

А.В. Волошко, Я.С. Бедерак

МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ОДНОЧАСНО ПРАЦЮЮЧИХ В ГРУПІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Метою досліджень є розробка методу автоматичного визначення кількості працюючих електродвигунів високої напруги в групі однотипних на основі визначення та аналізу облікових даних електроспоживання, які отримані з приладів обліку електроенергії, встановлених на приєднаннях електродвигунів. Розроблений алгоритм програми автоматичного визначення кількості працюючих електродвигунів в групі однотипних. Одержані результати можуть бути використані для впровадження автоматизованого ведення обліку пробігу кожного електродвигуна, розрахунку параметрів еквівалентного асинхронного (АД) або синхронного двигуна (СД), які в свою чергу в подальшому можуть застосовуватися для оцінки ефективності роботи групи однакових електродвигунів, проведення розрахунків статичної та динамічної стійкості електропостачальної системи промислового підприємства, що містить АД або СД. Бібл. 7, рис. 2.

Ключові слова: асинхронний та синхронний електродвигуни, група однотипних електродвигунів, пробіг.

Целью исследований является разработка метода автоматического определения количества работающих электродвигателей высокого напряжения в группе однотипных на основе определения и анализа учетных данных электропотребления, полученных с приборов учета электроэнергии, установленных на присоединениях электродвигателей. Разработан алгоритм программы автоматического определения количества работающих электродвигателей в группе однотипных. Полученные результаты могут быть использованы для внедрения автоматизированного ведения учета пробега каждого электродвигателя, расчета параметров эквивалентного асинхронного (АД) или синхронного двигателя (СД), которые в свою очередь в дальнейшем могут применяться для оценки эффективности работы группы одинаковых электродвигателей, проведение расчетов статической и динамической устойчивости системы электропитания промышленного предприятия, содержащей АД или СД. Библ. 7, рис. 2.

Ключевые слова: асинхронный и синхронный электродвигатели, группа однотипных электродвигателей, пробег.

Вступ. В практичній діяльності визначити кількість підключених до мережі асинхронних (АД) або синхронних (СД) електродвигунів в групі електродвигунів одного типу неможливо без візуального контролю.

Часто в електроустановках до шин 6-10 кВ підключено декілька АД, в загальному випадку різних за типом і потужністю. При оцінці результуючого впливу всіх двигунів на струм короткого замикання в місці пошкодження доцільно всі двигуни або окремі групи їх замінити одним еквівалентним АД. Вихідними для еквівалентування асинхронного двигуна є наступні параметри: номінальні значення номінальної потужності P_{nom} ; відносне значення пускового струму I_n ; кратності пускового m_n і максимального m_{max} моментів. В формулах для розрахунку еквівалентного АД застосовується кількість однотипних n їх в групі АД [1]. Наприклад, номінальне значення активної потужності еквівалентного АД $P_{nom.ekv}$ групи, що складається з n електродвигунів номінальною потужністю P_{nom} кожен визначається за формулою [1]:

$$P_{nom.ekv} = \sum_{j=1}^n P_{nom}$$

Тому для отримання точного значення параметрів еквівалентного АД необхідно точно визначити кількість їх. Аналогічна задача стоїть і для групи СД.

Метою роботи є розробка методу автоматичного визначення кількості працюючих електродвигунів напругою 6 кВ в групі однотипних на основі визначення та аналізу облікових даних електроспоживання, які отримані з приладів обліку електроенергії, встановлених на приєднаннях електродвигунів. Особливістю роботи електродвигунів є те, що навантаження на валу їх коливається в широких межах. Тому коли працює декілька АД або СД одночасно, просте визначення

споживання електроенергії групою електродвигунів не дає можливості визначити кількість працюючих електродвигунів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Параметри еквівалентного АД або СД (коефіцієнт потужності, коефіцієнт завантаження, максимальний та пусковий моменти, параметри схеми заміщення тощо) використовуються для оцінки ефективності роботи групи однакових АД або СД, проведення розрахунків статичної та динамічної стійкості електропостачальної системи промислового підприємства, що містить АД або СД, періодичної складової пускового струму, визначення залишкової напруги на шинах джерела живлення під час самозапуску АД та СД та інших задач [1]. Теоретичні засади режимів роботи АД і СД розроблені Сиромятніковим І.А. в роботі [2]. Проблеми забезпечення стійкості роботи як одного СД або АД, так і їх групи розглянуті в роботах Гуревича Ю.Є. [1]. Питання підвищення стійкості АД та СД при короткочасній втраті живлення розглянуті в роботах Фішмана В. [3], Тіджієва М.О. [4], Міхалева С.В. [5].

