

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА МЕРЕЖЕВОГО НАСОСУ

В. Г. Рудницький, В. І. Кривда, М. С. Євдокімов

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. Проведено експериментальне дослідження асинхронного двигуна мережевого насосу тепломереж потужністю 160 кВт в реальних умовах на діючому об'єкті. Виконано порівняльний аналіз завантаження двигуна при керуванні клапаном та перетворювачем частоти. Визначено економічну доцільність переходу з дросельного на частотне регулювання.

Ключові слова: асинхронний двигун, мережевий насос, дросельне керування, частотне керування, перетворювач частоти.

Вступ

Сьогодні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором є досить розповсюдженим елементом складних електромеханічних та електротехнічних систем завдяки своїй простоті і надійності. Виготовлення таких двигунів є достатньо економічним у порівнянні з іншими пристроями, тому їх використання в регульованому електроприводі представляє особливий інтерес. Застосування регульованого частотного електропривода дозволяє зберігати енергію шляхом усунення непродуктивних витрат енергії в дросельних заслінках, механічних муфтах та інших регулюючих пристроях. [1-2]

При цьому економія електроенергії прямопропорційна непродуктивним витратам і може досягати 80%. При цьому частотно-регульований привод дозволяє заощаджувати на непродуктивних витратах енергії [4], крім того він має функцію енергозбереження [5]. Ця функція дозволяє при виконанні тієї ж роботи заощаджувати ще від 5 до 30% електроенергії шляхом підтримання електродвигуна в режимі оптимального коефіцієнта корисної дії [3]. У режимі енергозбереження перетворювач частоти автоматично відстежує споживання струму, розраховує навантаження і знижує вихідну напругу, що в свою чергу знижує втрати в обмотках асинхронного двигуна [5].

1. Мета та задачі дослідження

Мета – виконати порівняння способів керування асинхронним двигуном мережевого насосу в реальних умовах.

Під час дослідження було поставлено такі задачі:

- розглянути існуючі способи керування асинхронними двигунами;
- скласти електричну схему підключення мережевого насосу до електричної мережі;
- провести експериментальне дослідження за умов різних способів керування асинхронним електродвигуном;
- визначити економічну доцільність переходу на частотне регулювання на діючих промислових об'єктах;
- проаналізувати отримані результати;
- дати рекомендації щодо подальшої експлуатації асинхронного двигуна.

2. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є асинхронний двигун мережевого насосу тепломереж промислового підприємства.

3. Експериментальне дослідження способів керування асинхронним двигуном мережевого насосу

Всі досліді проводились на асинхронному двигуні типу АІР315S4 потужністю 160 кВт. Зовнішній вигляд двигуна перед початком експерименту в реальних умовах представлено на рис. 1. Насос, що розглядається, в робочому режимі дозволяє перекачувати рідину на відстань близько 6 км.

Регулювати швидкість асинхронного двигуна можна декількома способами, що витікають з відомого виразу:

$$w = w_0 (1 - s) = \frac{2\pi f}{p} (1 - s). \quad (1)$$

Програмування перетворювача частоти виконувалось відповідно з інструкцією та перевірялось на електродвигуні на стенді, що розташований окремо в електромайстерні. До перетворю-

вача частоти було підключено пульт дистанційного керування та задавач струму 4÷20 мА. Керування здійснювалося місцево з пульта та дистанційно.



Рис. 1. Зовнішній вигляд асинхронного двигуна мережевого насосу

Перетворювач частоти було встановлено біля пускової апаратури СН-3 та підключено за схемою, що наведена на рис. 2.

Керування асинхронним двигуном здійснювалось з центрального пункту керування, значення перепаду тиску для зміни частоти передавалося сигналом 4÷20 мА по спеціально прокладеному кабелю з оберненим сигналом 4÷20 мА значення струму або частоти.

