

Лабораторна робота № 7

Загальні теоретичні відомості

У сільськогосподарському виробництві застосовується багато різних машин і агрегатів, які приводяться в дію електричними двигунами.

Електричний двигун - це електрична машина, яка перетворює електричну енергію в механічну. З усіх різновидів електродвигунів найширшого застосування в промисловості, і в сільському господарстві знайшов трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором. Близько 95% електродвигунів - це асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором серій А, А2, АО, АО2, 4А, 4АМ і АИР.

За будовою трифазний асинхронний електродвигун складається з нерухомого статора, рухомого ротора і двох підшипникових щитів з підшипниками кочення або ковзання в центрі щита.

Статор електродвигуна складається з корпусу, осердя і трифазної обмотки. Корпус виготовляють з чавуну, сталі або сплаву алюмінію.

Осердя статора набирається зі штампованих листів електротехнічної сталі у вигляді кілець. Листи сталі мають товщину 0,35 чи 0,5 мм, поверхня покрита ізоляційним лаком чи окисною плівкою для зменшення втрат енергії на вихрові струми при перемагнічуванні сталі осердя. На внутрішній поверхні осердя завдяки формі кожного кільця, утворюються поздовжні пази, в які всипають витки котушок прямокутно-овальної форми з мідного, рідше алюмінієвого проводу круглого перерізу, ізолюваного по поверхні емалевою ізоляцією.

Вихрові струми при перемагнічуванні сталі осердя На внутрішній поверхні осердя завдяки формі кожного кільця, утворюються поздовжні пази, в які всипають витки котушок прямокутно-овальної форми з мідного, рідше алюмінієвого дроту круглого перерізу, ізолюваного по поверхні емалевою ізоляцією. Розміри і кількість котушок, схема їх з'єднань обумовлюють характер магнітного поля, кількість пар магнітних полюсів. статора. Так, наприклад якщо осердя статора має 36 пазів (кількість пазів трифазних двигунів завжди кратна 6), а котушка має форму і розміри, що дозволяють зайняти умовний перший паз, а протилежна сторона котушки займає діаметрально протилежний дев'ятнадцятий паз, інша котушка займає відповідно 2-й і 20-й пази і т.д., тобто одна котушка охоплює четверту частину осердя сердечника, то магнітне поле статора електродвигуна матиме чотири полюси і менше вдвічі швидкість або частоту обертання.

Кількість полюсів магнітного поля статора трифазного асинхронного електродвигуна визначається як частка від ділення кількості всіх пазів осердя статора на кількість пазів, що охоплює одна котушка. Коли всі котушки всипані в пази, початки і кінці котушок з'єднують таким чином, щоб утворилось три фази, однакові за кількістю котушок, але зміщених по внутрішній поверхні осердя статора на рівні відстані. Початки і кінці фаз позначають:

Фаза	Початок	Кінець
A	C1	C4
B	C2	C5
C	C3	C6

Короткозамкнений ротор складається зі сталюого вала., що опирається на два підшипники, на частину між підшипниками насаджується осердя, набране, як і осердя статора з окремих листів електротехнічної сталі у вигляді плоских дисків з отвором під вал по центру. На зовнішній поверхні осердя ротора після складання утворюються пази, в які закладають мідні чи алюмінієві стрижні без ізоляції, які утворюють короткозамкнену обмотку ротора. На торцях осердя ротора стрижні з'єднують між собою мідними чи алюмінієвими кільцями. Короткозамкнута обмотка ротора без осердя нагадує за конструкцією клітку. Трифазний електродвигун з такою будовою ротора одержав назву асинхронного з короткозамкненим ротором.

Ротор електродвигуна може мати й іншу будову: в пази осердя ротора можна вкласти котушки, по формі подібні котушкам статора. Котушки з'єднуються так, щоб утворились три фази. Кінці фаз з'єднують в одну точку, а початки приєднують до трьох кілець, які розміщують на валу. Кільця ізолювані одне від одного і від валу. На кільця накладають ковзні щітки з графіту, а до нерухомих щіток приєднують зовнішні опори у вигляді пускового чи регульованого реостату. Трифазні електродвигуни з такою будовою ротора одержали назву - асинхронний з фазним ротором або електродвигун з контактними кільцями.

Принцип дії асинхронного електродвигуна полягає у взаємодії індукваного струму обмоток ротора з обертовим магнітним полем статора. При приєднанні обмоток статора трифазного електродвигуна до джерела живлення трифазним змінним струмом по обмотках статора протікають струми, які зумовлюють результуюче магнітне поле статора, що обертається з синхронною частотою n_c , об/хв.

$$n_c = 60 \cdot f / p, \quad (7.1)$$

де: f – частота струму, Гц; p – число пар полюсів магнітного поля статора, утвореного струмом в його обмотках (число полюсів магнітного поля статора у вигляді цифри записано в типі електродвигуна, що наводиться в його паспорті).

