



Аналіз шляхів керування енергоспоживанням електроприводів об'єктами агропромислового комплексу

М.Л. Лисиченко¹, Ю.М. Хандола², В.В. Гузенко³

Державний біотехнологічний університет, (м.Харків, Україна)
email: ¹ 1prlysychenko@btu.kharkov.ua; ² xandola@btu.kharkov.ua;
³ hnaghv@btu.kharkov.ua; ORCID: ¹ 0000-0002-4424-0159;
² 0000-0001-9158-2955; ³ 0000-0001-8171-9487

Проаналізовано режими роботи електроприводу робочих машин в агропромисловому комплексі. Проведено детальне обґрунтування властивостей пристроїв, що входять до складу електромеханічних систем, та наведено шляхи регулювання ефективності роботи зі зниження енерговитрат. У науковій роботі велике значення надавалося механічним характеристикам асинхронних двигунів і властивостям перетворювача як приймача електричної енергії. Під час експлуатації асинхронного електроприводу доведено, що на практиці можна зменшити втрати в нерегульованих двигунах і в живильній магістралі, знизивши таким чином напругу на валу двигуна, використовуючи компенсацію реактивної потужності. У представленій в огляді статті розглядаються основні режими роботи електроприводу робочих машин в агропромисловому комплексі. Виконано обґрунтування властивостей пристроїв, що входять до складу електромеханічних систем, та наведено шляхи регулювання ефективності роботи зі зниження енерговитрат. Проведено аналіз основних методів енергозбереження в електроприводах агропромислового комплексу, що дозволяє змінювати в даний момент подачу на робочий орган необхідної потужності з мінімальними втратами. Перспективним технічним рішенням сучасного регульованого електроприводу на найближчі роки є структурована система асинхронного двигуна перетворювача частоти з короткозамкненим ротором, що показує детальне підключення перетворювача до електроприводу. Отримано результати чисельних розрахунків параметрів енергетичного процесу транспортування енергії від джерела до споживача, які можуть бути корисними при розробці та впровадженні сучасних ефективних алгоритмів управління енергозбереженням. Дослідження показали, що заміна ненавантажених електродвигунів в агропромисловому комплексі на двигуни меншої потужності дає значну економію електроенергії.

Ключові слова: електропривод, енергозбереження, перетворювач частоти, продуктивність, регулювання, енергоефективність, агропромисловий комплекс.

Постановка проблеми та її актуальність.

Як відомо, що основними споживачами електричної енергії є електроприводи (електропривод споживає близько 60 % всієї електроенергії) [1,2]. Як показує дослідження структур втрат у виробництві, розподілу й споживання електричної енергії, що основна частка - близько 80 % - доводиться на сферу енергоспоживання, а втрати при передачі електроенергії становлять 7...11 %. Тому всі зусилля по енергозбереженню повинні бути сконцентровані в сфері споживання електричної енергії [2,3].

Всі електроприводи (ЕП) силової побутової техніки умовно розділяють на дві групи. Перша використовується в агрегатах, що обслуговують технологічні процеси, які нездійсненні без

точного керування технологічними координатами (прокатні стани, металообробні верстати та ін.) та всього налічується не більше 15 % всіх електроприводів.

Друга група (85 % всіх електроприводів) використовується у насосах, вентиляторах, транспортерах, та ін. [4,5].

Як показує проведений аналіз, що в подібних агрегатах найчастіше використовуються найпростіші електроприводи з не всюди правильно обраними двигунами, при цьому в вказаних групах приділялося мало уваги, але саме тут існують основні резерви енергозбереження, що є дуже актуальними на сьогоднішній день.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. Як показує аналіз сучасної

науково-технічної літератури, переважна більшість електроприводів (більше 95 %) асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором які є нерегульованими [6,7]. Технологічні процеси, у більшості випадків, мають потребу в регулюванні технологічними параметрами: частотою обертання, тиском, температурою та ін.. Тому керування здійснюється енергетично неефективно та може призвести до великих втрат енергії.

