

ПРИБОР ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Н.Е. Шевчик, канд. техн. наук, доцент, В.И. Русан, докт. техн. наук, профессор (БГАТУ);
А.А. Солдатенко, гл. инженер (ГУ «Научно-исследовательский и проектно-технологический
институт хлебопродуктов»); А.Л. Тимошук, канд. техн. наук,
В. В. Викторovich, научн. сотр. (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»)

Аннотация

Разработан прибор для диагностирования асинхронных двигателей под нагрузкой. Приведены конструкция, описание программного обеспечения и принципа его работы.

The device for diagnosing the asynchronous motor under the load is developed. The design, software description and the principle of its operation are cited.

Введение

В сельском хозяйстве эксплуатируется значительное количество асинхронных двигателей, обслуживающих разнообразные технологические процессы [1]. Большинство из них работает в условиях высокой влажности, химически агрессивной среды, повышенной запыленности, с частыми пусками [2]. В таких условиях срок службы двигателей меньше нормативного в 1,5-2 раза. Ущерб от выхода из строя электродвигателей достаточно большой.

Согласно системе плано-предупредительных ремонтов в сельскохозяйственных организациях (ППРсх), к электрооборудованию должны быть применены профилактические действия, которые включают в себя техническое обслуживание, диагностирование и текущий ремонт [2].

В настоящее время при диагностировании используется множество приборов – от простых до сложных, как отечественного, так и зарубежного производства. Это индикаторы, мегомметры, токовые клещи, штанги, комбинированные многофункциональные аналоговые и цифровые приборы (тестеры, мультиметры). С их помощью контролируется ряд параметров: мегомметром – сопротивление, ваттметром – мощность, вольтметром – напряжение и т.д. Реже электротехническими службами сельскохозяйственных предприятий используются осциллографы, анализаторы, тахометры, позволяющие контролировать параметры на более высоком качественном уровне. Двигатель для диагностирования необходимо отключать от сети, сами операции сравнительно трудоемки, не все возможные неисправности можно диагностировать.

Предлагаемые сегодня отечественными разработчиками измерительной аппаратуры новые приборы по своей сути являются модернизацией более ранних разработок с целью улучшения их метрологических характеристик: повышения класса точности, быстродействия, а также введения дополнительных сервисных функций (программирования, оперативной памяти, мультиплексирования и т.д.). Разрабатываемые

приборы, как правило, стационарного применения, не универсальны, сложны в эксплуатации и имеют высокую стоимость [3,4]. Поэтому разработка компактного прибора, позволяющего обеспечить контроль технических характеристик, и по результатам измерений токов, напряжений фаз, частоты вращения, сопротивления изоляции и температуры обмоток, выполнить количественную оценку прогнозирования возможных неисправностей и срока службы электродвигателей, является задачей актуальной.

Основная часть

Специалистами РУП «Институт энергетики АПК НАН Беларуси», ГУ «НИПТИхлебопродукт» и БГАТУ был разработан и изготовлен опытный образец автоматизированного устройства диагностирования технического состояния электродвигателей, характеристики которого представлены в табл.1.

Опытный образец устройства представляет собой модули, собранные в корпус и связанные между собой посредством шин [5-7].

Устройство состоит из следующих частей (рис. 1):

- модуля процессорного (включает модуль микроЭВМ);
- модуля индикатора;
- панели передней (клавиатуры);
- панели задней;
- блока питания;
- корпуса.

Все измерительные каналы имеют оптронную гальваническую развязку. Каждый канал имеет собственный источник питания. Разрядность АЦП – 16 бит. В качестве первичных преобразователей в приборе применяются для измерения:

- напряжения – резистивные высокоомные (более 10 МОм на канал) делители напряжения на прецизионных резисторах, относительная погрешность на канал 0,01%;
- тока – токовые клещи АРРА 39/39R с расширенной полосой пропускания частот от 10 Гц до 10 кГц, по-

грешность в диапазоне 0 – 40 А (0,5% + 4 бита младшего разряда), 40–400 А (0,5% + 6 бит младшего разряда);

гонезависимую память; вывод измеренной информации на ЖКИ, обработка нажатий клавиатуры. Вычисление БПФ и математическая обработка данных производится модулем микро-ЭВМ, который подключен через шину РС104 к вычислителю. В модуле микро-ЭВМ также хранится информация о настройках и калибровочных коэффициентах устройства. В состав вычислителя входят:

