

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 621.313.333:681.518.54

А.Ю. Прудников, В.В. Боннет,
А.Ю. Логинов, В.В. Потапов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СПОСОБА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Асинхронные электродвигатели являются самыми распространенными электрическими машинами. Одной из самых распространенных механических неисправностей асинхронного двигателя является эксцентриситет ротора. Целью исследования является установление связей между эксцентриситетом ротора и изменением частоты вращения ротора в режиме холостого хода и под нагрузкой в переходных режимах работы. Для проведения экспериментальных исследований нами использовалась экспериментальная установка, в которую входят: испытуемый асинхронный электродвигатель марки АИР90Л4У2, диск с калиброванными отверстиями, рабочая машина, источник питания датчика, фотоэлектрический датчик с прерывателем, аналого-цифровой преобразователь ZET 210, персональный компьютер с необходимым программным обеспечением для сбора, визуализации, обработки и хранения информации. При запуске диагностируемого электродвигателя получают пульсирующий сигнал с фотоэлектрического датчика, преобразовывают его при помощи АЦП и подают на компьютер, где при помощи программ ZETlab и Mathcad 14 пульсирующий сигнал преобразовывают в зависимость частоты вращения ротора от времени. Эксперименты были проведены как в режиме холостого хода, так и с дополнительным моментом на валу. В статье приведены результаты экспериментальных исследований асинхронного двигателя при различных значениях эксцентриситета ротора (19, 27, 33, 43, 57 %). В результате экспериментальных исследований было установлено, что эксцентриситет ротора прямо пропорционален разности амплитуд изменения частоты вращения при испытаниях как под нагрузкой, так и на холостом ходу с достоверностью аппроксимации $R^2 \geq 0,92$. Диагностирование двигателя с моментом инерции на валу позволяет получить более достоверные результаты, а применение фотоэлектрического датчика уменьшает погрешность эксперимента до 1,5 %.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, эксцентриситет, диагностика.

A.Yu. Prudnikov, V.V. Bonnet,
A.Yu. Loginov, V.V. Potapov

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE METHOD OF DIAGNOSIS OF ECCENTRICITY OF THE ROTOR OF THE INDUCTION MOTOR

Induction motors are the most common electrical machines. One of the most common mechanical problems of the induction motor is the eccentricity of the rotor. The purpose of this study is to establish links between the eccentric rotor and the change of rotor speed at idle and under load transient modes. For the experimental studies we used the experimental setup, which includes a test asynchronous motor brand AIR90L4U2 disc orifice, working machine, power supply, sensor, photoelectric sensor with a chop-

per, analog-to-digital converter the ZET 210, a personal computer with the necessary software collection, imaging processing, and data storage. When you start getting diagnosed motor pulsating signal from the photoelectric sensor, convert it with the ADC and fed to a computer, where with the help of software and Mathcad 14 ZETlab pulsating signal is converted to the dependence of the frequency of rotation of the rotor from time to time. The experiments were conducted in an idling mode, and with the additional torque on the shaft. The results of experimental studies of the induction motor at various values of the eccentricity of the rotor (19, 27, 33, 43, 57 %). As a result of experimental studies it was found that the eccentricity of the rotor is directly proportional to the difference between the amplitude of the change in the speed tests both under load and at idle mode with the reliability of approximation $R^2 \geq 0,92$. Diagnosing engine inertia shaft allows you to get more reliable results, and the use of the photoelectric sensor reduces experimental error of up to 1,5 %.

Key words: induction motor, eccentricity, diagnostics.

Введение. Асинхронные электродвигатели являются самыми распространенными электрическими машинами как в сельском хозяйстве, так и в промышленности в целом. В процессе эксплуатации под действием тяжелых условий эксплуатации и естественного старения в асинхронных электродвигателях развиваются различные дефекты, одним из которых является эксцентриситет ротора. Данная неисправность может возникнуть по ряду эксплуатационных причин или вследствие неправильного ремонта [1]. Различают два вида эксцентриситета: статический и динамический (рис. 1).

