



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81327 (13) C2
(51) МПК (2006)
H02K 1/00
H02K 3/00
H02K 17/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПІДКЛЮЧЕННЯ ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДО ОДНОФАЗНОЇ МЕРЕЖІ

1

(21) а200600126
(22) 04.01.2006
(24) 25.12.2007
(72) ПОЛАТОВСЬКИЙ ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
UA
(73) ПОЛАТОВСЬКИЙ ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
UA
(56) GB 19084433, 27.02.1908
SU 126181, H02K 17/08, 01.12.1958
SU 119596, H02K 17/08, 1959
SU 128074, H02K 17/08, 24.08.1959

2

(57) Спосіб підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі, який відрізняється тим, що обмотки фаз трифазного електродвигуна підключено до однофазної мережі зіркою через фазозсувний конденсатор, при цьому обмотка, до якої не підключений конденсатор, має менші активний і індуктивний опори в порівнянні з фазною обмоткою, підключеною до мережі для одержання фазорезонансу на фазній обмотці, підключеній до мережі через фазозсувний конденсатор.

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема до трифазних електродвигунів, дозволяє використовувати трифазні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором малої потужності, що підключені до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором, не застосовуючи заходів по обмеженню пускового струму і може бути використаний при виробництві трифазних електродвигунів для створення універсального по живленню електродвигуна.

Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором у момент пуску споживають струм в 4,5 - 6,5 разів більше за їх номінального струму [див. книгу: Костенко М.П., Пиотровський Л.М. Электрические машины. Часть 2: Машины переменного тока. - 2-е изд.. - М.-Л.: Энергия, 1965.], що обмежує по величині номінальної потужності їх застосування при живленні від однофазної мережі або необхідно застосовувати заходи по обмеженню пускового струму електродвигунів малої потужності. Трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, що підключені до однофазної мережі запропонованим способом, при пуску мають розподіл напруг по обмотках фаз менше, ніж номінальні напруги фаз, пусковий струм обмежений. При номінальній частоті обертання ротора напруги фаз за рахунок розподілу розрядного струму фазозсувного конденсатора, що не створює гальмуючого моменту на валу

електродвигуна і резонансу на обмотках фаз збільшуються, що дозволяє одержати не менше половини від номінальної потужності електродвигуна.

Для підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі використовують схеми:

- зірка з фазозсувним конденсатором (яка приймається за прототип), можливо одержати 70 - 80 % від номінальної потужності електродвигуна [див. книгу: Кацман М.М. Электрические машины: Учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. - 3-е изд., исправ.. - М.: Академия, 2001.-463 с.];

- трикутник з фазозсувним конденсатором, можливо одержати половину від номінальної потужності електродвигуна [див. книгу: Сделай сам. 1988/4. Электродвигатели. - М.: Знание, 1998. - 144 с.].

Величину ємності фазозсувного конденсатора визначають по формулі:

- для схеми зірка з фазозсувним конденсатором $C_p = 2800I/U_c$;

- для схеми трикутник з фазозсувним конденсатором $C_p = 4800I/U_c$;
де C_p - величина ємності фазозсувного конденсатора, мкФ;

I - номінальний фазний струм, А;

U_c - напруга мережі, В.

[див. книгу: Кацман М.М. Электрические машины: Учебник для студентов средних

(13) C2

(11) 81327

(19) UA

профессиональных учебных заведений. - 3-е изд., исправ. - М.: Академия, 2001. - 463 с.].

Для того, щоб наочно представити розподіл (напряг, чергування і зрушення фаз між струмами) струмів по обмотках фаз трифазного електродвигуна, на графіку трифазної напруги, що представляє три однакові синусоїди, зрушені на 120° , відзначимо точки нульової напруги на фазах (фіг.1). На схемі підключення трифазного електродвигуна зіркою до трифазної мережі, нуль теж підключений, нехтуючи індуктивним опором фаз, розставимо струми що протікають по обмотках фаз в цих точках (фіг.2). Якщо враховувати індуктивний опір фаз, то момент, коли струм фази буде рівний нулю, не співпадатиме з нульовою напругою фази, а відставатиме на кут зрушення фаз між напругою і струмом у трифазному електродвигуні. Кут зрушення фаз непостійний і залежить від струму фази, але розподіл струмів відповідатиме зображеному фіг.2, струми зрушені по фазі на 60° і рівні за величиною.