Таблица 1. Технические характеристики прибора

Наименование показателя	Значение
Количество измерительных каналов устройства, шт. в том числе:	7
для измерения напряжения, шт.	3
для измерения тока, шт.	3
для измерения частоты вращения, шт.	1
Количество измерительных каналов мегомметра, шт. в том числе:	2
для измерения сопротивления обмоток постоянному току, шт.	1
для измерения сопротивления изоляции обмоток, шт.	1
Диапазон измерения напряжения, В	0 – 400
Приведенная погрешность измерения напряжения, %	1
Диапазон измерения тока, А	0 – 400
Приведенная погрешность измерения тока, %	1,5
Количество датчиков температуры, шт.	0 – 8
Диапазон измерения температуры, °С	минус 30 плюс 125
Абсолютная погрешность измерения температуры, °С	0,5
Диапазон измерения частоты вращения, об/мин	0 – 3000
Диапазон измерения сопротивления обмоток, Ом	0 – 1000
Диапазон измерения сопротивления изоляции, МОм	0,5 – 20
Масса, кг (не более)	5

- КР1533 АП 6 буфер шины адреса/данных РС104;
- Т89с51СС01 контроллер ЖКИ и клавиатуры;
- D7 – EPM7128SQI100-10 – контроллер БПФ;
- AS7C4096 – память выборок для БПФ;
- D10 – EPM7128SQI100-10 – контроллер энергонезависимой памяти;
- D16 – EPM7128SQI100-10 – контроллер шины адреса данных для связи с submodule преобразователя;
- TC55VBM416AFTN55 – энергонезависимая память.

Субмодуль преобразователя предназначен для приема измерительных сигналов от испытуемого объекта и преобразования их в цифровой код. Преобразователь содержит каналы измерения напряжения и тока. Построены каналы на базе АЦП фирмы «Analog Devises AD976AN». Время преобразования 5 мкс, что позволяет получать 1024 выборки за 1 с и обеспечивать точность измерения 1%. Измерение температуры испытуемых объектов производится с помощью цифровых датчиков фирмы «Dalas Semiconductor DS18S20». Преобразователь содержит контроллер (AT89C8252- 24PI) для управления мультиплексором каналов измерения температуры и передачей измеренных данных в вычислитель. В состав submodule преобразователя входят:

- AD976AN – аналого-цифровые преобразователи каналов измерения тока и напряжения;
- AD624AD – операционные усилители каналов измерения тока;
- ADG 411 BN – мультиплексоры каналов измерения температуры.

Блок питания предназначен для питания напряжениями соответствующих величин (+5 В, +15 В, -15 В) всех модулей устройства. Блок питания включает:

- TMS 25105 AC/DC преобразователя (~ 220 В -> +5 В постоянного напряжения);
- TEN 3 – 0522 – питание мультиплексора каналов измерения температуры;
- TYL05 15W05 – питание аналого-цифровых преобразователей.

Расположение блоков в корпусе устройства представлено на рис. 3.



Рисунок 1. Внешний вид прибора для диагностирования асинхронных двигателей

- температуры – цифровой датчик DS18B20 – PAR – погрешность 0,1 °С, диапазон измерения от минус 55 до плюс °С;

- частоты вращения – импульсный датчик типа А22 фирмы "Тилком".

Модуль процессорный состоит из двух submodule – submodule вычислителя и submodule преобразователя, как показано на рис. 2. Вычислитель предназначен для предварительной обработки и хранения данных. В процедуру обработки данных входят: прием данных с шины, вычисление коэффициентов быстрого преобразования Фурье (БПФ) [8, 9], запись их в энер-

