

УДК 621.313

А.Н. Бесараб, канд. техн. наук,
Я.А. Соколов

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Розроблено апаратно-программний комплекс, що дозволяє працювати в режимах осцилографа, регистратора та аналізатора показників якості електричної енергії. Програмна частина реалізована в середовищі LabView. Наведені результати деяких експериментальних досліджень, що демонструють роботу комплексу.

Разработан аппаратно-программный комплекс, позволяющий работать в режимах осциллографа, регистратора и анализатора показателей качества электрической энергии. Програмная часть реализована в среде LabView. Приведены результаты некоторых экспериментальных исследований, демонстрирующие работу комплекса.

The hardware-software complex is developed, allowing to work in modes of an oscilloscope, the registrar and the analyzer of indicators of quality of electric energy. The program part is realised in the environment of LabView. The results of some experimental researches showing work of a complex are resulted.

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество.

Понятие качества электрической энергии (КЭ) отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: номинальных частоте, напряжении, токе и т.п., поэтому для нормальной его работы должно быть обеспечено требуемое КЭ. Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых электроприемники могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. С постоянным ростом степени автоматизации производства, внедрением новых машин и механизмов, остро встает проблема питания оборудования, чувствительного к качеству напряжения. Несоответствие качества электроэнергии нормам может приводить к значительным убыткам, связанным с отказами и сбоями в работе технологического оборудования и как следствие, снижением объемов выпуска

продукции, а также выходом оборудования из строя.

Показатели, характеризующие свойства электрической энергии и их нормы установлены ГОСТом 113109 – 97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» (введен в действие на территории Украины с 01.01.2000 года). Контроль КЭ подразумевает оценку соответствия показателей установленным нормам, а дальнейший анализ качества электроэнергии — определение стороны виновной в ухудшении этих показателей. Нормируемые показатели качества электрической энергии не могут быть измерены напрямую — их необходимо рассчитывать, а окончательное заключение можно сделать только по статистически обработанным результатам. Поэтому для определения показателей КЭ необходимо выполнить большой объем измерений с высокой скоростью и одновременной математической и статистической обработкой измеренных значений.

Представленные на рынке приборы для анализа показателей КЭ, как правило, дороги, имеют довольно узкий круг решаемых задач, и практически не пригодны

для различных модификаций выполняемых функций.

В данной работе получил дальнейшее развитие аппаратно-программный комплекс [1] в составе: преобразователи напряжения и тока швейцарской фирмы LEM, - LV 25-P и LA 55-P/SP1 по 3 шт. соответственно; оптический рефлекторный сенсор типа BF4R корейской фирмы Autonics; 14 битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) российской фирмы L-Card E14-440, выполненный на базе современного цифрового сигнального процессора ADSP-2185M фирмы Analog Devices Inc., имеющий 16 дифференциальных каналов и максимальную частоту преобразования 400 кГц; блок согласования преобразователей с АЦП; ноутбук; специализированное программное обеспечение.

Разработанный и усовершенствованный аппаратно-программный комплекс обладает следующими свойствами:

- возможность измерения мгновенных значений токов и напряжений;
- возможность подключения датчиков измерения неэлектрических величин;
- высокая точность измерений;
- легкость сохранения, использования и анализа результатов измерений;
- возможность подключения в цепи с различным уровнем напряжения и тока;
- простота системы, легкость расширения и дальнейшего развития для решения различных задач;
- относительно невысокая цена.

Для существующей аппаратной части разработано новое программное обеспечение (ПО), написанное в среде графического программирования LabView фирмы National Instruments, представляющее собой универсальный продукт, который может выполнять функции многоканального регистратора, осциллографа и анализатора показателей КЭ. Основными преимуществами LabView являются:

- удобный интерфейс и наличие графической оболочки;
- большая база готовых компонентов для анализа и обработки сигналов, работы с файлами и массивами;

– простота и удобство программирования;

– возможность работы с динамическими библиотеками и включения в программу кода, написанного на языке C++;

– возможность управления виртуальными приборами через сеть Internet.

Разработанное ПО позволяет изменять частоту дискретизации АЦП, выбор способа остановки регистрации (по времени или нажатием кнопки), количества регистрируемых каналов, коэффициентов трансформации по напряжению и току, коэффициентов усиления АЦП.

При работе в режиме многоканального регистратора в течение определённого времени происходит запись сигналов в файл, а по окончании записи запускается программа RegViewer, позволяющая:

- 1) графически отображать записанные сигналы;
- 2) легко масштабировать графики;
- 3) обрезать и сохранять в файле необходимый отрезок сигналов;
- 4) отображать среднеквадратичные и пиковые значения, коэффициент искажения синусоидальности для выбранного канала, изменение частоты;
- 5) сохранять изображение графиков в формате jpg.

