

УДК 62 - 83 : 621. 313. 333

**ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ВНУТРІШНЬОЇ ЄМНІСНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ  
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

*Р.М. Чуєнко, кандидат технічних наук*

*e-mail: roman\_chuenko@ukr.net*

*Запропоновано технологію модернізації асинхронних двигунів із використанням внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності*

***Ключові слова: асинхронний двигун, обмотка статора, фазна зона, кількість полюсів, обмоткові дані***

Щорічно у агропромисловому комплексі України біля 20% парку асинхронних електродвигунів підлягають капітальному ремонту [6], з яких лише п'ята частина ремонтується централізовано спеціалізованими електроремонтними заводами, де ремонт здійснюється поточно-вузловим способом на сучасному, досить високому рівні. Решта 80% електродвигунів проходять ремонт у численних електроремонтних цехах та електроремонтних майстернях.

При проведенні капітального ремонту асинхронних електродвигунів є можливість здійснити їх модернізацію із використанням внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності (ВЄКРП) з метою покращання техніко-економічних показників двигунів [2].

**Мета досліджень** – розробка технології модернізації асинхронних двигунів під час капітального ремонту із застосуванням ВЄКРП.

**Матеріали та методика досліджень.** Згідно з класифікацією, прийнятою у [1], обмотки статора базових машин серій 4А та АИ поділяються на такі основні види: 01 – одношарова концентрична; 02 – одношарова "врозвалку"; 03 – двошарова петльова рівносекційна.

Саме такі види обмоток рекомендуються для модернізації при використанні внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності. При проведенні ручних ремонтних робіт одно-двошарова обмотка з кількістю

полюсів  $2p = 4, 6, \dots$  за послідовного з'єднання напівобмоток може бути замінена двошаровою 03 зі збереженням перерізу провода, кількості витків в обмотці фази та еквівалентного кроку по пазах [5].

Будь-яку із обмоток, рекомендованих для модернізації можна розділити на дві рівні частини з виведенням на клемний щиток початків та кінців напівобмоток фаз статора для подачі трифазного живлення та приєднання конденсаторів внутрішньої ємнісної компенсації. При цьому напівобмотки розташовуються під різнойменними полюсами або різними парами полюсів зі зміщенням своїх осей одна відносно іншої на обраний кут  $\delta(\theta) = 30^\circ$ .

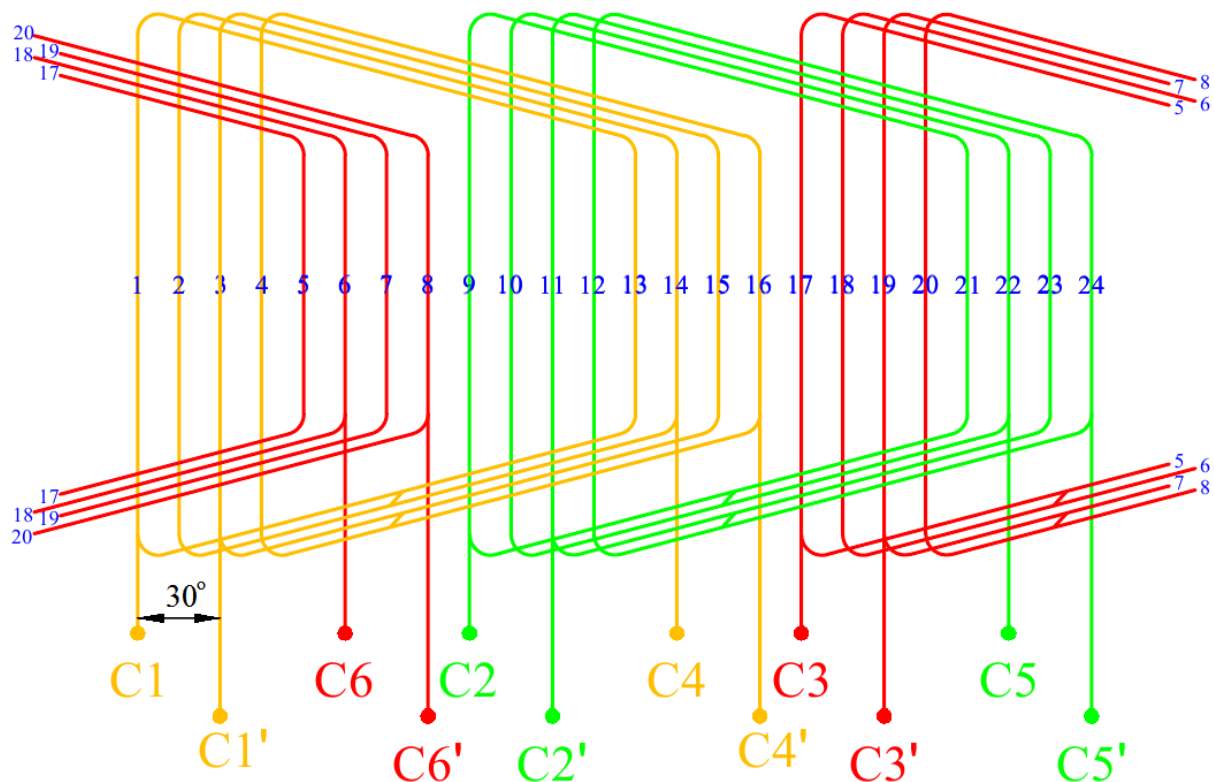
Для обмоток з непарним  $q$ , наприклад, при  $2p = 4$ ,  $Z_1 = 36$ ;  $2p = 6$ ,  $Z_1 = 54$  та інших  $q = 3$ , кут зсуву пазових ЕРС дорівнює:  $\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z_1} = 20^\circ$ .

