

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОГРЕШНОСТЕЙ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ**

A.ACET

E.mail. ksucta@elcat.kg

Бул макалада жогорку чыңалуудагы объектердин тетиктерин жөндөөнүн кигизүү жолдору, электроэнергиянын эсептөөлөрүнүн чыныгы талдоосундагы электрондук жана микропроцессордук эсептегичтердин ортосундагы айырмачылыгы көрсөтүлгөн. Турмуш секторундагы электр энергиясынын эсебинин каталарын эсептоо методдору көрсөтүлгөн.

В этой статье приведены анализ расчетов электроэнергии, разница между электронными и микропроцессорными счетчиками, пути внедрения устройств регулирования высоких мощностей объекта, их установка по приведенным значениям на подстанциях электроснабжения и оптимизация. Рассмотрены методы расчета погрешности учета электроэнергии в бытовом секторе.

The object of investigation in this article is the calculation of power for electric meter microprocessors, stating the difference between them, regulation of high power level of input lines of a unit, and determined value of electro supply at remote electric power substations. It considers domestic household bills for electric power error calculation when computing electric power

Для проведения данных исследований необходим комплекс технических и программных средств с набором функций, позволяющим /4/:

- проводить исследование искажений форм функций напряжения и тока в действующих электроустановках;
- генерировать сигналы тока и напряжения заданной форм для цепей учета;
- используя программные средства, производить анализ снятых осциллограмм, проводить разработку виртуальных моделей, осуществлять статистическую обработку данных и т.п.

В настоящее время существует большой выбор отечественных и зарубежных разработок, которые можно использовать при вышеуказанных исследованиях: зарубежные — технические и программные средства компании NATIONAL INSTRUMENTS – цифровые осциллографы, электротехнические лаборатории и др.

Но все вышеуказанные устройства не обладают необходимой функциональностью, да и зачастую очень дороги. Поэтому для проведения исследования проблемы по теме диссертации был разработан стенд для исследования погрешностей приборов учета электроэнергии Метро-ЭЭ.

Стенд Метро-ЭЭ предназначен для:

- исследования несинусоидальных режимов работы различных электропотребителей;
- анализа сигналов цепей учета с построением виртуальных моделей электропотребителей;
- моделирования сигналов в цепях учета электрической энергии;
- статистических исследований сигналов в цепях учета на действующих энергообъектах;
- анализа полученных данных методами математической статистики.

Функциональная схема стенда для исследования погрешностей учета электроэнергии представлена на рис. 1. Она состоит из блока исследования реального объекта, блока формирования сигналов и учета электрической энергии и блока управления.

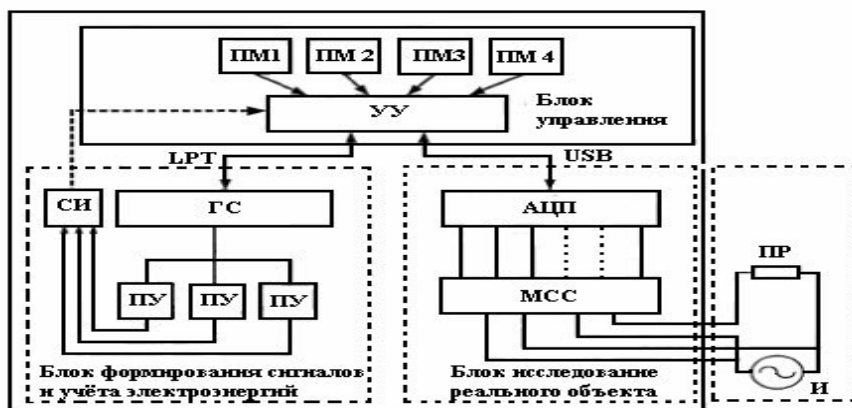


Рис. 1. Функциональная схема стенда для исследования погрешностей приборов учета электрической энергии Метро-ЭЭ

Блок исследования реального объекта содержит модуль согласования сигналов МСС и плату АЦП. Модуль МСС предназначен для преобразования и согласования сигналов тока, потребляемого

приемником электрической энергии ПР и напряжения источника И реального объекта с входными параметрами аналого-цифрового преобразователя АЦП. Плата АЦП осуществляет преобразование входных аналоговых сигналов в цифровой код, который через интерфейс поступает на управляющее устройство УУ блока управления.

Блок управления с управляющим устройством УУ представляет собой персональный компьютер с установленными программными модулями ПМ1, ПМ2, ПМ3, ПМ4. Управляющее устройство обрабатывает данные с АЦП, осуществляет анализ и выработывает управляющий сигнал для генератора сигналов ГС блока формирования сигналов учета электроэнергии.

