

УДК 621.313.333

Ю. В. РОМАШИХИН, Ж. И. РОМАШИХИНА, Н. А. РУДЕНКО**ВОЗМОЖНОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНОМ ПИТАНИИ**

У статті проаналізовано методи визначення параметрів асинхронних двигунів і сформульовані основні недоліки існуючих методів. Показано, що в якості вихідного методу може використовуватися енергетичний метод при живленні від джерела синусоїдної напруги. У статті показано, що отримання необхідного гармонічного складу забезпечується за рахунок розкладання синусоїдних сигналів напруги та струму на інтервалі, відмінному від інтервалу мережі. Використання зазначених сигналів дозволило виконати визначення електромагнітних параметрів асинхронних двигунів з похибкою, що не перевищує 8 %.

Ключові слова: асинхронний двигун, енергетичний метод, миттєва потужність.

В статье проанализированы методов определения параметров асинхронных двигателей и сформулированы основные недостатки существующих методов. Показано, что в качестве исходного метода может использоваться энергетический метод при питании от источника синусоидального напряжения. В статье показано, что получение необходимого гармонического состава обеспечивается за счет разложения синусоидальных сигналов напряжения и тока на интервале, отличном от сетевого. Использование указанных сигналов позволило выполнить определение электромагнитных параметров асинхронных двигателей с погрешностью, которая не превышает 8 %.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, энергетический метод, мгновенная мощность.

Purpose. Determination of the electromagnetic parameters of induction motors is due to the need to calculate the losses in steel and copper, the overload capacity of the engine, as well as the construction of performance characteristics. Development of a method for determining the electromagnetic parameters of asynchronous motors with the use of the energy method when feeding from a sinusoidal voltage source. **Methodology.** In work to determine the electromagnetic parameters, it is proposed to use the energy method, which is based on the balance of the instantaneous power components for each of the elements of the motor replacement circuit. For the development of the energy method, the article considers the possibility of determining the electromagnetic parameters when feeding from a sinusoidal voltage source. Moreover, to obtain the necessary harmonic composition of the voltage and current signals, it is suggested to use pseudo-polyharmonic signals. **Results.** Features and basic methods of formation of pseudo-polyharmonic signals of voltage and current are considered, the main disadvantages and advantages of the received signals are shown. The decomposition of signals obtained by changing the analysis by limiting the period to the left or to the right, the symmetric and symmetric restriction of the period and the symmetric reflection of the half-period into trigonometric Fourier series, showed the possibility of obtaining the necessary harmonic composition of the voltage and current signals. The use of these signals made it possible to determine the electromagnetic parameters of induction motors with sufficient accuracy. **Practical value.** An analysis of the results obtained showed that the error in determining the electromagnetic parameters by the energy method using pseudo-polyharmonic signals does not exceed 8 %.

Keywords: induction motor, energy method, the instantaneous power.

Введение. В настоящее время наибольшими потребителями электрической энергии являются электрические двигатели. Наиболее распространёнными среди них являются асинхронные двигатели (АД), обладающие целым рядом достоинств: высокая надёжность, низкая стоимость изготовления, высокий коэффициент полезного действия, простота конструкции, возможность использования в тяжелых условиях работы [1, 2].

Несмотря на высокую надёжность АД около 20 % этих двигателей выходит из строя, а часть проходит стадию ремонта и, как правило, возвращается на прежние места эксплуатации. После проведения ремонтных работ электромагнитные параметры (ЭМП) АД могут отличаться от заводских параметров, изначально заявленных заводом-изготовителем [3-5]. Знание параметров АД используется для обеспечения качественного регулирования электроприводов с частотным управлением, построения регулировочных характеристик, определения перегрузочной способности двигателя и т.д. Поэтому возникает необходимость экспериментального определения ЭМП АД с необходимой точностью.

