

УДК 658.51;62-5;62-34

С.Л.Михайлюта, к.т.н.,  
В.І.Биков, д.т.н.,  
Г.С.Михайлюта

## РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Черкаський інститут банківської справи Університету банківської справи НБУ (м.Київ),  
[0472563563@mail.ru](mailto:0472563563@mail.ru).

*Виділені основні завдання, які можуть бути ефективно вирішені застосуванням регульованого асинхронного електроприводу, наведені типові приклади ефективного вирішення технологічних виробничих завдань, що дозволяє прискорити попередню оцінку потенційним інвестором доцільності та першочерговості модернізації виробничих об'єктів шляхом впровадження регульованого електроприводу.*

**Ключові слова.** Регульований електропривід, ефективність, економічність, інвестиція, технологічний процес, продукція, собівартість.

### Вступ

Яким чином знизити собівартість продукції одночасно поліпшивши її якість? Яким чином максимально швидко і за мінімальних затрат освоїти новий вид продукції? Ці питання є актуальними і потребують відповіді, що пояснює інтерес широкого кола фахівців до пошуку методів і засобів їх вирішення. Високоєфективним засобом вирішення вказаних питань на етапі виробництва продукції, в той же час унікальною за своїми характеристикою можливістю для інвестицій, є впровадження регульованого електроприводу. Серед спектру завдань, які можуть бути вирішені застосуванням регульованого електроприводу, слід виділити такі, де його використання є найбільш ефективним, отже такі, що є найбільш привабливими для інвестицій.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

У відомих публікаціях здійснюється глибокий аналіз та оцінка деяких конкретних застосувань регульованого електроприводу, що є корисним при вирішенні аналогічних завдань, але не дає загального уявлення про сфери ефективного застосування регульованого електроприводу. Таке уявлення необхідне для початкової якісної оцінки, зокрема потенційним інвестором, доцільності першочергової модернізації того чи іншого технологічного об'єкта з метою забезпечення максимально швидкого повернення інвестицій та отримання прибутку, який може бути реінвестований у модернізацію нових об'єктів, що забезпечить в короткий термін та за умови обмежених ресурсів переобладнання існуючого виробництва і його перехід на більш сучасний, конкурентноздатний технологічний рівень.

### Постановка завдання

За результатами, перш за все, власного практичного досвіду застосування регульованих електроприводів, систематизації результатів таких застосувань різноманітними компаніями, викласти таку точку зору на вирішувані за допомогою регульованих електроприводів завдання, яка дозволить потенційному інвестору на етапі попередньої, якісної оцінки доцільності інвестування у модернізацію обладнання існуючого виробництва, виділити виробничі об'єкти, модернізація яких шляхом впровадження регульованого електроприводу буде максимально ефективною.

### Вирішення поставленого завдання

Основним підходом до вирішення поставленого завдання є забезпечення можливості швидкого налаштування технологічних процесів виробництва відповідно до факторів, що змінюються, таких, наприклад, як вид і якість сировини. Засобом, що дозволяє реалізувати такий підхід є регульований електропривід, який набуває все більшого поширення, як ефективний електромеханічний перетворювач енергії. Завдяки зручності транспортування електричної енергії та широкому застосуванню механічної енергії, електропривід міцно увійшов до нашого життя. Близько 80% всього парку електричних машин складають асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Тому особливий інтерес викликає

асинхронний регульований електропривід.

Метою даної роботи є розгляд електроприводу, як засобу вирішення поставлених вище питань, а саме: частотно-регульованого асинхронного електроприводу на базі перетворювача частоти (який інколи називають "електронним регулятором швидкості і моменту асинхронних двигунів").

