ЧИСТЕНКОВА А.Н., БАЛЬЗАМОВ А.Ю.

АНАЛИЗАТОР ПАРАМЕТРОВ ОДНОФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Аннотация. В статье рассматривается построение прибора для измерения основных параметров однофазной сети переменного тока: действующих значений напряжения и тока, частоты сети, активной, реактивной, полной мощности и коэффициента мощности. Важнейшие узлы разработанного прибора – датчики тока и напряжения, микросхема прецизионного электросчетчика ADE7753, микроконтроллер ATtiny2313 и жидкокристаллический индикатор MT–20S4M.

Ключевые слова: коэффициент мощности, потери электроэнергии, датчики напряжения и тока, электросчетчик, микроконтроллер.

CHISTENKOVA A.N., BALZAMOV A.YU.

ANALYZER OF SINGLE-PHASE ELECTRICAL CIRCUIT PARAMETERS

Abstract. The article considers the construction of a device for measuring AC single-phase major parameters: effective values of voltage and current; power frequency; active, reactive, total power; power factor. The key parts of the developed device are the following: current and voltage sensors, chip precision meter ADE7753, microcontroller ATtiny2313, and liquid crystal display MT-20S4M.

Key words: power factor, loss of electric power, voltage and current sensors, the meter, the microcontroller.

Рыночные условия нашей страны ставят вопрос об экономном использовании всех видов энергии, в том числе и электрической. Для любого развивающегося предприятия возникает необходимость точного измерения параметров энергопотребления и его прогнозирование. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения определяет ГОСТ 13109-97, который указывает допустимые отклонения от номинальных значений напряжений, частоты, нелинейных искажений и других показателей. Предприятия связи, производители аппаратуры связи и электропитающих устройств для связи руководствуются ГОСТ 5237-83.

На практике фактические значения показателей качества электроэнергии отличаются от нормированных. Напряжение снижается от номинального на 10-25% или превышает номинальное на 10-17%, частота снижается до 49,3 Гц, нелинейные искажения достигают 18%, особенно при питании от дизель-генераторов. Завышение напряжения приводит к переплате за потребленную лишнюю электроэнергию: при Uсети=(1,1 - 1,17)Uном переплата составляет 21-29%. Номинальное эффективное значение напряжения при

несинусоидальности его формы обеспечивается за счет завышения амплитуды, к чему чувствительны современные устройства вторичного питания. Электроэнергия – тоже товар и потребитель вправе требовать его качества, не платить за навязываемые излишки. Для того чтобы знать качество этого товара, его показатели нужно контролировать.

В последнее время наблюдается переход от традиционных средств учета и измерения (счетчики электроэнергии, ваттметры, варметры, амперметры, вольтметры и т. д.) к многофункциональным квантующим средствам измерений, способным одновременно и в реальном масштабе времени анализировать десятки электрических величин и параметров энергетических сетей, характеризующих процессы производства, распределения и потребления электрической энергии. С учетом поставленных проблем, вашему вниманию представлена разработка анализатора однофазной сети – портативного многофункционального цифрового прибора для измерения и расчета основных параметров однофазной сети переменного тока: действующих значений напряжения и тока, частоты сети, активной, реактивной и полной мощности и коэффициента мощности.

Основные технические характеристики прибора:

- номинальная частота сети 50 ± 2,5 Гц;
- номинальное действующее напряжение 220 В;
- номинальный действующий ток 5 А;
- максимальное действующее напряжение 253 В;
- максимальный действующий ток 30 А;
- диапазон измерения полной мощности от 0 до 7590 ВА;
- диапазон измерения коэффициента мощности от 0 до 1;
- основная приведенная погрешность не более 3 %.

Важным требованием является отсутствие необходимости в специальной подготовке персонала для работы с прибором, обеспечение максимального удобства при измерениях.

Структурная схема прибора изображена на рисунке 1.