Тоді неможливо розділити фазну зону на дві рівні частини. У такому випадку рекомендується обмотку статора виконувати двошаровою із розташуванням напівобмоток у нижніх та верхніх частинах пазів, зі зміщенням осей напівобмоток на кут  $\delta(\theta) = 2\alpha = 40^\circ$ .

**Результати досліджень.** Двополюсні обмотки є найбільш простими для застосування ВСКРП АД оскільки за кількості пазів осердя статора  $Z_1 = 24; 36$  кількість пазів на полюс і фазу  $q = \text{парне число}$ , відповідно фазні обмотки статора базового двигуна легко розділяються на дві однакові частини (напівобмотки). Крім того зсув фаз між ЕРС провідників, розташованих у сусідніх пазах  $\left(\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z_1}\right)$ , дозволяє змістити у просторі осі напівобмоток фаз статора на кут  $\delta(\theta) = 30^\circ$ .

За послідовного з'єднання напівобмоток фаз обмотки статора двигунів серії 4А (потужністю до 11 кВт включно) та АИР (потужністю до 7,5 кВт включно) виконуються одношаровими із однією паралельною віткою ( $a = 1$ ) при кількості пазів осердя статора  $Z_1 = 24; 36$  (рис. 1). Лише для двигуна АИР 132М2 обмотка статора виконується двошаровою, із розташуванням одних

напівобмоток у верхньому шарі пазів, а інших – у нижньому, з двома паралельними вітками ( $a = 2$ ) при кількості пазів осердя статора  $Z_1 = 36$  [5].



**Рис. 1 . Схема трифазної одношарової рівнокотушкової обмотки КАД при  $2p = 2, Z_1 = 24, q = 2$**

У випадку ж паралельного з'єднання напівобмоток фаз обмотки статора КАД завжди виконуються із двома паралельними вітками ( $a = 2$ ) при кількості пазів осердя статора  $Z_1 = 24; 36$ .

Для чотириполюсних двигунів із кількістю пазів осердя статора  $Z_1 = 24$  кількість пазів на полюс і фазу  $q = \text{парне число}$ ,  $\alpha = 30^\circ$  використовуються одношарові обмотки. Якщо ж двигун має кількість пазів осердя статора  $Z_1 = 36$ , то  $q = 3$ ,  $\alpha = 10^\circ$ . Відповідно для поділу фазних обмоток статора на дві напівобмотки вимушеним є виконання обмотки статора двошаровою зі зміщенням осей напівобмоток на  $\delta(\theta) = 30^\circ$  (зсув на 3 паза).

Обмотки статора шестиполюсних КАД із кількістю пазів осердя статора  $Z_1 = 36$  виконуються одношаровими, у такому випадку кількість котушок у котушкській групі напівобмоток фаз статора порівняно із базовим двигуном зменшується вдвічі та забезпечується необхідний зсув між осями напівобмоток

$\delta(\theta) = 30^\circ$  (зсув на 1 паз). У випадку двигунів із  $Z_1 = 54$  ( $q = 3$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ) окрім того, що обмотку статора доводиться виконувати двошаровою, неможливо змістити осі напівобмоток на  $30^\circ$  (оскільки  $\alpha = 20^\circ$ ). Тому для таких двигунів обмотки статора треба виконувати двошаровими з просторовим зсувом  $\delta(\theta) = 40^\circ$  (зсув на 2 паза).

Наведені обмоткові дані обмоток статора можуть виконуватися для двигунів будь-якої модифікації, будь-якого призначення, у тому числі для реверсивних і нереверсивних. При цьому слід враховувати, що напрям обертання двигуна впливає на ефективність ВЄКРП [5].