Відзначимо, що, якщо у власника (або керівника) підприємства виникне бажання порівняти можливості устаткування підприємства, які з'явилися після застосування частотно-регульованого асинхронного електроприводу, з тими, що були до його застосування, то асинхронний електропривід дозволяє перейти на старий режим роботи всього протягом чверті години. Перетворювач частоти у складі регульованого електроприводу забезпечує гнучкість технологій і економію електроенергії. Перш за все, регульований електропривод вигідно застосовувати у випадках, коли на підприємстві (або конкретному устаткуванні, обладнанні) спостерігається наступне:

- змінюється кількість продукції, що випускається, в одиницю часу;
- змінюється вхідний матеріал для різних видів продукції;
- можна поліпшити технологічний процес, використовуючи плавне регулювання його параметрів;
- технологічне устаткування, насоси, вентилятори працюють із змінним, або неповним навантаженням;
- потрібні часті пуски, зупинки, реверс приводних двигунів, і виникає необхідність знизити навантаження на устаткування та витрати енергії в перехідних режимах, продовжити термін служби трубопроводів, усунувши гідроудари в них, зробивши плавний пуск насосів, виникає необхідність зменшити витрати на обслуговування устаткування, замінивши приводи з редукторами і варіаторами на регульовані асинхронні електроприводи;
- є перевитрата електроенергії.

Плавне регулювання швидкості обертання є найкращим способом пристосувати привід до змінних обставин. Чудовим прикладом важливості регулювання процесів за рахунок регулювання швидкості обертання є автомобіль. Водій погоджує швидкість руху автомобіля з різними зовнішніми умовами, оптимальна швидкість досягається зниженням частоти обертання двигуна і перемиканням на нижчу швидкість. Але уявімо, що регулювання швидкості автомобіля здійснюється тільки гальмами, при роботі двигуна на повних обертах! Природно, краще регулювати швидкість обертанням двигуна, що економить енергію, скорочує знос машини і гнучко узгоджує рух з навколишніми умовами.

Регулювання швидкості обертання є природним способом досягнення необхідного робочого стану процесу, містить в собі ряд переваг, цінність яких безпосередньо може бути виміряна грошима: зручність регулювання і роботи системи (м'який пуск, регульовані час прискорення і уповільнення, точна швидкість, можливість дистанційного керування, сполучення з ЕОМ). Переваги дозволяють понизити капіталовкладення, експлуатаційні затрати, трудові затрати, спростити конструкцію машин, підвищити ступінь автоматизації і ін., що дозволяє зберегти гроші.

Використання регульованих електроприводів дозволяє понизити знос устаткування і скоротити витрати на техобслуговування, оскільки при зниженні швидкості часто знижується також момент, тиск і механічне навантаження на деталі машини. Регулювання швидкості обертання виключає різкі шкідливі зміни навантаження, дозволяє отримати м'який пуск і м'якшу роботу приводу, скоротити потребу в ремонті і понизити витрати на техобслуговування устаткування.

Використання регульованих електроприводів дозволяє одночасно збільшити випуск продукції і підвищити її якість. Звичайне збільшення об'єму продукції знижує якість, а підвищення якості приводить до зменшення випуску продукції. Це часто пов'язано з питанням оптимізації, яке важко вирішити на стадії проектування. Якщо змінити об'єм продукції регулюванням швидкості, то оптимізацію кількості і якості продукції можна виконати пізніше.

Прикладом реалізації проекту регулювання швидкості обертання, що оптимізує роботу устаткування, є волочильний стан для протягування дроту, в якому, завдяки застосуванню регульованого електроприводу, вдалося реалізувати м'який пуск і роботу на різних швидкостях,

що дозволило зменшити обриви дроту, т.ч. його відходи і розширити асортимент продукції, що випускається підприємством.

Хорошим прикладом оптимізації об'єму виробництва служить привід лісопильної лінії. Діаметри колод, які розкроюються, можуть змінюватися в широких межах (від 20 до 70 см). Товсті колоди необхідно розпилювати на нижчій швидкості тому, що вони здійснюють велике навантаження на пилку. Якщо швидкість розпилювання колоди прийняти відповідно до самого великого діаметру колод, обсяг виробництва буде низьким при розпилюванні тонких колод. Проблема часто вирішується за допомогою двохшвидкісного двигуна. Однак, застосування безступеневого регулювання забезпечує значне підвищення середньої швидкості розпилювання. Завдяки впровадженню регулювання швидкості, випуск продукції на лісопильних заводах вдається збільшити на 10-15 %.