Якщо зважити, що стандартна частота струму дорівнює 50 Гц, то при двох полюсах магнітного поля статора синхронна частота обертання дорівнюватиме:

$$n_c = 60 \cdot 50 / 1 = 3000 \text{ об/хв.},$$

що є найбільшим числом.

Силові лінії магнітного поля статора при обертанні перетинають стержні короткозамкненої чи провідники фазної обмотки ротора і в них індукується ЕРС, яка обумовлює появу струму в обмотці ротора. Відомо, що на провідник зі струмом, розміщений у магнітному полі, діє механічна сила Ампера. В силу того, що на роторі є провідники з протилежними напрямками струмів, на нього діють дві сили, протилежні за напрямком і прикладені до різних, діаметрально протилежних провідників. Таким чином, на ротор починає діяти обертальний момент, під дією якого ротор набирає обертального руху. Частота обертання ротора дещо менша частоти обертання магнітного поля статора, то в обмотці ротора зникла в ЕРС, зникли б струм і сила, яка обертає ротор. Ротор повинен мати частоту n обертання, меншу від частоти n_c обертання магнітного поля статора, тобто $n < n_c$.

Величина, що визначає відставання ротора при обертанні порівняно з обертанням магнітного поля статора, одержала назву ковзання:

$$s = (n_c - n) / n_c \cdot 100, \quad (7.2)$$

де s – ковзання електродвигуна, %

n_c – синхронна частота обертання (див.б.1), об/хв.

Існуючі асинхронні електродвигуни нормального виконання мають ковзання в межах 1...6%.

У момент подачі напруги на обмотки статора, коли ротор електродвигуна ще нерухомий, по обмотках статора короткочасно протікає досить великий струм, що називається пусковим; пояснюється це тим, що струм, який споживає електродвигун у цілому від джерела, являє собою геометричну суму струмів обмоток статора і ротора. Струм ротора при пуску є найбільшим тому, що найбільша швидкість перетину магнітними силовими лініями провідників ротора, найвища ЕРС зумовлює найбільший струм. При обертанні ротора ЕРС і струм в обмотці ротора зменшується, що призводить до зменшення струму, який споживають обмотки статора від джерела живлення.

Відношення пускового струму $I_{\text{пуск}}$ електродвигуна до номінального його значення I_n називається кратністю пускового струму k_i :

$$k_i = I_{\text{пуск}} / I_n. \quad (7.3)$$

Трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором поряд з такими перевагами, як простота конструкції, висока надійність в роботі, довговічність, невисока вартість, проста експлуатація, має один істотний недолік – велика кратність пускового струму: $k_i = 5...7$. Великий за значенням пусковий струм, на проходження якого проводи метричної мережі не розраховують за його короткочасністю, викликає значне зниження

напруги, що негативно відбивається на роботі самого електродвигуна (збільшується час розгону машин) та інших електроприймачів (електричні лампи знижують світловий потік, "блимають"). Тому в деяких випадках, якщо робочі машини запускатимуться недопустимо довго, для їх приводу використовуватимуться асинхронні електродвигуни з фазним ротором. Запуск таких електродвигунів здійснюється введенням у коло обмоток ротора допоміжного зовнішнього опору у вигляді пускового реостату. Це приводить до зменшення пускового струму, збільшення обертового моменту на валу, швидкого розгону робочого органу машини. При розгоні опір реостата поступово зменшують, а коли обертання ротора електродвигуна наблизиться до номінальної частоти, зовнішній опір від'єднують, на кільця накладається механізм, що зв'язує їх електрично, двигун працює з короткозамкненим ротором. Застосування асинхронних електродвигунів з фазним ротором дозволяє знизити кратність пускового струму до значень $k_i = 1.5...2.0$.

До корпусу кожної електричної машини при виготовленні прикріплюють металеву табличку, яка називається паспортом. У паспорті трифазного асинхронного електродвигуна вказують:

а) тип трифазного асинхронного електродвигуна (розшифровка літер і цифр типу наведена в окремому методичному посібнику на робочому місці бригади);

б) корисна або механічна потужність на валу, кВт;

в) напруга або дві напруги джерела живлення, до якого слід приєднувати статорні обмотки електродвигуна, В; при цьому вказується трифазна схема чи схеми з'єднань обмоток статора, наприклад, "зірка" (Y), або "трикутник" / "зірка" (Δ/Y);

г) номінальний лінійний струм в амперах для однієї чи двох схем з'єднань обмоток статора, А;

д) номінальна частота обертання ротора, об/хв;

е) частота струму або ЕРС джерела живлення, Гц;

є) коефіцієнт потужності $\cos\phi$ і коефіцієнт корисної дії (ККД) в %;

ж) клас нагрівостійкості ізоляції електродвигуна;

з) режим роботи електродвигуна як електропривода.