Динамический эксцентриситет возникает из-за сил одностороннего магнитного притяжения, некачественного ремонта, дефектов изготовления. На практике наиболее часто встречается статический эксцентриситет, вызванный, как правило, неисправностью подшипника. Наиболее распространенными причинами возникновения статического эксцентриситета являются дисбаланс нагрузки, вибрации, несоосность валов, резкопеременные нагрузки и перегрузки [1].

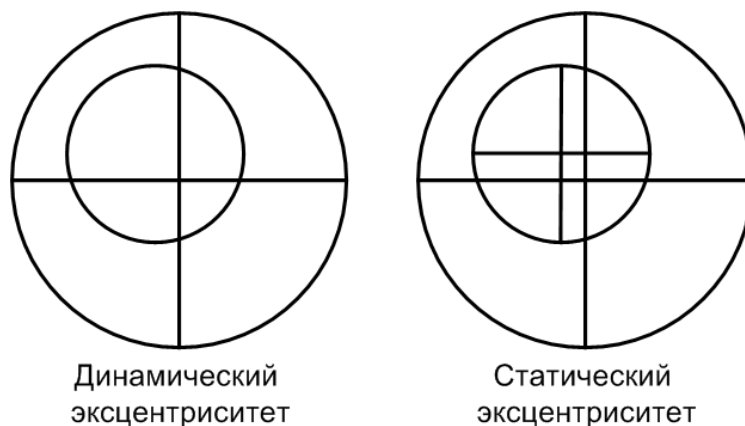


Рис. 1. Эксцентриситет ротора асинхронного двигателя

Цель исследований: установление связей между эксцентриситетом ротора и изменением частоты вращения ротора в режиме холостого хода и под нагрузкой в переходных режимах работы.

Объекты и методы исследований. В предыдущих работах [2, 3] нами разработаны теоретические предпосылки и способ диагностики статического эксцентриситета ротора асинхронного двигателя в режиме холостого хода. Суть метода заключается в определении величины эксцентриситета ротора асинхронного двигателя на основе анализа его кривой разгона, на которой выделяют амплитуду изменения частоты вращения ротора на участке между временем пуска и установившимся режимом работы. Вычислив разность амплитуд технически исправного и диагностируемого двигателей, находят относительный эксцентриситет ротора асинхронного двигателя. Для реализации данного метода нами было создано диагностическое устройство, в состав которого входят: ис-

пытуемый электродвигатель, тахогенератор постоянного тока, аналого-цифровой преобразователь, персональный компьютер. Однако выходной сигнал тахогенератора нестабилен и искажается из-за скользящего контакта между коллектором и щетками. Поэтому данное диагностическое устройство было модернизировано, тахогенератор был заменен на фотоэлектрический датчик.

Структурная схема и внешний вид экспериментальной установки приведены на рисунках 2, 3, где: 1 – испытуемый асинхронный электродвигатель марки АИР90Л4У2; 2 – диск с калиброванными отверстиями (110 отверстий); 3 – рабочая машина (момент инерции $0,54 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$); 4 – источник питания датчика; 5 – фотоэлектрический датчик с прерывателем; 6 – аналого-цифровой преобразователь ZET 210 (максимальная частота дискретизации – 500 кГц , диапазон входного напряжения $\pm 7 \text{ В}$, максимальный ток – 20 мА); 7 – персональный компьютер с необходимым программным обеспечением для сбора, визуализации, обработки и хранения информации.