Використання регульованих електроприводів дозволяє економити енергію за рахунок зменшення споживаної потужності оптимізацією роботи приводу [1] через регулювання швидкості обертання. Значна економія спостерігається в приводах насосів і вентиляторів, в яких споживання потужності знижується пропорційно третій степені від швидкості. У багатьох насосів економія перевищує 50 %, що при великих потужностях означає заощадження великої суми грошей. На малюнку нижче представлено споживання вентилятором (відцентровим насосом) потужності при регулюванні подачі дроселюванням і регулюванням обертів двигуна.

На рисунку 1 показані втрати енергії на лінії розподілу з електростанції до окремого насоса. При регулюванні подачі насосу потужністю 100 кВт шляхом дроселювання втрати потужності всієї лінії перевищують 800 кВт, хоча потужність насоса лише 100кВт!

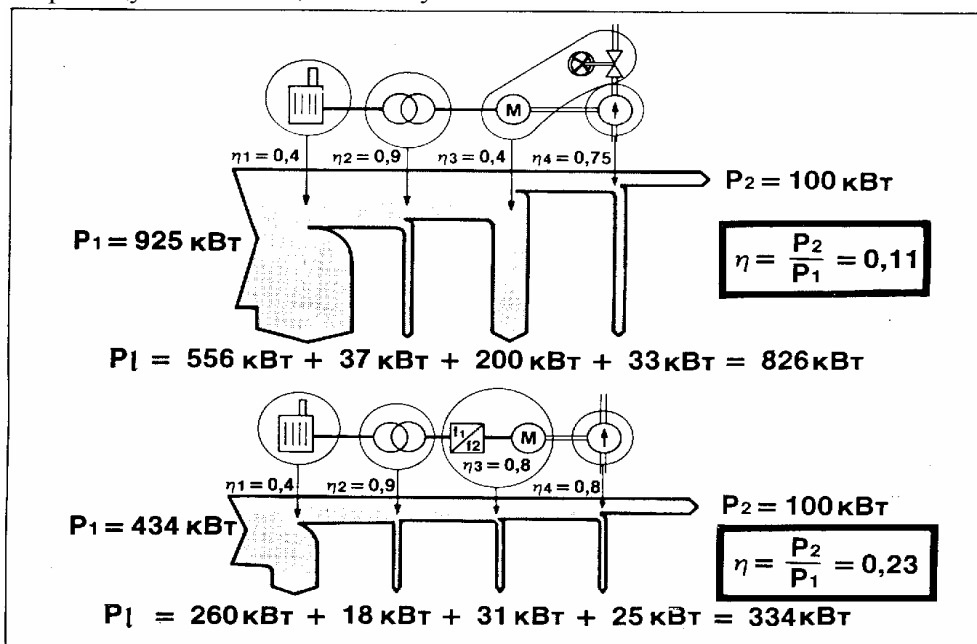


Рис. 1. Втрати енергії на лінії розподілу з електростанції до окремого насоса для випадків регулювання дроселюванням та регульованим електроприводом.

При регулюванні швидкістю обертання втрати перевищують 300 кВт, проте в такому приводі потужністю 100 кВт у нас буде економія 500 кВт, що вже виправдовує себе.

Нижче наведені приклади використання регульованого електроприводу на об'єктах різного призначення, що дозволяє підвищити ефективність роботи об'єктів (та рентабельність виробництва).

