміряним і дійсним значеннями величини називається абсолютною погрішністю вимірювання. Вона позначається літерою D , яку ставлять перед літерою, що означає вимірювану величину.

Якість вимірювання оцінюється відносною погрішністю вимірювання. Ця погрішність є виражене у процентах відношення абсолютної погрішності вимірювання до значення вимірюваної величини.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБАДІВ

Електровимірювальні прилади можна поділити на дві основні групи:

а) прилади безпосередньої оцінки і б) прилади порівняння.

Прилад безпосередньої оцінки дає числове значення вимірюваної величини по пристрою з відліком. Наприклад, до таких приладів належать, амперметр, ватметр, лічильник.

Приладом порівняння порівнюють вимірювану величину з мірою (без застосування якої ним не можна робити вимірювання), наприклад, міст для вимірювання опору (див. параграф 8).

В електротехнічній практиці найбільшого поширення дістали прилади безпосередньої оцінки як найбільш прості і дешеві, а також такі, які потребують найменшої витрати часу для проведення вимірювань. Прилади порівняння звичайно застосовуються для більш точних вимірювань.

Електровимірювальні прилади за родом вимірюваної величини поділяються на групи, подані в табл. 9.









За принципом будови і дії (за системами) електровимірювальні прилади поділяються на групи, подані в табл. 10.



Різноманітність систем вимірювальних приладів пояснюється, з одного боку, різноманітністю умов і вимог при вимірюванні електричних величин, а з другого, — різноманітністю властивостей приладів різних систем.

Згідно з Державним загальносоюзним стандартом (ГОСТ1845—52) прилади безпосередньої оцінки, крім лічильників, за ступенем точності поділяються на сім класів: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. На шкалах приладів числа, які показують клас точності, обведені колами.

Числа, які показують клас точності приладу, означають основні зведені погрішності приладів. Основною зведеною погрішністю називається виражене в процентах відношення найбільшої можливої абсолютної погрішності приладу (Δx), який перебуває у нормальних умовах, до номінальної величини (Δ_H).

Таблиця 9

Рід вимірюваної величини	Назва приладу	Умовне позначення
Струм	Амперметр	
Напруга	Вольтметр	
Електрична потужність	Ватметр	
	Кіловатметр	
Електрична енергія	Лічильник гектоват-годин	
	Лічильник кіловат-годин	
Зсув фаз	Фазометр	
Частота	Частотомір	

Електричний опір	Омметр	
	Мегомметр	

Номинальною величиною називається верхня границя вимірювання приладу. Отже, зведену погрішність приладу можна виразити так:

$$\gamma_{\text{прил}} = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100\% \quad (6.1)$$

У загальному випадку погрішність може бути додатною або від'ємною.

Таблиця 10

Система	Знак системи	Значення знака	Знак
Магнітоелектрична		Постійний струм	—
Детекторна (випрямна)		Змінний струм	~
Термоелектрична		Постійний і змінний струм	≈
Електромагнітна		Трифазний струм	3~
Електродинамічна		Частота 50 гц	~50
Феродинамічна		Трифазний струм частотою 50 гц	3~50
Індукційна		Ізоляція приладу, випробувана напругою 2 кв	
Електростатична		Вертикальне встановлення приладу	↑
Вібраційна (резонансна)		Горизонтальне встановлення приладу	→
		Похиłe встановлення приладу під кутом 60°	

Відносною погрішністю вимірювання будь-якої величини при визначенні цієї величини по приладу називають виражене в процентах відношення найбільшої можливої абсолютної погрішності приладу до знайденого значення цієї величини (x_1). Таким чином, відносну погрішність при вимірюванні приладом величини x_1 можна виразити так:

$$\gamma_{x_1} = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100\%. \quad (6.2)$$

Помноживши і поділивши останній вираз на номінальну величину приладу, одержимо:

$$\gamma_{x_1} = \frac{\Delta x}{x_1} \cdot 100\%; \quad \frac{x_H}{x_H} = \frac{\Delta x}{x_H} \cdot 100\%; \quad \frac{x_H}{x_1} = \gamma_{\text{прил}} \frac{x_H}{x_1}. \quad (6.3)$$

З формули (6.3) видно, що погрішність вимірювання дорівнює

погрішності приладу, помноженій на відношення номінальної величини приладу до вимірюваної величини.

Приклад. Визначити погрішність при вимірюванні струму амперметром класу точності 1,5 з номінальним струмом $I_n = 50\text{а}$, якщо показання амперметра $I_1 = 20\text{ а}$.

Погрішність (найбільша можлива) при вимірюванні струму

$$\gamma_{I_1} = \gamma_{\text{прил}} \frac{I_n}{I_1} = \pm 1,5 \frac{50}{20} = \pm 3,75 \%$$

Погрішність при вимірюванні величини приладом тим більша, ним менша вимірювана величина у порівнянні з номінальною величиною приладу; отже, вимірювані величини повинні мати значення, які відповідають другій половині шкали.

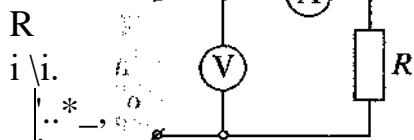
Електротехніка

Д2.4. Вимірювання опору

Найпростішим способом вимірювання опору є метод ампер-метра-вольтметра (рис. Д2.6), й при цьому $R = \frac{U}{I}$. Якщо $R_A \neq 0$, то опір R_A вносить похибку вимірювання, й тому таку схему використовують для вимірювання великих опорів ($R \gg R_A$).

Для вимірювання малих опорів використовують схему за рис. Д2.6, б). В цьому випадку $R \ll R_A$.

а) б)



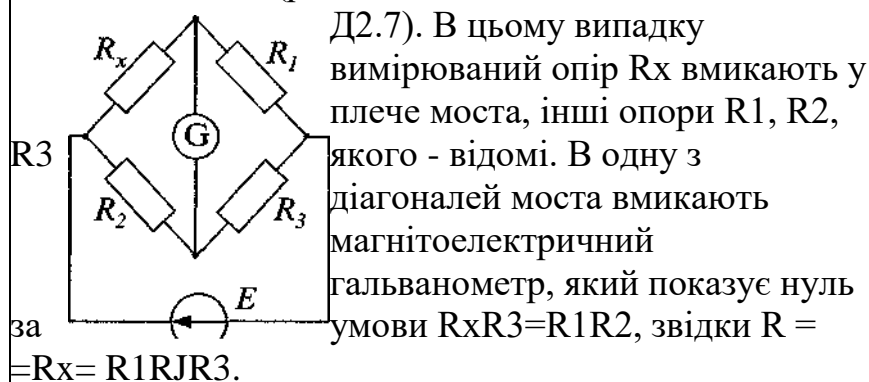
а) б)

- Рис. Д2.6. Схема

вимірювання опору ■ J

Безпосереднім методом вимірювання опору є використання омметра. Прилад має набір додаткових опорів та сталу ЕРС, велику похибку і нерівномірну шкалу.

Для точнішого вимірювання використовують мостовий метод (рис.



Д2.7). В цьому випадку вимірюваний опір R_x вмикають у плече моста, інші опори R_1, R_2 , якого - відомі. В одну з діагоналей моста вмикають магнітоелектричний гальванометр, який показує нуль за умови $R_x R_3 = R_1 R_2$, звідки $R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$.

Вимірювальні мости мають декілька діапазонів й вимірюють опори від 0,01 Ом до 10 Мом.

Для вимірювання великих опорів (опір ізоляції) використовують мегометр - магнітоелектричний логометр з генератором ручного приводу. При частоті - 100 об/хв. генерується напруга 1 000 В або 2 500 В, що дає змогу вимірювати опір ізоляції.

Інформаційно-довідковий матеріал

< <" ' Д2.5. Похибки вимірювання та похибки вимірювальних приладів ;...;

Для характеристики точності вимірювальних приладів використовують поняття похибки, які кваліфікують:

■=> за способом виразу (абсолютні, відносні та приведені);

=> за характером прояву (систематичні, випадкові, промахи);

с* за умовами експлуатації.

Абсолютна похибка - це різниця між вимірюваним і дійсним значенням величини:

$\Delta A = A - A_0$ де A - вимірювана величина; A_0 - дійсна величина, що виміряна точнішим приладом.

Відносна похибка - це відношення абсолютної похибки до

вимірюваного значення у відсотках: $\delta = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$

$\delta = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$

$\delta = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$

Лі-

Приведена похибка - це відношення абсолютної похибки до щомінального значення вимірювального приладу у відсотках:

$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} \cdot 100\%$

$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} \cdot 100\%$

4

Якщо абсолютна та відносна похибки характеризують точність вимірювання, то приведена похибка характеризує точність вимірювального приладу. За приведеною похибкою визначають

клас точності:

ппі-і'щощіквії :

$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{ном}}} \cdot 100\%$, кл.т. і

Систематична похибка зумовлена недосконалістю вимірювального приладу, впливом зовнішніх умов.

Цю похибку можна врахувати за допомогою відповідних поправок.

Випадкова похибка виникає при випадкових чинниках, які не можна безпосередньо врахувати.

420

Електротехніка

Приклад Д2.1. Вимірювальним приладом з $I_A=2A$ виміряно струм $I=1,25 A$. Обчислити приведену похибку, якщо абсолютна похибка $\Delta I=0,02 A$.

Розв'язок. Приведена похибка амперметра: $\delta = \frac{\Delta I}{I} = \frac{0,02}{1,25} = 1,6\%$;

клас точності II

Приклад Д2.2. Вольтметром з класом точності (кл.т.) 1,5 з

границею вимірювання $U_n=10V$ виміряно напругу $80V$. Обчислити абсолютну та відносну похибки.

Розв'язок. Абсолютну похибку знаходимо за виразом:

$\Delta U = \pm 1,5\% \cdot U_n = \pm 1,5\% \cdot 10V = \pm 0,15V$

$\Delta U = \pm 0,15V$

$\delta = \frac{\Delta U}{U} = \frac{0,15}{80} = 0,1875\%$

клас точності 1,5

Відносна похибка: $\delta = 0,1875\%$

$\delta = 0,1875\%$

$U = 80V$

Приклад Д2.3. Амперметр з верхньою межею $I_n=10A$, числом поділок $0C012x=100$ поділок має клас точності 0,5. При вимірюванні струму стрілка відхилилася на 55 поділок. Обчислити відносну похибку та значення струму. Розв'язок. Ціна поділки:

$c = \frac{I_n}{N} = \frac{10A}{100} = 0,1 A/\text{под.}$

$I = c \cdot N = 0,1 A/\text{под.} \cdot 55 = 5,5 A$

Вимірюваний струм:

$I = c \cdot N = 0,1 \cdot 55 = 5,5 A$

Абсолютна похибка:

$\Delta I = 0,5\% \cdot I_n = 0,5\% \cdot 10A = 0,05 A$

клас точності 0,5

Відносна похибка: $\delta = \frac{\Delta I}{I} = \frac{0,05}{5,5} = 0,91\%$

$\delta = 0,91\%$

$\delta = 0,91\%$

Інформаційно-довідковий матеріал

У. . . і- • , '1

Таблиця ДЗ. 1 Утворення кратних і дільних одиниць вимірювання

Приста вка	Скор о- чення	Множ ник	Приста вка	Скор о- чення	Множ ник
Тера	Т	10 ¹²	Санти	С	10 ⁻²
Гіга	Г	10 ⁹	Мілі	М	10 ⁻³
Мега	М	10 ⁶	Мікро	МК	10 ⁻⁶
Кіло	К	10 ³	Нано	Н	10 ⁻⁹
Гекто	г	10 ²	Піко	п	10 ⁻¹²
Лека	ла	10 ¹	Фемто	Ф	10 ⁻¹⁵
Лещи	л	10 ⁰	Атто	а	10 ⁻¹⁸

Таблиця ДЗ.2 Одиниці вимірювання електричних та магнітних величин

Назва величини	Одиниця	Скорочене
Сила	ампер	А
Електрична Напруженість	вольт	В
Електричний Електрична	вольт на метр	В/м
Електричний Електрична	Ом	Ом
Електрична Індуктивність	сіменс	Ст
Електрична Індуктивність	фарادا	Ф
Магнітна Магнітний	генрі	Гн
Магнітна Магнітний	тесла	Тл
Магнітний Напруженість	вебер	Вб
Магнітний Напруженість	ампер на метр	А/м

Електротехніка

$$P = \operatorname{Re}[S] = \operatorname{Re}[707 - j707] = 707 \text{ Вт} = 0,707 \text{ кВт};$$

$$Q = \operatorname{Im}[S] = \operatorname{Im}[707 - j707] = -707 \text{ ВАР} = -0,707 \text{ кВАр};$$

$$S = |s| = |1000 \cdot \exp(-j45^\circ)| = 1000 \text{ ВА} = 1 \text{ кВА}.$$

Перевірка:

$$P = \sum V_i I_i = 2,72 \cdot 20 + 62 \cdot 4 + 7,652 \cdot 7 = 705$$

Вт, що

відповідає $\operatorname{Re}[S]$.

Для побудови векторної діаграми вибираємо

масштаби: $m = 30 \text{ В/см}$; $n = 2 \text{ А/см}$ Векторна діаграма

зображена на рис Д1.5, г.

Приклад Д1.5. Для знаходження струмів у схемі, зобра-

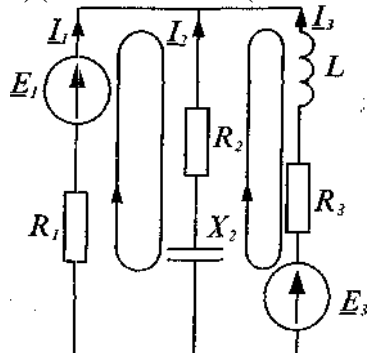
женої на рис. Д1.6, скласти систему рівнянь за методом рівнянь Кірхгофа та систему рівнянь.

Система рівнянь за методом рівнянь Кірхгофа:

$$V_{i+L+1} = \dots$$

$$R_1 I_1 - (R_2 - jX_2) I_2 = E_1; \text{ Д}$$

$$S)(R_2 - jX_2) I_2 - (R_3 + jX) I_3 = -E_3. \quad *$$



С
•/!»

./' :

Ту, - [viii](#).

.)' "{

WW

422 \ - ^" Рис. Д1.6. Схема до прикладу Д1.5 , :

Інформаційно-довідковий матеріал

Д2. Електровимірювальні прилади

О Електровимірювальні прилади - це технічні пристрої, що виробляють сигнали вимірюваної величини у формі, сприйнятній для спостерігача.

