

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Звоначалев А.Г.

Донецкий государственный технический университет

The article devotes automatic definition disrepair of computer's. General principle consider of sistem's definition. The example realy prototype considers.

С развитием автоматизации промышленных установок стала актуальна проблема диагностики таких устройств в реальном времени. Значительное усложнение подобного рода систем привело к необходимости внедрения совершенно новых методов диагностирования, связанных со сферой компьютерных технологий.

Если ранее многие системы диагностики определяли только тип неисправности или нарушение режима, то теперь основной целью диагностирующей системы стала точная локализация места неисправности, вплоть до отдельного элемента. С другой стороны, система диагностики должна быть как можно более универсальна, практична в реализации. Это стало возможно лишь с применением вычислительной техники.

Одним из перспективных методов диагностирования является анализ спектральных «портретов» сигналов датчиков во время работы установки в реальном времени. Системы диагностики, основанные на этом методе, уже успешно применяются в различных отраслях [1].

Спектр сигнала, полученного от каких-либо датчиков зачастую более информативен с точки зрения диагностики, чем сам сигнал (рис.1). Индивидуальные особенности спектров различных сигналов гораздо легче выявить и использовать в дальнейшем для анализа состояния установки. Если ранее качественное получение спектров сигналов требовало довольно сложного оборудования, то теперь применение компьютерных технологий значительно облегчило эту задачу, сведя к минимуму требования к аппаратной части.

Принцип работы подобной системы заключается в программном сравнении индивидуальных особенностей спектров сигналов рабочей установки с занесенными в базу данных спектрами, соответствующими различным режимам работы устройства или неисправностям. Анализ осуществляется в реальном времени, что позволяет быстро и качественно локализовать неисправность или нарушение режимов работы.

Как известно, система диагностирования представляет связанные между собой аппаратную и программную составляющие. Если аппаратная реализация не представляет большой сложности, то часто алгоритмы работы программной части известны недостаточно. В настоящей работе рассмотрены основные принципы реализации программного обеспечения, непосредственно осуществляющего диагностирование, на примере рабочей модели реального прототипа системы диагностики маломощных устройств электропитания. Цель работы - представить систему спектрального диагностирования.

Программная часть прототипа включает в себя несколько взаимосвязанных модулей (рис. 2):

1. модуль получения оцифрованного сигнала;
2. модуль цифровых фильтров и спектрального анализа, реализующий получение спектров с достаточной скоростью и точностью;
3. модуль базы данных;
4. модуль логического анализа, осуществляющий сравнение полученного спектра со спектрами в базе данных.

Рассмотрим реализацию каждой из составляющих в отдельности.

Основным требованием, предъявляемым к модулю получения оцифрованного сигнала, является скорость преобразования, определяемая из характеристик исследуемых сигналов. Как известно, частота дискретизации должна быть более чем в 2 раза выше частоты последней гармоники входного сигнала. Фактически это позволяет получить 2 отсчета на период высшей гармоники, что во многих случаях удовлетворяет требованиям системы диагностирования, так как для большинства сигналов амплитуды высших гармоник достаточно малы и не несут диагностической информации. Однако в ряде случаев необходимо точно получить форму сигнала. Для этого целесообразно применять различные алгоритмы интерполяции, в частности при помощи полинома Ла-

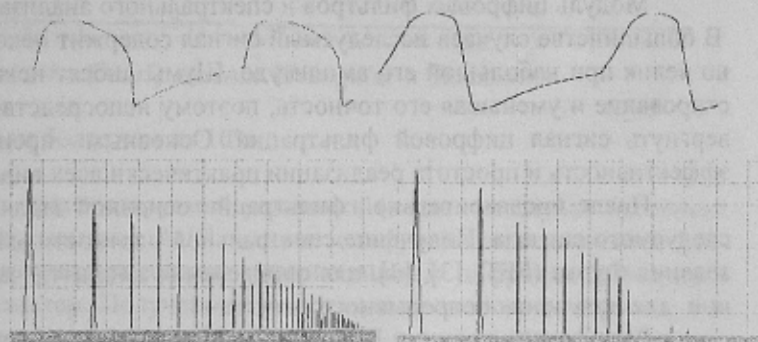


Рисунок 1 - Графики и спектры пульсаций напряжения на выходе источника питания в нормальном рабочем режиме и при неисправности

