

УДК 621.311.004.18:62-83

**В. А. Маляренко**, докт. техн. наук,  
**Д. І. Абраменко**  
*Харківська національна академія  
 міського господарства*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ОБ'ЄКТАМИ ЖКГ**

Підвищення енергоефективності зараз є, поряд з інформатизацією й комп'ютеризацією, одним з основних напрямків технічної політики у всіх розвинених країнах світу. Істотною складовою цієї проблеми є енергозбереження електричної енергії. Енергозбереження зводиться до зниження марних втрат енергії. Аналіз структури втрат у сфері виробництва, розподілу й споживання електроенергії показує, що визначальна частка втрат - до 90 % - доводиться на сферу енергоспоживання, тоді як втрати при передачі електроенергії становлять лише 9...10 %. Тому основні зусилля по енергозбереженню повинні бути сконцентровані саме в сфері споживання електроенергії. Основним споживачем електроенергії є електропривод (більше 60 %), і саме на нього звернена головна увага світової технічної громадськості, що працює в сфері енергозбереження.

Всі електроприводи за винятком малопотужних (частки кіловатів) електроприводів побутової техніки можна умовно розділити на дві великі групи.

Перша використовується в агрегатах, що обслуговують технологічні процеси, нездійсненні без точного керування технологічними координатами, наприклад прокатні стани, металообробні верстати, роботи й т.д. До цієї групи відносяться не більше 10 % всіх електроприводів, вона завжди користувалася увагою фахівців, і в ній, як правило, уже здійснені сучасні ефективні технічні рішення.

Друга група (близько 90 % всіх електроприводів) використовується в простих агрегатах - насосах, вентиляторах, транспортерах, конвеєрах і т.д. Цій групі донедавна приділялося мало уваги, тому що в подібних агрегатах звичайно використовуються найпростіші електроприводи з не завжди правильно обраними двигунами, але саме в цій групі існує основний резерв енерго- і ресурсозбереження.

Це зв'язано головним чином з об'єктивно існуючим протиріччям: переважна більшість таких електроприводів (більше 95 %) нерегульовані з короткозамкненими АД, а технологічні процеси, що обслуговуються ними, як правило, мають потребу в керуванні технологічними координатами: швидкістю, тиском, витратою, температурою й т.п. Тому керування здійснюється енергетично неефективно й приводить до великих втрат енергії, породжує недосконалість самого технологічного процесу.

Характерним прикладом може служити широко використовуваний нерегульований асинхронний електропривод насосних станцій водопостачання будинків. У більшості випадків він створює надлишковий у даний момент напір, тобто підводить до гідравлічної системи зайву потужність. За цю витрачену енергію платить споживач, крім того, надлишковий напір приводить за рахунок зростання витоків до більших втрат води (7-9% на кожен зайву атмосферу), гідравлічним ударами при пуску системи, розривам труб, зайвому шуму й т.д.

Багато фахівців вважають, що економічний потенціал енергозбереження в електроприводі практично вичерпаний, якщо розглядати індивідуальні компоненти електропривода, то вони вже досить досконалі. Разом з тим залишається великий потенціал по вдосконалюванню проектування систем і оптимізації їхніх параметрів у цілому.

Радикальний спосіб енергозбереження в електроприводі ЖКГ - це перехід від нерегульованого електропривода до регульованого, тобто подача до робочого органа технологічної установки тієї потужності, що вимагається в даний момент, при мінімальних втратах у всіх елементах енергетичного каналу.

Технічно це може бути реалізовано включенням між мережею й двигуном керуваного електричного перетворювача ПЧ (рис. 1), що впливає на швидкість обертання двигуна.