Блок формирования сигналов и учета электроэнергии состоит из генератора тока и напряжения ГС, приборов учета ПУ и счетчиков импульсов СИ. ГС формирует сигналы тока и напряжения с заданными параметрами (необходимыми величинами тока и напряжения, их гармоническим составом, фазой каждой гармоники). В цепь ГС включены приборы учета ПУ, они производят учет электрической энергии, импульсные выходы счетчиков подключены к счетчику импульсов СИ, показания с него снимаются оператором и заносятся в персональный компьютер для дальнейшей обработки.

В модуле согласования входных сигналов (МСС) для цепей напряжения имеется резистивный делитель, позволяющий измерять входные напряжения до 500 В (рис. 2). Для токовых цепей применены резистивные измерительные шунты с возможностью измерения токов до 20 А (рис. 3) /6/.

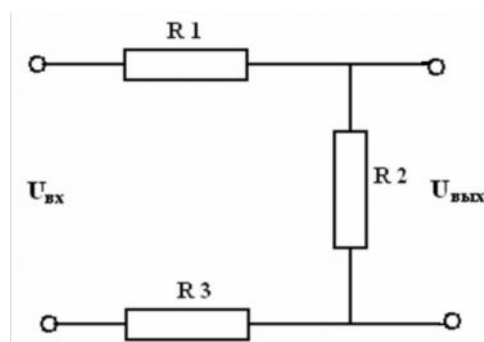


Рис.2.Схема делителя напряжения

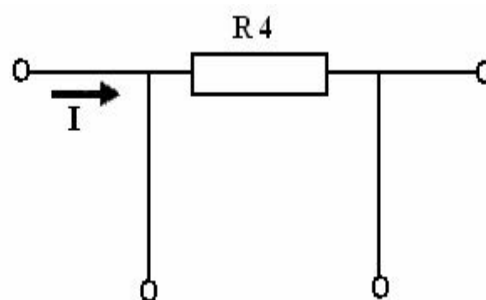


Рис.3.Схема измерительного шунта

Для делителя напряжения (рис. 2):

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad (1)$$

$$R_1=R_3=510 \text{ кОм},$$

$$R_2=5,1 \text{ кОм}$$

Для измерительного шунта (рис. 3):

$$\Delta U = I_{\text{вх}} \cdot R_4; \quad (2)$$

$R_4=0,1 \text{ Ом}$ (до 20 А) или $0,5 \text{ Ом}$ (до 5А).

Применение данных схем обусловлено минимальными вносимыми ими искажениями формы сигналов /3/.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) плата ЛА-10USB предназначен для преобразования аналоговых сигналов в цифровой код. Модуль АЦП содержит таймер, кварцевый генератор, делитель частоты, блок запуска и синхронизации, интерфейс USB и аналого-цифровой канал (АЦК), состоящий из входного мультиплексора, инструментального усилителя, АЦП, буфера FIFO на 16 Кслов данных. Режим работы АЦК (однополюсный или дифференциальный) задается программно. С помощью программируемого усилителя можно задать входной диапазон устройства. Буфер FIFO позволяет выровнять скорость потоков чтения данных с АЦП и записи данных в ПК по шине USB. Количество опрашиваемых входных каналов программно настраивается от 1 до 16 дифференциальных или до 32 однополюсных каналов. Пропорционально количеству опрашиваемых каналов соответственно уменьшается частота дискретизации на канал.

В качестве генератора сигналов (ГС) используется устройство РЕТОМ-41М. Данное устройство управляется программными модулями, реализующие различные функции:

- ручное управление источниками тока и напряжения;
- генерирование несинусоидальных сигналов.

Три токовых канала и три канала напряжения с цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП) РЕТОМ-41М программно управляются управляющим устройством УУ блока управления через интерфейсный модуль-контроллер LPT. Функциональные возможности РЕТОМ-41М позволяют генерировать синусоидальные сигналы с заданными параметрами: U , I , φ , ψ , частотой от 0 до 500 Гц.

Так же возможно создание сигналов сложной формы, независимых для выхода и напряжения по формуле

$$a = \sum_{i=1}^{10} \sqrt{2A_i} \sin(\omega_i t + \varphi_i), \quad (3)$$

где a – выходной сигнал на канале тока или напряжения, A_i – величина i -го выходного параметра (действующее значение, задается для удобства), ω_i – циклическая частота i -го сигнала (задается для удобства в виде линейной частоты f), φ_i – начальный фазовый угол i -го сигнала (задается в градусах), t – текущее значение времени.