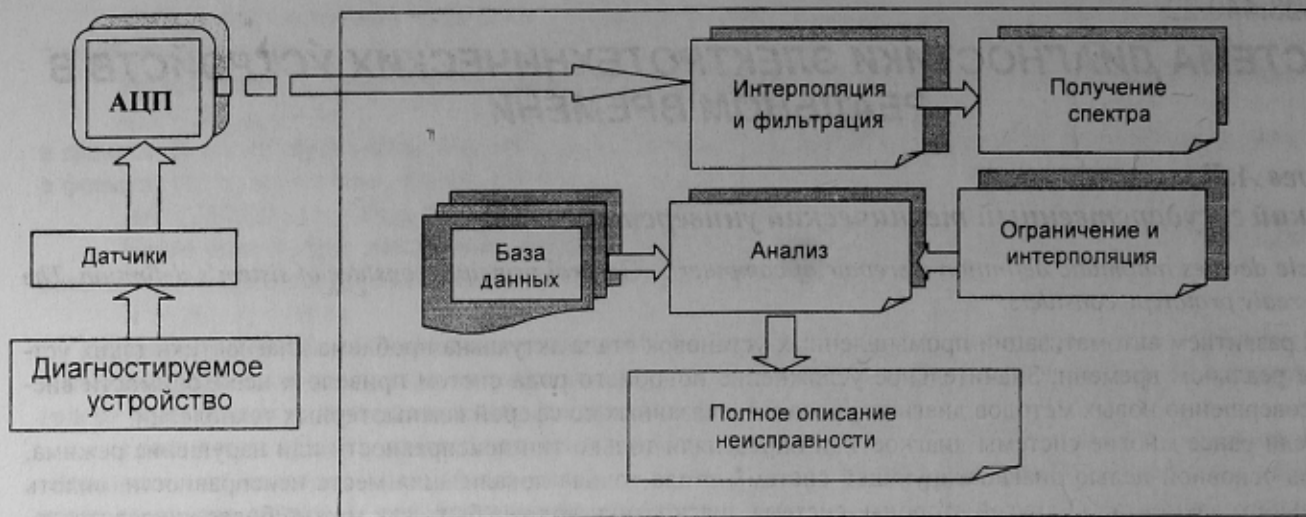


Рисунок 2 - Принцип организации программы

гранжа [2], [3]. В рабочей модели авторами был применен такой алгоритмы интерполяции по 6 узлам позволявший при частоте дискретизации 44 кГц восстановить форму сигнала с частотой вплоть до 22 кГц.

Требования к точности оцифровки невелики, так как основное значение имеет только форма сигнала и соответственно его спектра. Для большинства сигналов вполне достаточно 6-8 разрядов преобразования.

Модуль цифровых фильтров и спектрального анализа.

В большинстве случаев исследуемый сигнал содержит некоторое количество шумов, уровень которых особенно велик при небольшой его амплитуде. Шумы вносят искажения в форму спектра сигнала, затрудняя диагностирование и уменьшая его точность, поэтому непосредственно перед получением спектра целесообразно подвергнуть сигнал цифровой фильтрации. Основным преимуществом такой фильтрации являются высокая эффективность и простота реализации практически всех видов фильтров [4].

После предварительной фильтрации основной задачей становится качественное получение спектра исследуемого сигнала. Получение спектральной плотности амплитуд основано на применении быстрого преобразования Фурье (FFT) [3], [4]. для определения амплитуд частотных составляющих и последующей интерполяции для получения непрерывного спектра.

Рассмотрим принцип FFT. Для $m=2^n$ выборок значений исследуемого сигнала получаем $1+2^{n-1}$ значений спектральной плотности амплитуд в соответствии с формулой [4]:

$$c_J = \left| \frac{1}{\sqrt{m}} \sum_k v_k e^{i(2\pi J/m)k} \right|, \quad (1)$$

где c_J – значение амплитуды J-ой составляющей;

v_k – значение k-ой выборки исследуемого сигнала;

Число m выбирается исходя из частоты дискретизации АЦП и особенностей исследуемого сигнала из следующих соображений:

если сигнал является гармоническим или полигармоническим, то количество точек преобразования:

$$m \geq 1 + 1.5 f_{\max} / f_1, \quad (2)$$

где f_{\max} – максимальная частота дискретизации АЦП, Гц;

f_1 – частота первой гармоники сигнала, Гц.

Для остальных сигналов

$$m \geq 1 + 1.5 f_{\max} / \Delta f, \quad (3)$$

где $\Delta f = \min(f_k - f_{k-1})$ – разность между частотами двух смежных спектральных составляющих сигнала, необходимая для их разделения.

Для качественного получения спектра необходимо предусмотреть от 16 до 16384 точек преобразования для диапазона 0...22 кГц, что позволит получить дискретность спектра до 0.4 Гц при времени преобразования около 0.4 с.

Так как для диагностирования используется только определенная часть спектра, только некоторые гармоники, то после его получения возможно выделение только полезных составляющих и устранение несущественных, что значительно ускоряет последующий анализ. Также на этом этапе целесообразно обнуление уровней составляющих с достаточно малыми амплитудами (рис. 3).