1. Насосна станція. У промисловості, на електростанціях і в комунальному господарстві застосовується велика кількість насосів: насоси для очищеної і стічної вод, для розбавленої водою паперової маси, для різних хімікатів і так далі. Деякі процеси можуть мати декілька ввімкнених паралельно або послідовно насосів, управління якими здійснюється від спільної системи автоматики, обчислювальної машини, або т.ін. Регулювання швидкості насосів полегшує управління роботою насосної станції. Одночасно забезпечується економія енергії і скорочення витрат на спорудження установки.

2. Занурюваний насос. Використовується, головним чином, для перекачування стічних вод. Вся установка може бути занурена у воду. В насосному агрегаті вбудований короткозамкнений електродвигун у водонепроникному виконанні. В порівнянні з іншими насосами, занурюваний насос має істотну перевагу, яка полягає у значно нижчих масогабаритних показниках та витратах. Ряд переваг занурюваним насосам дає регулювання обертання: досягається більш рівномірний потік на спорудах біологічного очищення; економія енергії, завдяки зменшенню втрат в трубопроводах; можливість регулювання кількості зворотного мулу. Причому, застосування регульованого електроприводу вважається найкращим способом регулювання швидкості обертання занурюваних насосів.

3. Вентилятор димових газів. У сучасних котельних установках застосовуються вентилятори димових газів, які підвищують продуктивність і К.К.Д. паливних котлів. При зміні тиску повітря і потреби в тепловій енергії, необхідно регулювати тягу. Найкращим способом регулювання відсмоктування димових газів – є спосіб регулювання швидкості обертання двигуна насоса, що дозволяє заощадити енергію, поліпшити ефективність роботи котла, зменшити знос устаткування, а також шум. Прикладом такого застосування є котельня у м. Черкаси, де витрати з придбання та встановлення електроприводу окупилися за пів року його експлуатації.

4. Лісопильна лінія. Лісопильний завод є типовим процесом з різномаїттям агрегатів, послідовно розташованих один за одним. Є верстати обкорувачні і рубильні, стрічкові пили, установки торцювання і інші. Крім того, між різними ділянками передбачені транспортери. Регулювання швидкості обертання забезпечує можливість регулювання продуктивності і вибору найкращої швидкості відповідно до діаметру і твердості колод. Перевага віддається способу регулювання, при якому велика частка виробничої лінії працює на одній швидкості.

5. Волоочильний стан. Застосування регульованого електроприводу на волоочильному стані підприємства «Черкасисталь» у м. Черкаси дозволило розширити асортимент продукції, яка випускалася (збільшити різновиди випуску цвяхів та сітки-рабиці), скоротити витрати дроту при його волочінні на волоочильному стані.

6. Транспортери, шнекові транспортери. Шнекові транспортери використовуються для переміщення зернистих і пластиновидних матеріалів, таких як тріски, кора, тирса, тощо. Регульований електропривід дозволяє підвищити точність дозування матеріалів і зменшити знос деталей машин. Застосування регульованого електроприводу на транспортері зворотного тютюну Черкаської тютюнової фабрики дозволило зменшити відходи тютюну. Застосування регульованого електроприводу на шнековому транспортері автомату для виготовлення печива-сендвічів на Черкаській бісквітній фабриці дозволило оптимізувати подачу крему в залежності від консистенції крему.

7. Завантаження дефибери. У дефибері готується деревна маса для виробництва паперу. Як приводний двигун в дефибері використовується потужний асинхронний або синхронний електродвигун. Пристрій завантаження має менш потужний двигун, швидкість обертання якого повинна регулюватися, з метою забезпечення оптимального к.к.д. процесу дефибрування і виключення перевантаження головного двигуна.

Пристрій завантаження ланцюгового виконання з регулюванням швидкості обертання дає можливість застосовувати простий спосіб регулювання шляхом заміру навантаження головного двигуна.

8. Шліфувальний верстат. Для шліфування металевих виробів застосовуються шліфувальні станки з шліфувальними кругами, що обертаються. В процесі шліфування круги сильно зношуються, зменшується їх діаметр і кругова швидкість, причому знижується продуктивність верстату, якщо не підвищується швидкість обертання. Регулювання швидкості обертання забезпечує підвищення продуктивності і поліпшення якості виробів.