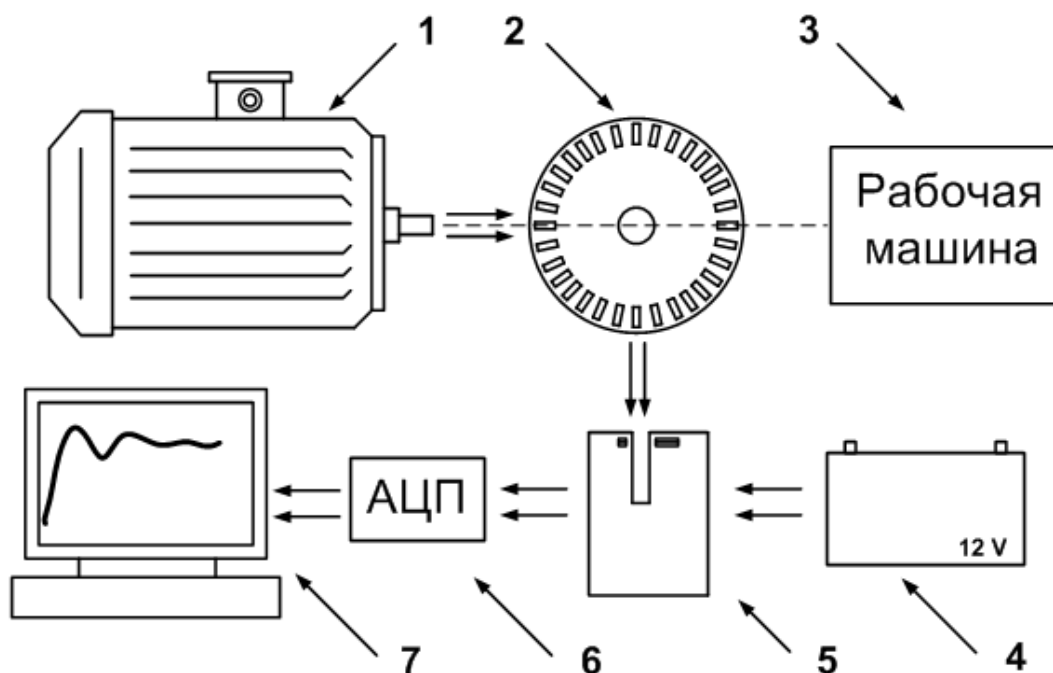


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки

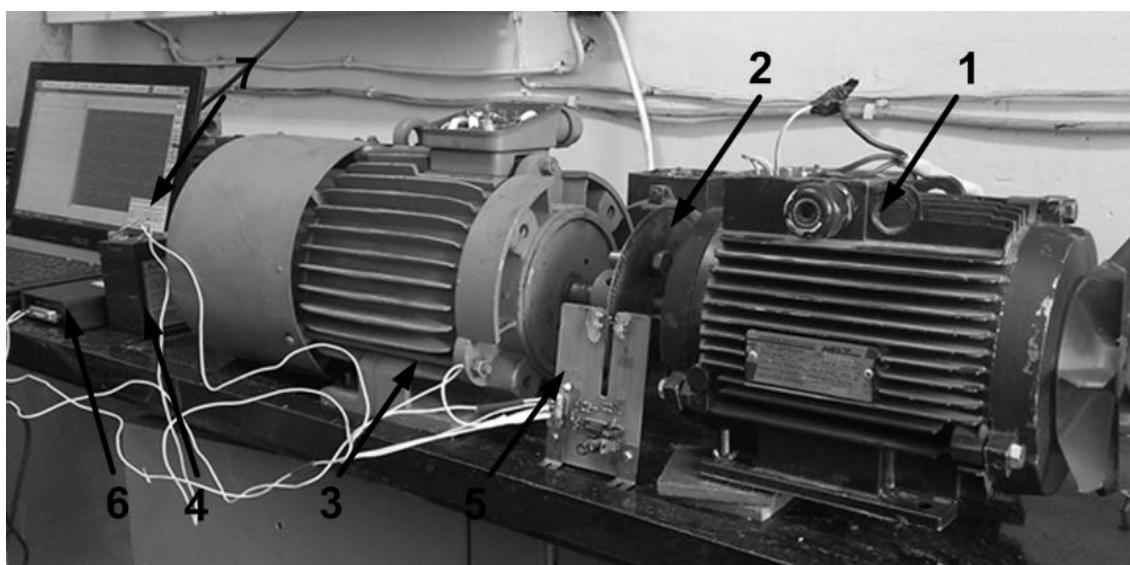


Рис. 3. Экспериментальная установка

По результатам поискового эксперимента была выбрана наиболее оптимальная частота дискретизации АЦП – 320 кГц, на которой и были проведены эксперименты.