Существует большое количество работ, посвященных вопросам идентификации ЭМП АД [6-13]. Однако существующие методы обладают рядом

недостатков: сложность математического аппарата [6, 7], необходимость формирования испытательного напряжения синусоидальной формы регулируемой частоты [8], необходимость полной или частичной разборки двигателя [9], невысокая точность [10-13].

Одним из методов определения ЭМП АД, который бы компенсировал указанные недостатки, является энергетический метод [14]. В работах [14-16] авторы показывают, что погрешность определения ЭМП для общепромышленных АД не превышает 5 %. Однако, идентификация ЭМП АД с использованием энергетического метода связана с рядом сложностей. Энергетический метод может быть развит за счет использования источника питания с синусоидальным напряжением.

Цель работы. Развитие метода определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей с применением энергетического метода при питании от источника синусоидального напряжения.

Материалы и результаты исследования. Анализ методов идентификации ЭМП АД [6-13] показал, что в качестве метода, удовлетворяющего поставленным задачам, можно использовать метод энергетического баланса. В работе [5] рассмотрены возможности и основные положения энергетического метода, основанного на положениях теории мгновенной мощности [17].

Мгновенной мощностью называют физическую величину, определяемую произведением тока $i(t)$ и на-

пряжения $u(t)$ на участке цепи в определенный момент времени $p(t)=i(t)u(t)$. Как показано в [5], представление энергопроцессов в форме уравнений баланса составляющих мгновенной мощности в элементах анализируемой системы позволяет решить ряд задач диагностического и энергетического характера для АД различных мощностей.

Уравнения баланса составляющих гармоник мгновенной мощности составляются для источника напряжения и элементов схемы замещения (СЗ) неподвижного АД. Для общепромышленных АД можно использовать Т-образную СЗ, в которой параметры ротора приведены к параметрам статора (рис. 1). Схема представлена индуктивностями, отображающими магнитные потоки рассеяния обмоток статора L_1 и ротора L'_2 , индуктивностью ветви намагничивания L_μ (на рис. 1 обозначены соответствующие реактивные сопротивления), активными сопротивлениями статора R_1 , ротора R'_2 и ветви намагничивания R_μ . В дальнейшем при расчетах активным сопротивлением ветви намагничивания пренебрегаем.

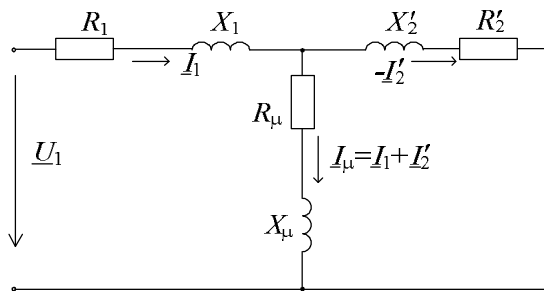


Рис. 1 – Т-образная схема замещения АД

Одной из наиболее общих теорем теории электрических цепей является теорема Теллджена [17]. Из нее вытекает ряд следствий, одним из которых является баланс мощности, который можно сформулировать следующим образом: сумма мощностей, отдаваемых источниками питания, равняется сумме мощностей, потребляемых остальными ветвями электрической цепи или в нашем случае элементами Т-образной схемы замещения:

$$P_{ist}(t) = P_{R_1}(t) + P_{R_2'}(t) + P_{L_1}(t) + P_{L_\mu}(t) + P_{L_2'}(t),$$

где $P_{ist}(t)$ – мгновенная мощность источника полигармонического напряжения; $P_{R_1}(t), P_{R_2'}(t)$ – мгновенная мощность на активных сопротивлениях статора и ротора соответственно; $P_{L_1}(t), P_{L_\mu}(t), P_{L_2'}(t)$ – мгновенная мощность на индуктивных сопротивлениях статора, ветви намагничивания и ротора соответственно.