Сучасні фахівців вважають, що економічний розвиток енергозбереження в електроприводі практично вичерпаний. Але остається великий потенціал по вдосконалюванню проектування систем і оптимізації технічних рішень в цілому.

Формулювання мети статті. Проаналізовані режими роботи електроприводу робочих машин в агропромисловому комплексі. Проведено детальне обґрунтування властивостей пристроїв які входять до складу електромеханічних систем та приведені способи корегування ефективності роботи зі зниження енергоспоживання.

Викладення основного матеріалу дослідження. Основний спосіб енергозбереження в електроприводі АПК - перехід від нерегульованого ЕП до регульованого, тобто подача до робочого органа потужності, що вимагається в даний момент, з мінімальними втратами [8].

Технічно це реалізується включенням між мережею й двигуном керуваного електричного перетворювача ПЧ (рис. 1), який впливає на швидкість двигуна.

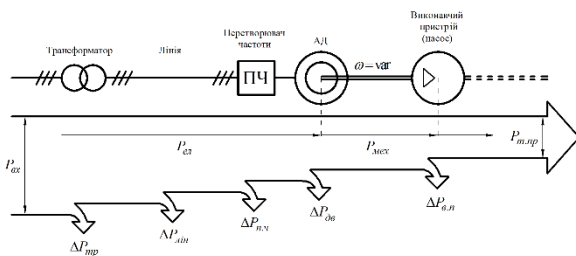


Рис. 1 Структура енергетичного каналу електропривода

Схема передачі потужності відображає характерні параметри енергетичного процесу транспорту енергії від джерела (трансформаторної підстанції) до споживача (електродвигуна). Потужність технологічного процесу $P_{т.пр}$ може бути визначена: напругою й струмом; кутовою швидкістю й моментом; тиском і витратою в гідравлічних процесах.

Інтеграл за заданий час T від потужності є енергія W

$$W = \int_0^T P(t)dt. \quad (1)$$

Перетворення й передача енергії, незалежно від способу реалізації, супроводжується втрата-

ми ΔP , величина яких істотно залежить від устаткування й режимів його роботи.

Як показує аналіз, що ефективність будь-якого енергетичного процесу визначається такими факторами:

1. Наскільки відповідають величини вимогам оптимального технологічного процесу (наприклад, для насоса в гідросистемі);

2. Наскільки великими є втрати.

Вирішальну оцінку фактичної енергетичної ефективності системи потрібно робити тільки порівнянням використаної енергії за строк, з енергією, спожитою від джерела за цей час [9,10].

На рис. 1 енергетична діаграма вказує сучасні шляхи енергозбереження в електроприводі:

1. Вибір ефективного з технічної й економічної точок зору способу керування величиною, що утворюють споживану технологічними машинами потужність.

2. Подача споживачеві енергії необхідної (або оптимальної) потужності $P_{т.пр}$ досягається за рахунок керування однією або двома величинами, що утворюють у добутку потужність.

Відомий спосіб регулювання тиском у гідросистемі – дроселювання, тобто змінюючи опір системи, закриванням або відкриванням заслінки на виході насоса. Інший шлях – регулювання швидкості обертання вала двигуна. Як показують дослідження втрати в насосі $\Delta P_{в.п}$ й споживання електричної потужності відрізняється в кілька разів.

3. Вибір ефективного з економічної та технічної точок зору типу регульованого електропривода, тобто системи перетворювач частоти - двигун, що дозволяє керувати швидкістю не в дискретному діапазоні з мінімальними втратами.

В електроприводах сільськогосподарства використовуються короткозамкнені АД, швидкість яких змінюється під впливом регулювання частоти струму й амплітуди напруги живлення (частотне регулювання), або тільки амплітуди (параметричне регулювання).

Друге рішення, більш дешеве, виявляється неприйнятним, оскільки вимагає при тривалому режимі роботи підвищення потужності двигуна у два рази, підвищеного ковзання, примусового відводу тепла.

Три шляхи енергозбереження, які були зазначені, не залежать від конкретних технічних рішень й вигляду кінцевого технологічного процесу, тому що призводять до зниження енергетичних витрат на сам процес і зменшенню втрат у робочих машинах.