При запуске диагностируемого электродвигателя 1 получаем пульсирующий сигнал с фотоэлектрического датчика 5, преобразовываем его при помощи АЦП 6 и подаем на компьютер 7, где при помощи программ ZETlab и Mathcad 14 пульсирующий сигнал преобразовываем в зависимость частоты вращения ротора от времени.

Эксперименты были проведены как в режиме холостого хода, так и с дополнительным моментом на валу. На рисунке 4 изображены экспериментальные зависимости частоты вращения ротора асинхронного двигателя от времени в режиме холостого хода (1) и под нагрузкой (2) при величине эксцентриситета ротора 47 %.

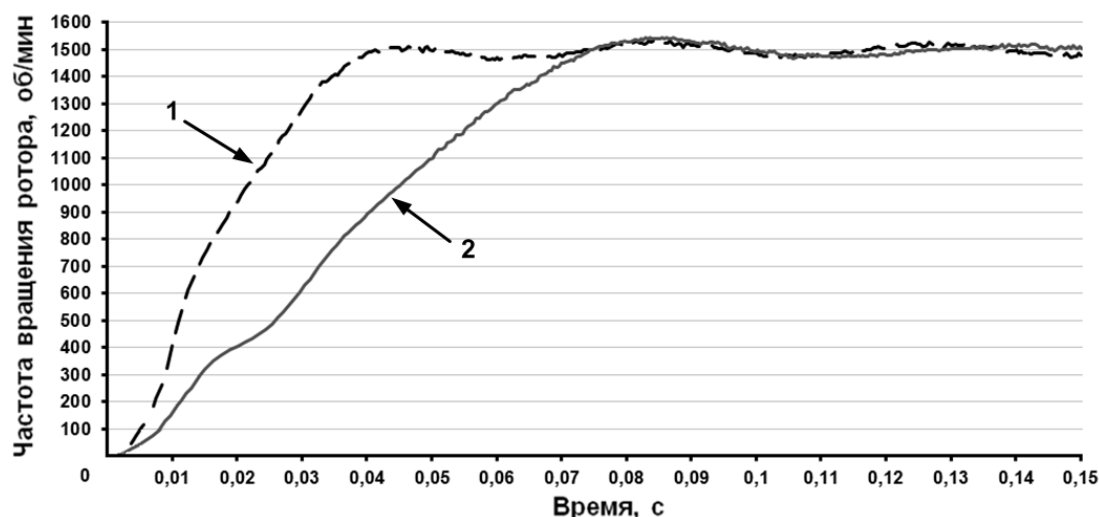


Рис. 4. Изменение частоты вращения ротора при пуске асинхронного электродвигателя на холостом ходу (1) и под нагрузкой (2) при эксцентриситете ротора 47 %

На основании анализа результатов графиков можно сделать вывод, что разность амплитуд частоты вращения ротора под нагрузкой значительно больше, чем на холостом ходу. Также следует отметить, что под нагрузкой колебания частоты вращения ротора затухают быстрее, чем при запуске в режиме холостого хода.

Нами также были выявлены функциональные зависимости относительного эксцентриситета ротора от разности амплитуд изменения его частоты вращения (рис. 5).