Матеріал і результати досліджень.

АД або СД можуть працювати в широкому діапазоні потужності від потужності неробочого ходу до номінальної. Тому необхідно обрати мінімальне значення в відсотках від номінальної потужності, яке б свідчило про ввімкнений стан кожного двигуна. Згідно [2] струм неробочого ходу АД I_{is} розраховується за формулою:

$$I_{is} = I_{nom} \cdot \left(\sin \varphi_{nom} - \frac{\cos \varphi_{nom}}{b_{nom} + \sqrt{b_{nom}^2 - 1}} \right),$$

де I_{nom} – номінальний струм електродвигуна; $\cos \varphi_{nom}$ – номінальний коефіцієнт потужності; b_{nom} – відношення максимального обертаючого моменту до номіналь-

ного на валу АД. Розрахунки, виконані за каталожними даними АД ($\cos \varphi_{nom} = 0,8 \dots 0,92$; $b_{nom} = 2 \dots 2,7$), свідчать, що мінімальне значення I_{fs} знаходиться в інтервалі від 25 % до 40 % від номінального струму електродвигуна. Мінімальне значення навантаження на валу СД знаходиться в межах від 35 % до 50 % від номінального струму електродвигуна [2]. Ці співвідношення використані для визначення працюючого стану АД або СД.

Для визначення кількості АД або СД пропонується встановити в релейному відсіку на кожному приєднанні високовольтних електродвигунів (рис. 1) електронні багатофункціональні лічильники електроенергії, що вимірюють в режимі реального часу струм, напругу, потужність, частоту та інші параметри режиму електроспоживання, та забезпечити збір, обробку та передачу даних в автоматизовану систему контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) в режимі реального часу.

До шин 6 кВ підстанції (рис. 1) підключено три однакових АД високої напруги. На кожному приєднанні АД встановлений електронний лічильник електроенергії. Усі лічильники підключені до АСКОЕ підприємства. Значення активної потужності кожного електродвигуна одержуються в режимі реального часу.

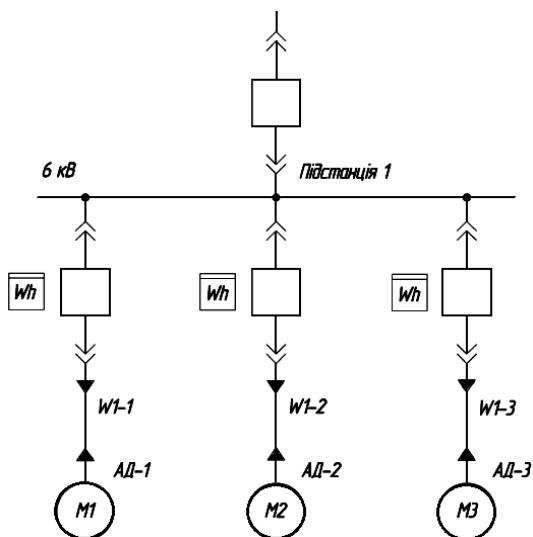


Рис. 1

Виміряні значення після перевірки на промахи використовуються в спеціально розробленій програмі контролю включеного стану АД або СД. Коли навантаження на кожному АД або СД перевищує 25 % від номінальної потужності P_{nom} електродвигуна, то він вважається включеним.

Алгоритм програми, що контролює включений стан АД або СД, наведений на рис. 2.

Програма працює таким чином.

Вихідними даними є кількість встановлених m та працюючих n електродвигунів, виміряне лічильником значення потужності i -го електродвигуна, номінальна потужність його. Лічильник програми розпочинає підрахунок з 0. Коли навантаження на першому електродвигуні перевищує $0,25P_{nom}$ електродвигуна, то він вважається включеним. Аналогічна процедура відбу-

вається з кожним наступним електродвигуном. Коли $i = m$, то процедура закінчує свою роботу і на виході одержується розрахована кількість працюючих електродвигунів в групі однотипних.