Використовуючи асинхронний ЕП іноді вдається знизити втрати в нерегульованому по швидкості у двигуні й у живильній лінії, знижуючи при цьому напругу на валу двигуна, з використанням компенсації реактивної потужності.

На практиці інколи вдається реалізувати енергозберігаючі шляхи, які пов'язані з точною реалізацією енергетичного каналу. До таких програм енергозбереження відноситься правильний вибір силового встаткування - виключення невиправданого завищення встановленої потужності, що значно знижує ККД агрегату, а також її зниження, що знижує надійність. Найбільш суттєвий ефект можна досягнути лише при комплексному підході до вирішення кожної проблеми з урахуванням техніко-економічних, надійностних і інших параметрів.

Основний шлях енергозбереження електропривода – це подача кінцевому споживачу – робочій машині – необхідної в кожний момент потужності. Цього може бути досягнуто за допомогою управління координатами електропривода. Цей процес став останніми роками основним в розвитку електропривода у зв'язку з появою доступних технічних засобів для його здійснення – перетворювачів частоти та ін.

Типова схема під'єднання перетворювача частоти до електропривода показана на рис.2.

Система ПЧ-АД з короткозамкненим ротором є перспективним на найближчі роки технічним рішенням сучасного регульованого електропривода.

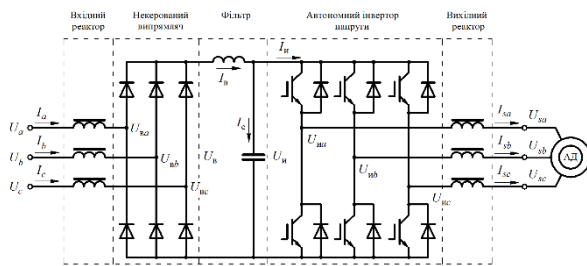


Рис. 2. Схема електропривода ПЧ - АД

Всі перетворювачі електричної енергії перетворюють змінний струм однієї частоти і величини в змінний струм з іншими параметрами, можуть регулювати чи стабілізувати вихідний струм або напругу. Тому велике значення має характеристика перетворювача як приймача електричної енергії. Можна використовувати два основних типи перетворювачів: статичні і електромашинні. З погляду якості електричної енергії і впливу на живильну мережу електромашинні перетворювачі мають більше переваги. Але їх частка постійно зменшується, тому що вони громіздкі і мають гірший ККД, ніж перетворювачі статичні.

Поширеними є статичні напівпровідникові перетворювачі на базі тиристорів, діодів і транзисторів. Процеси регулювання та перетворення електроенергії в статичних перетворювачах відбуваються за рахунок роботи напівпровідникових елементів, що є причиною виникнення вищих

гармонічних напруг та струмів на вході і виході перетворювачів. Генерація вищих гармонічних струму і напруги викликає спотворення напруги і підвищені втрати, а також призводить до знакозмінних складових моменту, що негативно позначається на режимах електричної машини.

Висновки та подальші перспективи. Як показує аналіз, проведені довготривалі дослідження дозволяють сформулювати наступні програми підвищення енергозбереження в електроприводах з АД об'єктами АПК:

- узагальнення критерію ефективності процесом енергоспоживання;
- складання сучасного математичного опису енергетичних процесів що відбуваються у системі з реалізацією програмного забезпечення;
- вибір сучасної якісної системи керування АД, що дозволяє проводити модернізацію зі збереженням вже існуючого устаткування й розробляти нові ЕП;
- проведення якісного аналізу передачі потужності від джерела до споживача як взаємозв'язаної електромеханічної системи з урахуванням особливостей всіх елементів силового каналу;
- розробка та впровадження сучасних ефективних енергозберігаючих алгоритмів керування.

Проведені дослідження показують, що заміна недовантажених електродвигунів в агропромисловому комплексі на двигуни меншої потужності дає економію електроенергії до 8%.