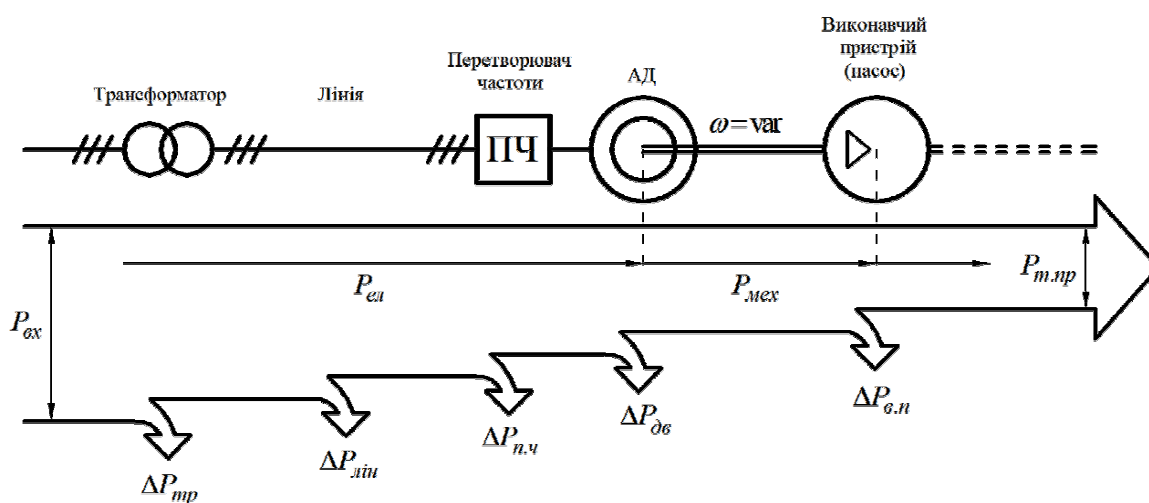


Рис. 1 - Схема енергетичного каналу електроприводу

Наведена схема передачі потужності відображає головні риси енергетичного процесу транспорту енергії від джерела (трансформаторної підстанції) до споживача (електродвигуна насоса).

Потужність технологічного процесу  $P_{т.пр}$  визначається:

- напругою й струмом в електричних процесах;
- кутовою швидкістю й моментом (або лінійною швидкістю й силою при поступальному русі) у механічних процесах;
- тиском і витратою в гідравлічних процесах.

Енергія  $W$  – це інтеграл за заданий час  $T$  від потужності, що змінюється в часі

$$W = \int_0^T P(t) dt$$
. Джерело електричної енергії забезпечує одну з визначаючих потужність

величин (звичайно напругу), друга (струм) цілком визначається споживачем і каналом зв'язку джерело – споживач. Кожна стадія перетворення й передачі енергії, незалежно від способу реалізації, супроводжується втратами  $\Delta P$ , величина яких істотно залежить від конкретного встаткування й режимів його роботи.

Ефективність будь-якого енергетичного процесу визначається двома факторами:

- наскільки близько відповідають величини, що задаються в споживача, вимогам оптимального технологічного процесу (наприклад, для насоса в гідросистемі, наскільки вдало обраний тиск на вході системи - його повинно вистачати для потреб

виробництва, і він не повинен бути сильно надлишковим - зайва споживана потужність і т.п.);

- наскільки великі втрати, що супроводжують процес.

Повну оцінку фактичної енергетичної ефективності будь-якої системи можна зробити тільки порівнянням необхідної корисно використаної енергії за деякий строк, з енергією, спожитої від джерела за цей же час; причому як час оцінки при циклічних процесах зручно брати час циклу (добу, місяць, рік).

Розглянута на рис. 1 енергетична діаграма вказує шляхи енергозбереження.

1. Подача кінцевому споживачеві енергії необхідної (або оптимальної) потужності  $P_{m,np}$  може бути досягнута за рахунок керування однієї або обома величинами, що утворюють у добутку потужність.

У гідросистемах (ГС) одна з величин (витрата  $F$ ) визначається гідравлічним опором  $\rho_z$ :  $F = \Delta P_{zc} / \rho_z$ , тобто відкритими в цей момент заслінками (тут  $\Delta P_{zc}$  – різниця тисків на вході й виході гідросистеми). Друга величина (тиск на вході ГС) задається насосом і, отже, може управлятися, хоча в переважній більшості випадків (95 %) не управляється, і спочатку встановлений і необхідний для надійного постачання запас по тиску - постійне джерело втрат енергії.