В соответствии с вышеизложенным, система идентификационных уравнений для каждого из элементов Т-образной СЗ имеет вид [5, 14, 15]:

$$P_{0ist\Sigma} = P_{0R_1} + P_{0R_2'};$$

$$P_{kaist\Sigma} = P_{kaR_1} + P_{kaR_2'} + P_{kaL_1} + P_{kaL_\mu} + P_{kaL_2'};$$

$$P_{kbist\Sigma} = P_{kbR_1} + P_{kbR_2'} + P_{kbL_1} + P_{kbL_\mu} + P_{kbL_2'},$$

где $P_{0ist\Sigma}, P_{0R_1}, P_{0R_2'}$ – постоянные составляющие

мгновенной мощности источника полигармонического напряжения и активных сопротивлений статора и ротора соответственно; $P_{kaist\Sigma}, P_{kbist\Sigma}$ – косинусные и синусные составляющие мгновенной мощности источника полигармонического напряжения соответственно; $P_{kaR}, P_{kbR}, P_{kaL}, P_{kbL}$ – косинусные и синусные составляющие мгновенной мощности на активных и индуктивных сопротивлениях статора, ветви намагничивания и ротора соответственно.

Следует отметить, что применение энергетического метода для идентификации ЭМП АД подразумевает использования полигармонического источника питающего напряжения. В работах [16, 18] предложено проводить идентификацию ЭМП с использованием энергетического метода при питании АД от источника синусоидального напряжения. При этом синусоидальные сигналы напряжения и тока преобразуют для получения требуемого гармонического состава.

Указанные сигналы получают из синусоидальных путем анализа их длительности не на периоде повторяемости (рис. 2). Такие сигналы будем называть «псевдополигармоническими» или ПП-сигналами.

В работе [16] рассмотрены методы и основные принципы формирования ПП-сигналов напряжения и тока, где, несмотря на их многообразие, прослеживается единый принцип: период разложения сигналов T' в тригонометрические ряды Фурье должен отличаться от периода сетевого синусоидального напряжения $T=0,02$ с, т.е. $T \neq T'$ (рис. 2).

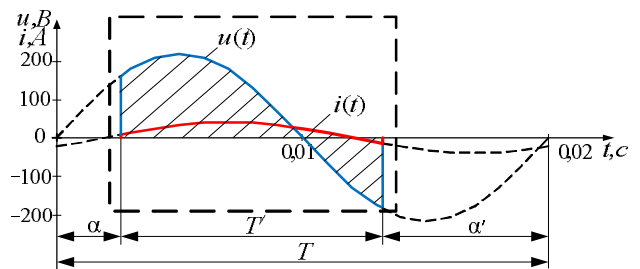


Рис. 2 – Псевдополигармонические сигналы напряжения и тока

Изменение интервала, на котором анализируется сигнал, равносильно произведению исходного сигнала на оконную функцию. Таким образом, результатом оконного преобразования Фурье является не спектр исходного сигнала, а спектр произведения сигнала и оконной функции.

Как видно из рис. 2, на исходные сигналы напряжения и тока накладывается функция, так называемого, оконного преобразования Фурье. В

соответствии с явлением Гиббса это приводит к появлению гармоник, которых не было в исходных сигналах напряжения и тока. Поэтому для их устранения существует множество математических формул или так называемых весовых окон, улучшающих частотный спектр на разрыве границ окна. То есть, кроме прямоугольных окон, возможно наложение окон другой формы: треугольное, сужающийся косинус, фрагмент синусоиды, преобразование Парзена, Гаусса, Хеннинга, Хэмминга, и т.д. [19, 20].

Также существует методика по взаимному перекрытию окон [21, 22]. Метод известен как метод Уолша (рис. 3), который основан на несколько модифицированном методе сегментирования за счёт применения окна данных и использования перекрывающихся сегментов. Вычисление спектральной плотности каждого сегмента предваряется взвешиванием этих данных на оконную функцию. Это позволяет за счёт небольшого ухудшения разрешения ослабить эффект появления лишних гармоник на границе разрыва окна и компенсировать постоянную составляющую сигнала.

