

**КОВАЛЬОВ О.В., КУЧЕРЕНКО Д.В.**  
**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАСОБАМИ**  
**АГРОПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

---

УДК 621.313

**Ковальов О.В.**, ст. викладач,  
**Кучеренко Д.В.**, магістрант, 12 МБ ЕН група,  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
пр. Б. Хмельницького, 18 м. Мелітополь, 72312, Україна

**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАСОБАМИ**  
**АГРОПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

*Анотація:* Приведені шляхи реалізації енергозбереження та впровадження методів і способів керування енергоефективністю засобами агропромислового електропривода.

**Ключові слова.** Енергозбереження, енергоефективність, електропривод, двигун, потужність, коефіцієнт корисної дії, електроенергія, витрати.

**Постановка проблеми.** На даному етапі розвитку аграрної промисловості в Україні особливого значення набувають питання розробки та широкого впровадження методів і способів керування енергоефективністю (енергозбереженням) засобами агропромислового електропривода, оскільки з однієї сторони гостро постала проблема економії електроенергії, а з іншого боку, - з'явилася реальна можливість її ефективного використання стосовно головного її споживача – електропривода.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Більшість електродвигунів працюють у нерегульованому режимі, а отже – з низькою ефективністю. Через недоліки проектування та експлуатації електропривода коефіцієнт завантаження багатьох машин не перевищує 50%, що вимагає зниження встановленої потужності двигунів. Робота привода в недовантаженому режимі призводить до виникнення додаткових втрат, не враховуючи зниженого значення коефіцієнта потужності, оскільки загальна встановлена потужність асинхронних двигунів у країні складає близько 40...50 млн. кВт. Сумарна ж встановлена потужність двигунів у СНД приблизно дорівнює 550 млн. кВт. Перехід до регульованого електропривода змінного струму окремих механізмів дозволить заощадити до 50% енергоресурсів.

**Мета статті:** Ефективність впровадження енергозберігаючих заходів споживачами електроенергії може бути значно вищою, оскільки понад 90% виробленої електроенергії споживається системами електропривода. Тому метою статті є виявлення причин нераціонального використання електроенергії та встановлення шляхів реалізації енергозбереження засобами агропромислового електропривода.

**Виклад основного матеріалу.** Перший шлях стосується найпростішого некерованого масового електропривода і полягає в удосконаленні процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна при експлуатації.

Постановка задачі очевидна – двигун заниженої потужності швидко виходить з ладу, а двигун завищеної потужності перетворює енергію неефективно, тобто з високими питомими втратами в самому двигуні (низький ККД) і в мережі живлення (низький cosφ). Розв'язання задачі не завжди елементарне, зустрічаються помилки, а оскільки найпростіших електроприводів мільйони, то можливі великі збитки. У випадках, коли навантаження незмінне, помилки викликані лише низькою кваліфікацією проектувальників (двигун вибирали за діаметром вала). Коли навантаження змінюється,

вибір виявляється значно складнішим, що додатково ускладнюється недостатністю вихідної інформації, паспортних і каталожних даних.

Другий шлях полягає в підвищенні економічності масового нерегульованого електропривода – перехід на енергозберігаючі двигуни і двигуни поліпшеної конструкції, спеціально призначені для роботи з регульованим електроприводом.

В енергозберігаючих двигунах за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза в міді) підвищені номінальні значення ККД і  $\cos\phi$ . Такі двигуни дають ефект при постійному навантаженні. Доцільність застосування енергозберігаючих двигунів повинна оцінюватися з урахуванням додаткових витрат, оскільки невелике (до 5%) підвищення номінальних ККД і  $\cos\phi$  досягається за рахунок збільшення маси заліза на 30-35%, міді на 20-25%, алюмінію на 10-15% і в цілому двигуна на 25-30% відносно звичайних двигунів [1].

Орієнтовані залежності ККД і  $\cos\phi$  від номінальної потужності для звичайних і енергозберігаючих двигунів наведені на рис.1.

