

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Гайдукевич С. В., Антонів О. С.

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України  
"Бережанський агротехнічний інститут"*

*Розглянуто сучасні підходи підвищення енергоефективності асинхронних електродвигунів за рахунок внутрішньої компенсації реактивної енергії.*

**Постановка проблеми.** В сільськогосподарському виробництві найпоширенішим споживачем електричної енергії є електропривод, на частку якого припадає більше половини електричної енергії, що використовується на виробничі потреби. Основою електроприводу, незважаючи на всі недоліки, були і залишаються асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором.

В зв'язку із зростанням цін на енергоносії особлива увага приділяється питанню підвищення енергетичних показників асинхронних двигунів. Тому розробки вдосконалення електродвигунів, які дозволяють підвищити енергетичні показники, займають значне місце, оскільки саме у цій сфері закладені найбільші резерви енергозбереження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз літературних джерел показав, що багато як закордонних так і наших спеціалістів серйозно займаються проблемою створення енергозберігаючих асинхронних електродвигунів.

Вже на сьогоднішній день промисловістю випускаються електродвигуни, які мають вищі показники, а саме:

- вищий ККД, що приводить до енергоощадності;
- менше ковзання, що дає можливість збільшення швидкості обертання при певному навантаженні, що в свою чергу приводить до збільшення продуктивності;
- збільшення коефіцієнта потужності  $\cos\phi$ .

Але не завжди заміна старих електродвигунів на нові буде рентабельною. По перше дуже дорого провести одночасно заміну всіх електродвигунів, по друге АД з високим ККД в деяких процесах (зі зміною подачі) будуть недовантажені через більшу швидкість обертання. Тому необхідно шукати нові підходи підвищення енергетичних показників АД, що призведе до збільшення енергоефективності.

**Мета дослідження** - підвищення енергоефективності асинхронних електродвигунів.

**Виклад основного матеріалу.**

Як відомо асинхронний двигун являється споживачем двох видів енергії: активної, яка перетворюється в механічну на валу двигуна та у теплові втрати, і реактивної, необхідної для створення обертового магнітного поля. [1]. При цьому реактивна енергія не перетворюється в інші види, проте обмін нею з джерелом живлення завантажує обмотку статора двигуна, мережу живлення та джерело електричної енергії реактивним струмом, що призводить до збільшення загального струму двигуна і додаткових втрат активної енергії в усіх елементах електричної системи, так

як реактивний струм – це основна причина втрат електричної енергії, які становлять в мережі живлення 10 – 12%, а у самому двигуні 10 – 30% від споживаної енергії.

Економічність роботи електропривода у будь-якому режимі характеризується ККД [2]. Суттєве підвищення вартості електроенергії призводить до необхідності підвищення ККД.

Річну економію електроенергії (кВт·год) при підвищенні ККД двигуна можна визначити за формулою:

$$\Delta E = 2P \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1 \eta_2} \cdot K_3 t,$$

де  $K_3$  – коефіцієнт завантаження;  $t$  – річне напруження двигуна, год.;  $P$  - потужність електродвигуна, кВт;  $\eta_1, \eta_2$  - ККД до і після підвищення.

Відомі різні підходи вирішення проблеми підвищення енергоефективності, а саме:

- так як було сказано вище це використання модернізованих електродвигунів з підвищеними енергетичними показниками;
- інший напрям покращання енергетичних характеристик асинхронного електродвигуна є застосування зовнішніх відносно самого двигуна пристроїв таких як інвертори, при чому економія досягається за рахунок регулювання частоти обертання при малих навантаженнях на будь-якій частоті обертання;
- можна використовувати "плавне регулювання", яке виконується за рахунок використання простих тиристорних пристроїв, які дозволяють регулювати напругу на затискачах двигуна, і, відповідно, контролювати пуск і зупинку приводу, а також забезпечувати енергозбереження шляхом зменшення напруги на недовантаженому двигуні;
- і інші методи, наприклад, за рахунок використання обмотки статора спеціальної конструкції, але це приводить до збільшення витрати матеріалу, а в свою чергу до збільшення вартості.

Але всі ці методи знов приводять до витрати коштів, що бракує на сьогоднішній час сільськогосподарським підприємствам.

Найкласичніший і маловитратніший спосіб підвищення енергоефективності це за рахунок компенсації реактивної потужності.

Відомий спосіб компенсації реактивної потужності, який заснований на включенні конденсаторів електричної ємності паралельно споживачу, що призводить до обміну реактивною енергією між конденсаторами і споживачем та часткового або повного звіль-

нення мережі живлення від реактивного струму і зменшення втрат енергії у ній, залишає незмінними робочі характеристики і техніко-економічні показники самого споживача. Тому цей спосіб малоефективний.

Пропонується застосування внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності.