Д2.1. Класифікація приладів *.

Прилади поділяють:

за родом вимірюваної величини (постійна, змінна, трифазна). Електровимірювальні прилади дають змогу отримувати інформацію як про електричну величину, так і про неелектричну. Зазвичай на шкалі подається латинська літера одиниці, що вимірюється: V - вольтметри; A - амперметри; W - ватметри; kWh - лічильники енергії; ф - фазометри; Q - омметри; Hz - частотоміри тощо;

за фізичним принципом роботи вимірювального пристрою (електромагнітні та електронні). При цьому розділяють такі системи:

P] - магнітоелектричну; - електромагнітну; ■т р==\ _
електродинамічну;

W1 U

" Ш§| - феродинамічну;

UH Qd) _ індукційну;

0 - вібрацій

ну;

\i/ - випростувальну тощо;

-о

> за класом точності. Відповідно до стандарту клас точності визначається цифрою, яка дорівнює максимальній зведеній похибці приладу. Виділяють такі класи точності: 0,02; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0;

423

Електротехніка

за типом пристрою відліку. Поділяють на

+показуючі, +реєструючі, +самопишучі, +друкуючі,
+інтегруючі, +сумуючі. Прилади поділяють на
+аналогові (показчик - стрілка, світлова пляма тощо)
та +цифрові (показчик - цифра);

за стійкістю до механічних впливів. Прилади
поділяються залежно від значення максимального
прискорення при вібраціях на: +звичайні (ОП),
+нечутливі до вібрацій (ВН), +віброміцні (ВТІ),
+нечутливі до трясіння (ТН), +струсоміцні (ТП) і
+ударноміцні (У).

Залежно від умов експлуатації прилади поділяють на
такі групи:

■=> група А: температура (+10 -ь +35) °С, вологість
80;

о група Б: температура (-30 -*- +40) °С, вологість 90;

■Ф група В1: температура (-40 ■*- +50) 0С, вологість
95; (,

о група В2: температура (-50 -*- +60) 0С, вологість
95;

■=> група В3: температура (-50 -г- +80) 0С, вологість
98. ,а

Д2.2. Характеристики систем

електровимірювальних приладів " и' "

Принцип роботи стрілкових приладів базується на
рівності обертового ($M_{об}$) і протидійного ($M_{п}$)
моментів. В магнітоелектричних системах $M_{об} = I \Phi$,
 W - кількість витків, Φ - магнітний потік; I - струм, а
протидійний момент $M_{п} = \tau \alpha$, де τ - питомий
протидійний момент, α - кут відхилення стрілки
приладу. Величина ($X = CI$, звідки $C = \alpha/I$ - чутливість
приладу, яка характеризує клас точності. Шкала
приладів такої системи є рівномірною.

В електромагнітних системах $M_{об} = I \Phi$ — і — ? а
протидійний

$M_{п} = \tau \alpha$, звідси . ,

$1 \quad r^2 \quad dL \quad \bullet \quad \bullet \quad - \ll -$

■ « = — / ■ — . • * - , ■

$2m \quad da$

Цей вираз показує, що прилади цієї системи можуть
вимірювати як постійну величину, так і змінну.

Шкала приладу нерівномірна. При малих значеннях
вимірюваної величини прилади цієї системи є
малочутливими.

В приладах електромагнітної та феромагнітної систем
ви-
424

Інформаційно-довідковий матеріал ^ _____

користуються дві котушки - нерухома та рухома. Відповідно обертовий момент $M_0 = k I_1 I_2$ (для постійних струмів) і $M = k I_1 I_2 \cos \alpha$ (для змінних струмів). Протидійний момент створюється двома пружинами. Шляхом підбору форми котушок і їх розташування, можна отримати лінійну шкалу, починаючи з 20 % верхньої межі.

Під час використання таких систем для вимірювання потужності нерухому обвитку вмикають послідовно, а рухому (з додатковим опором) - паралельно до навантаження. Кут повороту дорівнює $\alpha = \arcsin \frac{P}{P_0}$, тобто шкала є рівномірною. Напрямок відхилення залежить від напрямку струмів у обвитках. Тому ті клеми, які вмикаються до джерела енергії, називають генераторними й позначають зірочкою (*).

Для зменшення залежності приладу від впливу зовнішніх магнітних полів використовують феромагнітну систему. Тут нерухома котушка розташована на сталевому магнітопроводі.

Прилади індукційної системи (лічильники електричної енергії) - це двигун змінного струму, робота якого базується на взаємодії обертового магнітного поля з вихровими струмами у рухомій котушці. Магнітне поле утворюється струмами двох об-виток: одна, з великою кількістю витків - вмикається паралельно до навантаження; інша, з малою кількістю витків - послідовно. Тобто, параметри цього поля пропорційні напрузі та струму. Обертовий момент в приладах цієї системи пропорційний потужності змінного струму $M_0 = k P$.

Протидійний момент створюється постійним магнітом, в полі якого обертається рухома частина - алюмінієвий диск.

При сталій частоті обертання кількість енергії визначається $W = n P$, де n - кількість обертів лічильника, P - стала, яка вказує на кількість кВт-год, на один оберт.

Д2.3. Вимірювання електричних величин

• Вимірювання струму. Для вимірювання струмів необхідно увімкнути амперметр (рис. Д2.1) послідовно до елементів вітки. В колах постійного струму використовують прилади магнітоелектричної системи, в колах змінного струму - електромагнітної чи електродинамічної систем.

Тема: Електричні машини постійного струму

Будова та принцип роботи МПС.

Мета: навчити студентів пояснити принципи перетворення електричної та механічної енергії в електричних машинах; довести класифікацію машин постійного струму, визначити їх особливості

План

- 1 Призначення МПС
- 2 Класифікація МПС
- 3 Будова МПС
- 4 Способи збудження МПС

1 Призначення МПС

Електричні машини призначені для перетворення енергії. Механічну енергію на електричну перетворюють за допомогою електричних генераторів. Електричну ж енергію на механічну- за допомогою електричних двигунів.

Принцип дії, будова і робота різних електричних машин ґрунтуються на використанні деяких фізичних явищ. Найважливіші з них — електромагнітна індукція і взаємодія двох магнітних полів. Одна й та сама машина постійного струму в принципі може працювати і як генератор, і як двигун. (Ця властивість машини постійного струму, що називається *оборотністю*, дає змогу не розглядати окремо будову генератора чи двигуна.) Проте кожен електричну машину завод випускає з певним призначенням — працювати тільки як генератор або тільки як двигун. Дуже рідко використовують машини постійного струму, призначені для роботи як генератором, так і двигуном.

Генератори постійного струму застосовують тоді, коли потрібно мати самостійне джерело струму, наприклад для живлення деяких видів

електромагнітів, електромагнітних муфт, електродвигунів, електролізних ванн, зварювальних установок тощо.

Електродвигуни постійного струму застосовують тоді, коли потрібно плавно регулювати швидкість, наприклад у тролейбусах, електровозах, деяких типах підйомних кранів, у пристроях автоматики.

Машини постійного струму застосовують як генератори і електродвигуни в пристроях електроприводу, що вимагають регулювання частоти обертання в широких межах, : залізничний і морський транспорт, прокатні

стани, електротрансмисії великовантажних автомобілів, вантажопідйомні і землерийні машини, складні металообробні верстати і ін., а також в тих випадках, коли джерелами електричної енергії для живлення

електродвигунів служать акумуляторні батареї (двигуни стартерів, двигуни підводних човнів, космічних кораблів і тому подібне).

Генератори постійного струму часто застосовують для живлення пристроїв зв'язку, зарядки акумуляторних батарей, як основні джерела живлення на транспортних установках (автомобілях, літаках, тепловозах, пасажирських вагонах). Проте останнім часом генератори постійного струму замінюються генераторами змінного струму, що працюють спільно з напівпровідниковими випрямлячами. У системах автоматичного регулювання машини постійного струму широко використовують як електромашинні підсилювачі, виконавчі двигуни і тахогенератори.

Залежно від призначення електричні мікромашини автоматичних пристроїв поділяються на наступні групи:

- силові мікродвигуни, що приводять в рух різні механізми автоматичних пристроїв, самописних приладів і ін.;

- керовані (виконавчі) двигуни, що перетворюють електричний сигнал, що підводиться до них, в механічне переміщення валу, тобто виконують певні команди .

2 Класифікація МПС

Класифікація за призначенням.

Електричні машини за призначенням поділяються на наступні види:

- генератори, що перетворюють механічну енергію в електричну. Їх встановлюють на електричних станціях і різних транспортних установках : автомобілях, літаках, тепловозах, кораблях, пересувних електростанціях та ін. зв'язку, пристроях автоматики, вимірювальної техніки і ін.;

- електричні двигуни, що перетворюють електричну енергію в механічну; вони приводять в обертання різні машини, механізми і пристрої, вживані в промисловості, сільському господарстві, зв'язку, на транспорті, у військовій справі і побуті.

- електромашинні перетворювачі, що перетворюють змінний струм в постійний і, навпаки, напругу змінного і постійного струму, що змінюють величину, частоту, число фаз та ін. Їх широко використовують в промисловості, на транспорті і у військовій справі, хоча в останнє десятиліття роль електромашинних перетворювачів істотно зменшилася внаслідок застосування статичних напівпровідникових перетворювачів;

- електромашинні компенсатори, що здійснюють генерування реактивної потужності в електричних установках для поліпшення енергетичних показників джерел і приймачів електричної енергії;

- електромашинні підсилювачі, використовувані для управління об'єктами відносно великої потужності за допомогою електричних сигналів малої потужності, що подаються на їх обмотки збудження (управління). Роль електромашинних підсилювачів останнім часом також зменшилася через широке застосування підсилювачів, виконаних на напівпровідникових елементах (транзисторах, тиристорах);

Класифікація за родом струму і принципом дії.

Електричні машини по роду струму ділять на машини змінного і постійного струму. Машини змінного струму залежно від принципу дії і особливостей електромагнітної системи поділяються на трансформатори, асинхронні, синхронні і колекторні машини.

Трансформатори широко застосовують для перетворення напругу: в системах передачі і розподілу електричної енергії, у випрямних установках, пристроях зв'язку, автоматики і обчислювальної техніки, а також при електричних вимір

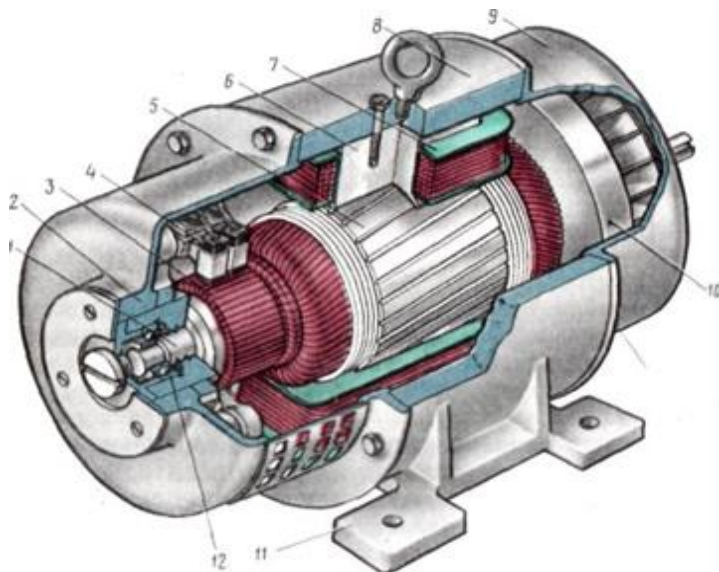
Класифікація за частотою обертання.

Електричні машини по частоті обертання умовно підрозділяють на: тихохідні - з частотами обертання до 300 об/хв; середньої швидкохідності - 300-1500 об/хв; швидкохідні -

1500 - 6000 об/хв; надшвидкохідні - понад 6000 об/хв. Мікромашини

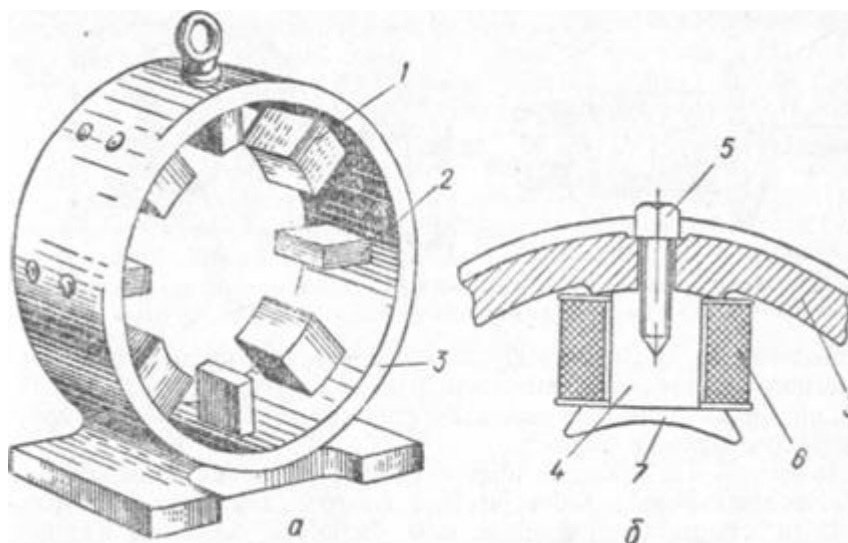
виконують для частот обертання від декількох обертів за хвилину до 60000 об/хв; машини великої і середньої потужності - зазвичай до 3000 об/хв.

2 Будова МПС



Нерухома частина машини, яка називається статором (індуктором), складається з циліндричної станини 8, до якої болтами кріпляться головні полюси 6 і додаткові полюси. Для зменшення магнітних втрат (втрат потужності від вихрових струмів і на перемагнічування) головні полюси виготовляються з окремих сталевих пластин. Додаткові полюси виготовляються суцільними або також набираються з пластин. На

сердечниках головних полюсів розміщені котушки обмоток збудження 7, на додаткових полюсах – котушки обмоток додаткових полюсів.



До станини з обох торців болтами кріпляться підшипникові щити, в яких розташовані підшипники, що несуть вал обертової частини машини, яка називається якорем. На валу закріплене осердя якоря, який для зменшення магнітних втрат набирається з ізованих одна від одної сталевих пластин. В пазах, розташованих на поверхні сердечника якоря, укладена обмотка. Обмотки якоря, збудження і додаткових полюсів виготовляють з мідних ізованих проводів. Обмотка якоря складається з секцій, кінці яких приєднуються до розташованого на валу колектора.