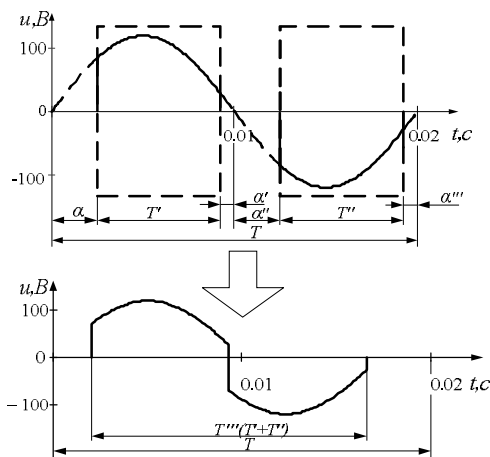


Рис. 3 – ПП-сигналы напряжения и тока при наложении двух оконных функций Фурье

Дальнейшее развитие анализируемых сигналов можно проводить при использовании симметрии сигналов напряжения и тока. В этом случае применяется одно из свойств преобразования Фурье – свойство осевой симметрии.

Осевая симметрия второго рода части гармонического сигнала относительно осей симметрии y', x' ($f(-t) = -f(t)$). Для формирования симметрии второго рода нужно получить осевую симметрию первого рода части гармонического сигнала относительно оси симметрии y' . Затем вдоль оси абсцисс проводится ось симметрии x' , после чего нужно выполнить операцию осевой симметрии полученного при осевой симметрии первого рода интервала относительно оси x' (рис. 4). Проверка эффективности определения ЭМП АД с использованием ПП-сигналов напряжения и тока

будет проводиться для двигателя серии АОЛ 21-48ф, параметры которого сведены в табл. 1. Для рассматриваемого двигателя получены следующие синусоидальные сигналы напряжения и тока (рис. 5).

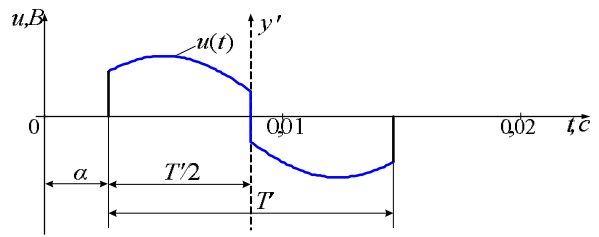


Рис. 4 – Осевая симметрия второго рода части гармонического сигнала

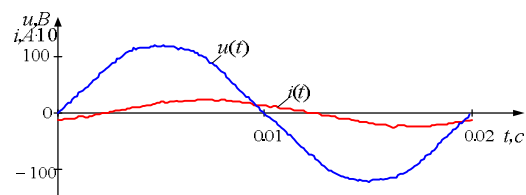


Рис. 5 – Экспериментальные синусоидальные сигналы напряжения и тока АД серии АОЛ 21-48ф

Таблица 1 – Параметры асинхронного двигателя серии АОЛ 21-48ф

Параметр	Значение
P_N , кВт	0,27
U_N , В	220
n_N , об/мин	1400
$\cos\phi$	0,67
η	0,66
R_1 , Ом	37
R'_2 , Ом	32,176
X_1 , Ом	52,449
X'_2 , Ом	54,547
X_μ , Ом	541,872

В статье определение параметров исследуемого АД производилось для четырех случаев при различных периодах разложения сигналов напряжения и тока. На рисунках показаны варианты получения ПП-сигналов и их гармонические спектры:

- ограничение периода синусоидальных сигналов напряжения и тока на заданный угол слева или справа от границ периода (рис. 6, сигналы с периодом T''' или T'' соответственно);
- ограничение периода синусоидальных сигналов напряжения и тока на заданные несимметричные углы слева и справа от границ периода (рис. 7);
- ограничение периода синусоидальных сигналов напряжения и тока на заданные углы слева и справа от границ полупериода (рис. 8);
- ограничение периода синусоидальных сигналов напряжения и тока на заданные углы слева и справа от

границ период и проведение симметрии полученного сигнала (рис. 9).