Визначимо розподіл струмів по обмотках фаз трифазного електродвигуна, підключеного до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором C_p (фіг.3). При збільшенні напруги мережі U_c від нуля до деякої величини протікатиме зарядний струм конденсатора C_p по обмотках фаз OC_1 і OC_3 струм №1. Після досягнення максимуму напруги мережі, при його зменшенні від максимуму до деякої величини, протікатиме струм №2 по обмотках фаз OC_2 і OC_3 . Коли напруга мережі зменшується до нуля і міняє знак, протікатиме розрядний струм №3 конденсатора C_p по обмотці OC_1 . Враховуючи то, що мережа живлення при розрахунках розглядається як мережа нескінченної потужності і нульовим внутрішнім опором, то при величині напруги мережі близькому до нуля можна сказати, що фазні обмотки OC_2 і OC_3 включені паралельно і розрядний струм №3 конденсатора C_p буде розподілений по обмотках фаз OC_2 і OC_3 на рівні по величині струми №3' і №3'', оскільки повний (активне і індуктивне) опір фаз трифазного електродвигуна однаковий. При зворотній піхвилі напруги мережі струми по обмотках фаз трифазного електродвигуна протікатимуть аналогічно, тільки їх напрям буде зворотним, струми №4, №5 №6, №6' і №6''.

Напряг і чергування струмів, що протікають по обмотках фаз трифазного електродвигуна, підключеного до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором, відповідає трифазному (фіг.2 і фіг.3), тільки струми №3" і №6" не відповідають трифазному розподілу струмів по обмотках фаз трифазного електродвигуна. Одночасне проходження розрядного струму конденсатора, у момент часу коли напруга мережі рівна нулю, по всіх фазних обмотках, при цьому по обмотках фаз, підключених до мережі, розрядний струм конденсатора розподіляється на два рівні по величині струми, створює гальмуючий момент на валу трифазного електродвигуна.

Фазне зрушення між струмами визначається ємністю фазозсувного конденсатора C_p ,

індуктивним і активним опором фаз трифазного електродвигуна і залежить від величини струмів, що протікають по обмотках фаз.

При роботі трифазного електродвигуна, підключеного до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором, при певному моменті на валу електродвигуна, величину ємності фазозсувного конденсатора C_p визначають виходячи з умови мінімуму струмів №3" і №6", що приводить до обмеження по величині і зарядного струму конденсатора C_p , а в цілому і потужності електродвигуна і необхідності використовувати пусковий конденсатор.

Щоб не боротися із струмами №3" і №6", а використовувати їх для створення трифазного розподілу струмів, було знайдене рішення: обмотка фази трифазного електродвигуна, підключеного до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором, до якої не підключений конденсатор, повинна мати менші активний і індуктивний опори в порівнянні з іншою фазною обмоткою, підключеною до мережі. Тепер розрядний струм конденсатора C_p при напрузі мережі близькому до нуля буде розподілений по обмотках фаз OC_2 і OC_3 на два нерівні по величині струми. Струм фази OC_3 буде більший, ніж струм фази OC_2 і гальмуючого моменту на валу електродвигуна не буде. Струм фази OC_3 буде більше струмів фаз OC_1 і OC_2 і обмотку фази OC_3 слід розрахувати на меншу номінальну напругу, ніж обмотки фаз OC_1 і OC_2 , залишивши незмінною і однаковою магніторушійну силу фаз трифазного електродвигуна, що узгоджується з вимогою: обмотка фази OC_3 повинна мати менші активний і індуктивний опори в порівнянні з обмоткою фази OC_2 . Струм фази OC_1 буде більше струму фази OC_2 , але менше струму фази OC_3 і обмотку фази OC_1 слід розрахувати на меншу номінальну напругу, чим обмотку фази OC_2 і більше, ніж OC_3 , залишивши незмінною і однаковою магніторушійну силу фаз, але при цьому електродвигун матиме тільки одне, задане номінальними напругами фаз OC_1 і OC_2 , напрям обертання, тобто стане не універсальним. Величина номінальної напруги фази OC_3 по відношенню до номінальної напруги фази OC_2 не просте питання, вирішити яке можна методом проб і помилок, розрахувати складніше, ніж випробувати. Щоб перевірити запропонований принцип (основні істотні ознаки способу) підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі експериментально, було знайдене просте рішення. Одну з фазних обмоток, наприклад OC_3 , трифазного електродвигуна, що випускається промисловістю серійно, розрізати посередині так, щоб в частинах обмотки, що утворилися, була рівна кількість витків. Найпростіше це зробити в трифазних електродвигунах, що мають одну пару полюсів і парну кількість пар полюсів. Частини обмотки фази OC_3 з'єднати згодне паралельно (фіг.5). Враховуючи те, що струми полюсів однієї фази рівні, дане рішення допустимо.