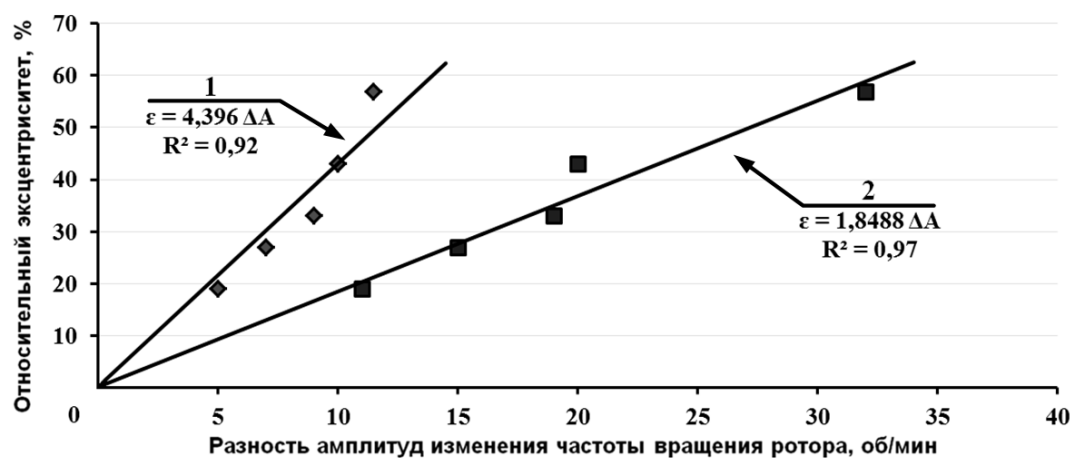


Рис. 5. Зависимости относительного эксцентриситета ε от разности амплитуд изменения частоты вращения ротора ΔA в режиме холостого хода (1) и под нагрузкой (2)

При анализе экспериментальных данных, полученных при различных значениях эксцентриситета ротора – 19, 27, 33, 43, 57 %, было установлено, что величина достоверности аппроксимации при диагностике под нагрузкой несколько выше, чем на холостом ходу, и функция зависимости эксцентриситета ротора от частоты вращения под нагрузкой более информативна.

Результаты исследований. В результате экспериментальных исследований было установлено, что эксцентриситет ротора прямо пропорционален разности амплитуд изменения частоты вращения при испытаниях как под нагрузкой, так и на холостом ходу с достоверностью аппроксимации $R^2 \geq 0,92$. Диагностирование двигателя с моментом инерции на валу позволяет получить более достоверные результаты, а применение фотоэлектрического датчика уменьшает погрешность эксперимента до 1,5 %.

Выводы. Разработанный способ диагностики позволяет с большой точностью определить техническое состояние подшипников асинхронного двигателя в эксплуатационных условиях по разности амплитуд изменения частоты вращения ротора технически исправного и диагностируемого двигателя.

Литература

1. Никийан Н.Г., Сурков Д.В. Освоение и оценка методов электромагнитной диагностики эксцентриситета ротора асинхронных двигателей // Вестн. ОГУ. – 2005. – № 2. – С. 163–166.
2. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. К вопросу определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Современные проблемы и перспективы развития АПК: мат-лы регион. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА (25–27 февраля 2014 г.). – Ч. 2. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – С. 175–178.
3. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 5 (104). – С. 68–72.

Literatura

1. Nikiyan N.G., Surkov D.V. Osvoenie i otsenka metodov ehlektromagnitnoi diagnostiki ehkscentrisiteta rotora asinhronnyh dvigatelei // Vestn. OGU. – 2005. – № 2. – S. 163–166.
2. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu. K voprosu opredeleniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya APK: mat-ly region. nauch.-prakt. konf. s mezhduunar. uchastiem, posvyashch. 80-letiyu FGBOU VPO IrGSKHA (25–27 fevralya 2014 g.). – CH. 2. – Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA, 2014. – S. 175–178.
3. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu. Metod opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 5 (104). – S. 68–72.



УДК 631.95

Л.Н. Андреев

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

В статье приведены негативные последствия перехода отечественного животноводства на промышленную основу, одним из которых является повышение экологической нагрузки на окружающую среду. Обоснованным является высокoeffективная очистка и обеззараживание вытяжного вентиляционного воздуха животноводческих помещений. Сравнение воздушных фильтров выявило очевидное преимущество двухступенчатого мокрого электрофильтра, промышленные испытания которого показали высокую эффективность по очистке воздушной среды животноводческих помещений от пыли, микроорганизмов и вредных газов.