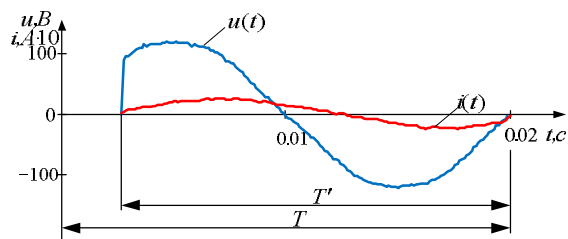


Рис. 6 – ПП-сигналы напряжения и тока при ограничении периода сигнала слева

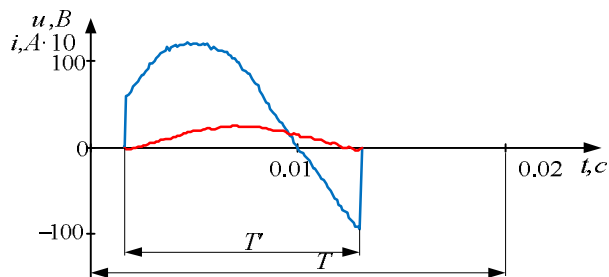


Рис. 7 – ПП-сигналы напряжения и тока при несимметричном ограничении периода сигнала

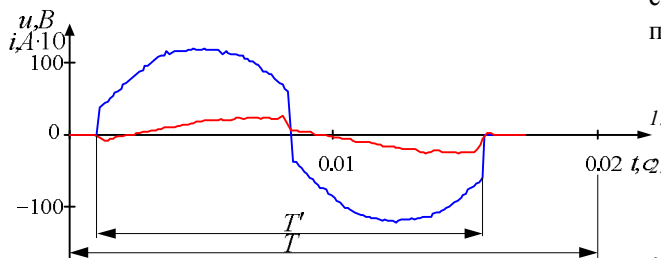


Рис. 8 – ПП-сигналы напряжения и тока при симметричном ограничении периода сигналов

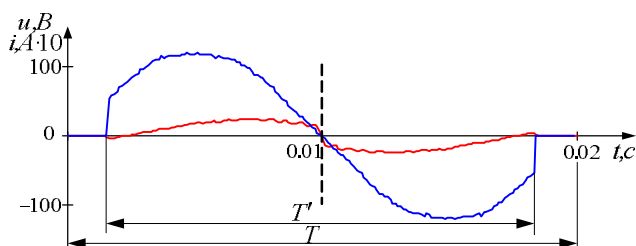


Рис. 9 – ПП-сигналы напряжения и тока при использовании симметрии

Результаты идентификации параметров схемы замещения, рассмотренного двигателя, занесены в табл. 2 (сопротивление статора R_1 определяется заранее). Полученные данные подтверждают, что при симметричном ограничении периода сигнала (рис. 8) и при использовании принципа симметрии (рис. 9) можно достичь большей точности, при этом

погрешность определения ЭМП АД не превышает 8 %.

Таблица 2 – Результаты идентификации ЭМП АД серии АОЛ 21-48ф

Способ получения ПП-сигналов напряжения и тока, который показан на рисунках	Ошибки идентификации электромагнитных параметров асинхронного двигателя, %			
	$\Delta R'_2$	ΔL_1	ΔL_μ	$\Delta L'_2$
Рис. 6	6,906	7,804	14,079	13,077
Рис. 7	9,311	10,198	13,079	19,409
Рис. 8	6,763	6,008	8,443	7,32
Рис. 9	3,655	8,383	7,284	7,647

Выводы.

Использование ПП-сигналов напряжения и тока позволяет определять ЭМП с погрешностью, не превышающей 8% при симметричном ограничении периода сигналов и использовании принципа симметрии, а при ограничении периода слева или не симметрично справа и слева, когда в гармоническом спектре сигнала появляется постоянная составляющая, погрешность достигает 15%.