Література:

1. Беспалов В. Я. Перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода, - М.: МЭИ (ТУ), 2005.
2. Коба В.Г. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич // М.: Колос, 1999. – 187 с.
3. Агеев П.Е. Эксплуатация технического оборудования ферм и комплексов / П.Е. Агеев, В.И. Квашенников и др.; под ред. С.В. Мельникова // – 2-е изд. Перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986 – 81-110
4. Петрушин В.С. Регулировочные характеристики асинхронного электродвигателя в частотном электроприводе при законах управления, обеспечивающих постоянство потокосцеплений. – Електротехніка і електромеханіка, – 2002, – №2. – С.53-55.
5. Кукта Т.М. Машины и оборудование/ Т.М. Кукта // – М.: Агропромиздат, 1987. – 104-110 с.
6. Індерович С.Р. Частотний спосіб регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна // Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2014 року «Проблеми механізації та електрифікації АПК», Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип.ІІ. – С.95-97.

7. Колесник В.Е. Обзор та оцінка умов експлуатації асинхронних двигунів в АПК // Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2014 року «Проблеми механізації та електрифікації АПК», Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. II. – С. 216-217.

8. Гузенко В.В. Забезпечення функціонального діагностування енергоефективності електромеханічних систем з асинхронними двигунами // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2015 року «Проблеми механізації та електрифікації АПК», (ТДАТУ, Мелітополь, квітень, 2016 р.) - Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. III. – С. 249-251.

9. Гузенко В.В. Аналіз пристроїв для переробки кормосумішей грубих кормів та оцінка їх використання в однофазній мережі при векторно-алгоритмічній комутації // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". -Х.: ХНТУСГ, 2014. -Випуск 153.-с.142-143.

10. Молотков О.О. Обзор та оцінка умов експлуатації асинхронних двигунів в АПК // Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2014 року «Проблеми механізації та електрифікації АПК», Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. II. – С. 200-203.

References:

1. Bepalov V. Ya. (2005). Prospects for the creation of domestic electric motors of a new generation for a frequency-controlled electric drive. Moskva: MEI (TU).

2. Koba V. G., Braginets N. V., Murusidze D. N., Nekrashevich V.F. (1999). Mechanization and technology of production of livestock products. Moskva: Kolos, 187 p.

3. Ageev P.E., Kvashennikov V. I. (1986). The Operation of technical equipment of farms and complexes. Moskva: Agroprom. 81-110 p.

4. Petrushin V.S. (2002). Adjusting characteristics of the asynchronous electric motor in the

frequency electric drive with control laws ensuring the constancy of the flow couplings. Electrical engineering and electrical engineering. 53-55 p.

5. Kuchta T. M. (1987). Machinery and equipment. Moskva: Agroprom. 104-110

6. Inderovich S.R. (2015). Frequency method for controlling the speed of the asynchronous engine // Materials of the II All-Ukrainian scientific and technical Internet conference of students and undergraduates on the basis of scientific researches of 2014 "Problems of mechanization and electrification of agroindustrial complex", Melitopol: TDAU. 95-97 p.

7. Kolesnik V.E. (2015). Review and evaluation of operating conditions of asynchronous motors in the APC. Materials of the 2nd All-Ukrainian scientific and technical Internet conference of students and undergraduate students on the results of scientific researches of 2014 "Problems of mechanization and electrification of agroindustrial complex", Melitopol: TDAU. 216-217 p.

8. Guzenko V.V. (2015). Provision of functional diagnostics of energy efficiency of electromechanical systems with asynchronous motors. Materials of the 3rd All-Ukrainian scientific and technical Internet conference of students and undergraduate students on the basis of scientific researches of 2015 "Problems of mechanization and electrification of agroindustrial complex" TDAU, Melitopol. 249-251 p.

9. Guzenko V.V. (2014). Analysis of devices for the processing of fodder corn fats and evaluation of their use in a single-phase network under vector-algorithmic switching // Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Vasilenko. "Problems of energy supply and energy saving in the agroindustrial complex of Ukraine" .- Kh. 142-143 p.

10. Molotkov O.O. (2015). Review and evaluation of operating conditions of asynchronous motors in the APC // Materials of the Ukrainian scientific and technical Internet conference of students and undergraduate students on the results of scientific researches of 2014 "Problems of mechanization and electrification of agroindustrial complex", Melitopol: TDAU. 200-203 p.