Колектор – це циліндр, що складається з мідних пластин, ізованих одна від одної і від вала. До колектора за допомогою пружин притискаються графітні або вуглеграфітні, або металографітні щітки. Вони розташовані в щіткотримачах, закріплених на траверсі.

Обмотка збудження машини живиться постійним струмом і призначена для створення основного магнітного поля. Головні полюси закінчуються полюсними наконечниками, що призначені для отримання на більшій частині окружності якоря однакового повітряного зазору між сердечником якоря і головними полюсами.

Додаткові полюси призначені для зменшення іскріння під щітками.

За допомогою колектора і щіток обертова обмотка якоря з'єднується з зовнішнім електричним колом.

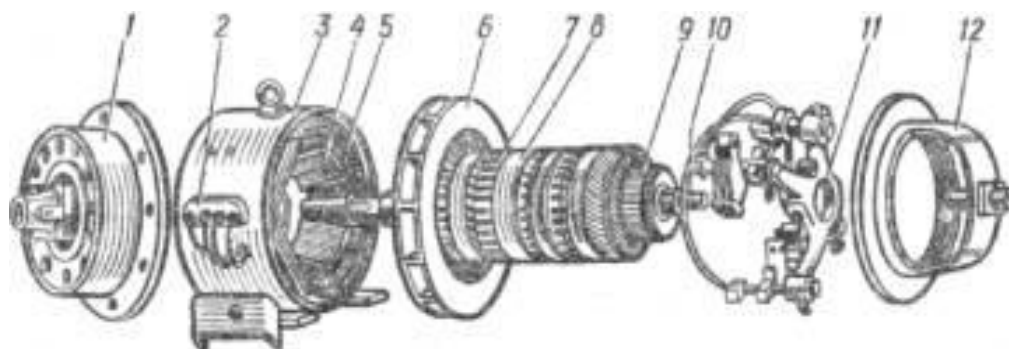


Рис. 1. Будова машини постійного струму:

1 — задній підшипниковий щит; 2 — затискачі; 3 — станина; 4 — головний полюс; 5 — обмотка головного полюса; 6 — вентилятор; 7 — обмотка якоря; 8 — осердя якоря; 9 — колектор; 10 — вал; 11 — траверса із щитковим механізмом; 12 — передній підшипниковий щит

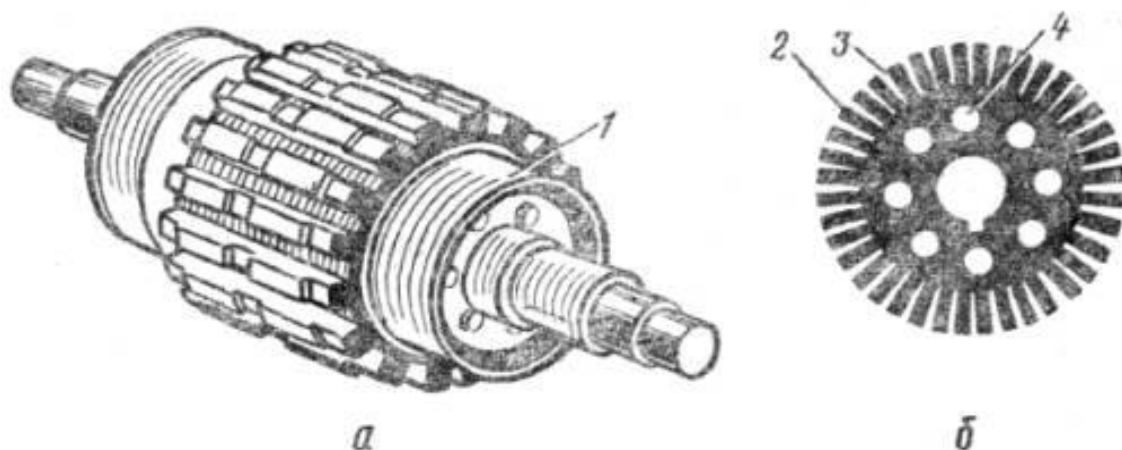


Рис. 2. Якір машини постійного струму:

а — якір без обмотки; б — сталевий лист осердя якоря; 1 — натискні шайби; 2 — зубець; 3 — паз; 4 — вентиляційний отвір

Розрізняють основні й додаткові полюси. Основні полюси збуджують магнітне поле; тому обмотки їх котушок називають обмотками збудження. Додаткові полюси встановлюють у машинах підвищеної потужності (понад 1 кВт) для поліпшення роботи машини; обмотку додаткових полюсів з'єднують послідовно з обмоткою ротора (якоря).

Ротор (якір) (рис. 2) машини постійного струму складається з осердя й обмотки. Осердя якоря набирають з тонких листів електротехнічної сталі, ізолюваних один від одного лаковим покриттям, що зменшує втрати на вихрові струми. У пази осердя вкладають обмотку якоря. В осерді якоря роблять вентиляційні канали. Щоб струм від обмотки якоря в зовнішнє коло (у генераторі) або із зовнішнього кола до обмотки якоря (у двигуні) проходив в одному й тому самому напрямі, у машині постійного струму встановлюють *колектор* (рис. 3). Набирають його з мідних пластин, ізолюваних одна від одної міканітовими прокладками. Кожну пластину колектора з'єднують з одним або кількома витками обмотки якоря. Осердя якоря і колектор закріплюють на одному валу (див. рис. 1). Отже, колектор — це пристрій, який конструктивно об'єднаний з якорем (ротором) електричної машини і є механічним перетворювачем частоти. Колектор – це найскладніша у конструктивному відношенні і найвідповідальніша в роботі частина машини. 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. По ізолюваних один від одного і приєднаних до витків обмотки якоря пластинах, що становлять колектор, ковзають струмознімні щітки (рис. 4). Через ці щітки й колектор обмотка якоря приєднується до зовнішнього електричного кола. Щітки вставляють в обойми щіткотримача і притискають до колектора пружинами.

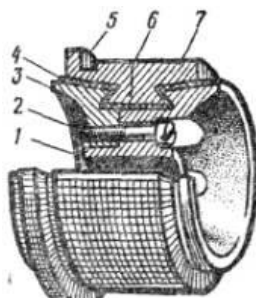


Рис. 3. Будова колектора:

1 — корпус; 2 — болт; 3 — натискне кільце; 4 — міканітова прокладка;
5 — «півник»; 6 — «ластівчин хвіст»; 7 — колекторна пластина

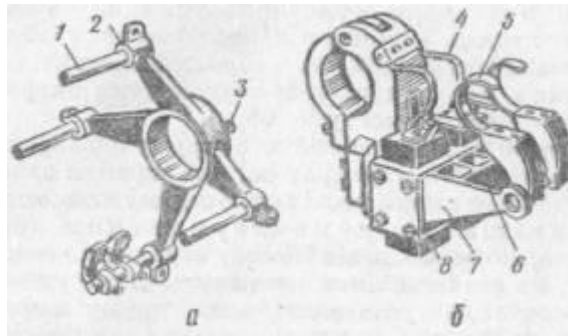


Рис. 4. Щітковий механізм машини постійного струму:

а — траверса; б — щіткотримач; 1 — щітковий палець; 2 — ізоляція кільця від траверси; 3 — стопорний болт; 4 — мідний провід; 5 — натискні пластини; 6 — місце розміщення пружини; 7 — обойма; 8 — щітка

Під час роботи машини щітки ковзають по колектору. Щіткотримачі кріплять до траверси.

В машинах постійного струму виведені назвні 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.

4 Способи збудження МПС

Стандартом передбачаються спрощений та розгорнутий способи графічного позначення машини постійного струму. На рисунку 6 наведено стандартне зображення усіх обмоток машин постійного струму.



Рис.6

Треба пам'ятати, що має значення кількість півкіл на позначеннях. Взаємне розташування обмоток може не враховувати напрямку магнітного потоку, що створюється обмоткою.

Збудженням машини постійного струму називається спосіб створення основного магнітного потоку. В залежності від вмикання обмотки збудження та обмотки якоря розрізняють п'ять способів збудження.

1. Незалежне збудження (рис. 5). У цьому разі обмотка збудження вмикається на автономне джерело живлення.

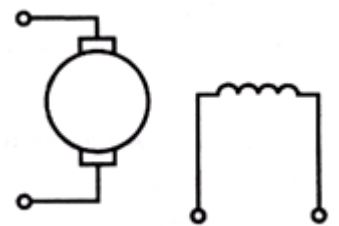


Рис 5

2. Паралельне (шунтове) збудження (рис. 6).

Обмотка збудження вмикається паралельно до обмотки якоря. Опір обмотки збудження великий, вона виготовляється багатовитковою із тонкого дроту.

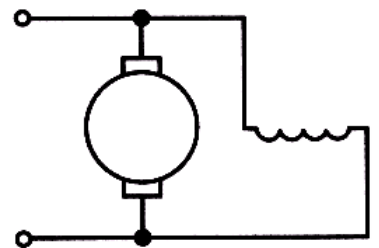


Рис.6

3. Послідовне (серієсне) збудження (рис. 7).

Обмотка збудження вмикається послідовно з обмоткою якоря. Струм якоря є одночасно і струмом збудження. Обмотка збудження розраховується на великий струм, має невелику місткість витків та виготовляється дротом великого перерізу.

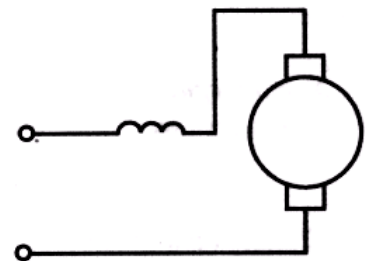
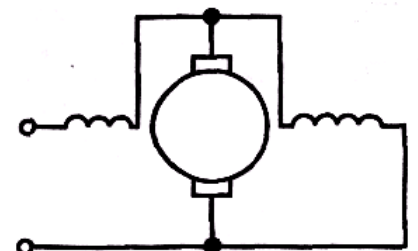


Рис.7

4. Змішане (компаундне) збудження (рис. 8).



Обмотка збудження має дві котушки. Одна з них умикається послідовно, а друга — паралельно до обмотки якоря. Ці машини мають свої переваги щодо машин інших типів.

5. Збудження сталими магнітами (рис. 9).

Машини цього типу не мають обмотки збудження, а основний потік створюється сталими магнітами статора.

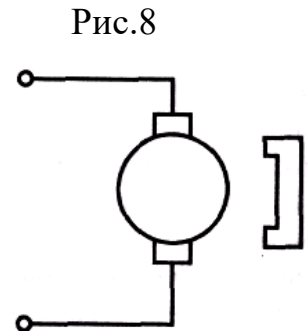


Рис.9

Запитання для самоперевірки:

1. Як побудована машина постійного струму?
2. Як створюється ЕРС в обмотці якоря МПС і якою формулою вона визначається?
3. Як створюється електромагнітний момент МПС і якою формулою визначається цей момент?
4. Які схеми збудження застосовують в МПС?
5. В чому проявляються явища комутації та реакції та реакції якоря?

Тема Електромагнітний момент АД. Догляд за електричними машинами

Мета: Сформувати у студентів знання з питання роботи асинхронного двигуна. Підготувати їх до лабораторної роботи де практично будуть досліджувати роботу двигуна .

План

- 1.Електромагнітний момент АД
- 2 Ковзання ротора
- 3 Догляд за електричними машинами

Розглянемо механізм одержання електромагнітного моменту АД.

Нехай обмотка статора АД, ротор якого не рухомий, підключається до трифазної мережі змінної напруги. Обертове магнітне поле статора через повітряний проміжок потрапляє в ротор і перетинає провідники обмотки, в зв'язку з чим в кожній обмотці наводиться електрорушійна сила (ЕРС) E_2 , частота якої дорівнює частоті мережі. Під дією ЕРС в замкненій обмотці ротора, завдяки особливо великій різниці в частоті обертання обертового поля відносно нерухомого ротора, виникає досить велика, так звана пускова сила струму

$$I_{\pi} = (5...7) I_{н}. \quad (1)$$

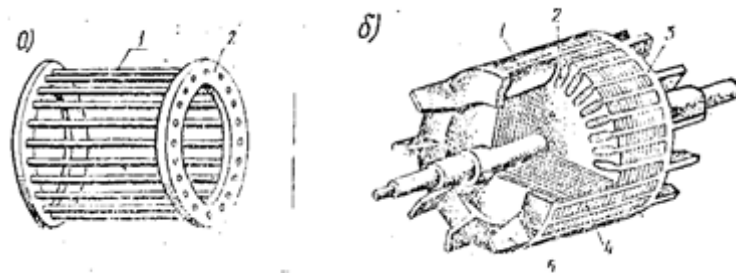


Рис. 1.2 Короткозамкнуті ротори:

- а) зварна "біляча клітка" 1 – стержень; 2 – кільце.
- б) лита алюмінієва обмотка 1 – стержень; 2 – паз;
3 – кільце; 4 – осердя ротора; 5 – лопатка для обдуву і охолодження ротора.

Взаємодія магнітного поля статора Φ з магнітним потоком, що створений струмом ротора I_2 , приводить до виникання електромагнітної сили і обертового моменту, що прикладається до ротора.

$$M \sim \Phi \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2, \text{ Нм}; \quad (2)$$

де φ – кут зсуву по фазі між E_2 і I_1 .

Останній починає рухатися в напрямку обертання магнітного поля статора. Якщо обертаючий електромагнітний момент M більший, ніж момент опору M_c на валу двигуна, то частота обертання ротора АД почне зростати і досягне деякого сталого значення n , яке завжди менше від частоти магнітного поля статора. При однакових частотах обертання магнітного поля статора (n_0) і осердя ротора (n) обмотка останнього не перетинається обертовим магнітним полем обмотки статора і в ній не наводиться ЕРС, внаслідок чого АД не розвиває обертового моменту.

Важливим параметром, який використовують для оцінки різноманітних режимів АД, являється відношення:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad , \quad (3)$$

де S – ковзання ротора АД;

n_1 – значення обертів обертового магнітного поля;

n_2 – значення обертів ротора АД.

Вираз (3) вказує на відносну швидкість руху ротора в магнітному полі статора і має назву *ковзання* асинхронного двигуна. В режимі холостого ходу двигун не знає протидіючих моментів ($M_c = 0$), а частота обертання ротора наближається до частоти обертання магнітного поля, тобто $S \approx 0$.