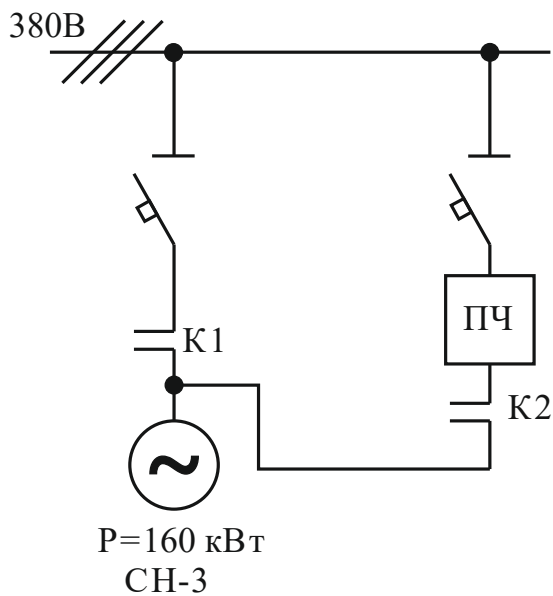


Рис. 2. Схема підключення мережевого насосу

Схема керування мережевим насосом наведена на рис. 3.

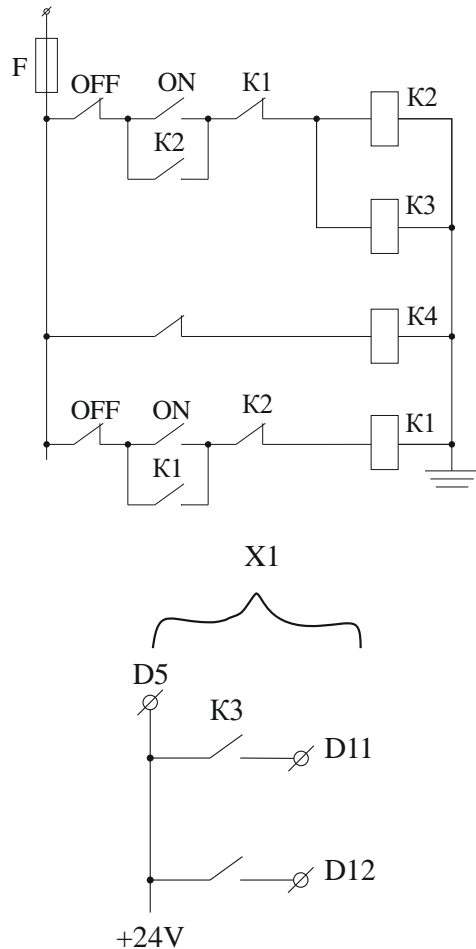


Рис.3. Ланцюги керування мережевим насосом

Під час експериментального дослідження керування тиском мережевого насосу тепломережі виконувалося двома методами: заслонкою (дросельне керування) та за допомогою перетворювача частоти (частотне керування). Впродовж експерименту виконувалися заміри споживаної потужності, струму електродвигуна та коефіцієнта потужності.

Результати експерименту наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експерименту по керування тиском мережевого насосу тепломережі

Спосіб керування насосом	Витрата води, F, т/год	$I_{вх}$, А	f, Гц	n, об/хв	cos φ, в.о	P, кВт
Клапан	35	295	50	1560	0,87	160
Перетворювач частоти	35	69	26,4	794	0,97	60

За результатами дослідів можна зробити висновки, що під час керування асинхронним двигуном за допомогою перетворювача частоти двигун завантажений лише на 60 %, а отже втрата активної потужності при дросельному керуванні складає 64 кВт.

Наступним етапом було проведення експерименту, в якому були зняті характеристики асинхронного електродвигуна при керуванні за допомогою перетворювача частоти. Виконувалося задання частоти у відсотках від стандартної

50 Гц. Отримані дані дозволяють спостерігати динаміку зміни моменту, кількості обертів двигуна, напруги та струму в залежності від зміни частоти. Результати експерименту наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристики асинхронного двигуна при керуванні за допомогою перетворювача частоти

Задання частоти, %	f , Гц	$P_{об}$, кВт	I_{AD} , А		n , об	U_{AD} , В	ΔP , кг	M , Нм
			перед ПЧ	після ПЧ				
20	10	6	0,4	30	294	77	0,2	194,9
30	15	9	10	57	452	50	0,4	190,2
40	20	18	19	84	602	79	0,8	285,6
50	25	26	41	122	794	124	1,0	312,7
60	30	40	59	145	904	155	1,3	422,6
70	35	60	93	176	1054	203	1,7	543,6
80	40	86	135	210	1200	255	2,2	684,4
90	45	119	184	244	1354	346	2,7	839,3
100	50	160	388	427	1470	380	3,2	979,5

4. Визначення добових витрат та втрат електроенергії при різних способах регулювання мережевим насосом теплопостачання

Визначення добових витрат електроенергії розраховується на підставі результатів експериментальних даних по керуванню мережевим насосом теплопостачання.