Схемное решение панели приборов учета ПУ позволяет реализовывать различные схемы учета: однофазная цепь, трехфазная трехпроводная цепь, трехфазная четырехпроводная цепь. Позволяет тестировать приборы учета прямого, полукосвенного и косвенного включения. На панели можно тестировать до 3 счетчиков электрической энергии.

В качестве управляющего устройства (УУ) применяется персональный компьютер. Для полевых испытаний применяется переносной ПК типа notebook. Требования, предъявляемые к управляющему устройству: тип процессора – Pentium IV, Celeron, AMD с тактовой частотой не ниже 166 МГц); ОЗУ не меньше 32 Мб; свободное место на винчестере не менее 1 Гб; операционная система Windows 2000/XP и отдельная установка MS-DOS; LPT, USB порты. Программные модули (ПМ1, ПМ2, ПМ3, ПМ4):

- пакет ПО платы сбора данных ЛА-10 USB;
- стандартный пакет ПО системы РЕТОМ-41М;
- пакеты прикладных программ MATHCAD-8, STATISTICA-6 /2,5/;
- пакет Microsoft Office 2000/XP.

Методика исследования характеристик электрической мощности, потребляемой реальным объектом.

Цель: исследование параметров, характеризующих приемник электрической энергии – спектральный состав потребляемого тока и питающего напряжения, начальные фазовые сдвиги гармонических составляющих, фазовый сдвиг функции тока относительно функции напряжения, содержание мощностей высших гармоник.

Напряжение U и ток I с объекта подаются на модуль согласования сигналов. При U до 450 В, I до 18 А возможно снятие сигналов с силовых цепей. Если данные параметры превышают указанные, то измерение осуществляется через измерительные трансформаторы тока и напряжения. Объектом исследования на данном этапе может быть любое присоединение действующей электроустановки или отдельный электропотребитель. С модуля МСС сигнал подается на модуль АЦП, где он преобразуется в четырнадцатиразрядный двоичный код и,

используя интерфейс USB, записывается в память компьютера в матричном виде. Запись идет в режиме реального времени для всех каналов. Средний размер файла – 40 кБ. Структура файла – формат текстового файла с расширением *txt*. Обработка результатов измерений, записанных в ПК, осуществляется в интегрированной среде символьной математической обработки информации MathCad. Для этого применяются функции импорта структурированного файла в рабочее поле вышеназванных пакетов, средствами которых производится обработка матрицы данных. В основе лежит следующий алгоритм (рис. 4) /1/.

Процентное содержание k -той гармоники по отношению к основной для тока и напряжения определяется:

$$X_{kI} = \frac{I_k}{I_1} \cdot 100 \% \quad (4)$$

$$X_{kU} = \frac{U_k}{U_1} \cdot 100\%$$

где I_k , U_k – действующее значение k -ой гармонической составляющей тока напряжения, I_1 , U_1 – действующее значение первой гармоники тока или напряжения.

При необходимости, программное обеспечение модуля сбора данных АЦП позволяет вести продолжительную запись параметров электрической цепи по 16 дифференцированным каналам, размер файла в этом случае зависит от общего времени записи и составляет ориентировочно 1 Мб за 20 секунд. Данный режим используется для исследования динамики изменения искажений сигналов.