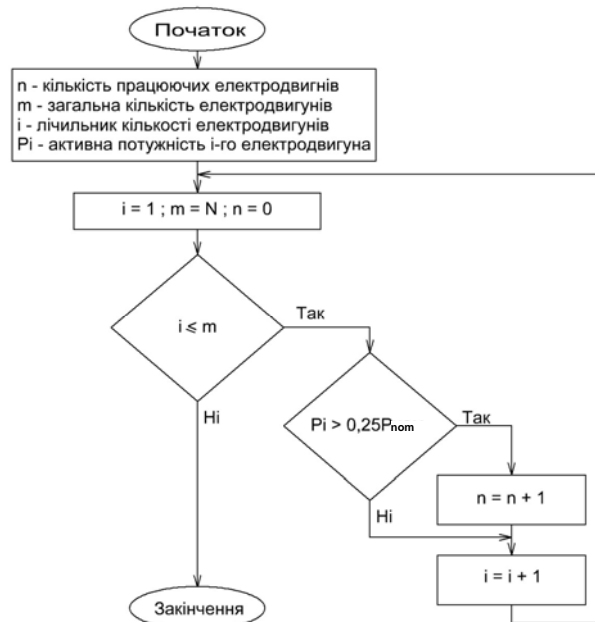


Рис. 2. Алгоритм програми, що контролює включений стан АД або СД

Аналіз показав, що знання кількості включених АД або СД може бути використано ще для однієї задачі – організації технічного обслуговування та ремонту електродвигунів (обчислення пробігу кожного електродвигуна, розрахунку міжремонтного періоду його).

Журнал пробігу АД або СД дозволяє одержати точний час роботи його, що забезпечує дотримання міжремонтного періоду. Для своєчасної організації ремонту основного електроустаткування необхідно вести журнал пробігу електродвигунів на виробництві. В [6] запропоновано вести журнал пробігу в електронному вигляді, але не визначено шляхів вирішення цього завдання. Обчислення кількості включених електродвигунів в режимі реального часу дає можливість вирішити цю задачу з мінімальними затратами праці обслуговуючого персоналу.

Для розрахунку пробігу кожного електродвигуна необхідно знати, працює він в поточний момент часу або ні. Тому коли в режимі реального часу є інформація про включений стан кожного АД або СД можливо визначити кількість напрацьованих їм годин за будь-який інтервал часу (місяць, рік). Завдяки цим даним розраховується міжремонтний період. Міжремонтним періодом називається інтервал напрацювання устаткування між черговими поточними ремонтами, який вимірюється кількістю відпрацьованих годин [7].

Висновки.

1. Розроблений метод визначення кількості працюючих АД або СД в групі однотипних електродвигунів шляхом контролю навантаження на кожному приєднанні електродвигуна приладами обліку електроенергії, який враховує широкий діапазон змінювання навантаження на валу електродвигуна.

2. Одержане значення кількості працюючих АД або СД може бути використане для автоматизованого ведення обліку пробігу кожного електродвигуна, визначення параметрів еквівалентного АД та СД, які використовуються для розрахунків статичної або динамічної стійкості в електропостачальних системах промислових підприємств, оцінки ефективності роботи групи однакових електродвигунів, періодичної складової пускового струму, визначення залишкової напруги на шинах джерела живлення під час самозапуску тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А. Устойчивость нагрузки электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с.
2. Сыромиятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240 с.
3. Фишман В.С. Провалы напряжения в сетях промпредприятий. Минимизация последствий // Новости электротехники. – 2004. – № 6. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2004/30/05.php>.
4. Тиджиев М.О. Повышение устойчивости технологических процессов непрерывных производств при кратковременных нарушениях электроснабжения // Всероссийская научно-техническая конференция «Электропотребление, энергосбережение, электрооборудование». Тез. докл. – Оренбург, 2003. – С. 28-29.
5. Поляхов Н.Д., Михалев С.В. Повышение устойчивости синхронных двигателей при кратковременной потере питания // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2012. – №10. – С. 62-68.
6. Волошко А. В., Бедерак Я.С. Система моніторингу режимів електроспоживання промислового підприємства // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – № 4. – С. 50-59.
7. Система технического обслуживания и ремонта технологического и теплоэнергетического оборудования химических предприятий Министерства промышленной политики Украины. Утверждена Первым заместителем Министра промышленности Украины А. Г. Голубовым 25 апреля 1996 г. – К., 1998. – 432 с.