В період запланованого капітального ремонту асинхронних електродвигунів, з метою підвищення їх техніко-економічних показників, можна здійснити модернізацію обмотки статора двигуна. При цьому обмотка статора розділюється на дві рівні послідовно з'єднані частини з виводом на клемний щиток початків  $C_1, C_2, C_3$  обмоток для підключення до мережі живлення та середніх точок  $C'_1, C'_2, C'_3$  для підключення електричних конденсаторів. 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 використанні внутрішньої ємнісної компенсації виконується відповідно до технічних вимог на капітальний ремонт базових серійних асинхронних двигунів [1, 3]. Зберігаються основні обмоткові дані базового двигуна (марка, діаметр проводу, кількість витків у котушці, кількість ефективних провідників у пазу).

Лабораторні дослідження асинхронного двигуна з внутрішньою ємнісною компенсацією проводилися з метою отримання комплексу енергетичних та експлуатаційних показників і порівняння їх з показниками базового серійного двигуна.

До числа цих показників віднесені:

- величина струму холостого ходу (характеристика холостого ходу);
- величина пускового струму (характеристика короткого замикання);
- корисна потужність на валу (робочі характеристики) та втрати потужності;

- величина пускового та номінального моменту;
- коефіцієнт потужності;
- коефіцієнт корисної дії;
- енергетичний коефіцієнт корисної дії.

Порядок проведення випробувань асинхронного двигуна загальновідомий і детально описаний в учебній літературі.

Вимірювання для порівняльної оцінки двигунів виконувалися на одному й тому ж випробувальному стенді, при одному й тому ж характері навантажень, при живленні від одного й того ж джерела живлення, що дало можливість порівняти отримані результати дослідження.

Для оцінки електромагнітних та енергетичних властивостей асинхронного електродвигуна з внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності були отримані характеристики холостого ходу (рис. 1), короткого замикання (рис. 2) та робочі характеристики (рис. 3), що знімалися за схеми з'єднання фазних обмоток та компенсуючих ємностей. Величина компенсуючої ємності становила 8 мкФ на фазу.

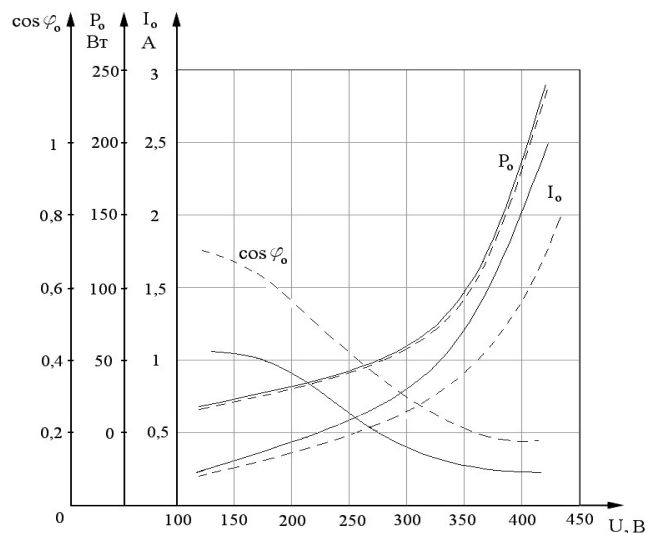


Рисунок 1 – Характеристики холостого ходу асинхронного двигуна:

- — базового;
- - - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

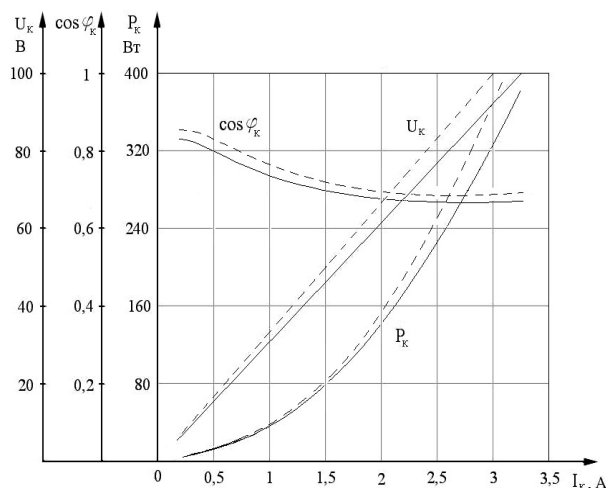


Рисунок 2 – Характеристики короткого замикання асинхронного двигуна:

- — базового;
- - - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

Експериментально встановлено, що за номінальної напруги живлення при включенні компенсуючих ємностей струм холостого ходу зменшується від 1,78 А до 1,2 А (на 32,6%), а коефіцієнт потужності зростає від 0,108 до 0,175 (на 62%). При цьому споживана двигуном активна потужність зменшилась з 138 Вт до 126 Вт (на 8,7%).

У досліді короткого замикання за нерухомого ротора двигуна напруга живлення обмотки статора змінювалась в межах від 0 до 100 В. Було встановлено, що за напруги 100 В при використанні внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності (ВСКРП) лінійний струм статора зменшується від 3,25 до 3,02 (на 7,5%). За номінальної напруги струм короткого замикання зменшився від 13,06 А до 12,13 А (на 7,1%), чим зумовлюється зменшення сил динамічної

взаємодії у лобових частинах обмотки статора на 14%. У досліді холостого ходу напруга живлення обмотки статора змінювалась в межах  $(0,3...1,2)U_n$  за відсутності навантаження на валу (двигун від'єднаний від балансирної машини), а отримані характеристики представлені на (рис.4).