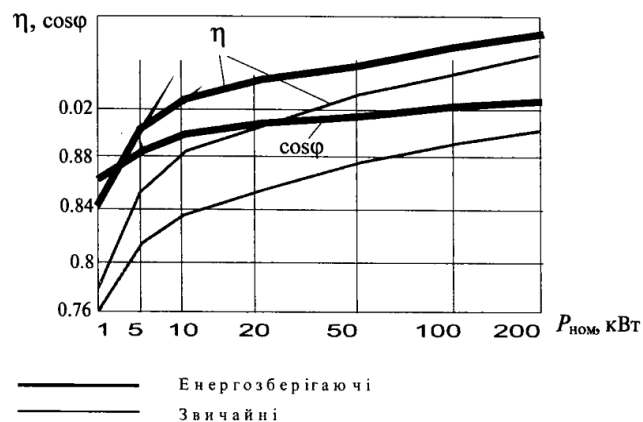


Рис. 1. Орієнтовані залежності ККД і  $\cos\phi$  від номінальної потужності для звичайних і енергозберігаючих двигунів

Змінюється методика проектування й інших типів двигунів, розширюється їх номенклатура. Очевидно, варто очікувати різкого, вибухового поліпшення характеристик по-новому спроектованих двигунів для регульованого електропривода, відповідного коригування вимог до систем керування.

Наступний шлях полягає в усуненні проміжних передач. Суть проблеми полягає в тім, що електрична енергія доступна на фіксованій частоті (50 Гц), а механічна енергія потрібна в широкому спектрі частот (швидкостей). Методи, розроблені багато років тому для вирішення цієї проблеми, використовують дорогі системи, двигун чи механічні регулятори.

До складу узагальненої схеми електропривода входять – перетворювач чи механічний регулятор (коробки швидкостей, муфта ковзання), муфта, редуктор і робочий орган, що є частиною робочої машини (рис. 2) [1].

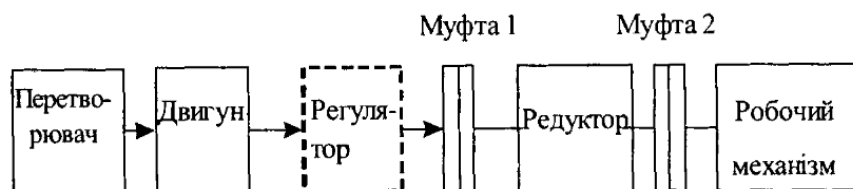


Рис. 2. Загальна схема електропривода

**КОВАЛЬОВ О.В., КУЧЕРЕНКО Д.В.**  
**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАСОБАМИ**  
**АГРОПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

---

Коефіцієнт корисної дії системи електропривода:

$$\eta_c = \eta_n \cdot \eta_{\partial} \cdot \eta_{рег} \cdot \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_{рм}. \quad (1)$$

Підстановка у формулу усереднених значень ККД для привода з електродвигуном потужністю 10-100 кВт дає значення ККД у діапазоні  $\eta=0,65-0,75$ . При цьому в середньому від семи до десяти відсотків потужності втрачається в механічних передачах. Таким чином, усунення механічних передач призводить до істотного підвищення ККД системи (на 7-10%), що є однією з основних тенденцій розвитку електропривода, а в перспективі – поєднання електродвигуна і робочого органу.

Наступний шлях полягає в економії електроенергії робочими установками і механізмами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Агропромислові підприємства вимагають підвищення ефективності роботи технологічних установок і механізмів. Економія електроенергії установками і механізмами за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу містить у собі такі основні заходи: узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження; підвищення ККД установки; регулювання продуктивності установки; виконання оптимальної циклограми й упорядкування графіка навантажень; забезпечення нормованого завантаження (для підйомних машин, конвеєрів, тощо); контроль стану технологічної установки; застосування нових видів електропривода.

Наступний шлях полягає у виборі раціонального типу електропривода для конкретної технологічної установки і переході від нерегульованого електропривода до регульованого.

Застосування регульованого електропривода сприяє вирішенню задач щодо забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зниження собівартості і підвищення якості продукції, що випускається, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності і терміну устаткування.