REFERENCES

1. Gurevich I.E., Libova L.E., Khachatryan E.A. *Ustoichivost' nagruzki elektricheskikh system* [Resistance load of electrical systems]. Moscow, Energoizdat Publ., 1981. 208 p. (Rus).
2. Syromiatnikov I.A. *Rezhimy raboty asinkhronnykh i sinkhronnykh dvigatelei* [Modes of operation of asynchronous and synchronous motors]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1984. 240 p. (Rus).
3. Fishman V.S. Voltage dips in the grids of industrial enterprises. Minimizing the consequences. *Electrical Engineering News*, 2004, no.6. Available at: <http://www.news.elteh.ru/arh/2004/30/05.php>. (accessed 18.05.2016). (Rus).
4. Tidzhiev M.O. Improving of the sustainability of continuous production processes during short power failure. *Tez. dokl. Vserossiisk. nauk.-tekhn. konf. «Elektropotreblenie, energosberezhenie, elektrooborudovanie»* [Abstracts of All-Russia Sci.-Techn. Conf. «Power consumption, energy saving, electrical equipment»]. Russia, Orenburg, 2003. pp. 28-29. (Rus).

5. Poliakhov N.D., Mikhalev S.V. Enhancing of the stability of synchronous motors with a short-term power loss. *Proceedings of ETU «LETI»*, 2012. no.10, pp. 62-68. (Rus).
6. Voloshko A.V., Bederak Ya.S. The monitoring system of mode power consumption of the industrial enterprise. *Energy: economics, technology, ecology*, 2014, no.4, pp. 50-59. (Rus).
7. *Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta tekhnologicheskogo i teploenergeticheskogo oborudovaniia khimicheskikh predpriatii Ministerstva promyshlennoi politiki Ukrainy. Utverzhdena Pervym zamestitелем Ministra promyshlennosti Ukrainy A. G. Golubovym 25 apreliia 1996 g.* [System of maintenance and repair of heat and power technology equipment on chemical enterprises in the Ministry of Industrial Policy of Ukraine. Approved by the First Deputy of Minister of Industry of Ukraine A.G. Golubov on 25 April 1996]. Kyiv, 1998. 432 p. (Rus).

Надійшла (received) 25.05.2016

Волошко Анатолій Васильович¹, д.т. н., проф.,
Бедерак Ярослав Семенович², інженер,
¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний університет»,
03056, Київ, пр. Перемоги, 37.
² Публічне акціонерне товариство «АЗОТ»,
18014, Черкаси, вул. Першотравнева, 72,
тел/phone +380 47 2392979, e-mail: ei@uch.net

A.V. Voloshko¹, Ya.S. Bederak²

¹ National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»,

37, Prospect Peremohy, Kyiv-56, 03056, Ukraine.

² PJSC «AZOT»,

72, Pervomayskaya Str., Cherkassy, 18014, Ukraine.

A method of automatic determination of the number of the electrical motors simultaneously working in group.

Purpose. Propose a method of automatic determination of the number of operating high voltage electric motors in the group of the same type based on the determination and analysis of the account data of power consumption, obtained from of electric power meters installed at the connection of motors. **Results.** The algorithm of the automatic determination program for the number of working in the same group of electric motors, which is based on the determination of the motor power minimum value at which it is considered on, was developed. **Originality.** For the first time a method of automatic determination of the number of working of the same type high-voltage motors group was proposed. **Practical value.** Obtained results may be used for the introduction of an automated accounting run of each motor, calculating the parameters of the equivalent induction motor or a synchronous motor. References 7, figures 2.

Key words: induction and synchronous motors, group of the same type of electric motors, running.