Якщо ротор двигуна нерухомий ($n = 0$, а $S = 1$), то протидіючий момент M_c суттєво перевищує обертовий електромагнітний момент M і двигун знаходиться в режимі короткого замикання, значення струму в якому досягає значення (3...7) $I_{ном}$.

Ковзання, яке відповідає номінальному навантаженню двигуна, називається номінальним ковзанням і становить 0,06 – 0,1 (6 – 10%) для АД потужністю

від 1 до 100 кВт, причому двигунам меншої потужності відповідає більше ковзання. При такому ковзанні двигун працює стало і розвиває номінальний електромагнітний момент M_n .

Для сталої роботи АД при змінному протидіючому моменту необхідно, щоб номінальний електромагнітний момент був меншим, ніж його максимально можливе значення ($M_n < M_{max}$). В цьому випадку АД буде працювати стійко не тільки при номінальному навантаженні, але буде здатний витримувати деякі перевантаження, тобто мати перевантажувальну здатність, яка вимірюється відношенням максимального моменту M_{max} до номінального. Для АД загального застосування:

$$\frac{M_{max}}{M_n} = 1,7 \dots 3,0$$

(4)

Для АД, що знаходиться в експлуатації, такі параметри як $m_1, P_1, r_1, X_1, r_2, X_2$, також ковзання S при номінальному моменті опору і частоті f_1 мережі, можна рахувати величинами сталими. В зв'язку з цим обертаючий момент, буде пропорційним квадрату підведеної до двигуна напруги:

$$M \sim U^2, [Н \cdot м] \quad (1.7)$$

Отже АД дуже чутливий до різного роду змін напруги у мережі живлення. Так, наприклад, при зменшенні напруги на 10% обертаючий електромагнітний момент зменшується вже на 19% (так як нове значення напруги буде дорівнювати $0,9U_1$, а нове значення обертаючого моменту відносно номінального буде дорівнювати $0,81M$).

З виразу (1.6) видно, що зі зменшенням напруги U_1 , пусковий струм також зменшиться, що позитивно впливає на пускові властивості двигуна. Але одночасно викликає, як було вже показано, зменшення пускового моменту. Одночасне зменшення пускового струму I_n і збільшення електромагнітного моменту досягається шляхом збільшення активного опору кола ротора r_2 .

Ковзання ротора

В асинхронному двигуні обороти статора n_1 завжди більше оборотів ротора n_2 . Від їх різниці залежить обертовий момент двигуна. Тому для оцінки обертання магнітного поля статора відносно ротора введено поняття про ковзання ротора, під яким розуміють величину

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$$

Ковзання (S) це величина яка характеризує асинхронність.

Якщо ротор нерухомий, то $n_2 = 0$ і $S = 100\%$. Якщо припустити, що ротор придбав швидкість магнітного поля, то $n_1 = n_2$ і $S = 0$. Таким чином, теоретично ковзання може мінятися в межах від 0 до 100%.

Чим більше оборотів ротора, тим менше його ковзання об магнітне поле. Одним з важливих параметрів електродвигуна є його ковзання S_H при номінальному навантаженні на валу. Зазвичай для двигунів нормального виконання ковзання S_H складає 1-6%.

Визначення оборотів при заданому ковзанні.

Знаючи конструктивне виконання двигуна(число пар полюсів p) і частоту живлячої мережі f_1 , легко визначити обороти двигуна при цьому ковзанні.

Наприклад, при $f_1 = 50$ гц, $p = 1$ і $S = 5\%$ отримаємо:

- по формулі
$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ об /хвил}$$

- по формулі
$$n_2 = \frac{n_1(100 - S)}{100} = \frac{3000(100 - 5)}{100} = 2850 \text{ об /хвил} .$$

Частота струму в обмотці ротора

Оскільки в асинхронному двигуні при незмінній частоті мережі f_1 обороти магнітного поля статора незмінні, а обороти ротора під дією навантаження на валу змінюються, то і частота f_2 струму в роторі I_2 і ЕРС E_2 також змінюватимуться. Швидкість, з якою магнітний потік статора обертається відносно ротора, рівна

$$\Delta n = n_1 - n_2$$

Тому частоту струму (ЕРС) в роторі отримаємо

$$f_2 = \frac{p\Delta n}{60} = \frac{p(n_1 - n_2)}{60}$$

З виразу

$$n_1 - n_2 = n_1 S$$

Отже

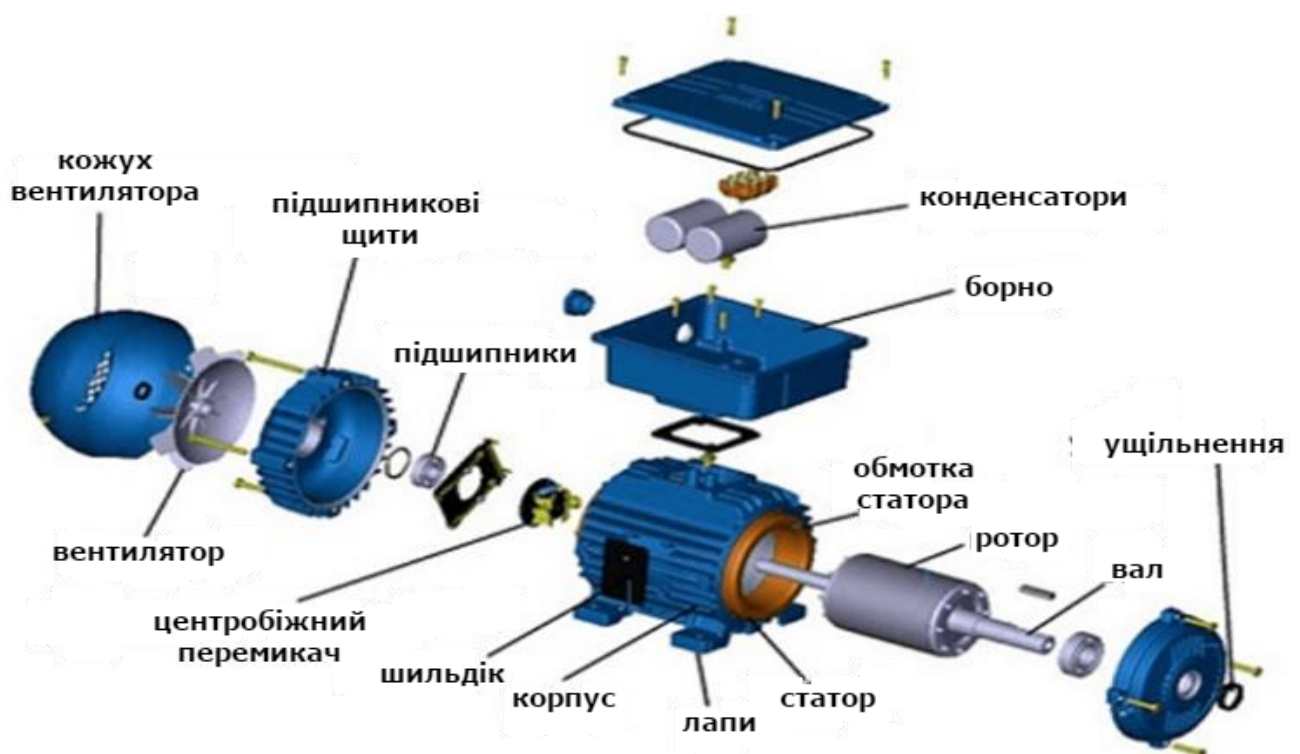
$$f_2 = \frac{pn_1 S}{60} = f_1 S$$

Чим повільніше обертається ротор, тим більше ковзання S і частота f_2 .

При $S = 0$ $f_2 = 0$, а при $S = 1$ $f_2 = f_1$. Практично ($S = 1-6\%$) в навантаженому двигуні частота f_2 складає декілька герц. Наприклад, при $S = 5\%$ і $f_1 = 50$ гц, $f_2 = 50 \cdot 0,05 = 2,5$ гц.

Догляд за електричними машинами

Капітальний ремонт електродвигунів необхідно проводити на спеціалізованих підприємствах



Профілактичні випробування і вимірювання на електродвигунах повинні проводитись регулярно у відповідності до встановлених правил.

Експлуатація електродвигунів складається із наступних основних елементів: нагляду, своєчасного виявлення несправностей та їх усунення; профілактичних випробувань; пуску та зупинки.

Експлуатація електричних машин на підприємствах повинна вестись з дотриманням Правил технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств, галузевих правил, інструкції з монтажу та експлуатації електричних машин, що додається заводом-виробником цих машин, місцевих інструкцій та інших директивних матеріалів.

Догляд за нормально працюючою машиною зводиться до того, щоб утримувати машину в чистоті і стежити за справним станом її контактних частин.

При роботі машини треба стежити за нагріванням окремих її частин, не допускаючи перегрівання їх понад норму.

Машину чистять від бруду чистою сухою ганчіркою.

При експлуатації електричних машин з фазовим ротором на відміну від машин з короткозамкнутим ротором необхідно вести спостереження за станом контактних кілець, щіток і щіткотримачів. Поверхня контактних кілець повинна бути полірованою, гладкою, без нагару і подряпин. Контакти з'єднання в щіткотримачах повинні бути щільними.

При експлуатації електричних машин велику увагу необхідно приділяти догляду за підшипниками: вони повинні утримуватися в чистоті і охоронятися від пилу і грязі. Кришки підшипників і спускні отвори для масла повинні бути щільно закриті.

При експлуатації електричних машин поступово руйнується ізоляція обмоток в результаті її нагрівання, впливу механічних зусиль від вібрації, динамічних сил при пусках і перехідних процесах, відцентрових сил при обертанні, впливу вологи та агресивних середовищ, забруднення різної пилом.

При експлуатації електричної машини частина підведеної до неї енергії виділяється у вигляді тепла. Процес відведення цього тепла називається охолодженням, а саме виділене тепло - втратами електричної машини. У процесі експлуатації електричних машин під дією робочої температури відбувається погіршення механічних і електричних властивостей ізоляції обмоток або теплове старіння ізоляції. Отже, для підвищення надійності машин потрібно підвищити нагрівостійкість ізоляції і знизити місцеві перегріву її по відношенню до середньої температури обмотки, виміряної по опору.

Розглянемо основні несправності асинхронних двигунів, їх виявлення та усунення:

Двигун не запускається, якщо відсутня напруга в мережі, відключений автомат або перегоріли запобіжники. Наявність напруги в мережі можна перевірити за допомогою вольтметра змінного струму зі шкалою до 500 В або низьковольтним індикатором.

Для усунення вмикається автомат або проводять заміну перегорілих запобіжників. Якщо перегорає один запобіжник, електродвигун буде видавати характерне гудіння.

Обрив однієї з фаз обмотки статора можна виявити за допомогою мегометра, попередньо звільнивши всі кінці обмоток двигуна. Якщо виявлено обрив усередині фази обмотки двигун необхідно відправити в ремонт.

Зниження напруги на затискачах двигуна при його запуску допускається до 30% від номінального. Воно викликається втратами в мережі, малою потужністю трансформатора або його перевантаженням. При зниженні напруги на затискачах електродвигуна проводиться заміна живильного трансформатора або збільшується перетин проводів лінії підведення. Відсутність контакту мережі живлення в одній з обмоток статора – випадання фази – призводить до збільшення струму в його обмотках і зниження числа обертів. Якщо двигун залишити працювати на двох

обмотках, то він «згорить», тому для ремонту необхідно звертатись до спеціалізованих підприємств, як ТзОВ «Тантал», що знаходиться за адресою: м. Львів, вул. Луганська, 1 А.

Вихід з ладу обмотки електродвигуна («згорання» обмотки) ремонтується шляхом відправлення двигуна в спеціалізований ремонтний цех, де двигуни розбирають, чистять та проводять ревізію. Після чого несправні обмотки демонтують, та перемотують наново на спеціальних намотувальних установках чи вручну, лакують та сушать. Потім двигун збирають і перевіряють на робочих оборотах з вимірюванням струму холостого ходу і під номінальним навантаженням.

Крім перерахованих вище електричних несправностей в електродвигунах можуть бути несправності механічного характеру. Причиною надмірного нагріву підшипників може бути неправильна збірка підшипників, погана «центровка» електродвигуна, забруднення підшипників або великий знос кульок і роликів.

Електродвигун (обертюва машина) повинен бути негайно відімкнений від мережі у таких випадках:

- нешасний випадок (чи загроза) з людиною;
- поява диму, вогню або запаху горілої ізоляції з корпусу електродвигуна або його пускорегулювальної апаратури;
- вібрація понад допустимі норми, яка загрожує виходу з ладу електродвигуна або механізму;
- вихід з ладу привідного механізму;
- нагрівання підшипників або контрольованих вузлів понад допустиму температуру, зазначену в інструкції заводу-виробника;
- виникнення коротких замикань в електричній схемі;
- значне зниження частоти обертання;
- швидке зростання температури обмоток або сталі статора.

Питання для самоконтролю

- 1 Позначення оборотів статора.
- 2 Позначення оборотів ротора.
- 3 Надайте визначення ковзанню.
- 4 За якою формулою можна виконати розрахунок частоти f_2 ?

Література:

Паначевний Б.Т., Свергун Ю.Ф. «Загальна електротехніка, теорія і практикум».
Київ. Каравела. 2004§10.3

ТЕМА Однофазні та двофазні асинхронні двигуни.

План

- 1 Однофазні двигуни
- 2 Пуск однофазного двигуна
- 3 Двофазні двигуни

Однофазний асинхронний двигун - це малопотужний двигун (до 1500 Вт) який застосовується в установках, в яких практично відсутнє навантаження на валу у момент пуску, а також в тих випадках, коли живлення двигуна може бути здійснене тільки від однофазної мережі.



Найчастіше такі двигуни, застосовують в пральних машинах, невеликих вентиляторах і так далі.

Однофазний двигун схожий по будові з трифазним асинхронним двигуном, відмінністю являється кількість фазних обмоток, у однофазного **не три, а дві** обмотки - пускова і робоча, причому постійно працює тільки одна обмотка - робоча.