Добові витрати електроенергії при регулюванні швидкості АД засувкою

$$W_1 = P_1 t_1, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (2)$$

де P_1 - потужність, яка споживається мережевим насосом теплопостачання, кВт;

t_1 - час роботи мережевого насоса теплопостачання, год.

Добові витрати електроенергії при частотному регулюванні швидкості асинхронного двигуна

$$W_2 = P_1' t_1, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (3)$$

де P_1' - потужність, яка споживається мережевим насосом теплопостачання при частотному регулюванні, кВт.

Вартість економії електроенергії

$$C_e = C \cdot \Delta W_p, \text{ грн}, \quad (4)$$

де C - вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.;

ΔW_p - різниця річних витрат електроенергії, кВт·год.

Розрахунок економічного ефекту від застосування перетворювачів частоти внаслідок част-

кової реконструкції діючого промислового об'єкту наведено в табл.3.

Таблиця 3

Визначення економії електроенергії при різних способах керування асинхронним двигуном за одну зміну

Вид керування	P , кВт	t , год	W , кВт·год	C , грн.
Дросельне керування	160	8	1280	2265,6
Керування перетворювачем частоти	60	8	480	849,6
Різниця	100	-	800	1416

Отже, така пропозиція є фінансово привабливою та окупається за кілька місяців навіть при діючих тарифах на електроенергію.

Висновки

Використання перетворювачів частоти підвищує якість управління асинхронним електродвигуном та окупається в гранично-короткі терміни, особливо з урахуванням високої вартості на електроенергію. Крім того, його використання дозволяє зменшити добове і річне споживання електроенергії на підприємстві. Експериментально доведено, що застосування схем живлення асинхронних двигунів з керуванням за допомогою перетворювачів частоти зменшує непродуктивні витрати енергії при відмові від використання заслінок. Тобто, перетворювач частоти в роботі асинхронного двигуна відіграє значну роль та переводить його в режим енергозбереження, що доволі актуально для діючих підприємств, збудованих ще в минулому столітті.

Список використаної літератури

1. Чермалых, В. Н. Идентификация параметров физической системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода и ее имитационной модели [Текст] / В. Н. Чермалых, А. В. Чермалых, И. Я. Майданский // Электротехнические и компьютерные системы, 2011, № 3 (79), с. 35 –37
2. Abrahamsson, Lars Use of converters for feeding of AC railways for all frequencies [Electronic resours] / Lars Abrahamsson, Thorsten Schütte, Stefan Östlund // Energy for Sustainable Development, Volume 16, Issue 3, September 2012, Pages 368 –378 <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.003>
3. Федянин, В. В. Влияние преобразователя частоты на коэффициент полезного действия асинхронного двигателя [Текст] / Федянин В. В. // Международный научно-исследовательский журнал, 2017, Выпуск № 8(62), с. 83 –87 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.089>
4. Малафеев, С. И. Исследование потерь в асинхронном двигателе с частотным регулированием при переходных процессах [Текст] / Малафеев С. И., Захаров А. В. // М. – «Электротехника», вып. № 7, 2008, с. 2 –5
5. Singh, R.Raja Enforcement of cost-effective energy conservation on single-fed asynchronous machine using a novel switching strategy [Electronic resours] // R.Raja Singh, Thanga RajChelliah // Energy, Volume 126, 1 May 2017, Pages 179 –191 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.003>

References

1. Chermalyh, V. N., Chermalyh, A. V. Majdanskij I. J. (2011) Identification of the parameters of a physical system frequency-controlled induction motor drive and its simulation model [Identifikacija parametrov fizicheskoj sistemy chastotno-reguliruemogo asinhronnogo jelektroprivoda i ee imitacionnoj modeli], Electrotechnic and computer systems, № 3 (79), p. 35 –37
2. Abrahamsson, Lars, Schütte, Thorsten, Östlund, Stefan (2012) Use of converters for feeding of AC railways for all frequencies, Energy for Sustainable Development, Volume 16, Issue 3, Pages 368 – 378 <https://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.003>
3. Fedyanin, V. V (2017) Impact of the frequency converter on the efficiency factor of the induction motor [vlijanie preobrazovatelja chastoty na dvigatelja], International research journal, Vol. № 8 (62), p. 83 –87 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.089>
4. Malafeev, S. I., Zakharov A. V. (2008) Investigation of losses in an asynchronous motor with frequency control during transient processes [Issledovaniye poter' v asinkhronnom dvigatele s chastotnym regulirovaniyem pri perekhodnykh protsessakh], Russian Electrical Engineering, Vol. № 7, p. 2 –5
5. Singh, R. R, Chelliah, T. R. (2017) Enforcement of cost-effective energy conservation on single-fed asynchronous machine using a novel switching strategy, Energy, Volume 126, Pages 179 –191 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.003>