На рис.1 изображён фрагмент кода программы RegViewer, который отвечает за сохранение осциллограммы в файле, отображение мгновенных значений каналов, отображение необходимых каналов на осциллограмме, обрезку и сохранение в файл фрагмента осциллограммы и загрузки других данных. Из данного рисунка наглядно видна простота программирования и компактность кода (в других средах данный фрагмент занял бы, как минимум, несколько страниц машинописного текста).

При работе в режиме анализатора показателей КЭ в течение анализируемого периода параллельно выполняется два потока: в первом происходит сбор данных с каналов и сохранение их во временные файлы, а во втором – разбивка временных файлов на временные окна, обработка их с помощью быстрого преобразования Фурье, вычисление показателей КЭ и запись

результатов в файл. Все расчёты выполняются в режиме реального времени.

Разработанное ПО позволяет автоматически определять такие показатели КЭ:

– установившееся отклонение напряжения;

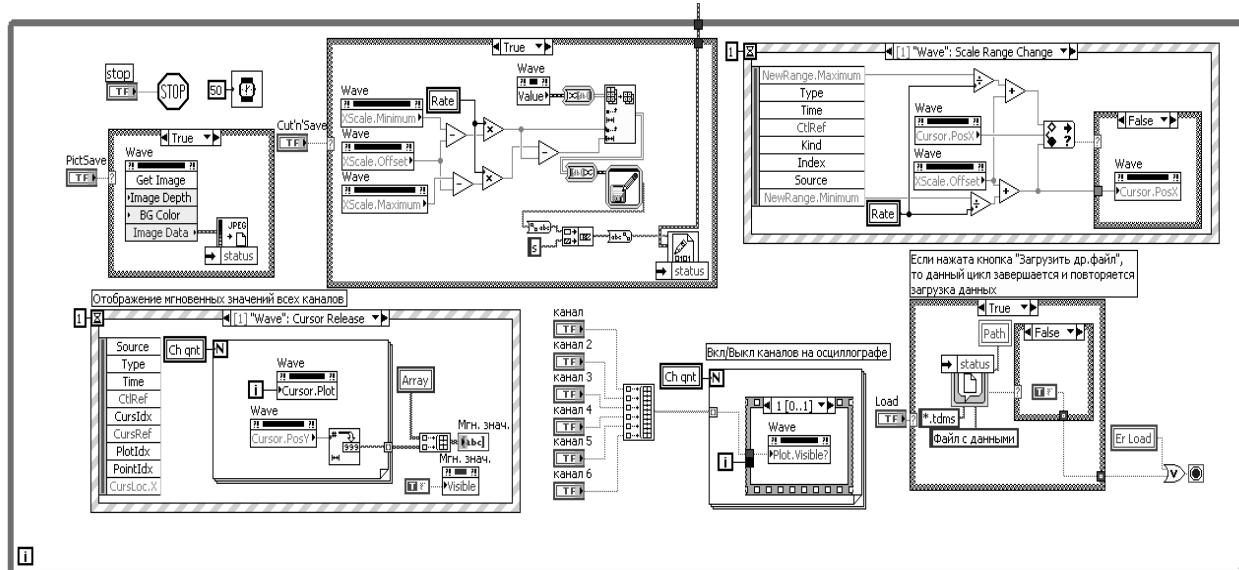


Рис.1. Фрагмент кода программы RegViewer, написанной в LabVIEW

- коэффициент гармонической составляющей;
- коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;
- коэффициент временного перенапряжения.

Все показатели КЭ определяются согласно ГОСТ 13109-97.

После окончания анализа автоматически запускается программа Analyzer, которая позволяет:

- 1) просмотреть результаты измерений в виде графика изменения определённого показателя качества во времени;
- 2) легко масштабировать графики;
- 3) автоматически определить соответствие данного показателя КЭ норме;
- 4) сохранить график в виде рисунка формата jpg.

Разработанный цифровой измерительный комплекс был использован для оценки влияния на гармонический состав и коэффициент искажения синусоидальности

кривой напряжения устройства, позволяющего “вырезать” определённый участок синусоиды. На рис. 2 в верхнем окне показано напряжение на выходе этого устройства, а в нижнем – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения. Как видно из рисунка, усреднённое значение данного коэффициента составило около 18,21 %, что не соответствует требованиям ГОСТ 13109-97.

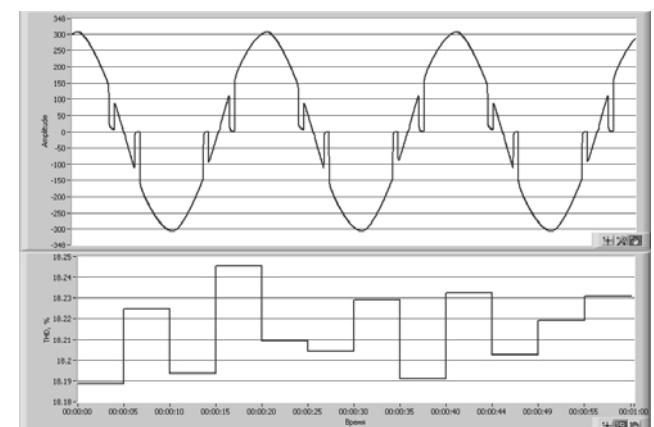


Рис.2. Кривые изменения напряжения на выходе устройства и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения

Для оценки достоверности работы комплекса, одновременно проводился анализ с помощью сертифицированного в Украине анализатора электрических сетей Memobox 300 Smart швейцарской фирмы LEM. Временная диаграмма коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения приведена на рис.3.