Для того, щоб ротор асинхронного двигуна прийшов в рух, обмотка статора повинна створити магнітне обертове поле. У трифазному двигуні, таке поле створюється завдяки трифазній обмотці. Але робоча обмотка однофазного двигуна створює пульсуюче магнітне поле. Тобто електромагнітний момент дорівнюватиме нулеві. Двигун буде працювати, якщо роторові надати початкове обертання в той чи інший бік. Зазвичай пульсуюче поле розглядають як суму двох обертових у протилежні боки полів. Це поле можна

розкласти на два - **пряме і зворотне**. Пряме поле обертається з синхронною швидкістю n_1 у напрямі обертання ротора і створює основний електромагнітний момент. Ковзання ротора відносно прямого поля рівне

$$s_{\text{пр}} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1}$$

Зворотне поле, обертається проти ротора, тому частота обертання ротора негативна, відносно цього поля

$$s_{\text{обр}} = \frac{(n_1 - (-n_2))}{n_1} = \frac{2n_1}{n_1} - \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} = 2 - s$$

Кожне поле наводить ЕРС, завдяки яким по ротору починають протікати струми. Частоти цих струмів пропорційні ковзанню ($f_r = f_s$), а з формул виведених вище, можна зробити висновок, що частота струму що наводиться зворотним полем, набагато більше частоти струму прямого поля. У зв'язку з цим, індуктивний опір, який збільшується із зростанням частоти, набуває великого значення і стає набагато більше активного опору. Тому струм зворотного поля, є практично індуктивним і чинить розмагнічувальну дію на потік зворотного магнітного поля. Як наслідок, момент, що створюється цим полем, невеликий, і спрямований проти обертання ротора.

$$M = M_{\text{пр}} - M_{\text{обр}}$$

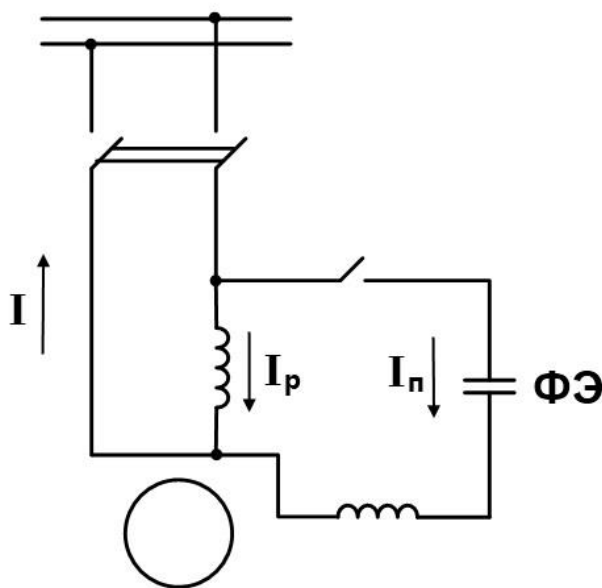
В мить, коли ротор нерухомий, вісь симетрії між цими двома полями, також нерухома, тобто не створюється магнітне поле, що обертає, і як наслідок, двигун не працює. Щоб привести його в рух, треба прокрутити ротор, для того, щоб вісь симетрії змістилася. Але виконувати це механічно не має сенсу, тому для того, щоб запустити однофазний двигун, створили **пускову обмотку**. Пускова обмотка вмикається через конденсатор або активний опір, що забезпечує зсув фази струму відносно до струму у робочій обмотці. Пускова обмотка спільно з робочою, створює магнітне поле, що обертається,

необхідне для запуску двигуна. Після розгону ротора пускова обмотка вимикається, бо вона не розрахована на тривалий струм.

2 Пуск однофазного двигуна

У реальних умовах пуск однофазного двигуна здійснюється за допомогою одночасного натиснення на кнопки, що подають живлення і підключають пускову обмотку до ланцюга.

Для того, щоб створити фазове зрушення в 90° між струмами робочої і пускової обмотки, використовують фазозрушуючі елементи (ФЕ). Це може бути активний опір, котушка або конденсатор. Велике поширення отримали однофазні двигуни з активним опором в якості фазозрушуючого елементу. Збільшення опору пускової обмотки, досягається за допомогою зменшення перерізу дроту, а оскільки ця обмотка працює короткий проміжок часу у момент пуску, то це не заподіює обмотці шкоди.



Але, активний опір, також як і індуктивний, не створює необхідного зміщення в 90° між струмами, зате таке зміщення створює конденсатор. Місткість цього конденсатора, підбирають так, щоб струм пускової обмотки, випереджав по фазі напругу на деякий кут, який потрібний для того, щоб зміщення між струмами стало 90° . Завдяки цьому, створюється кругове магнітне поле. Але, конденсатори застосовуються в якості фазозміщуючого

елементу рідше, тому що для забезпечення зміщення в 90° , потрібний конденсатор, великій місткості, і як правило, відносно високої напруги. Крім того, габарити цього конденсатора, великі, що також грає роль. Однофазні асинхронні двигуни мають значно менші ККД та $\cos \phi$, ніж трифазні. Вони використовуються тільки у випадках, коли споживається порівняно невелика потужність. Однофазні асинхронні двигуни мають значно менші ККД та $\cos \phi$, ніж трифазні. Вони використовуються тільки у випадках, коли споживається порівняно невелика потужність.

3 Двофазні двигуни

Двофазні двигуни - двигуни малої потужності використовуються в системах автоматики. У двофазних асинхронних двигунах обидві фази обмотки статора з фазними зонами по 90° ел. град є робочими. Вони розташовані в пазах магнітопроводу статора так, що їх магнітні осі утворюють кут 90° ел. град. Ці фази обмотки статора відрізняються один від одного не тільки числом витків, але і номінальними напругами і струмами, хоча при номінальному режимі двигуна повні потужності їх однакові.

В одній з фаз обмотки статора постійно знаходиться конденсатор C_p , який в умовах номінального режиму двигуна забезпечує збудження кругового обертового магнітного поля. Робота такого двигуна ні чим не відрізняється від трифазного. Двофазні двигуни виготовляються в декількох виконаннях: з короткозамкненим ротором, з порожнистим немагнітним ротором і з порожнистим магнітним ротором. У першому випадку ротор забезпечений "білячою клітиною", в другому - ротор є склянкою, виконаною із сплаву алюмінію, усередині якого знаходиться сердечник з шихтованої сталі, - служить для зменшення повітряного проміжку і магнітного опору шляху, по якому замикається магнітний потік. Третій тип використовується порівняно рідко оскільки, поступається за характеристиками попереднім двом, ротор виконується у вигляді сталевого циліндра з товщиною стінки в декілька мм, а його поверхню, зазвичай, для зменшення електричного опору, омеднюється.

Регулювання швидкості обертання двигуна здійснюється зміною значення або фази струму в обмотці управління. При зміні фази на 180 градусів відбувається реверс двигуна.

Питання для самоконтролю:

- 1 Навіщо використовують фазозрушуючі елементи в однофазному двигуні ?
- 2 Яка функція робочої обмотки однофазного двигуна?
- 3 Які є виконання двофазного двигуна?
- 4 Яким чином досягають зсув фаз між струмами статора в двофазних АД?
- 5 Як досягти зміни напрямку обертання ротора в двофазному АД?
- 6 Яка будова однофазного АД?
- 7 Як здійснюється пуск однофазного АД?
- 8 Де застосовують однофазні АД?

Література: 3. Паначевний Б.Т., Свєргун Ю.Ф. «Загальна електротехніка, теорія і практикум». Київ. Каравела. 2004 §10.17,10.18

ТЕМА ПУСК АД. РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОТОРА. ЗМІНА НАПРЯМКУ ОБЕРТАННЯ.

Мета: Сформувати у студентів знання з принципу роботи АД. Сформувати первинні практичні навички з їх обслуговування.

План

- 1 Ввімкнення АД в мережу
- 2 Пуск АД
- 3 Регулювання швидкості обертання ротора.
- 4 Зміна напрямку обертання АД

1 Ввімкнення АД в мережу трифазного струму.

Для правильного ввімкнення АД в мережу трифазного струму по-перше необхідно встановити: як з'єднати фази статора в зірку чи трикутник, щоб забезпечити подачу номінальної напруги на фази двигуна. Спосіб з'єднання фаз встановлюється по лінійній напрузі мережі трифазного струму, від якої повинен живитися АД виходячи з паспортних даних двигуна. В низьковольтних мережах трифазного струму лінійна напруга буває 220 В, або 380 В. В паспортних даних АД напруга вказана двома числами у вигляді дробу, наприклад 127/220, або 220/380.

Чисельник означає номінальну фазну напругу статора, а чисельник разом зі знаменником - лінійну напругу статора, на яку можна вмикати даний двигун.

Якщо лінійна напруга мережі і номінальна напруга фази відомі то встановити спосіб з'єднання фаз статора не важко.

Приклад 1. $U_{\text{л}}$ мережі 220 В, паспортні дані 127/220, значить номінальна напруга фази 127 В, з'єднати фази даного двигуна трикутником не можна, так як на фазу попадає напруга в 220 В і обмотки його згорять. З'єднати необхідно зіркою. Тоді напруга на фазі буде $U_{\text{ф}} = U_{\text{л}} / \sqrt{3} = 220 / \sqrt{3} = 127 \text{ В}$.

Приклад 2. $U_{\text{л}}$ мережі 220 В, паспортні дані 220/380, тобто $U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$, ввімкнути зіркою не можна, так як $U_{\text{ф}}$ буде 127 В, що менше за номінальну напругу, значить в цьому випадку необхідно застосувати з'єднання трикутником.

Приклад 3. U_n мережі 380 В, паспортні дані 127/220 АД не розрахований на таку напругу тобто не підходить до даної мережі.

З'єднання зручно виконувати коли на клемовому щитку кінці фаз обмоток статора знаходяться в даному порядку (рис1)



Рис 1 а) З'єднання зіркою

б) З'єднання трикутником

2 ПУСК АД

У асинхронного двигуна не дуже добрі пускові характеристики. Найбільш простимі розповсюдженим способом пуску АД з короткозамкненим ротором є пряме ввімкнення на робочу напругу мережі за допомогою рубильника або магнітного пускача

Вмикаючи рубильник (для низьковольтних АД малої потужності) або магнітний пускач (високовольтні АД великої потужності) ми підводимо до обмотки статора змінний струм від чого в статорі створюється обертове магнітне поле, яке тягне за собою ротор. Для автоматичного відключення АД від мережі при аварії повинні бути встановлені плавкі запобіжники. Цей спосіб дешевий і простий , але має той недолік , що пусковий струм АД досягає великої величини (в 5-7 разів більше номінального струму).

Короткочасний стрибок струму для АД безпечний , але викликає пониження напруги в мережі , що впливає на роботу інших споживачів електричної енергії. Так як спад напруги одержимо тим більшим, чим більша потужність пускає мого АД, то практика встановлює граничні потужності АД з короткозамкненим ротором , які можна вмикати безпосередньо в мережу, в залежності від потужності трансформаторів які живлять дану мережу.

Для зменшення пускового струму необхідно понизити напругу , яка

підводиться до АД . За рахунок зниження напруги, що подається на обмотку статора, є змога зменшити пусковий струм. Зниження пускового струму спричиняє небажане зменшення і пускового моменту. Цей спосіб називається пуском при зниженій напрузі. Є кілька способів пуску при зниженій напрузі. Напругу зменшують або за допомогою додаткового приладу, або методом перемикання обмоток:

- 1) пуск за допомогою реактивної котушки;
- 2) пуск за допомогою реостата (активного опору);
- 3) автотрансформаторний пуск;

4) пуск перемиканням котушок обмотки статора з "трикутника" (у номінальному режимі) на "зірку". Перед пуском перемикач ставлять в положення «зірка», а потім вмикають в мережу АД. Коли розгін закінчиться перемикають в положення трикутник і залишають до кінця пуску а потім подальше уже АД працює в робочому режимі;

На жаль, усі ці способи знижують не тільки пусковий струм, а й пусковий момент.

Пуск двигуна з фазним ротором здійснюється введенням максимального опору реостата в обмотці фазного ротора. Після розгону ротора поступово зменшують опір реостата. Іноколи використовують ступінчастий реостат (пусковий додатковий та робочий опір).

Пуск короткозамкненого двигуна полегшується спеціальною конструкцією ротора у двигуні з витісненням струму. У роторі з глибоким пазом стержні "білячої клітки" виготовляються у вигляді пластини і вкладаються у глибокий паз осердя ротора. Розподіл струму за глибиною паза залежить від індуктивності окремих частин. Потокочеплення та індуктивність глибинної частини стержня більша за потокочеплення та індуктивність зовнішніх частин. Тому у момент пуску, коли частота струму у стержнях велика (дорівнює частоті обертового магнітного поля), індуктивний опір глибинних частин великий. Відбувається "витіснення" струму у верхню частину стержня (рис. 2). Таким чином, збільшується активний опір

"білячого колеса" при пускові, поліпшуються пускові характеристики. У номінальному режимі роботи двигуна частота струму у стержнях мала, процес "витіснення" відсутній, активний опір стержня зменшується.



Рис.2 "Витіснення" струму у верхню частину стержня



Рис.3 Стержні ротора з глибоким пазом

Стержні ротора з глибоким пазом можна виготовляти різної форми (рис. 3).

Ротор з подвійною "білячою кліткою" має два "білячих колеса". Верхня клітка виготовляється з латуні, нижня - з міді й має більший переріз.

У момент пуску струм витискається у верхню латунну клітку, що має великий активний опір. Ця клітка називається пусковою.



Рис.4 Робоча клітка з малим активним опором

В усталеному режимі працює нижня, робоча клітка з малим активним опором (рис. 4). У двигуна з витісненням струму пусковий момент може збільшуватись у три рази. Пусковий струм встановлюється у три-чотири рази більший за номінальний.

3 РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОТОРА

З точки зору регулювання швидкості обертання ротора, асинхронний двигун гірший за двигуни постійного струму. Зазвичай асинхронні двигуни застосовуються у нерегульованих приводах.

Двигун із фазним ротором регулюється введенням реостата. При цьому зменшуються оберти n_1 . Це дуже не економічно, бо збільшуються втрати на додатковому опорі. Регулюючі реостати розраховують на тривалий режим роботи та регулюють оберти у діапазоні до трьох разів.

Згідно із співвідношенням
$$n_1 = \frac{60 f_1}{p},$$

регулювати швидкість обертання ротора короткозамкненого двигуна можна двома способами.

1. Зміною числа пар полюсів. Виводи котушок статорної обмотки перемикаються на клемній дошці. В залежності від їх перемикання змінюється число пар полюсів. Цей спосіб дає змогу регулювати оберти ступінчасто.

2. Зміною частоти струму живлення. Частоту регулюють тиристорним перетворювачем частоти у межах $f_1 = 20 \dots 60$ Гц.