Список литературы

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб.: Питер, 2010. – 356 с.
2. Петрушин В. С. Модификация критерия приведенных затрат электропривода для проектирования регулируемых асинхронных двигателей / В. С. Петрушин, Р. Н. Еноктаев // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 38 (1081). – С. 132-137.
3. Ромашихіна Ж. І. Декомпозиція сигналу електрорушійної сили обмоток статора для діагностики пошкоджень стрижнів ротора асинхронного двигуна / Ж. І. Ромашихіна, А. П. Калінов, І. А. Луценко // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ. – 2013. – Вип. 4/2013 (22). – С. 27-36.
4. Галайко Л. П. Анализ процесса пуска в имитационной модели вентильно-индукторного двигателя / Л. П. Галайко // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 38 (1081). – С. 63-68.
5. Загирняк М. В. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей / М. В. Загирняк, Д. И. Родькин, Ю. В. Ромашихин, А. П. Черный. – Кременчук: ЧП Щербатых А. В., 2013. – 164 с.
6. Proca A. B. Identification of variable frequency induction motor models from operating data / A. B. Proca, A. Keyhani // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2002. – Vol. 17, no. 1. – pp. 24-31.
7. Тюков В. А. Трехфазовая модель для определения параметров стержня короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя / В. А. Тюков, В. В. Пастухов, К. В. Корнеев // Известия Томского политехнического университета. – 2011, – №4. – С. 99-102.
8. Резник Д. В. Особенности определения электромагнитных параметров асинхронных двигателей при использовании низкочастотного испытательного напряжения / Д. В. Резник, Д. И. Родькин, Ю. В. Ромашихин // Электроприводы переменного тока: Труды международной четырнадцатой НТК. Екатеринбург: ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ». – 2007. – С. 279-284.
9. Казовский Е. Я. Определение переходных процессов в машинах переменного тока с помощью частотной характеристики / Е. Я. Казовский // Электричество. – 1960. – №4. – С.30-37.
10. Сивокобыленко В. Ф. Идентификация параметров асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором / В. Ф. Сивокобыленко,