Варто згадати, що асинхронні двигуни зі змінним опором у колі ротора (рис. 3) і двигуни постійного струму незалежного збудження з регульованим реостатом (рис. 4), керуються зі збільшенням втрат [1].

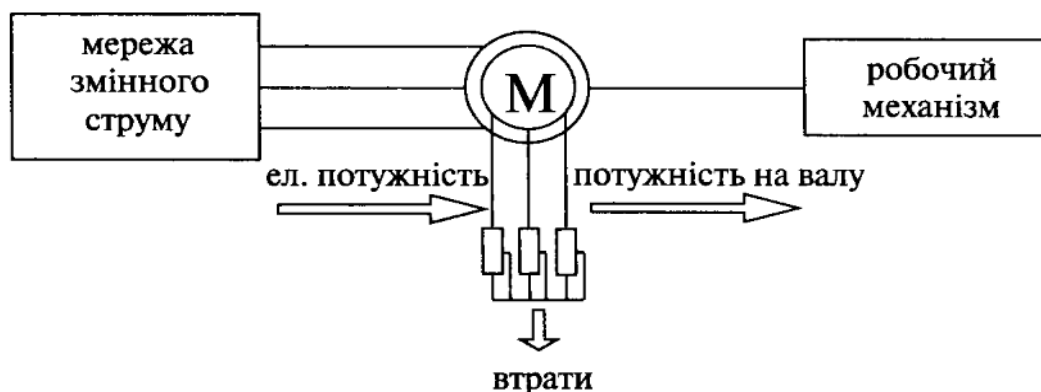


Рис. 3. Схема електропривода з асинхронним двигуном зі змінним опором у колі ротора

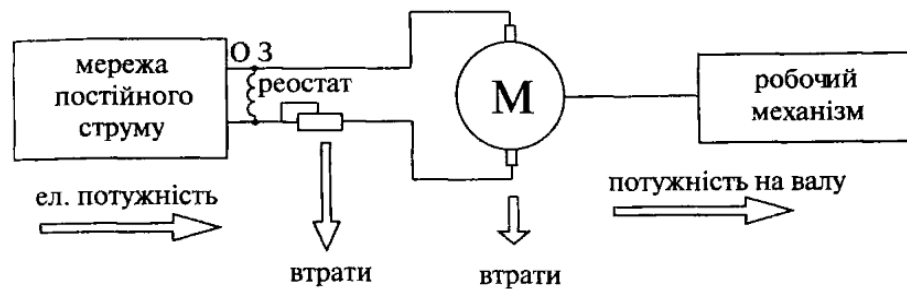


Рис. 4. Схема електропривода з двигуном постійного струму незалежного збудження з регульованим реостатом

З погляду енергозбереження найбільш ефективні регульовані електроприводи змінного струму, особливо для трубомеханізмів (вентиляторів, компресорів, насосів), підйомних машин, тощо. Економія електроенергії може складатися до 50%.

Цілий ряд агропромислових механізмів (транспортні, підйомно-транспортні, транспортно-складські і робототехнічних систем, тощо) працюють з частими вмиканнями, вимагаючи реалізації пуско-гальмівних режимів. Використання для керування такими механізмами відносно недорогих систем ТРН-АД дозволяє здійснювати режими плавного (м'якого) пуску і гальмування за рахунок формування необхідного часового закону зміни напруги першої гармоніки при ударі пуску чи значення постійної напруги при динамічному гальмуванні. Це забезпечує істотне зниження пускових струмів, зменшення енергоспоживання на 3-6% (залежно від потужності двигуна й інтенсивності роботи), а також вирішення ряду технологічних задач (обмеження механічних кінематичних передачах, зниження прискорень і ривків, збільшення надійності і терміну служби устаткування).

Якщо за сукупністю вимог для керування механізмом доцільно використовувати регульований, частотно-регульований електропривод, то реалізація режимів частотного пуску і гальмування дозволяє знизити втрати енергії в перехідних режимах у кілька разів у порівнянні з некерованими перехідними процесами.

Дуже перспективні вентильні двигуни з постійними магнітами. Новим шляхом енергозбереження стає проведення двигунів на модульну конструкцію й оптимізація режимів їх роботи на базі мікроконтролерів, що дозволить у 3-5 разів знизити втрати енергії, та в 2-3 рази зменшити масу двигунів.