Цей спосіб підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі був застосований до трифазних асинхронних

електродвигунів з короткозамкненим ротором 4AAM63B2Y3-550W і 4AAM63B4CV1-370W. Електродвигуни легко пускаються без застосування пускового конденсатора, за умови - легкий пуск. На холостому ході електродвигунів, при зміні місткості фазозсувного конденсатора C_p від нуля до деякої величини, напруга на обмотці фази OC_1 досягає по величині напруги живлячої мережі U_c . Напруга мережі U_c є номінальною для обмоток фаз OC_1 і OC_2 . При подальшому незначному збільшенні ємності конденсатора C_p напруга на обмотці фази OC_1 досягає напруги насичення. При подальшому збільшенні ємності конденсатора C_p спостерігається ферорезонанс на обмотці фази OC_1 . Ферорезонанс підтверджує правильність запропонованого принципу (основних істотних ознак способу) підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором і можливість одержати ферорезонанс хоч би на одній фазній обмотці є критерієм (ознакою, підтверджуючою правильність і здійснення способу) запропонованого принципу.

На холостому ході електродвигунів, визначивши величину ємності фазозсувного конденсатора C_p за умови рівності напруги на фазі OC_1 напрузі мережі U_c , напруги на фазах OC_2 і OC_3 розподілилися таким чином: для 4AAM63B2Y3 $U_{OC2}=0,75 U_c$ $U_{OC3}=0,458 U_c$; для 4AAM63B4CV1 $U_{OC2}=0,817 U_c$ $U_{OC3}=0,391 U_c$. Визначимо напругу на фазах електродвигуна для випадку трифазного розподілу напруг по обмотках фаз. Для цього, позначивши напругу на фазах OC_1 і OC_2 - U , а на фазі OC_3 - $0,5 U$, знаючи що кут між напругами фаз рівний 120° , вирішивши теорему косинусів, одержимо $U=0,756 U_c$. $U_{OC1}=U_{OC2}=0,756 U_c$ $U_{OC3}=0,378 U_c$. З порівняння напруг на фазах електродвигунів з трифазним розподілом напруг по обмотках фаз електродвигуна видно, що у двигуна 4AAM63B2Y3 резонанс спостерігається на двох фазних обмотках OC_1 і OC_3 , а у двигуна 4AAM63B4CV1 резонанс спостерігається на всіх фазних обмотках.

Визначимо потужність електродвигуна при трифазному розподілі напруг по обмотках фаз. Знаючи, що максимальна потужність електродвигуна змінюється пропорційно квадрату напруги на фазах електродвигуна, зведемо в квадрат відношення напруги на фазі до напруги мережі, напруга мережі є номінальною для обмоток фаз, одержимо відношення потужностей 0,571. Розподілу напруг по обмотках фаз електродвигуна, найбільш наближеному до трифазного, відповідатиме тільки одна точка на механічній характеристиці електродвигуна. У решті точок механічної характеристики, розподіл напруг по обмотках фаз електродвигуна тільки наближений до трифазного по величині напруг на обмотках фаз і куті зрушення фаз між напругами. При збільшенні моменту на валу електродвигуна розподіл напруг по обмотках фаз, найбільш наближений до трифазного, виникає після моменту перекидання. Тобто потужність 57% від номінальної трифазної, при певній ємності фазозсувного конденсатора, досяжна і двигун має