Недоліком цього способу є необхідність вмикання додаткового приладу та невеликі границі регулювання.

4 ЗМІНА НАПРЯМКУ ОБЕРТАННЯ АД

Щодо реверсування (зміни напрямку обертання ротора), то необхідно змінити напрям обертання магнітного поля. Це можна здійснити, якщо перемкнути два будь-які лінійні проводи, що з'єднують трифазну мережу із статором двигуна.

Реверсування.

Іноді умови експлуатації електродвигуна передбачають зміну напрямку обертання якоря – реверс.

Напрямок обертання якоря визначається:

а) напрямом Φ збудження

б) струм в обмотці якоря

Тому змінити напрям обертання якоря можна одним з них.

Для зміни напрямку Φ змінюють напрям I . Якщо одночасно змінити I і те ж якір обертання буде по колишньому.

Потужність, електродвигателе, що розвивається.:

Збільшення навантаження, тобто збільшення гальмівного моменту на валу електродвигуна, викликає зростання споживаної потужності, що при пост. U відбувається за рахунок збільшення I . Це збільшення відбувається до тих пір, поки I не досягає величині M . Далі при заданому навантаженні електродвигун працює з постійним n і так далі

Всяка машина п.м. може працювати і генератором і двигуном.

При з'єднанні машини з \parallel збудженням до мережі – I . З'єднання щітку «+» з «+» мережі, а «-» з «-» мережі. У якорі машини потече I , що має напрям, протилежний I , що протікає в якорі, коли машина працювала генератором. I збереже колишній напрям. Застосувавши правило лівої руки можна визначити напрям сили, що діє тепер на якір.

Ця сила прагнучиме обертати якір в ту ж сторону, в яку він обертався при роботі машини генератором. Насправді I тепер тече в іншому напрямі, чим коли машина працювала генератором, а при роботі генератором взаємодія I і магнітного поля перешкоджало обертанню якоря.

Отже, якщо ми МПТ підключимо до мережі в ній потече I і вона обертатиметься.

Але з якою швидкістю і якою велечиною буде I ? Якби якір машини був нерухомий, глухо загальмований, то I , що протікає через якір, був би дуже великий. Для того, щоб його підрахувати, можна скористатися з Ома: приложене до якоря U потрібно вирішити на внутрішнє R ланцюги якоря. Цей опір невеликий, то I буде в даному великому.

Навпаки, в ланцюзі збудження магнітного паралельного збудження струм буде не більший нормальною велечини: її R незмінно, а не повна

напруга U мережі вона включена і при нормальній роботі.

Звільнимо тепер якір і дамо йому можливість обертатися. У обмотці обертання якоря негайно почне наводитися U , при цьому чим більше буде його швидкість. Це U буде направлене назустріч прикладеному ззовні U , тобто мережі. Воно прагнучиме посилати I у зворотному напрямі (пригадаєте, що і обертання відбувається в тому ж напрямі, що і обертання генератора).

Таким чином, в обмотці машина діятиме різниця U : приложеного ззовні (мережі) і що наводиться в самій обмотці (протидіюча Е.Р.С). Якщо цю різницю розділити на електричний опір машини, то отримаємо I , протидіючу машині тобто . Чим більше буде наведене U , чим більше буде швидкість двигуна з паралельним збудженням, тим менше буде різниця зовнішнього і U , що наводиться, а отже, тим менше буде I поточний через обмотку якоря.

Але меншому струму відповідає і менше зусилля, що обертає. Тому, природно, що чим слабкіше (менше) механічне навантаження двигуна (чим менше її гальмуюче зусилля) тим швидше обертатиметься якір, тим менший струм йтиме в машині з мережі, тим менша P споживатиметься двигуном.

Основною відмінністю між режимами генератора і двигуна є те, що в першому випадку U є частиною Е.Д.С якоря, або другому випадку U рівне U тієї мережі, до якої він приєднаний. Частина цього U врівноважується падінням U в ланцюзі якоря (у двигуні Z послідовного збудження в ланцюгах якоря і збудження).

Інша частина врівноважується тій Е.Д.С, яка виникає в обмотці якоря в результаті його обертання. Тому для двигунів повинно виконуватися співвідношення:

По суті це та ж сама формула, яку ми отримали, розглядаючи машину як генератор. Але так но при переході від генераторного режиму до режиму руховому струм в якорі змінити знак перед велчиною I .

Отже, в руховому режимі ланцюг якоря машина підключена до мережі I з напрямом U . У ланцюзі якоря протікає струм I . При взаємодії його з потоком обмотки збудження виникає електромагнітний момент M , який долає момент опору з боку механізму, що приводиться в рух електродвигуна направлена протилежно прилежному U , що обертає, тобто $M > u$.

Машина споживає енергію з мережі. Чим більше момент двигуна, тим більший він споживає I . Повна перетворювана в двигуні електромагнітна потужність:

Питання для самоопрацювання

1. Яка частина АД є рухомою ?
2. На якому законі заснований принцип дії асинхронного двигуна?
3. Чому магнітопровід статора асинхронно двигуна набирають із ізольованих листів електротехнічної сталі?
4. Як можна змінити напрямок обертання ротора АД ?

Література

Паначевний Б.Т., Свергун Ю.Ф. «Загальна електротехніка, теорія і практикум». Київ. Каравела. 2004 §10.10-10.14
Міліх В.І. «Електротехніка та електромеханіка». Київ. Каравела. 2006 §14.8.1-14.8.5

ТЕМА СИНХРОННИЙ ДВИГУН.

Мета Формувати знання про будову і принцип дії синхронного двигуна;

Розвивати вміння аналізувати, логічне мислення, вміння працювати з додатковою інформацією;

Виховувати спостережливість, культуру оформлення конспекту, формувати науковий світогляд та інтерес до вивчення електротехніки.

План

1. Загальні поняття про СД

2. Характеристики синхронних двигунів

1. Загальні поняття про СД

До 1914-1915 р. синхронний двигун не мав промислового значення, тому що його пускові характеристики не відповідали пред'являємим вимогам.

Положення справи різко змінилося, коли встало питання про коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$) як окремих приймачів електроенергії, так і мереж.

Установка потужних асинхронних двигунів, що визначалася умовами роботи привода, привело до значного зниження коефіцієнта потужності мереж і електростанцій, тому що асинхронні двигуни працюють з тим більш низьким $\cos \varphi$, чим менше вони навантажені. Тому перед електромашинобудуванням була поставлена задача використовувати синхронні двигуни.

Синхронні двигуни мають не таке масове розповсюдження у промисловості, як асинхронні двигуни, оскільки їх застосування стає більш вигідним, ніж асинхронних, лише при великих потужностях (100кВт і більше). Переваги синхронних двигунів перед асинхронними полягають в тому, що вони можуть працювати з $\cos \varphi = 1$ незалежно від навантаження. Максимальний момент СД при заданому значенні струму збудження прямо пропорційний напрузі мережі, в той час як у АД він пропорційний квадрату напруги мережі живлення, крім того СД забезпечують стабільну частоту обертання валу. Але СД мають складнішу, ніж асинхронні, конструкцію,

більш складний пуск і потребують окреме джерело постійної напруги для живлення обмотки збудження.

В синхронних машинах, які працюють в режимі двигуна, обмотка статора повинна бути підключена до трифазної мережі змінного струму, забезпечуючи збудження магнітного поля, що обертається з частотою n_1 , яка визначається за формулою:

$$n_1 = 60 f / p$$

Для існування електромагнітного обертаючого моменту, що діє на ротор, його обмотка збудження повинна живитися від джерела постійного струму і збуджувати магнітне поле, силові лінії якого зчепленні з обмоткою статора. Взаємодія магнітних полів статора і ротора приводить до створення електромагнітного моменту. При вмиканні двигуна механічна інерція ротора велика, ротор не може миттєво набрати т обертаня, і обертаючий момент на валу практично дорівнює нулеві. Щоб запустити ротор до нормального обертаня, його необхідно розкрутити до швидкості, близької до синхронної. *Складний пуск* значною мірою обмежує використання синхронного двигуна. Для пуску синхронного двигуна укладають короткозамкнену обмотку («біляче колесо») у полюсах ротора. Стержні обмотки з'єднуються кільцями. При пусковій обмотка збудження замикається на пусковий опір. Після увімкнення обмотки статора в мережу створюється обертове магнітне поле, що індукуює струм у «білячому колесі» й утворює асинхронний пусковий момент. Щоб збільшити пусковий момент, іноді використовують клітку з глибоким пазом або подвійну «білячу клітку». Це підвищує пусковий момент до $0,8 \dots 1,0 M_n$. Коли ковзання сягне приблизно до 5%, обмотка збудження вимикається від опору та вмикається на джерело постійного струму. Якщо обмотку збудження на час пуску залишити розімкненою, то велика ЕРС, що індукуюється у ній, призведе до пробивання ізоляції. Після асинхронного розгону ротору та вмиканні обмотки збудження виникає синхронний обертаючий момент. Дія цього моменту переводить двигун у режим синхронної роботи. Потужні синхронні двигуни пускають

при зниженій напрузі на статорній обмотці . Основною перевагою синхронного двигуна перед двигунами інших типів є абсолютно жорстка механічна характеристика. Як відомо це залежність $n(M)$.у синхронних двигунів $n=const$ в діапазоні допустимих навантажень. Також у СД високі ККД та коефіцієнт потужності. Недоліки: складна будова, необхідність для СД двох джерел напруги (змінної трифазної та постійної), утруднення з пуском машини.

2 Характеристики синхронних двигунів

Основною перевагою синхронного двигуна перед двигунами інших типів є *абсолютно жорстка механічна характеристика*

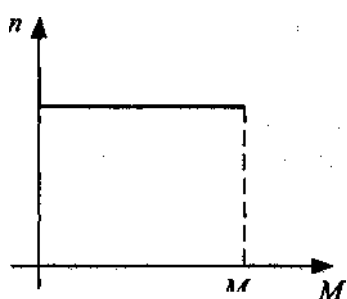


Рис.1

(рис.1). Тобто ротор обертається зі швидкістю обертового магнітного поля, що збуджується статором. Швидкість обертання поля не залежить від моменту опору. Якщо опір більший за максимальний, ротор зупиняється.

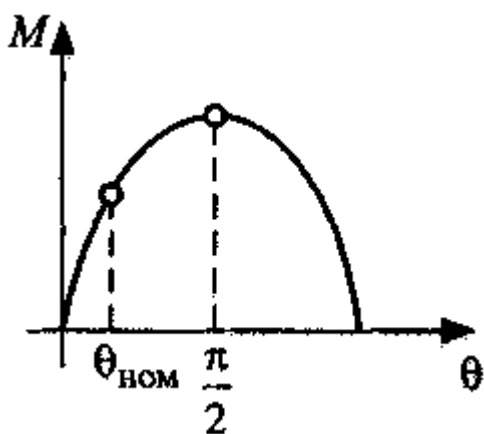


Рис.2

Полюси статора і ротора обертаються з однаковою швидкістю. Але між осями цих полюсів є деяке кутове зміщення. Це зміщення залежить від моменту опору. Залежність електромагнітного моменту від кута між осями полюсів статора і ротора називається *кутовою характеристикою двигуна* (рис.2). Момент має позитивні значення у межах: $0 < \theta < \pi/2$, але стій режим роботи може бути тільки на ділянці $0 < \theta < \pi/2$.

ВТРАТИ ТА ККД СИНХРОННОЇ МАШИНИ.

Втрати в СМ поділяють на постійні і змінні (що залежать від навантаження).

- постійні ;
- змінні (що залежать від навантаження).

До постійних втрат, що не залежать від струму якоря, входять: втрати в обмотці збудження; втрати в сталі; втрати механічні.

До змінних втрат належать : втрати в міді; додаткові втрати. Додаткові втрати обумовлені вихровими струмами, що індукуються в різних частинах машини тощо.

Звичайно ККД СМ середньої потужності складає 88...95% ; великої потужності – 96...99%.

ДОГЛЯД ЗА ЕЛЕКТРИЧНИМИ МАШИНАМИ

Догляд за нормально працюючою машиною зводиться до того, щоб утримувати машину в чистоті і стежити за справним станом контактних її частин .

При роботі машини треба стежити за нагріванням окремих її частин, не допускаючи перегрівання їх понад норму.

Машину чистять від бруду чистою сухою ганчіркою, а від пилу— за допомогою ручного міха без металевого наконечника сопла.

Колектор є основною і одночасно найбільш «примхливою» частиною машини. Правильно працюючий колектор не повинен давати іскор. Форма його повинна бути точно циліндричною (колектор не повинен «бити»). Не допускається, щоб ізоляція між пластинами виступала над поверхнею колектора; вона повинна бути гладенькою, полірованою, без подряпин і горілих місць.

Колектор чистять перед пуском машини чистою полотняною ганчіркою, сухою або трохи змоченою бензином. Якщо на поверхні колектора є маленькі подряпини, шорсткі, забруднені, трохи підпалені місця або трохи виступає слюда, то колектор передають на шліфування. Шліфують його скляним папером дрібних номерів, ні в якому разі не застосовуючи наждачного паперу, бо пил наждаку є провідником. Скляний папір укріплюють на дерев'яній колодці, угнута частина якої повинна точно відповідати кривизні колектора. Колодка з папером притискується до колектора, а якір провертається. Шліфування колектора триває доти, поки його поверхня не стане зовсім чистою і гладенькою. Рівне потемніння і «побуріння» всієї поверхні

колектора не потребує шліфування. Нормальна робота щіток і колектора характеризується коричневим і навіть буро-блакитним відтінком робочої поверхні колектора.

Проточування колектора роблять лише у випадку дійсної необхідності. Міканітова ізоляція, яка відокремлює пластини колектора одну від одної, спрацьовується повільніше, ніж мідь пластин, внаслідок чого з часом вона починає виступати над поверхнею колектора. Щоб запобігти цьому явищу, яке спричиняє іскріння на колекторі, останній «продорожують», тобто випилюють або вифрезерують ізоляцію між пластинами на глибину

0,5—1 мм. Це роблять вручну за допомогою спеціальної пилки, виготовленої звичайно з куска ножівкового полотна, який затискується в дерев'яну рукоятку, або за допомогою спеціальних невеликих фрез діаметром 20—25 мм, які приводяться в обертання електродвигуном. Після «продорожування» колектор шліфують описаним вище способом.

Кільця машини змінного струму потребують меншого догляду, ніж колектор'. Контактні кільця не повинні «бити», не повинні мати подряпин, забоїн і раковин на поверхні. Щітки повинні торкатися кілець усією своєю поверхнею і не звисати з них.