Крім цього, у паспорті вказано завод-виготовлювач, рік виготовлення, заводський номер виготовлення, маса двигуна, Державний стандарт, країна-виготовлювач.

Якщо коробка виводів обмоток статора електродвигуна має 6 виводів (3 початки і 3 кінці), то допускається два види трифазних з'єднань - "зіркою" і "трикутником". Для полегшення цих з'єднань виводи приєднуються до щитка виводів у порядку, зображеному, зображеному на рис.6.2. Щоб з'єднати обмотки статора «зіркою», необхідно виводи трьох кінців С4, С5 і С6 з'єднати між собою металевими перемичками, а до початків С1, С2 і С3 підвести трифазне живлення.

Для з'єднань обмоток статора "зіркою" мають місце такі залежності між лінійними і фазними напругами і струмами:

$$U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{ф}; \quad I_{л} = I_{ф}. \quad (7.4)$$

Для з'єднань обмоток статора "трикутником" у коробці виводів металеві перемички роблять між початками і кінцями обмоток з'єднуючи С1 і С6; С2 і С4; С3 і С5. Такому з'єднанню відповідає правило: кінець першої фази (С4) з'єднати з початком другої (С2), кінець другої (С5) з'єднати з початком третьої (С3), кінець третьої (С6) з'єднати з початком першої (С1). Джерело живлення приєднують до початків трьох фаз.

Для з'єднання обмоток статора "трикутником" мають місце такі співвідношення між лінійними і фазними напругами і струмами:

$$U_{л} = U_{ф}; \quad I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{ф}. \quad (7.5)$$

У практиці експлуатації електрообладнання необхідно знати, за якою схемою потрібно з'єднати обмотки статора трифазного електродвигуна. Джерелом живлення електродвигунів є існуючі електричні мережі трифазного змінного струму. Електрична мережа споживчої напруги, як правило, має дві напруги - лінійну і фазну, наприклад, 380/220 В. У цьому позначенні 380 В – лінійна напруга, 220 В – фазна напруга. Якщо лінійна напруга електричної мережі, до якої збираємося приєднати електродвигун, має лінійну напругу, що відповідає одній з напруг, вказаних у паспорті електродвигуна, останній можна приєднувати до мережі.

Правило вмикання трифазного двигуна в електричну мережу. 1. Якщо лінійна напруга електричної мережі відповідає більш високій напрузі, вказаній у паспорті електродвигуна, обмотки статора необхідно з'єднати "зіркою". 2. Якщо лінійна напруга мережі відповідає меншому значенню напруги, вказаній у паспорті електродвигуна, обмотки статора необхідно з'єднати "трикутником". 3. Якщо ж лінійна напруга електричної мережі не співпадає ні з однією напругою, що вказані в паспорті електродвигуна, то такий електродвигун приєднувати до існуючої електромережі не можна взагалі. Невірно виконане з'єднання обмоток статора, яке не відповідає рівню напруги мережі, може призвести до виходу з ладу електродвигуна.

Для зміни напрямку обертання ротора трифазного електродвигуна достатньо поміняти місцями дві будь-які фази електричної мережі, від якої одержує живлення двигун.

Магнітне поле статора, що обертається із синхронною частотою, утворює тільки три струми трифазної системи живлення. Якщо до статора трифазного електродвигуна, обмотки якого з'єднані в трифазну групу, підвести тільки дві фази (два проводи) живлення, утвориться пульсуюче магнітне поле, яке не спричинить обертального руху ротора. Пульсуюче поле може бути представлене як два обертальних, що обертаються в різних напрямках. При умові, що ротор нерухомий, по статорних обмотках протікає пусковий або близький до пускового струм, який може призвести до сильного нагріву обмоток і виходу двигуна з ладу. Якщо ротору надати

Вивчення будови і дослідження трифазного асинхронного електродвигуна

обертального руху, а потім створити пульсуюче магнітне поле в статорі, ротор продовжить обертальний рух. Електродвигун буде працювати, але потужність, яку він розвиватиме, зменшиться приблизно вдвічі, а сила струму живлення стане більшою, ніж сила струму при нормальній роботі двигуна.