Одним з найбільш перспективних і універсальних типів електроприводів із синхронними машинами є безколекторний або безконтактний вентильний двигун, у якому регулювання швидкості і моменту здійснюється підведеними напругою, струмом збудження і кутом випередження вмикання вентилів при самоуправлінні по частоті живлення. Він має регульовальні якості машин постійного струму і надійність систем змінного струму.

Очевидна необхідність створення систем, що забезпечували б контроль зони економічної роботи ( $\omega_n - D\omega_1 J\omega_n + D\omega_2$ ), а також значення швидкостей  $\omega_{e2}$  і  $\omega_{n2}$ , при яких робота привода неефективна через технічні й інші обмеження з одного боку, і небезпечна при перевищенні припустимої швидкості, з іншого (рис. 5) [1].

**КОВАЛЬОВ О.В., КУЧЕРЕНКО Д.В.**  
**ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАСОБАМИ**  
**АГРОПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

---

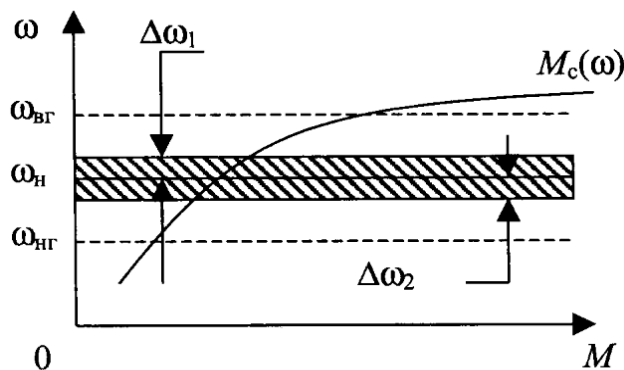


Рис. 5 Ефективна зона роботи електропривода

Аналіз режимів роботи регульованого і нерегульованого електроприводів вказує на неоднозначність поняття ефективної роботи приводів змінного струму в області частот обертання близьких до номінальної. Очевидно, що тут є визначений діапазон швидкостей, де застосування нерегульованого електропривода більш раціональне. Це пояснюється тим, що будь-яка схема регульованого електропривода крім втрат енергії, що йдуть на її перетворення, призводить до додаткових втрат у самому двигуні і шкідливо впливає на мережу живлення та інші пристрої. Під поняттям «шкідливо» розуміють насамперед додаткові втрати, електромагнітну несумісність в передчасну зношуваність електроізоляційних матеріалів.

**Висновки.** Істотне зниження енергоспоживання за рахунок широкого застосування регульованого електропривода в даний час важко реалізувати через обмежені можливості капіталовкладень з метою реконструкції електроприводів. Необхідно використовувати раціональний підхід, що поєднує можливості регульованого і нерегульованого, наприклад, керованого по пуску, що забезпечує ефект досить близький до найдосконаліших приводів. Варто враховувати і рівень обслуговування електроустаткування, що, як правило, не відповідає стандартам, властивим регульованим приводам з високими технічними характеристиками. Тим не менш, модернізація застарілих структур електричного приводу, зменшення кількості механічних передач та взагалі елементів в структурі приводу веде к підвищенню коефіцієнта корисної дії, тобто до мінімізації витрат за електроенергію.

#### Список літератури

1. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник / О.М. Закладний, А.В. Праховник, О.І. Соловей. – К: Кондор, 2005. – 408 с.
2. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М.: Академия, 2005. – 299 с

*Приведены пути реализации энергосбережения и внедрения методов и способов управления энергоэффективностью средствами агропромышленного электропривода.*

*Енергосбереження, енергоефективність, електропривод, двигател, потужність, коефіцієнт корисної дії, електроенергія, витрати.*

*The ways of implementing energy conservation and implementation of methods and ways to control energy efficiency by means of agro-industrial electric drive was conducted.*

*Energy conservation, energyefficiency, electric drive, engine, power, efficiency, electricity costs.*