Траверса з щіткотримачами встановлюється точно по заводських рисках, які забезпечують правильне розміщення щіток на колекторі.

всієї поверхні колектора не потребує шліфування. Нормальна робота щіток і колектора характеризується коричневим і навіть буро-блакитним відтінком робочої поверхні колектора.

Щітки треба застосовувати тієї марки, яку рекомендує завод-поставщик для даного типу машини. Неправильно підібраний сорт щіток може зробити машину зовсім непрацездатною через неприпустиме іскріння. Правильно працюючі вугляні щітки повинні мати дзеркально блискучу поверхню по всій площі стикання з колектором або контактним кільцем.

Щітки повинні легко переміщуватися в обоймах щіткотримачів, але без зайвої свободи, і притискуватись до колектора або кілець з певним тиском.

Щітки можуть бути вугляно-графітні, графітні, електрографітовані, мідно-графітні і бронзово-графітні. Перші три типи щіток застосовуються в машинах постійного струму, два останніх — для синхронних і асинхронних машин.

При встановленні нових щіток їх треба пришліфувати до колектора. Для цього під щітку, встановлену у щіткотримачі, підкладають скляний папір робочою стороною до щітки і пересувають її назад і вперед. Для правильного шліфування папір треба обтиснути по колектору.

В електричних машинах застосовуються як підшипники ковзання, так і підшипники кочення. Сучасні машини малих і середніх потужностей, як правило, мають шарикові і роликові підшипники, великі машини — підшипники ковзного тертя, найчастіше з кільцевим мащенням.

Роликові і шарикові підшипники потребують мінімум догляду. Мастило в них звичайно густе (тавот), його треба міняти один раз на 3—4 місяці, але ці чергові ревізії — чищення і закладання мастила — треба провадити дуже старанно. З розкритого підшипника видаляють старе мастило, а всі деталі його (обойму, шарики) старанно промивають бензином, після чого закладають нове мастило.. Підшипникову камеру заповнюють мастилом приблизно на $\frac{2}{3}$ об'єму, що забезпечує найкращу його роботу. Якщо є будь-яка підозра на несправність, краще підшипник розкрити, оглянути, та усунути найдрібніші дефекти. Так можна запобігти серйозним неполадкам і великим втратам.

Підшипники ковзного тертя потребують значно більше уваги і догляду. Всі кришки підшипників повинні бути щільно закриті. Треба регулярно стежити за рівнем масла і вчасно доливати його. Звичайно треба заливати масло один раз на тиждень. Навіть при дуже ущільнених кришках підшипників масло в них з часом забруднюється. Тому не рідше як один раз за 1—2 місяці масло треба змінювати. Для цього через спускний отвір випускають старе масло і промивають камеру підшипника гасом. Коли гас, що витікає, буде зовсім чистим, то, не закриваючи спускного отвору, починають заливати підшипник

чистим маслом з метою видалити ним з підшипникової камери залишки гасу. Після цього закривають спускний отвір і остаточно заливають підшипник маслом.

Масло, що застосовується для мащення підшипників, не повинно мати осадка, а також не повинно містити смоли і кислот.

Крім догляду за мащенням, треба стежити за спрацюванням

вкладишів підшипників. Це особливо важливо в асинхронних двигунах, оскільки повітряний зазор у них дуже малий (0,3—0,5 мм) і при спрацюванні вкладиша підшипника ротор може почати чіпляти за статор. Тому повітряний зазор між статором і ротором періодично перевіряють за допомогою щупів, які являють собою калібровані стрічки різної товщини. Якщо виявлено значні посадки ротора, вкладиші підшипників перезаливають. Нагрівання підшипників (масла) допускається до 80° С. Нагрівання найчастіше контролюється на дотик (кілька разів на добу), а у відповідальних випадках — ртутним термометром, який занурюють у масло підшипника.

Опір ізоляції машини вимірюється періодично під час всього строку роботи, після тривалих перерв у роботі, а також під час монтажу і встановлення машини. Високий опір ізоляції є однією з ознак достатньої електричної міцності ізоляції.

Величина опору ізоляції нагрітої машини, виражена в мегомах, повинна дорівнювати або бути більшою за таке відношення:

Число вольтів номінальної напруги 1000 В число кіловольт-амперів номінальної потужності.

Ізоляція вимірюється між обмотками машини, колектором, кільцями і її корпусом (землею) за допомогою індуктора або мегометра.

Якщо ізоляція машини має недостатній опір, що найчастіше буває внаслідок того, що машина відволожилась, то її сушать. При наявності сушильних печей в них можна сушити невеликі

Запитання для самоперевірки

1. Поясніть принцип роботи СД
2. Що застосовують для пуску СД?
3. Які відмінності СД від АД?
4. Поясніть процес пуску синхронного двигуна.
5. Як регулюється коефіцієнт потужності синхронного двигуна?
6. Які переваги і недоліки синхронних двигунів у порівнянні з асинхронними?

Література

1. Коруд В.І Електротехніка Підручник, Магнолія плюс, 2006-447 с
2. Паначевний Б.Т., Свєргун Ю.Ф. Загальна електротехніка, теорія і практикум. - К.: Каравела, 2004 – 440 с.
3. Новіков П.Н. Задачник по електротехніці. - М.: 1998, – 336с.
4. Мілих В.І. Електротехніка та електромеханіка. - К.: Каравела, 2006 – 376 с.

ТЕМА Синхронні машини. Будова та принцип дії синхронних машин.

Синхронні генератори

Мета: Сформувати у студентів знання з будови та принципу дії СМ. Надати знання з питання застосування СМ, її переваг та недоліків.

План

- 1 Переваги та недоліки синхронної машини
- 2 Графічні позначення синхронних машин
- 3 Робота СМ в режимі генератора

1 Переваги та недоліки синхронної машини

Своєрідність синхронних машин визначає їх переваги і недоліки в порівнянні з машинами інших класів. *Переваги* синхронних машин такі:

- високі ККД та коефіцієнт потужності;
- абсолютно жорстка механічна характеристика синхронного двигуна
- незалежність частоти ЕРС від навантаження машини.

Проте синхронні машини також мають і *недоліки*, що інколи обмежують їх використання:

- складну будову;
- необхідність для двигуна двох джерел напруги (змінної трифазної та постійної);
- утруднення з пуском синхронного двигуна.

Найчастіше працюють як генератори. Синхронні електродвигуни застосовуються значно рідше асинхронних і лише в тому випадку, коли при даній потужності і режимі роботи вони економічні.

Машина називається синхронною тому, що її ротор обертається з тією ж швидкістю, що й магнітний потік, створений струмом в обмотці якоря (синхронно).

Існує кілька різновидів подібних машин, це:

1. Гідрогенератор - його ротор відрізняється наявністю явнополюсних полюсів і використовується при виробництві електричної енергії, працює на низьких оборотах.

2. Турбогенератор - відрізняється неявнополюсною конструкцією генератора, працює за допомогою турбін різного типу, швидкість відрізняється великою кількістю оборотів вала в хвилину, може досягати до 6000 об / хв.

3. Компенсатор - він виробляє реактивну потужність, не несе навантаження, використовується в цілях підвищення якості електричної енергії за рахунок поліпшеного коефіцієнта потужності, служить для стабілізації напруги.

Синхронна машина (СМ) складається з :

- нерухомого статора
- обертового ротора всередині статора

Статор уявляє собою полий циліндр (корпус), у нижній частині його приварені лапи для кріплення СМ до фундаменту. За відповідності основному виконання, статор вважається якорем машини і має багатофазну обмотку, найчастіше, розраховану на три фази. Він виступає в якості індуктора, обмотка ротора (збудження) служить для створення потоку магнітної індукції збудження, її живлення здійснюється при використанні контактних кілець, через щітковий механізм, від джерела (якоря збудника). У корпусі закріплений шихтований сердечник статора, в його пазах розташована обмотка статора.

Конструктивне виконання машини, перш за все, залежить від необхідної частоти обертання, головним чином це позначається на конструктивних особливостях ротора, він буває двох основних видів, це явнополюсний і неявнополюсного типу.

Ротор СМ уявляє собою електромагнітну систему постійного струму з обмоткою, що має ту ж кількість полюсів, що і обмотка статора.

Конструкція ротора може бути неявно – або явно полюсною.

Щоб вироблялась електрична енергія, необхідно обертати ротор СМ з частотою обертання:

$$n = \frac{60f}{p},$$

а також необхідна наявність основного магнітного потоку Φ_0 , який буджується обмоткою ротора.

Діюче значення фазної ЕРС

$$E = 4,44 f w k_{об} \Phi_T, \text{ де}$$

$k_{об}$ – обмотковий коефіцієнт.

2 Графічні позначення синхронних машин

Стандартом установлені спрощений та розгорнутий способи позначення синхронних машин (рис. 1). У спрощених позначеннях обмотки статора і ротора зображаються у вигляді кола із зазначенням виводів.

У розгорнутих позначеннях обмотку статора зображають ланцюжком півкіл, а обмотку ротора - колом (рис. 2). Явнополюсний ротор позначають пунктирним колом. Позначками Δ і Y указують спосіб з'єднання статорної обмотки

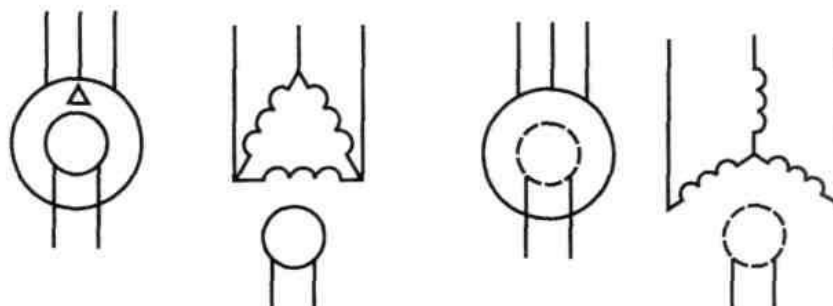


Рис. 1- Позначення синхронних машин

3 Робота СМ в режимі генератора.

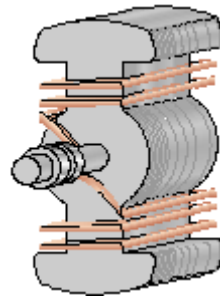
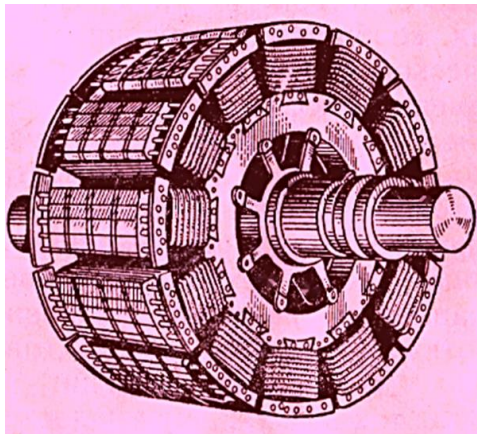
За допомогою синхронних генераторів (СГ) на всіх теплових та гідроелектростанціях отримують електричну енергію.

Будова.

Складається з станини з полюсами на яких укріплена обмотка збудження. Між полюсами розміщений ротор генератора. Ротор – це циліндр набраний з

листів сталі і укріплений на валу генератора. В пазах ротора розміщені провідники обмотки аналогічної обмотці ротора АД з фазним ротором. Котушки ,які належать окремим фазам обмотки ротора ,зсунуті одна відносно одної, на 120° і з'єднується зіркою ,або трикутником. Початки обмоток приєднуються до ізолюваних кілець ,укріплених на валу генератора. За допомогою щіток , накладених на кільця , обмотка ротора генератора з'єднується з зовнішнім колом. Бувають СГ з нерухомим статором і обертовим ротором Генератори з нерухомим ротором поділяються на два види:

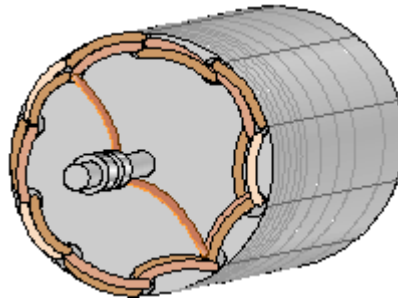
- генератори з явно вираженими полюсами, звичайно тихохідні. Такі СГ працюють спільно з водяними турбінами або двигунами внутрішнього згорання;



Ротор має два або більше явно виражених полюса. Стрижні (котушки), кріпляться в пазах за допомогою використання клинів з немагнітного ізоляційного матеріалу.

Стрижні виконують функцію обмоток збудження. Сердечник виготовляється з електротехнічної сталі. У полюсних наконечниках розташовуються стрижні обмотки, призначеної для пуску, вони виконуються з латуні, для якої характерний високий питомий опір.

- СГ з неявно вираженими полюсами звичайно швидкохідні (1500 – 3000 об/хв.). Такі СД працюють спільно з паровими турбінами – турбогенератори.



З економічних міркувань на електростанціях застосовують максимально потужні СГ. СГ трифазного струму виготовляють на високі напруги (1-15 кВ) і великі потужності (до 10 000-150 000 кВА) .При нерухомій обмотці її легше ізолювати і простіше відвести у зовнішнє коло великі струми.

В обох конструкціях ,струм підводиться до обмотки збудження у всіх типах генераторів через щітки, накладенні на кільця. Обмотка збудження у всіх типах генераторів живиться від збудника-генератора постійного струму ,якір якого укріп лений на одному валу з СГ.

РОБОЧИЙ РЕЖИМ СГ.

До обмотки статора ,з'єднаної в зірку, вмикається споживач енергії, а в обмотці збудження проходить постійний струм від збудника.

Струм в обмотці збудження створює магнітний потік, розподілений на поверхні ротора за законом синуса. При обертанні ротора , а отже, і магнітного потоку в обмотці якоря наводиться ЕРС

$$E = 4,44 f W \Phi k$$

де k- обмотковий коефіцієнт.

Коли машина навантажується, то струм що, проходить по ротору, створює свій магнітний потік-потік ротора. Цей потік. Накладаючись на основний потік полюсів , створений обмоткою збудження, послаблює, або посилює основний магнітний потік генератора. Це явище називається реакцією якоря.

При індуктивному навантаженні генератора реакція якоря зменшує величину ЕРС генератора, при ємнісному - збільшує.