В программе следует предусмотреть различные способы интерполяции и отображения полученного спектра амплитуд (FFT Window) [4], что позволит работать с множеством различных сигналов и значительно расширить сферу ее применения в зависимости от особенностей сигналов. Так, например, тип отображения Triangular дает высокую точность при работе со спектральными составляющими большой амплитуды, но состав-

ляющие с малой амплитудой обычно сильно искажены. С другой стороны, Blackmann имеет малую точность, но вносит минимальные искажения в форму спектра (рис. 4).

Модуль базы данных.

Наиболее трудоемкой задачей является создание базы данных, содержащей спектральные «портреты» сигналов, соответствующие различным режимам работы диагностируемого устройства или его неисправностям. Если вся динамика работы диагностируемого устройства детально известна, то возможна программная эмуляция его неисправностей при помощи известных программных продуктов [5]. В таком случае создание базы данных не представляет большого труда. В данной рабочей модели наряду с экспериментальной была применена и такая методика создания базы данных, показавшая себя эффективной: расчетные спектры отличались от реальных не более чем на 10%.

Рисунок 3 - Спектры сигнала при различном обнулении: а -120 Дб, б - 60 Дб

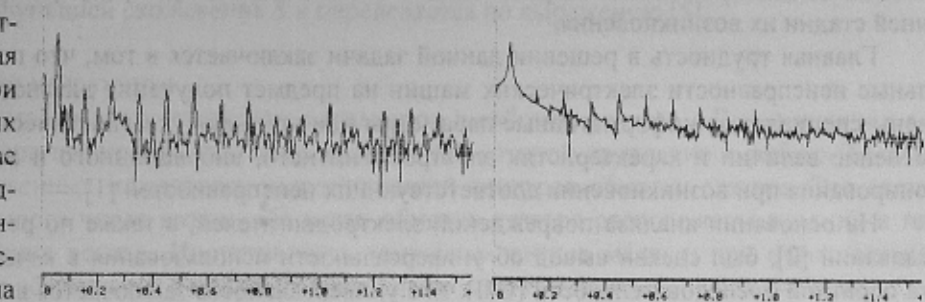


Рисунок 4 - Отображение Triangular и Blackmann

Динамика работы диагностирующей системы.

Сигналы от одного или нескольких датчиков диагностируемой установки (в данном случае источника питания) подаются через согласовывающие элементы на вход АЦП и после оцифровки анализируются программой диагностики. Программно осуществляется предварительная интерполяция и цифровая фильтрация сигнала и в таком виде он подается на спектроанализатор. Полученный спектроанализатором спектр модулем логического анализа сравнивается сначала со спектром сигнала, соответствующим нормальной работе диагностируемого устройства. При этом анализируются не все спектры, а только индивидуальные особенности (наличие определенных гармоник, отношение их амплитуд и т.д.), так как даже при нормальной работе устройства сигналы датчиков различны при разных режимах работы.

При значительных отклонениях в спектре выдается предварительное сообщение о нарушении режима работы устройства и проводится его детальный анализ, в результате которого точно, вплоть до отдельного элемента, локализуется место неисправности.

Предварительные результаты. Реальный прототип диагностирующей системы, разработанный авторами с учетом указанных выше соображений для диагностирования маломощного источника питания электротехнических устройств, в ходе диагностики реального устройства позволял обнаруживать более 40 различных типов неисправностей и нарушений режимов работы, непосредственно определяя с точностью до 95% вышедшие из строя элементы. При создании конфликтных ситуаций (множественные неисправности, наличие посторонних источников шума) в более чем 55% случаев система реагировала адекватно.

Выводы. Диагностирование в реальном времени является предпочтительным способом предупреждения и локализации отказов электротехнических устройств. Его позволяет реализовать современный уровень развития компьютерной техники и программного обеспечения.

Идейной основой диагностирования служит сравнение реального гармонического состава тока или напряжения работающего электротехнического устройства с гармоническим составом, соответствующим нормальной его работе.

Возможность диагностирования в реальном времени дает сокращение времени обработки сигнала за счет фильтрации – устранения гармоник, заведомо не несущих полезной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банников С.Ю., Марфенко К.С. Проектирование микроэлектронных биотехнических систем / Сборник тезисов докладов конференции. Рига. 1986. Т.1
2. <http://m-v-a.newmail.ru/soft/os.htm>
3. Mathcad 2000. Signal Processing Function Pack
4. Matlab 5.11. Signal Processing Toolbox
5. Electronik Workbench EDA v 5.1. Interactive Image Technologies LTD, 1996