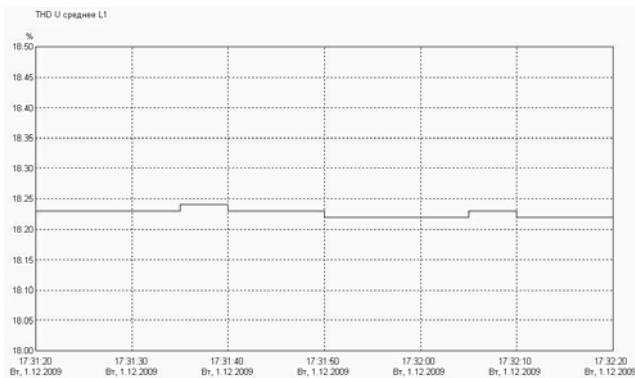


Рис.3. Кривая изменения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения (отчет Memobox 300 Smart)

Как следует из отчета (рис.3), усреднённое значение коэффициента искажения синусоидальности составило 18,23%. Таким образом, погрешность измерений составила 0,11%.

Значения коэффициентов n-й гармонической составляющей, полученных Memobox 300 Smart и разработанным комплексом, также отличаются незначительно. Диапазоны их значений отражены в таблице.

1. Спектральный состав напряжения

| № гарм. | Данные Memobox 300 Smart | Данные комплекса |
|---------|--------------------------|------------------|
| 3 | 8.31...8.38 | 8.35...8.49 |
| 5 | 5.96...6.13 | 6...6.2 |
| 7 | 1.45...1.49 | 1.45...1.55 |
| 9 | 5.52...5.56 | 5.59...5.69 |
| 11 | 7.6...7.65 | 7.58...7.7 |
| 13 | 4.34...4.44 | 4.35...4.4 |
| 15 | 1.57...1.6 | 1.52...1.59 |
| 17 | 5.43...5.49 | 5.39...5.48 |
| 19 | 5.13...5.18 | 5.15...5.23 |
| 21 | 1.57...1.6 | 1.5...1.6 |
| 23 | 2.25...2.31 | 2.26...2.35 |

| | | |
|----|-------------|-------------|
| 25 | 3.53...3.56 | 3.62...3.71 |
| 27 | 2.07...2.08 | 2.08...2.09 |
| 29 | 0.45...0.47 | 0.4...0.43 |
| 31 | 1.36...1.39 | 1.37...1.39 |
| 33 | 0.77...0.79 | 0.77...0.82 |

Гистограмма коэффициентов n-й гармонической составляющей на 24 секунде обработки сигнала, полученных с помощью разработанного комплекса, приведена на рис.4.

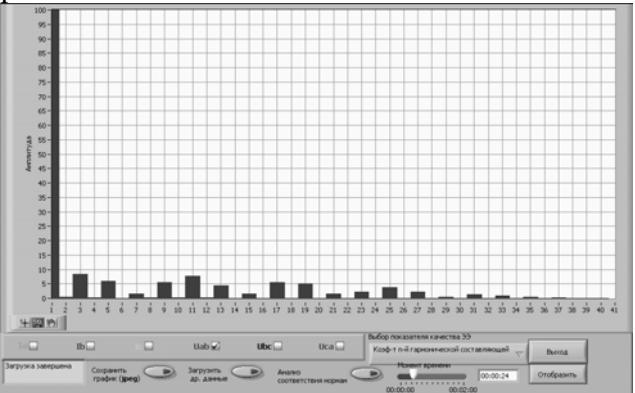


Рис.4. Гистограмма n-й гармонической составляющей напряжения

Таким образом, разработанный и усовершенствованный аппаратно-программный комплекс при относительно небольших материальных затратах на сборку, является гибким, легко расширяемым и предоставляет широкие возможности экспериментальных исследований установившихся и переходных режимов, а также оценки показателей КЭ.

Список использованной литературы

Бесараб А.Н. Измерительная система для экспериментальных исследований переходных режимов электродвигателей / Бесараб А.Н., Кузнецов Ю.В //Електромашино-буд. та електрообладн.– К.: Техніка, 2007, № 68.– С. 30-33.

Получено 27.09.2009



Бесараб
Александр Николаевич
к.т.н., доцент, зав. каф.
электроснабжения
Одесск.национальн.
политехн.ун-та
тел.: 734-85-67
e-mail: al_besarab@ukr.net



Соколов
Ярослав Александрович
магистр кафедры
электроснабжения
Одесск.национальн.
политехн.ун-та
e-mail: Ainkurn@bk.ru