2. Вибір раціонального з технічної й економічної точок зору способу керування величиною (величинами), що утворюють споживану технологічними машинами потужність.

Так можна управляти тиском у гідросистемі шляхом дроселювання, тобто міняючи гідравлічний опір системи, закриваючи або відкриваючи заслінки на виході насоса. Інший шлях – регулювання швидкості обертання вала двигуна. Енергетичне розходження в цих способах радикальне - втрати в насосі  $\Delta P_{e,n}$  й споживання електричної потужності можуть відрізнитися в кілька разів..

3. Вибір раціонального з технічної й економічної точок зору типу регульованого електропривода, тобто підсистеми електричний перетворювач - двигун, що дозволяє управляти швидкістю в потрібному діапазоні з мінімізацією втрат і інших витрат.

Наприклад, в електроприводах насосів, звичайно використовується короткозамкнуті АД, швидкість яких можна міняти, впливаючи або на частоту й амплітуду живлячої напруги (частотне регулювання), або тільки на амплітуду (параметричне регулювання). Друге рішення, істотно більш дешеве, виявляється неприйнятним, оскільки вимагає при тривалому режимі роботи завищення потужності двигуна в 2-3 рази, підвищеного ковзання, інтенсивного примусового відводу тепла.

Зазначені три прийоми енергозбереження, загалом кажучи, не залежать від конкретних технічних реалізацій енергетичного каналу й вигляду кінцевого технологічного процесу, оскільки зводяться до зниження енергетичних витрат на сам процес і зменшенню втрат у робочій машині. Крім того, іноді вдається реалізувати енергозберігаючі заходи, пов'язані з конкретною технічною реалізацією енергетичного каналу. До таких заходів відноситься правильний вибір силового встаткування - виключення невиправданого завищення встановленої потужності, що знижує ККД агрегату, а також її заниження, що знижує надійність. При використанні асинхронного електропривода іноді вдається знизити втрати в нерегульованому по швидкості двигуні й у живильній лінії, знижуючи при малих навантаженнях на валу напруги, прикладеної до двигуна, використовуючи прийоми компенсації реактивної потужності й т.п. Ці й подібні корисні прийоми не можуть замінити розглянуті вище основні напрямки енергозбереження. Варто підкреслити, що найбільш реальний ефект може бути досягнутий лише при комплексному підході до рішення кожного завдання з врахуванням технічних, економічних, надійностних і інших критеріїв.

Типова сучасна схема підключення перетворювача частоти енергозберігаючого електропривода показана на рис.2.

Система електронний перетворювач частоти - асинхронний двигун з короткозамкненим ротором є головним на найближчі роки технічним рішенням масового регульованого електропривода. Вона особливо приваблива на стадії модернізації, тому що зберігається все існуюче встаткування, але між мережею й двигуном включається новий елемент - перетворювач частоти, що радикально міняє технічний і економічний вигляд системи.