Аннотация

Анализ путей управления энергопотреблением электроприводов объектами агропромышленного комплекса

Н.Л. Лисиченко, Ю.Н. Хандола, В.В. Гузенко

Проанализированы режимы работы электропривода рабочих машин в агропромышленном комплексе. Проведено подробное обоснование свойств устройств, входящих в состав электромеханических систем, и приведены способы регулирования эффективности работы по снижению энергопотребления. В научной работе большое значение уделялось механическим характеристикам асинхронных двигателей и свойствам преобразователя как приемника электрической энергии. Доказано, что использование асинхронного электропривода на практике позволяет снизить потери в нерегулируемой

частоте вращения двигателя и в питающей магистрали, уменьшив тем самым напряжение на валу двигателя, используя компенсацию реактивной мощности. В статье, представленной в обзоре, рассмотрены основные режимы работы электропривода рабочих машин агропромышленного комплекса. Проведено подробное обоснование свойств устройств, входящих в состав электромеханических систем, и приведены способы регулирования эффективности работы по снижению энергозатрат. Проведен анализ основных методов энергосбережения в электроприводах агропромышленного комплекса, что позволяет изменять в момент подачи на рабочий орган требуемой мощности с минимальными потерями. Структурированная система асинхронного двигателя преобразователя частоты с короткозамкнутым ротором, демонстрирующая детальное подключение преобразователя к электроприводу, является перспективным техническим решением современного регулируемого электропривода на ближайшие годы. Получены результаты численных расчетов параметров энергетического процесса транспортировки энергии от источника к потребителю, которые могут быть полезны при разработке и внедрении современных эффективных алгоритмов управления энергосбережением. Исследования показали, что замена незагруженных электродвигателей в агропромышленном комплексе на двигатели меньшей мощности дает значительную экономию электроэнергии.

Ключевые слова: *электропривод, энергосбережение, преобразователь частоты, производительность, регулирования, энергоэффективность, агропромышленный комплекс.*

Abstract

Development of an automated technological line of production of feed for livestock with the adjustment the quality of the end product

M.L. Lysychenko, Y.M. Handola, V.V. Huzenko

The modes of operation of the electric drive of working machines in the agro-industrial complex are analyzed. A detailed substantiation of the properties of devices that are part of electromechanical systems is carried out and ways of adjusting efficiency of work on reduction of energy consumption are given. In scientific work, great importance was given to the mechanical characteristics of asynchronous motors and the properties of the converter as a receiver of electric energy. Using asynchronous electric drive is proved, in practice, it is possible to reduce losses in the unregulated speed of the engine and in the feed line, thus reducing the voltage on the engine shaft, using reactive power compensation. The article presented in the review reviews the main modes of operation of the electric drive of working machines in the agro-industrial complex. A detailed substantiation of the properties of the devices that are part of the electromechanical systems is carried out and ways of adjusting the efficiency of work on reducing energy consumption are given. The analysis of the main methods of energy saving in the electric drives of the agro-industrial complex is carried out, which allows changing at the moment the supply to the working body of the required power with minimal losses. A structured system of frequency converter asynchronous motor with short-circuit rotor, which shows the detailed connection of the converter to the electric drive, is a promising technical solution of the modern regulated electric drive in the coming years. The results of numerical calculations of the parameters of the energy process of transport of energy from the source to the consumer are obtained, which may be useful in the development and implementation of modern efficient energy saving control algorithms. Studies have shown that replacing unladen electric motors in the agroindustrial complex with engines of lower power yields significant electricity savings.

Keywords: *electric drive, energy saving, frequency converter, productivity, regulation, energy efficiency, agro-industrial complex.*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Lysychenko, M.L., Handola, Y.M. and Huzenko, V.V. (2021). Development of an automated technological line of production of feed for livestock with the adjustment the quality of the end product. *Engineering of nature management*, (4(22)), pp. 89 - 93.

Подано до редакції / Received: 10.11.2021