ANALYSIS OF THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION MANAGEMENT METHODS OF THE NETWORK ASYNCHRONAL ENGINE**V. G. Rudnitsky, V. I. Kryvda, M. S. Yevdokimov***Odessa National Polytechnic University*

Abstract. *Experimental research of asynchronous motor of a network pump of heating networks with the capacity of 160 kW was carried out. Electrical circuitry for connection of a network pump during tests and a control circuit are resulted. During the experiment measurements of power consumption, current and power factor were performed. Possible options for managing the engine under real-life conditions are considered. Asynchronous motors with short-circuited rotors are a fairly common element of complex electromechanical and electrical systems thanks to their simplicity and reliability. In the article a comparative analysis of the loading of the asynchronous motor is performed at the control of the choke and frequency converter. It has been determined that when the water consumption is 35 tons per hour, the required active power is 160 kW at a throttle control and 60 kW in frequency control. Thus, frequency control allows you to reduce the required power of the asynchronous motor by about 60%. This reduces the cost of electricity, which in turn entails a reduction in losses. It has been experimentally proved that the use of an adjustable frequency electric drive allows you to save energy by eliminating unproductive energy costs in throttle valves. The use of frequency converters improves the quality of control of the asynchronous motor. In the energy saving mode, the frequency converter automatically tracks current consumption, calculates the load and reduces the output voltage. Managing frequency converters is more cost effective and financially attractive. This conclusion*

was made after an analysis of the economic calculation. The payback period was less than a year, and the economic effect of the introduction of about 1413 UAH per shift.

Keywords: asynchronous motor, network pump, throttle control, frequency control, frequency converter.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ СЕТЕВОГО НАСОСА

В. Г. Рудницкий, В. И. Кривда, Н. С. Евдокимов

Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. Проведено экспериментальное исследование асинхронного двигателя сетевого насоса теплосетей мощностью 160 кВт. Выполнен сравнительный анализ загрузки двигателя при управлении клапаном и преобразователем частоты. Определено экономическую целесообразность перехода с дроссельного на частотное регулирование.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, сетевой насос, дроссельное управление, частотное управление, преобразователь частоты.

Отримано 04.04.2018



Рудницький Вальдемар Генрихович, кандидат технічних наук, приват-професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Одеського національного політехнічного університету, просп. Шевченка 1, Одеса, Україна, E-mail: rvg@ukr.net, тел. +38-068-25-29-300

Rudnitsky Valdemar, candidate of technical sciences, private professor of department of electricity and energy management Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave. 1, Odessa, Ukraine, E-mail: rvg@ukr.net, tel. +38-068-25-29-300

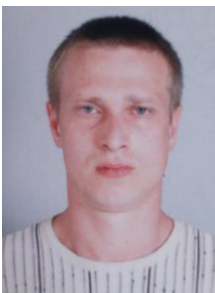
ORCID ID: 0000-0002-3157-2939



Кривда Вікторія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Одеського національного політехнічного університету. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: kryvda@onu.ua, тел. +38-048-705-85-48

Kryvda Victoria, PhD. of Science, Assistant Professor, Assistant professor of the Department of electrical and energy management, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: kryvda@onu.ua, tel. +38-048-705-85-48

ORCID ID: 0000-0001-6647-1049



Євдокімов Микола Сергійович, магістр кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Одеського національного політехнічного університету. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: kelaopz@gmail.com, тел. +38-048-705-85-48

Yevdokimov Mykola, magistr of the Department of electrical and energy management, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: kelaopz@gmail.com, tel. +38-048-705-85-48

ORCID ID: 0000-0002-5561-1904