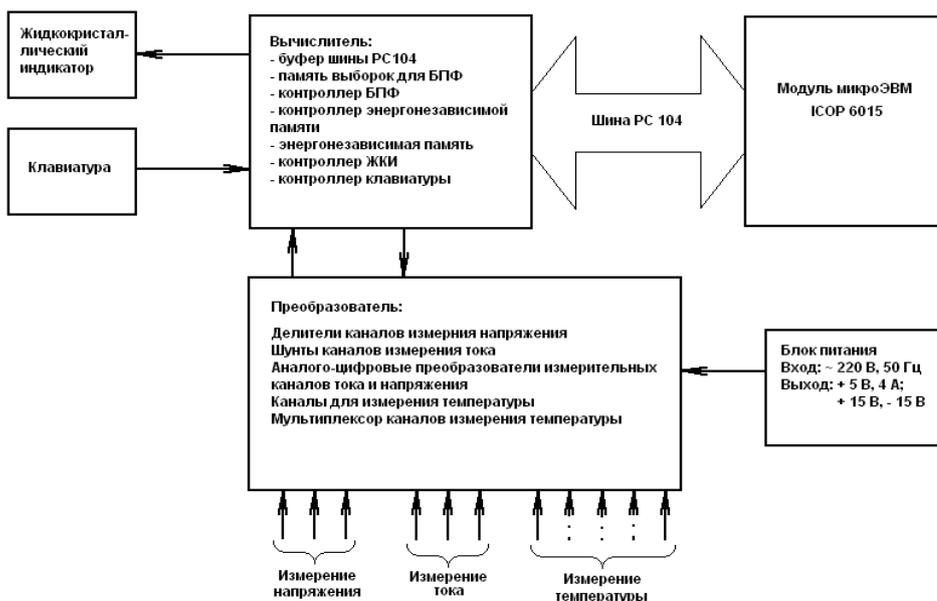


Рисунок 2. Функциональная схема автоматизированного устройства диагностирования асинхронных электродвигателей

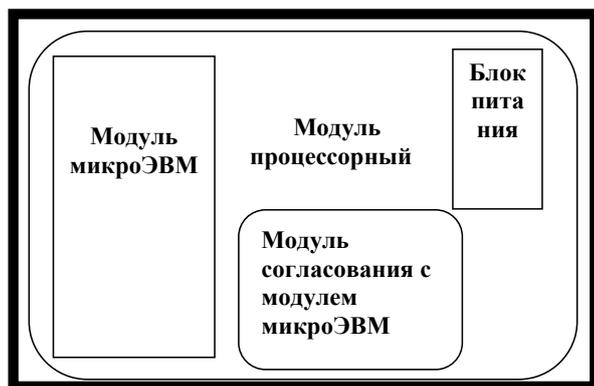


Рисунок 3. Расположение блоков в корпусе устройства диагностирования

Программное обеспечение прибора состоит из нижнего и верхнего уровней.

Нижний уровень обеспечивает управление устройством, расчет и первичную обработку параметров, обмен данными с техническими средствами верхнего уровня.

Функции, которые выполняет устройство под управлением ПО нижнего уровня:

- управление АЦП, микроЭВМ, часами реального времени, памятью;
- синхронизация обмена информацией между составными частями устройства;
- диагностика работы составных частей устройства;
- подготовка и обработка данных, полученных от АЦП;
- управление портами ввода-вывода.

Программное обеспечение нижнего уровня разработано на базе ОС Linux и состоит из двух модулей (рис. 4):

- модуля взаимодействия с терминалом ввода/вывода (узел ЖКИ и клавиатуры) LT;

- основного функционального модуля L.

Взаимодействие между модулями осуществляется по протоколу TCP/IP.

Связь программного обеспечения нижнего уровня и программного обеспечения верхнего уровня по передаче измеренных данных также осуществляется по протоколу TCP/IP.

Модуль LT обеспечивает вывод информационных сообщений от модуля L на ЖКИ и обработку нажатых клавиш на передней панели устройства диагностирования для передачи соответствующей информации от пользователя в модуль L.

Модуль L обеспечивает функционирование всего устройства диагностирования. Он обеспечивает взаимосвязь и управление потоками данных между модулями микроЭВМ, вычислителя и преобразователя. Также он обеспечивает передачу измеренных данных на верхний уровень. Модуль L представляет собой многопоточное приложение. Он состоит из семи потоков. Шесть потоков обеспечивают обработку снятых эпюр токов и напряжений, а один поток обеспечивает управление функциональными узлами устройства.

Программное обеспечение верхнего уровня предназначено для получения данных измерений с устройства, их преобразования, осуществления расчетов, визуализации результатов измерения, а также для проведения калибровки каналов измерения и ПЭВМ.

Связь устройства диагностирования и ПЭВМ осуществляется посредством протокола TCP/IP.

После подключения устройства к электродвигателю (рис. 5) производится съем параметров, по которым производится диагностирование асинхронных двигателей. Обмен информацией между устройством и ПЭВМ осуществляется с помощью структурированной переменной фиксированной длины типа `_stMSG` (`LEN_MSG` – в данном случае она равна 1048 байт). При получении информации из TCP/IP, в зависимости от типа события и типа сообщения (`iTypeEvent`, `iTypeMSG`), осуществляет разбор этой структурированной переменной с последующим отображением, сохранением и осуществлением расчетов полученной информации.