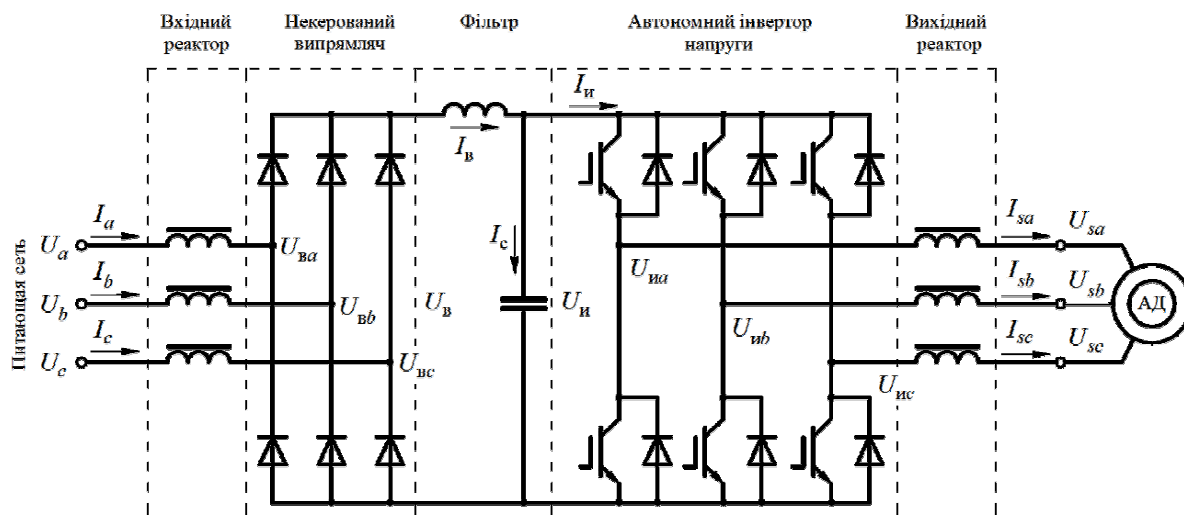


Рис. 2 - Схема електроприводу перетворювач частоти - асинхронний електродвигун

Перетворювачі електроенергії перетворюють змінний струм однієї частоти і величини в змінний струм з іншими параметрами, регулюють чи стабілізують вихідний струм або напругу. Тому важливе значення має характеристика перетворювача як приймача електроенергії. Економічність прийому електроенергії приводом залежить як від типу і технічних характеристик елементів привода, так і від режимів його роботи.

Застосовуються два основних типи перетворювачів - статичні і електромашинні. З погляду якості електроенергії і впливу на мережу електромашинні перетворювачі мають переваги перед статичними. Однак їх частка постійно зменшується, оскільки вони громіздкі і мають гірший ККД, ніж статичні перетворювачі.

Найбільш поширеними є статичні напівпровідникові перетворювачі на базі діодів, тиристорів і транзисторів. Процеси перетворення і регулювання електроенергії в статичних перетворювачах відбуваються за рахунок роботи напівпровідникових приладів у ключовому режимі, що є причиною виникнення вищих гармонічних струмів і напруг на вході і виході перетворювачів. Генерація вищих гармонічних струму і напруги викликає спотворення напруги в мережах живлення і підвищені втрати в каналі передачі електроенергії, а також призводить до знакозмінних складових моменту, що негативно позначається на працездатності електричної машини.

Викладене дозволяє сформулювати наступні завдання підвищення енергоефективності електроприводів з короткозамкненим АД об'єктами ЖКГ:

- складання відповідного математичного опису енергетичних процесів у системі й реалізація його програмним забезпеченням;
- проведення кількісного аналізу передачі потужності від джерела до споживача як взаємозалежної системи з урахуванням особливостей всіх елементів силового каналу;

- синтез узагальненого критерію ефективності процесом енергоспоживання;
- вибір сучасної перспективної системи керування короткозамкненим АД, що дозволяє проводити модернізацію зі збереженням існуючого встаткування й розробляти нові електроприводи;
- розробка ефективних енергозберігаючих алгоритмів керування.

---

---

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ОБЪЕКТАМИ ЖКХ

В.А. Маляренко, Д.И. Абраменко

*Проведен анализ современного состояния вопроса в области энергопотребления электроприводов жилищно коммунального хозяйства. Сформулированы задачи по его оптимизации в рамках системного подхода.*

## OPTIMIERUNG DES AMTES ENERGOSPOZHIWANNJAM ELEKTROPRIWODIŲ OBJEKTE DCE

V.A. Maljarenko, D.I. Abramenko

*The analysis of the modern state of question is conducted in area of энергопотребления electromechanics dwelling communal economy. Tasks are formulated on his optimization within the framework of approach of the systems.*