достатню стійкість. Величина ємності фазозсувного конденсатора на холостому ході електродвигуна обмежена ферорезонансом, при якому зростають втрати в сталі і обмотках фаз, що приводить до збільшення струму холостого ходу. Напруга на обмотці фази OC_1 при ферорезонансі для 4AAM63B2Y3 - $1,15 U_c$, для 4AAM63B4CV1 - $1,3 U_c$. Величина ємності фазозсувного конденсатора, при якій на холостому ході електродвигуна напруга на фазі OC_1 рівне напрузі мережі, не дозволяє досягти максимально можливою при даному способі підключення трифазного електродвигуна потужності, але при визначених мінімальному моменті на валу електродвигуна і величині ємності фазозсувного конденсатора, при яких не виникає ферорезонанс на фазі OC_1 , максимальна потужність досяжна.

Номінальна напруга фаз електродвигуна не оптимальна при пуску, пусковий струм обмежений, що є недоліком при пуску мікроелектродвигунів, але при пуску електродвигунів малої потужності немає необхідності вживати заходи до обмеження пускового струму, що важливе для однофазної мережі.

При пуску і будь-якій зміні моменту на валу трифазного електродвигуна, підключеного до однофазної мережі запропонованим способом, відбувається перерозподіл струмів по обмотках фаз електродвигуна із зміною їх величини і фази. Розподіл струмів і напруг по обмотках фаз електродвигуна не є трифазним, а тільки наближено до нього. Додамо до цього резонанс на двох або всіх обмотках фаз, магнітне поле не є кругом, а тільки наближено до нього, то стає зрозуміло, що математичний опис складний, а дослідження електродвигуна в загальному вигляді неможливе.

Якщо трифазний електродвигун, що підключається до трифазної мережі зіркою, підключити до однієї фази цієї ж мережі по схемі зірка з фазозсувним конденсатором, то можливо одержати чверть від номінальної потужності електродвигуна, оскільки напруга на фазах електродвигуна будуть в $\sqrt{3}$ раз менше їх номінального і потужність яку можливо одержати при підключенні трифазного електродвигуна до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором складає 70-80%.

Якщо трифазний електродвигун, що підключається до трифазної мережі зіркою, підключити до однієї фази цієї ж мережі по схемі трикутник з фазозсувним конденсатором, то можливо одержати половину від номінальної потужності електродвигуна.

Якщо трифазний електродвигун, що підключається до трифазної мережі зіркою, підключити до однієї фази цієї ж мережі запропонованим способом, то можливо одержати не менше половини від номінальної потужності електродвигуна. Пусковий струм в два рази менше в порівнянні з підключенням цього ж електродвигуна по схемі трикутник з фазозсувним конденсатором. Це дозволяє застосовувати при живленні від однофазної мережі асинхронні трифазні електродвигуни з короткозамкненим

ротором в двічі більше, ніж зараз, потужності не вживаючи заходів по обмеженню пускового струму.

Величину ємності фазозсувного конденсатора вибирають з інтервалу від величини ємності фазозсувного конденсатора в схемі зірка з фазозсувним конденсатором до величини ємності фазозсувного конденсатора в схемі трикутник з фазозсувним конденсатором прагнучи, при мінімальному моменті на валу електродвигуна, не допускаючи ферорезонансу на фазній обмотці, підключеній до мережі через фазозсувний конденсатор. У сучасних, найбільш затребуваних двох і чотирьох полюсних трифазних мікроелектродвигунах і електродвигунах малої потужності, обмотка фази складається з двох концентричних напівобмоток і при виробництві електродвигунів досить вивести з'єднання напівобмоток однієї з фаз на клемну коробку (контакти П0 і П3), щоб одержати універсальний по живленню трифазний електродвигун (фіг.4, фіг.5).