Рисунок 4. Структура программного обеспечения нижнего уровня

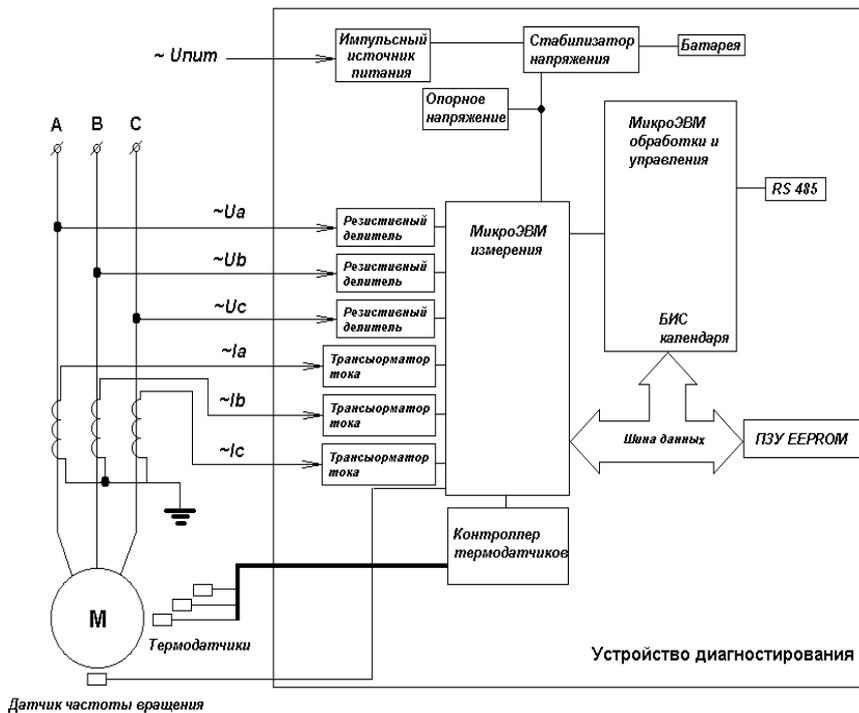


Рисунок 5. Схема подключения устройства диагностирования

Параметры диагностирования включают в себя контроль:

- токов;
- несимметрию, несинусоидальность и отклонение напряжений;
- нагрева подшипниковых щитов и корпуса электродвигателя;
- частоты вращения ротора.
- сопротивления обмоток двигателя постоянному току;
- сопротивления изоляции.

Снимается также кривая напряжения. Это необходимо для того, чтобы оценить исправность «беличьей клетки» ротора асинхронного двигателя.

Для сравнения с полученными данными в устройстве вводятся номинальные данные электродвигателя:

- тип двигателя и его заводской номер;
- схемы соединения обмоток;
- мощность электродвигателя;
- номинальная частота вращения;
- КПД;
- коэффициент мощности;
- режим работы;
- класс нагревостойкости изоляции.

После снятия, математической обработки и ввода номинальных параметров электродвигателя верхнее программное обеспечение сравнивает номинальные параметры и снятые.

На основании диагностирования составляется комплексная оценка состояния электродвигателя и делается

вывод о том, каким воздействиям необходимо подвергнуть электродвигатель для предотвращения его отказов и восстановления уровня его работоспособности и повышения срока службы.

Заключение

Разработан и изготовлен опытный образец прибора для диагностирования асинхронных электродвигателей, позволяющий провести диагностику асинхронного двигателя без отключения его от сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пястало, А.А. Методология диагностики и прогнозирования состояния изоляции электродвигателей/ А.А. Пястало, О.И. Хомутов // Повышение надежности электрооборудования в системах электрооборудования. – 1992. – №1. – С. 100-111.
2. Таран, В.П. Диагностирование электрооборудования/ В.П. Таран. – Киев: Техшка, 1983. – 200 с.
3. Гашимов, М.А. Диагностирование технического состояния электрических машин/ М.А. Гашимов, Г.А. Гаджиев // Электрические станции. – 2000. – №9. – С.41-47.
4. Булычев, А.В. Метод контроля технического состояния механической части асинхронного электродвигателя/ А.В. Булычев, В.К. Ванин // Электротехника. – 1997. – №10. – С. 5-9.
5. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: в 2-х т./ П.Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ., 2-е изд., стереотип. – М.: Мир, 1984. – Т.1. – 598 с., ил.
6. Новиков, Ю.В. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC: практ. пособ./ Ю.В. Новиков, О.А. Колашников, С.Э. Гуляев; под общей ред. Ю.В. Новикова.– М.:ЭКОМ., 1997. – 224 с.: ил.
7. Гук, М. Интерфейсы ПК: справочник / М. Гук.– СПб: ЗАО «Изд-во «Питер», 1999. – 416 с.: ил.
8. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособ. для вузов / Л.М. Гольдберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк. – 2-изд., перераб. и доп. – С.: Радио и связь, 1990. – 25с.: ил.
9. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов/ Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М: Мир, 1991. – 240 с