Для усіх двигунів, модернізованих із використанням ВЄКРП при послідовному з'єднанні напівобмоток фаз статора, зберігаються переріз, діаметр і марка провoda; кількість провідників у пазу, кількість елементарних провідників у одному ефективному та кількість паралельних віток базової обмотки. Якщо ж до використання обрано паралельне з'єднання напівобмоток фаз статора, то кількість елементарних провідників у одному ефективному залишається незмінними, кількість провідників у пазу збільшується вдвічі, а площа поперечного перерізу провoda вдвічі зменшується. Виготовлення секцій обмоток здійснюється на типовому обладнанні за загальноприйнятими технологіями. Розміри секцій приймаються залежно від габаритів машини, схеми обмотки та величини її кроку.

Проте обов'язковою особливістю модернізованої обмотки є її розподіл на дві однакові напівобмотки, що в окремих випадках передбачає певні відхилення від схем базових обмоток. У такому разі одношарова обмотка може бути пошарово поділена на дві напівобмотки, одна з яких розташовується у нижній частині пазів, інша – у верхній (наприклад, при  $q = \text{непарне число}$ ) з просторовим зміщенням напівобмоток одна відносно іншої на обраний кут.

Пазова ізоляція обмотки статора виконується у такій же послідовності і тими ж самими ізоляційними матеріалами, що і при проведенні звичайного ремонту обмотки. Розподіл одношарової обмотки на

два шари окремих напівобмоток вимагає застосування міжшарової ізоляції як і у двошарових обмотках. При цьому спочатку укладається напівобмотка нижнього шару, потім – верхнього.

Після укладання секцій (котушок) паяють схему обмотки. Виконання схеми обмотки передбачає з'єднання окремих котушок у напівобмотці, з'єднання паралельних віток у напівобмотці, послідовне з'єднання між собою напівобмоток у фазу тощо.

### **Висновки**

Модернізації підлягають двигуни серій 4А, АИ та інші, у яких обмотка статора може бути розділена на дві однакові частини (основну та додаткову) із виводом на клемний щиток початків та кінців напівобмоток фаз статора. При цьому технологія виготовлення обмотки, її укладання в пази осердя статора максимально наближена до існуючої для обмоток базових двигунів, які підлягають ремонту. Весь технологічний процес ремонту обмоток статора при ВСКРП виконується відповідно до технічних вимог на капітальний ремонт базових серійних асинхронних двигунів [3, 4].

При цьому для двигунів із застосуванням ВСКРП зберігаються основні обмоткові дані базового двигуна (марка, діаметр проводу, кількість витків у котушці та кількість ефективних провідників у пазу). Єдиними відмінними рисами двигунів із паралельним з'єднанням напівобмоток є збільшення вдвічі порівняно із базовим двигуном кількості витків у котушці та зменшення вдвічі поперечного перерізу обмотувального проводу.

### **Список використаних джерел**

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
2. Мишин В.И. Внутренняя емкостная компенсация реактивной мощности в асинхронном двигателе / В.И. Мишин, Р.Н. Чуенко// Вісник НТУ «ХПИ» – Харків: НТУ "ХП". – 2009. – № 7.– С.106-113.

3. Технические требования на капитальный ремонт. Электродвигатели асинхронные серии 4А сельскохозяйственного назначения. – М.: ГОСНИТИ, 1983. – 64 с.

4. Технические требования на капитальный ремонт. Электродвигатели асинхронные серии АИР сельскохозяйственного назначения. – М.: ГОСНИТИ, 1990. – 80 с.

5. Компенсовані асинхронні двигуни: монографія / [В.І. Мішин, Р.М. Чуєнко]. – Ніжин: П.П. Лисенко М.М., 2013. – 225 с.

6. Чуєнко Р.М. Енергозбереження у підготовці кормів до згодовування при використанні асинхронних електродвигунів з внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.16. – К. НАУ, 2002. – 20 с.

**ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ АСИНХРОННЫХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННЕЙ ЕМКОСТНОЙ  
КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Чуенко Р.Н.*

*Предложена технология модернизации асинхронных двигателей с использованием внутренней емкостной компенсации реактивной мощности*

*Ключевые слова: Асинхронный двигатель, обмотка статора, фазная зона, количество полюсов, обмоточные данные*

**MODERNISATION TECHNOLOGY OF INDUCTION MOTORS  
USING INTERNAL CAPACITANCE REACTIVE POWER  
COMPENSATION**

*Chuenko R.*

*The modernisation technology of induction motors using internal capacitance reactive power compensation is offered*

*Keywords: Induction motor, stator winding, phase zone, amount of poles, winding's data*