- П. А. Харченко // Вісник КДПУ. – 2007. – №3(44). – С.113-116.
11. Ухань Ж. І. Класифікація методів діагностики пошкоджень обмоток ротора асинхронних двигунів / Ж. І. Ухань, А. П. Калінов // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ ім. Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 3/2010 (62), част. 2. – С. 138-144.
 12. Моцинский Ю. А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным / Ю. А. Моцинский, В. Я. Беспалов, А. А. Кирякин // Электричество. – 1998. – №4. – С. 38-42.
 13. Усольцев А. А. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по справочным данным / А. А. Усольцев // Государственный университет ИТМО. – 2011. – №2. – С. 1-14.
 14. Родькин Д. И. Энергетический метод идентификации параметров асинхронных двигателей / Д. И. Родькин, А. П. Калинов, Ю. В. Ромашихин // Вісник КДПУ. 36. наук. праць КДПУ ім. М.Остроградського. – 2007. – вип. 3(44). – С. 130-136.
 15. Родькин Д. И. Энергетический метод идентификации электромеханических устройств и систем / Д. И. Родькин, Ю. В. Ромашихин // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – Минск. – 2011. – Вип. 3. – С. 10-20.
 16. Ромашихин Ю. В. Оценка эффективности идентификации параметров асинхронных двигателей при использовании псевдополигармонических сигналов разной формы / Ю. В. Ромашихин // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ. – 2013. – Вип. 1/2013 (21). – С. 58-68.
 17. Тонкаль В. Е. Баланс энергий в силовых цепях / Тонкаль В. Е., Новосельцев А. В., Денисюк С. П. и др. – Киев: Наукова думка, 1992. – 312 с
 18. Родькин Д. И. Особенности применения энергетического метода идентификации двигателей переменного тока при псевдополигармонических сигналах / Д. И. Родькин // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2009. – Вип. 1(5). – С. 7-20.
 19. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.
 20. Даджион Д. Цифровая обработка многомерных сигналов / Д. Даджион, Р. Мерсеро. – М.: Мир, 1988. – 488 с.
 21. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы / С. И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 1988. – 536 с.
 22. Игнатов В. А. Теория информации и передачи сигналов / В. А. Игнатов. – М.: Советское радио, 1979. – 280 с.
 7. Tyukov V.A., Pastuhov V.V., Korneev K.V. Trekhfazovaya model dlya opredeleniya parametrov sterzhnya korotkozamknutogo rotora asinhronnogo dvigatelya [Three-band model for determining the parameters of the squirrel-cage rotor of an asynchronous motor]. *Izvestiya tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2011, no 4, pp. 99-102.
 8. Reznik D.V., Rodkin D.I. and Romashikhin Yu.V. Osobennosti opredeleniya elektromagnitnykh parametrov asinhronnykh dvigateley pri ispolzovanii nizkочастотного ispytatelnogo napryazheniya. [Features of the definition of parameters of electromagnetic induction motors by using a low-frequency test voltage]. *Trudy mezhdunarodnoy chetyrnatsetsatoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Elektroprivody peremennogo toka»*, Izd-vo UGTU Yekaterinburg, March 13-16, 2007, pp. 279-283.
 9. Kazovskij E.Ya. Opredelenie perekhodnykh processov v mashinah peremennogo toka s pomoshchyu chastotnoj karakteristiki [Determination of transient processes in AC machines by means of the frequency response]. *Ehlektrichestvo*, 1960, no 4, pp. 30-37.
 10. Sivokobylenko V.F., Harchenko P.A. Identifikaciya parametrov asinhronnykh dvigatelej s korotkozamknutym rotorom [Identification of parameters of squirrel cage asynchronous motors]. *Visnik KDPDU*. 2007, no 3(44), pp. 113-116.
 11. Uhan Zh. I., Kalinov A. P. Klyasifikatsiya metodiv diahnostryky poshodzhen' obmotok rotora asynkhronnykh dyvuhuniv [Classification of damages rotor bars diagnostics methods of engine motors]. *Visnyk KDU*. 2010, Vol. 3(62), pp. 138-144.
 12. Moshchinskij Yu. A., Bespalov V.Ya., Kiryakin A.A. Opredelenie parametrov skhemy zameshcheniya asinhronnoj mashyny po katalozhnym dannym [Determination of the parameters of the asynchronous machine replacement scheme by catalog data]. *Ehlektrichestvo*, 1998, no. 4, pp. 38-42.
 13. Usolcev A.A. Opredelenie parametrov skhemy zameshcheniya asinhronnogo dvigatelya po spravochnym dannym [Determination of the parameters of the induction motor replacement circuit by reference data]. *Gosudarstvennyj universitet ITMO*. 2011, no. 2, pp. 1-14.
 14. Romashihin Yu.V., Rodkin D.I. and Kalinov A.P. Ehnergeticheskij metod identifikacii parametrov asinhronnykh dvigatelej [Energy method for parameter identification of induction motors]. *Visnyk KDPDU*. 2007, Vol. 3, no. 44, pp. 130-136.
 15. Rodkin D.Y. and Romashihin Yu.V. Ehnergeticheskij metod identifikacii ehlektromekhanicheskikh ustrojstv i sistem [Energy method for the electromechanical devices and systems identification]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh obyedineniy SNG. Energetika*. 2011, Vol. 3, pp. 10-20.
 16. Romashykhin Yu. Estimation of efficiency of identification of parameters of asynchronous engines at use of pseudo-polyharmonic signals of the different form [Evaluating the effectiveness of parameter identification of induction motors using pseudopoliharmonic signals of different shapes]. *Elektromekhanichni i Energozberigayuchi Systemy*. 2013, Vol. 1, no. 21, pp. 58-68.
 17. Tonkal V.E., Novoselcev A.V. and Denisjuk S.P. *Balans energiy v silovyh tsepyah* [Energy balance in power circuit], Kiev, Naukova Dumka, 1992, 312 p.
 18. Rodkin, D.I. Features of the application of the energy method for identifying alternating current motors under pseudo-polyharmonic signals [Particularities of the energy method using for the identification of the engine motors with pseudopoliharmonic signals]. *Elektromekhanichni i energozberigayuchi sistemu*. 2009, vol. 1, no. 5, pp. 7-20.
 19. Sergienko A.B. *Cifrovaya obrabotka signalov: uchebnik dlya vuzov* [Digital Signal Processing: A Textbook for Universities]. SPb, Piter Publ, 2003, 608 p.
 20. Dadzhion D., Mersero R. *Cifrovaya obrabotka mnogomernykh signalov* [Digital processing of multidimensional signals]. Moscow, Mir Publ, 1988, 488 p.
 21. Askakov S.I. *Radiotekhnicheskie cepi i signaly: uchebnik dlya vuzov* [Radio engineering circuits and signals: textbook for high schools]. Moscow, Vysshaya shkola Publ, 1988, 536 p.
 22. Ignatov V.A. *Theory of information and signaling* [Theory of information and signaling]. Moscow, Sovetskoe radio Publ, 1979, 280 p.