Частота індукованої ЕРС синхронного генератора

$$E = \frac{pn}{60}, \text{ де}$$

p - число пар полюсів ротора генератора

Відношення $\frac{n}{60}$ - число обертів ротора в секунду.

Із характеристик найбільше практичне значення має зовнішня характеристика: $U = f$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвати переваги і недоліки синхронних двигунів порівняно з двигунами інших типів.
2. У яких випадках використання синхронних двигунів економічно не виправдане?
3. Чим визначається вибір між явнополюсними і неявнополюсними типами роторів синхронних двигунів?
4. За яких умов обмотка статора двигуна не буде споживати реактивний струм, а коефіцієнт потужності дорівнюватиметься одиниці?
5. Як можна змінити активну потужність синхронного генератора?
6. Як можна змінити реактивну потужність, яку виробляє синхронний генератор?
7. Назвати причини, за яких щітки можуть вивести з ладу електричну машину?

Література:

Базова:

5. Коруд В.І Електротехніка Підручник, Магнолія плюс, 2006-447 с
6. Паначевний Б.Т., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка, теорія і практикум. - К.: Каравела, 2004 – 440 с.
4. Мілих В.І. Електротехніка та електромеханіка. - К.: Каравела, 2006 – 376 с.

ТЕМА ХАРАКТЕРИСТИКИ АД.

Мета: Сформувати у студентів знання з побудови механічних та робочих характеристик. Сформувати первинні практичні навички з обслуговування асинхронних двигунів.

План

1 Механічні характеристики

2 Робочі характеристики

1 Механічні характеристики

Залежність частоти обертання ротора від навантаження (електромагнітного моменту на валу) називається механічною характеристикою асинхронного двигуна. Є природна та штучна механічна характеристика АД.

Природною механічною характеристикою називається характеристика двигуна з короткозамкненим ротором (опір обмотки ротора практично дорівнює нулеві. Рисунок 1 крива 1)

Штучна характеристика - це характеристика двигуна з опором обмотки ротора $R_2 > 0$ (фазний ротор. Рисунок 1 крива 2)

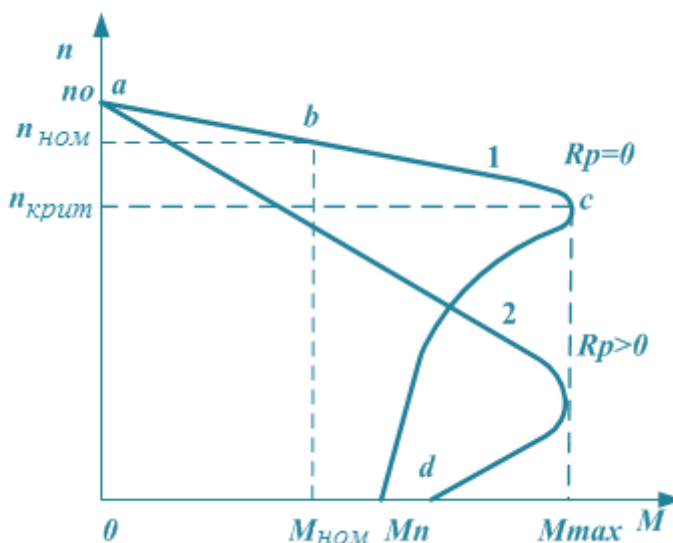


Рис1 Механічна характеристика асинхронного двигуна

Електромагнітний момент виникає за наявності магнітного поля, що створюється обмоткою статора, і струму в обмотці ротора. Можна показати, що електромагнітний момент визначається співвідношенням: $M = C \Phi I_2 \cos \varphi_2$

Проаналізувавши формулу електромагнітного моменту можна зробити висновок, що зменшення магнітного потоку Φ , або зменшення добутку $I_2 \cos \varphi_2$, викликає зменшення електромагнітного моменту M . Враховуючи те, що напруга в мережі стабільна, магнітний потік Φ мало зміниться, і суттєвого впливу на електромагнітний момент M не дасть.

При номінальному навантаженні частота обертання для різних двигунів зазвичай складає 98-92,5 % частот обертання n_1 (ковзання $s_{\text{ном}} = 2 - 7,5 \%$). Чим більше навантаження, тобто обертальний момент, який повинен розвивати двигун, тим менше частота обертання ротора.

Розглянемо залежність зміни електромагнітного моменту M від ковзання s .

Зі зміною ковзання, а відповідно і величини n_2 швидкості обертання ротора, зміниться величина струму ротора I_2 . Ця залежність електромагнітного моменту M від ковзання s , тобто $M(s)$ те ж називається механічною характеристикою АД

(рис 2).

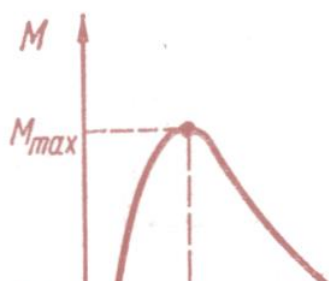


Рис 2 Залежність електромагнітного моменту M від ковзання s

Під час роботи двигуну необхідно долати момент опору навантаження, тормозний момент $M_{\text{тор}}$. При постійній швидкості обертання

електромагнітний момент повинен дорівнювати тормозному моменту

$$M = M_{\text{тор}}$$

Якщо навантаження на валу АД змінити, наприклад зменшити, тормозний момент стане меншим і рівність їх порушиться.

Електромагнітний момент двигуна на якийсь час стане більшим $M_{\text{тор}}$ і двигун почне збільшувати свою швидкість, тобто швидкість ротора збільшиться, і ковзання при цьому зменшиться. Частота пересікання обмотки ротора обертовим магнітним полем зменшиться, це викликає зменшення величини індукованої ЕРС а ВІДПОВІДНО зменшення струму ротора I_2 . Зменшення цього струму виключить зменшення

електромагнітного моменту двигуна до тих пір поки рівність $M = M_{\text{тор}}$ не відтвориться. Якщо навантаження на валу двигуна збільшити, то $M_{\text{тор}}$ збільшиться. Двигун який ще має попередній момент обертання, почне зменшувати свою швидкість обертання а ковзання збільшиться. Ротор двигуна втрачаючи свої обороти почне частіше пересікатися обертовим магнітним полем статора тому буде зростати ЕРС і в обмотці ротора буде індукуватись більший струм I_2 . Двигун при новому збільшені струму взаємодіючи з магнітним полем статора створить збільшений електромагнітний момент який буде рівний збільшеному $M_{\text{тор}}$ і рівновага M і $M_{\text{тор}}$ знову встановиться, тобто буде $M = M_{\text{тор}}$

Але електромагнітний момент до безкінечності збільшуватись не може .

При незмінності напруги мережі магнітний потік Φ залишається практично незмінним, а це означає що настає момент коли подолати тормозний момент двигун не може, тобто наступить момент коли $M < M_{\text{тор}}$

Двигун почне втрачати обороти і зупиниться. Зупинка двигуна є небезпечною для двигуна , так як по обмоткам двигуна буде протікати великий струм, в багато разів більший за номінальний. Тому M_{max} називається критичним або перевертаючим. Важливою експлуатаційною

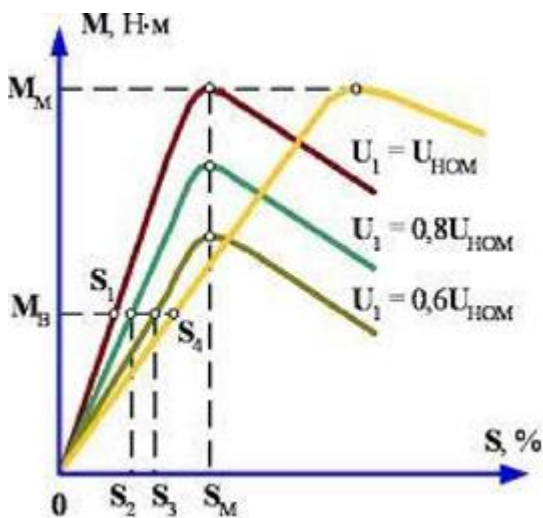
характеристикою АД є співвідношення $k = M_{\text{тах}} / M_{\text{ном}}$ - перевантажувальна здатність АД.

Двигун може стійко працювати тільки при забезпеченні саморегулювання, тобто. автоматичному встановленні рівноваги між прикладеним до валу моментом навантаження M_n і моментом M , що розвивається двигуном. Цій умові відповідає верхня частина характеристики до досягнення $M_{\text{тах}}$ (до точки с). Якщо момент навантаження M_n перевищить момент $M_{\text{тах}}$, то двигун втрачає стійкість і зупиняється, при цьому по обмоткам машини тривало проходитиме струм в 5-7 разів більше за номінальний, і вони можуть згоріти.

Ділянки кривої $M(s)$ від $s=0$ до $s=s_{\text{кр}}$ (Рис.2) - стійка частина характеристики, а від

$s = s_{\text{кр}}$ до $s = 1$ нестійка частина характеристики. Значення $s_{\text{кр}}$ у більшості АД

знаходяться в межах 10 - 25%. Можна досягнути вмиканням активного опору в коло ротора збільшення $s_{\text{кр}}$, але при цьому $M_{\text{тах}}$ незмінне.



Електромагнітний момент асинхронного двигуна, а також його

максимальне і пусковий значення пропорційні квадрату напруги, що підводиться до обмотки статора $M \equiv U_1^2$

Це дає нам можливість побудувати механічні характеристики $M = f(s)$ для різних значень напруги U_1 з яких випливає, що коливання напруги мережі U_1 щодо його номінального значення $U_{1ном}$, супроводжуються не тільки змінами максимального і пускового моментів, але і змінами частоти обертання ротора. Зі зменшенням напруги мережі частота обертання ротора знижується (ковзання збільшується). Напруга U_1 впливає на значення максимального моменту M_{1max} , а також на перевантажувальну здатність двигуна. Так, якщо напруга U_1 , знизилася на 30%, тобто $U_1 = 0,7 U_{1ном}$, то максимальний момент асинхронного двигуна зменшиться більш ніж удвічі:

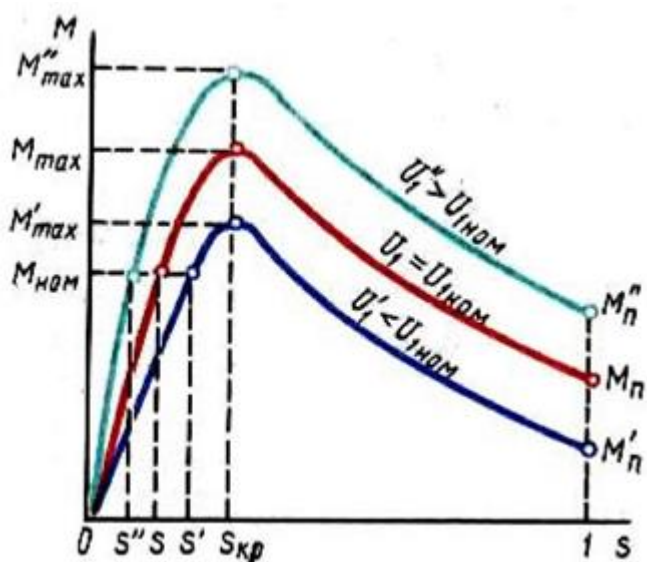


Рисунок-Вплив зміни напруги на вигляд механічної характеристики

2 Робочі характеристики.

Робочими характеристиками

асинхронного двигуна називаються залежності частоти обертання n (чи ковзання s), моменту на валу M_2 , струму статора I_1 коефіцієнта корисної дії $\cos\phi$, від корисної потужності

$P_2 = P_{max}$ при номінальних значеннях напруги U_1 і частоти $f_1(3)$. Вони будуються тільки для зони практичної стійкої роботи двигуна, тобто. від ковзання, рівного нулю, до ковзання, що перевищує номінальне на 10-20%. Частота обертання n із зростанням потужності P_2 , що віддається, змінюється мало, так само як і в механічній характеристиці; обертальний момент на валу

M_2 пропорційний потужності P_2 , він менше електромагнітного моменту M на значення гальмівного моменту $M_{\text{тор}}$, створюваного силами тертя.

Струм статора I_1 , зростає зі збільшенням потужності, що віддається, але при $P_2 = 0$ є деякий струм холостого ходу I_0 . ККД. змінюється приблизно так само, як і в трансформаторі, зберігаючи досить велике значення в порівняно широкому діапазоні навантаження.

Найбільше значення ККД для асинхронних двигунів середньої і великої потужності складає 0,75-0,95 (машини великої потужності мають відповідно більший до. п. д.). Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ асинхронних двигунів середньої і великої потужності при повному навантаженні рівний 0,7-0,9. Отже, вони завантажують електричні станції і мережі значними реактивними струмами (від 70 до 40% номінального струму), що є істотним недоліком цих двигунів.

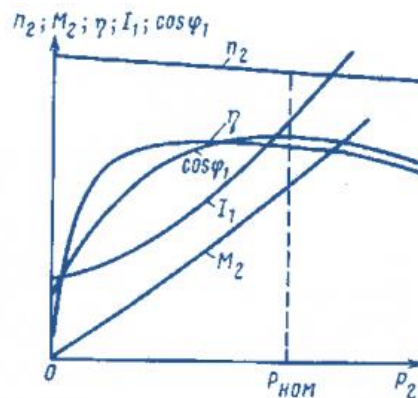


Рис. 3 Робочі характеристики асинхронного двигуна

При навантаженнях 25-50 % номінальною, які часто зустрічаються при експлуатації різних механізмів, коефіцієнт потужності зменшується до незадовільних з енергетичної точки зору значень (0,5-0,75).

При знятті навантаження з двигуна коефіцієнт потужності зменшується до значень 0,25 - 0,3, тому не можна допускати роботу асинхронних двигунів при холостому ході і значних недовантаженнях.

Питання для самоперевірки

- 1 Яку будову має асинхронний двигун з короткозамкненим ротором?
- 2 Яку будову має асинхронний двигун з фазним ротором?

3 Чому зі збільшенням навантаження АД збільшується струм в обмотках статора?

4 Чому АД споживає із мережі великий пусковий струм?

5 Як визначають перевантажувальні можливості АД?

6 Коли і навіщо застосовують перемикання обмоток статора з зірки на трикутник?

7 Яку залежність називають механічною характеристикою?

8 Які механічні характеристики ви знаєте?

9 Яку залежність називають робочими характеристиками?

Література

Паначевний Б.Т., Свергун Ю.Ф. «Загальна електротехніка, теорія і практикум». Київ. Каравела. 2004 §10.10-10.11