Універсальний по живленню трифазний електродвигун буде актуальний поки існуватиме розподіл електроенергії, що склався. Застосування запропонованого способу підключення в промислових масштабах може привести до уніфікації трифазних мікроелектродвигунів і двигунів малої потужності, як універсальних по живленню.

Перелік графічних матеріалів.

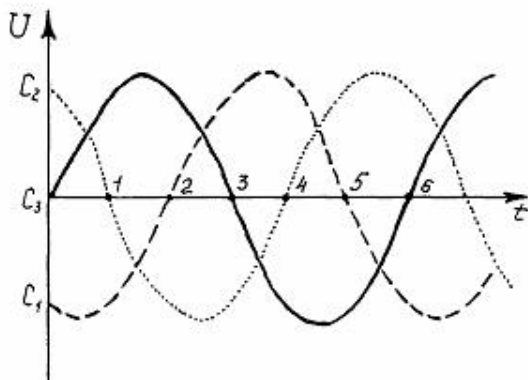
Фіг.1 - графік трифазної напруги з відміченими на ньому точками нульової напруги на фазах.

Фіг.2 - схема підключення трифазного електродвигуна до трифазної мережі зіркою з позначеним на ній трифазним розподілом струмів по обмотках фаз трифазного електродвигуна.

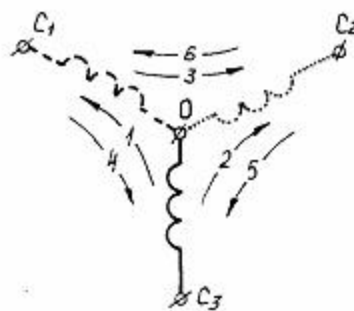
Фіг.3 - схема підключення трифазного електродвигуна до однофазної мережі зіркою з фазозсувним конденсатором з позначеними на ній струмами, що протікають по обмотках фаз.

Фіг.4 - схема підключення універсального по живленню трифазного електродвигуна зіркою до трифазної мережі.

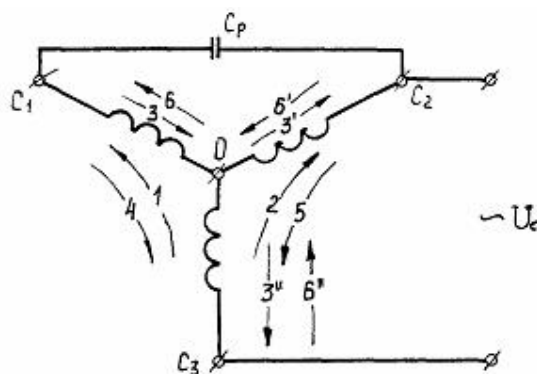
Фіг.5 - схема підключення універсального по живленню трифазного електродвигуна до однофазної мережі несиметричною зіркою з фазозсувним конденсатором.



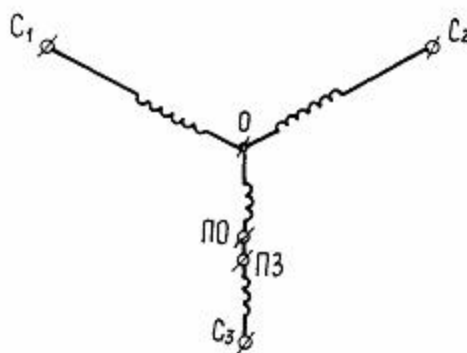
Фіг. 1



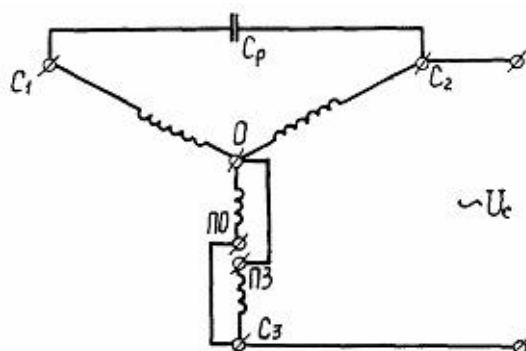
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