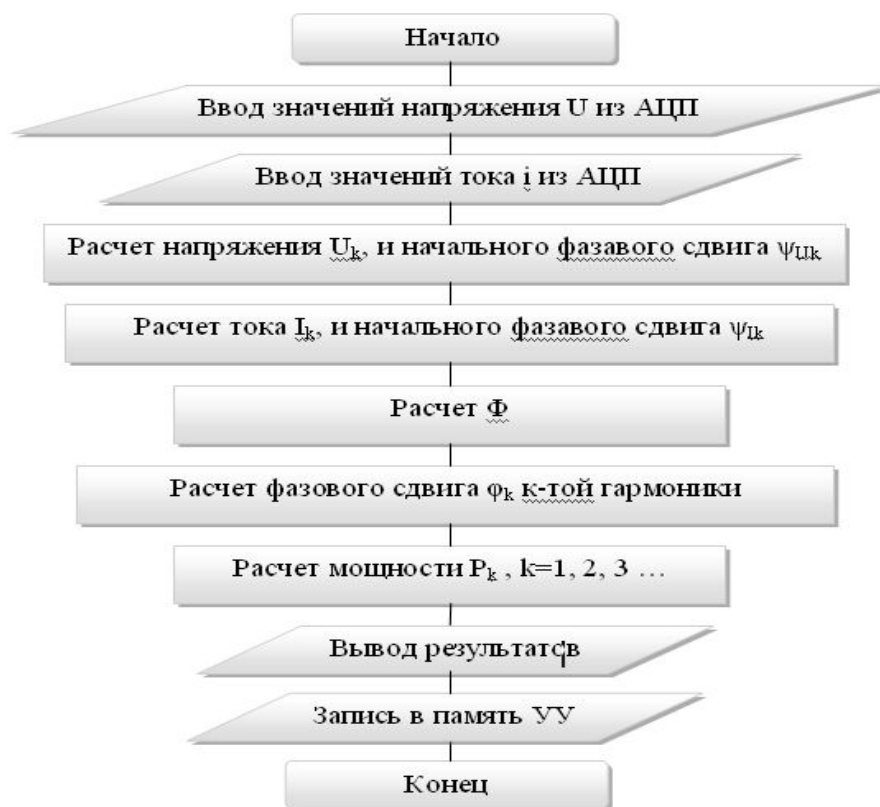


Рис. 4. Алгоритм обработки сигналов тока и напряжения на стенде Метро-ЭЭ

В программном модуле стенда Метро-ЭЭ оператор ПК формирует заданные величины токов I_k и напряжений U_k из необходимого набора k гармонических составляющих, с учетом начальной фазы ψ_k каждой гармоники и угла сдвига Φ между током и напряжением. Задание осуществляется в соответствии с библиотекой этих величин, полученных в ходе исследования системы электроснабжения, питающей разнородную нагрузку.

ПК через интерфейс LPT передает на генератор сигналов цифровой код режимов работы по действующим значениям U , I , ψ каждой гармоники. В соответствии с поступившей командой генератор формирует аналоговые сигналы тока и напряжения в соответствии с заданными параметрами и подает его на приборы учета.

Приборы учета – счетчики электрической энергии различного принципа действия и конструкций – осуществляют учет поданной энергии по циклам, длительность которых составляет 400 с. Количество циклов определяется методикой испытаний счетчиков. С импульсного выхода приборов учета сигналы поступают на счетчик импульсов.

Для получения импульсов, пропорциональных оборотам диска индукционного счетчика, было предложено следующее решение:

- На диск счетчика радиально были нанесены темные чередующиеся полосы.
- Разработана схема оптического ключа, светодатчик которого устанавливается в

индукционном счетчике.

- При движении диска на светодатчик попадает отраженный свет от диска с частотой, пропорциональной вращению. Этот сигнал усиливался и поступал на счетчик импульсов.

После окончания измерений показания счетчиков импульсов снимаются и заносятся в ПК в рабочую область программного модуля обработки показаний. (Mathcad или MS Excel).

Перед каждой серией экспериментов в обязательном порядке проводится определение передаточного коэффициента импульсного выхода счетчиков N по методике. Энергия, учтенная счетчиком при проведении экспериментальных исследований, определялась

$$W_{сч} = \frac{n}{N}, \quad (5)$$

где n – число импульсов счетчика за время t , N – передаточный коэффициент счетчика, имп/кВт·ч.

Относительная погрешность счетчика, вызванная воздействием несинусоидальных сигналов, определяется:

$$\delta = \frac{W - W_{сч}}{W} \cdot 100\% \quad (6)$$

где W – фактическая энергия, выданная генератором сигналов.

Значение фактической энергии, выданной генератором сигналов, выраженное в кВт·ч,

$$W = P \cdot \frac{t}{3,6 \times 10^6}; \quad (7)$$

где P – мощность несинусоидального сигнала, t – время проведения опыта, с.

Список литературы

1. Автоматизация систем электроснабжения: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Н.Д. Сухопрудского. – М.: Транспорт, 1990. – 359 с.
2. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
3. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи. – М.: Транспорт, 1999. – 192 с.
4. Ванин Г.Я., Иванов В.Б. Расчет несинусоидальности и несимметрии тока и напряжения методом статистического моделирования на ЦВМ// Промышленная энергетика. – 1988. – № 4. – С. 35-36.

5. Дьяконов В. МАТНСАД 2000: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2000. – 592 с.
6. Электротехника и электроника: Учебник для вузов. – В 3-х кн. Кн.3. Электрические измерения и основы электроники /Г.П Гаев, В.Г. Герасимов, О.М Князьков и др.: Под ред. Проф. В.Г Герасимова – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 432 с.