Поступила (received) 22.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Можливість ідентифікації параметрів асинхронних двигунів енергетичним методом при синусоїдному живленні / Ю. В. Ромашихін, Ж. І. Ромашихіна, М. А. Руденко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: "Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії". – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 1 (1223). – С. 70–75. – Библиогр.: 22 назв. – ISSN 2409-9295.

Возможность идентификации параметров асинхронных двигателей энергетическим методом при синусоидальном питании / Ю. В. Ромашихин, Ж. И. Ромашихина, Н. А. Руденко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: "Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії". – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 1 (1223). – С. 70–75. – Библиогр.: 22 назв. – ISSN 2409-9295.

The possibility of the parameters identification of engine motors by the energy method with sinusoidal feeding / Yu. V. Romashykhin, Zh. I. Romashykhina, N. A. Rudenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: "Electric machines and electromechanical energy conversion." – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No. 1 (1223). – P. 70–75. – Bibliogr.: 22. – ISSN 2409-9295.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ромашихін Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, доцент кафедри систем автоматичного управління та електропривода, тел. (05366)3-11-47; e-mail: romashykhin.iurii@gmail.com.

Ромашихин Юрий Владимирович, кандидат технических наук, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, доцент кафедры систем автоматического управления и электропривода, тел. (05366)3-11-47; e-mail: romashykhin.iurii@gmail.com.

Romashykhin Iurii Volodymyrovych, Candidate of Technical Sciences, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Associate Professor at the Department of [Systems of Automatic Control and Electric Drive](#), tel. (05366)3-11-47; e-mail: romashykhin.iurii@gmail.com.

Ромашихіна Жанна Іванівна, кандидат технічних наук, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, старший викладач кафедри електричних машин та апаратів, тел. (05366) 74-32-45; e-mail: romashykhina.zhanna@gmail.com

Ромашихина Жанна Ивановна, кандидат технических наук, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, старший преподаватель кафедры электрических машин и аппаратов, тел. (05366) 74-32-45; e-mail: romashykhina.zhanna@gmail.com

Romashykhina Zhanna Ivanivna, Candidate of Technical Sciences, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Senior Lecturer of the Department of Electric machines and apparatus, tel. +38 (05366) 74-32-45; e-mail: romashykhina.zhanna@gmail.com

Руденко Микита Андрійович, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, асистент кафедри систем автоматичного управління та електропривода, тел. (05366)3-11-47; e-mail: nikita_rudenko@mail.ru.

Руденко Никита Андреевич, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, асистент кафедры систем автоматического управления и электропривода, тел. (05366)3-11-47; e-mail: nikita_rudenko@mail.ru.

Rudenko Nikita Andriyovych, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Assistant at the Department of [Systems of Automatic Control and Electric Drive](#), tel. (05366)3-11-47; e-mail: nikita_rudenko@mail.ru.