### **Ефективність використання обладнання з регульованим електроприводом**

Стовідсоткової ефективності використання виробничого обладнання, на жаль, неможливо досягти. У деяких випадках використовуються дубльовані системи, які забезпечують роботу один одного при порушенні режиму роботи. Що стосується пристроїв регулювання швидкості, частотний перетворювач є єдиною системою, яка може забезпечити повне резервування без додаткових пристроїв. Частотний перетворювач має унікальну перевагу: виникнення нес-

правності не вимагає простою обладнання і, отже, великих збитків у виробництві. Коли в якості приводного двигуна служить короткозамкнений електродвигун, перетворювач може бути просто зашунтованим, наприклад, на час перевірки або у разі перешкоди в його роботі. Інші системи регулювання швидкості не дають такої можливості без дорогих дублюючих систем, котрі вимагають додаткового місця. Частотний перетворювач дозволяє наблизитися до магічної межі 100 %-ї ефективності застосування.

#### **Витрати на техобслуговування**

Найдорожчі роботи з техобслуговування для різних пристроїв регулювання швидкості обертання наступні: заміна вугільних щіток, контроль колектора, контроль зносу, мастило, заміна фільтру і контроль та заміна мастила, запчастини, контроль підшипників, запасний двигун. В разі застосування перетворювача частоти і асинхронного короткозамкненого двигуна залишається тільки виконати заміну мастила і контроль підшипників. Вартість таких робіт найнижча, причому вони потрібні і в разі застосування нерегульованого приводу. З цього виходить, що заміна нерегульованого приводу регульованим асинхронним електроприводом не викликає підвищення витрат на поточне обслуговування. Існують регульовані приводи, заміна яких регульованими асинхронними електроприводами виправдається вже за рахунок зниження витрат на техобслуговування.

Якщо додатково зіставити вартість запасного двигуна постійного струму і короткозамкненого двигуна, то привід асинхронний, поза сумнівом, виявиться економічно обґрунтованим варіантом.

Що стосується частотно-регульованих асинхронних електроприводів, відзначимо наступне. Частотний перетворювач є супервигідним капіталом для підприємства. При його використанні в системах електроприводів дуттєвих вентиляторів, окупність складає менше 12 місяців роботи, економія електричної енергії - 50% від потужності, спочатку споживаної вентилятором. Щороку електропривід заробляє для підприємства суму що майже вдвічі перевищує його вартість! І це при сьогоднішній ціні електроенергії. При збільшенні її ціни – надходження підприємства від його використання зростають! Реальний приклад застосування двох електроприводів дуттєвих вентиляторів потужністю по 75 кВт: загальна споживана потужність знизилася на 62кВт, економічний ефект від застосування склав 1488 кВт\*г на добу, або 543.1 МВт\*г на рік, що в грошовому вираженні, при ціні електроенергії 0.25грн/(кВт\*г), становить 135775 грн. щорічно.

#### **Висновки**

Регульований асинхронний електропривід на базі перетворювача частоти є ефективним засобом вирішення цілої низки технологічних виробничих завдань.

Регульований асинхронний електропривід, як можливість для інвестицій, має унікальні характеристики:

- термін повернення інвестицій становить, як правило, від шести місяців до одного року;
- безризиковість (незалежно від ринкових змін електропривід може змінити власника лише за умови згоди останнього), швидке повернення інвестицій;
- термін експлуатації електроприводу становить близько 10 років, що в більшості випадків означає 9-18 кратне повернення інвестицій, пов'язаних з його придбанням та встановленням.

#### **Список літературних джерел**

1. Михайлюта С.Л. Методи та засоби вдосконалення обчислювального пристрою систем керування об'єктів з асинхронними машинами. Вісник ЧДТУ. – Черкаси: ЧДТУ. - 2005. - №4. - С.113-116.