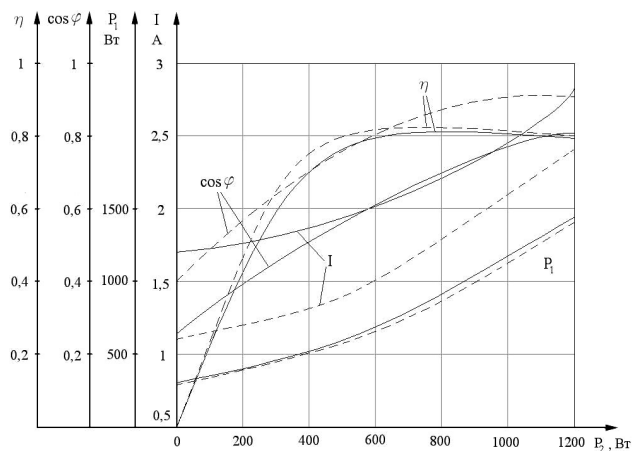


Рисунок 3 – Робочі характеристики асинхронного двигуна:  
 — базового;  
 - - - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

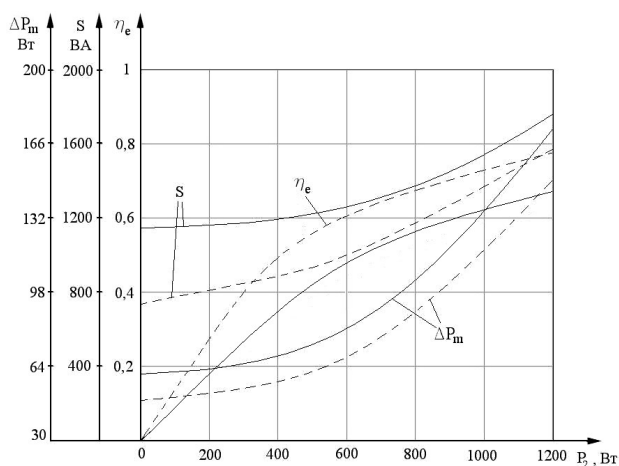


Рисунок 4 – Робочі характеристики асинхронного двигуна:  
 — базового;  
 - - - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації.

У разі недовантаження асинхронного двигуна при використанні внутрішньої ємнісної компенсації ступінь зменшення лінійного струму статора і зростання коефіцієнта потужності та коефіцієнта корисної дії буде більшою від зазначених даних для номінального режиму.

За рахунок використання внутрішньої ємнісної компенсації струм статора за номінального навантаження на валу зменшується від 2,6 А до 2,29 А (на 11,9%). Загалом внаслідок зменшення струму намагнічування двигуна за рахунок подвоєння числа фазних зон та зменшення струму незашунтованих напі-

вомоток внаслідок впливу внутрішньої ємнісної компенсації, зменшуються втрати в міді обмотки статора чим зумовлюється деяке збільшення (на 2-3%) коефіцієнта корисної дії двигуна (рис. 4).

Як видно з рис. при використанні внутрішньої ємнісної компенсації суттєво зростає енергетичний коефіцієнт корисної дії двигуна  $\eta_e$  і значно зменшується споживана двигуном загальна потужність  $S$ . Так в режимі номінального навантаження двигуна його енергетичний коефіцієнт корисної дії зростає від 0,64 до 0,74 (на 16%), а загальна споживана з мережі потужність зменшується від 1711 ВА до 1507 ВА (на 12%).

Внаслідок зниження загальної споживаної потужності та струму асинхронного двигуна при застосуванні внутрішньої ємнісної компенсації на 25-40% зменшуються транспортні втрати активної електроенергії в усіх елементах електричної системи.

**Висновок.** Запропонований спосіб внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів є простим, дешевим і надійним, він дає можливість знизити струм холостого ходу двигуна на 40-50%, робочий номінальний струм на 10-12%, пусковий струм на 8-10% при деякому збільшенні пускового моменту. Такі результати забезпечуються при використанні конденсаторів ємністю 8-12 мкФ на фазу на 1 кВт номінальної потужності двигуна.

#### Список використаних джерел

1. Акимов Н. И., Ильин В. Г. Прогрессивные способы ремонта с.х. техники. Москва : Колос, 1984. 380 с.
2. Лут М. Т., Синявський О. Ю. Зниження втрат енергії в асинхронних електроприводах.
3. Большов М. М., и др. Охрана труда в с.х. Москва : Колос, 1984. 624 с.

#### Аннотация

### ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Гайдукевич С. В., Антонов О. С.

*Рассмотрены современные подходы повышения энергоэффективности асинхронных электродвигателей за счет внутренней компенсации реактивной энергии.*

#### Abstract

### INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF ASYNCHRONOUS MOTORS

S. Gaydukevich, O. Antonov

*Modern approaches to increasing the energy efficiency of asynchronous electric motors due to internal reactive energy compensation are considered.*