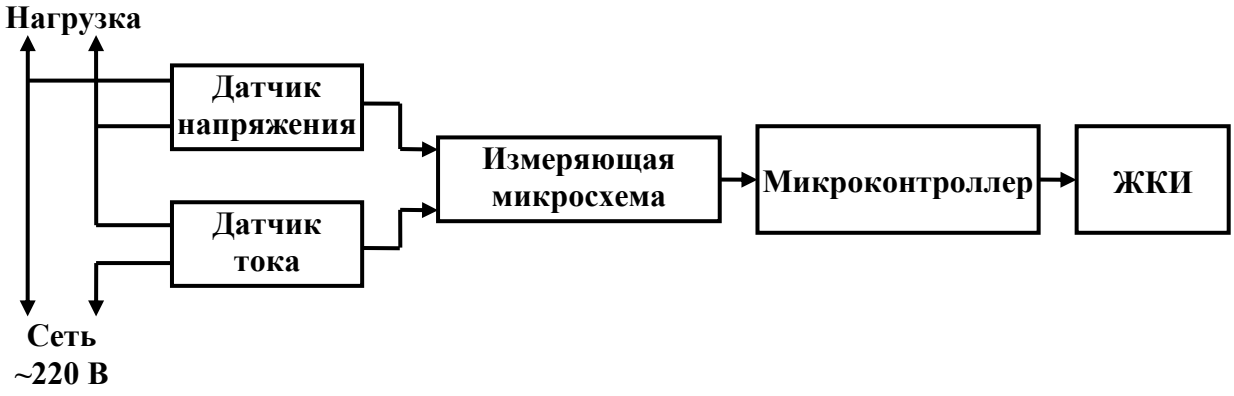

Рис.1. Структурная схема анализатора однофазной сети

Основные узлы разработанного прибора – датчики тока и напряжения, измеряющая микросхема, микроконтроллер и жидкокристаллический индикатор.

В основу измерительной части прибора выбрана интегральная микросхема ADE7753 фирмы Analog Devices [1] – прецизионный электросчетчик с последовательным интерфейсом и импульсным выходом. ADE7753 содержит два сигма-дельта АЦП второго порядка, ИОН, температурный датчик и все схемы обработки сигналов, необходимые для измерения активной/реактивной/допустимой мощности и пикового значения напряжения и тока. Все полученные значения сохраняются во внутренних регистрах микросхемы. ADE7753 может работать с различными типами датчиков тока, включая низкоомные шунты и трансформаторы тока. Кроме того, встроенный цифровой интегратор позволяет работать с дифференцирующими токовыми датчиками типа катушек индуктивности Роговского. Этот непосредственный интерфейс устраняет необходимость применения аналогового интегратора, позволяя обеспечить долгосрочную стабильность параметров и точное согласование фазы между каналами измерения напряжения и тока. В зависимости от типа используемого токового датчика интегратор может быть подключен или отключен. На основе данных, полученных от измеряющей микросхемы, можно рассчитывать коэффициент мощности и производить анализ энергетических процессов, происходящих в сети.

За все вычислительные операции отвечает AVR-микроконтроллер ATtiny2313 фирмы Atmel [2]. ATtiny2313 является 8-разрядным CMOS микроконтроллером с низким энергопотреблением, основанным на усовершенствованной AVR RISC архитектуре. Благодаря выполнению высокопроизводительных инструкций за один период тактового сигнала, ATtiny2313 достигает производительности, приближающейся к уровню 1 MIPS на МГц, и обеспечивает разработчику возможность оптимизировать уровень энергопотребления в соответствии с необходимой вычислительной производительностью.

ATtiny2313 имеет 2 Кбайт Flash-памяти программ с поддержкой внутрисистемного программирования, 32 рабочих регистра общего назначения, 128 байт статического ОЗУ, 128 байт EEPROM, 15 линий I/O общего назначения, универсальные таймеры/счетчики с режимами сравнения, внутренние и внешние прерывания, программируемый UART последовательного типа, программируемый следящий таймер с встроенным тактовым генератором и программируемый последовательный порт SPI для загрузки программ в Flash память, а также два программно-выбираемых режима экономии энергопотребления.

В качестве индикатора для отображения информации был выбран четырехстрочный цифробуквенный жидкокристаллический модуль МТ–20S4M российской фирмы МЭЛТ, состоящий из БИС контроллера управления и ЖК-панели [3].

Сигналы, пропорциональные значениям напряжения и тока в сети, поступают через датчики тока и напряжения на входы микросхемы-преобразователя ADE7753. После оцифровки все дальнейшие преобразования сигнала, такие как перемножение и фильтрация, происходят с сигналом в цифровом виде. Такой подход обеспечивает высокую стабильность и точность при предельных значениях параметров окружающей среды в течение длительного времени. Микроконтроллер читает содержимое внутренних регистров микросхемы ADE7753 по SPI-интерфейсу и обрабатывает полученную информацию для получения значений семи основных параметров электроэнергии, которые выводятся на жидкокристаллический индикатор.

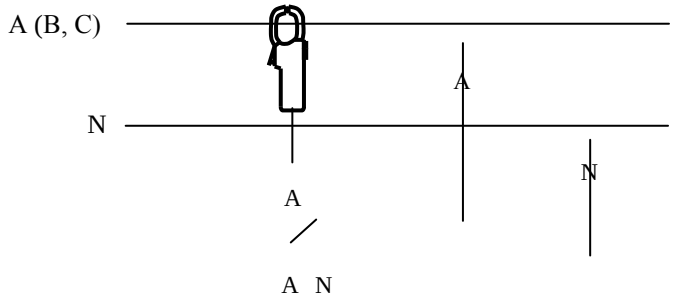

Рис. 2. Схема подключения прибора к однофазной электрической сети

В качестве датчика выбраны токоизмерительные клещи КЭИ-м, которые предназначены для измерения постоянного, переменного и импульсного токов без разрыва силовой цепи. Представляют собой накидной датчик, работающий с внешним источником питания. Состоят из корпуса, разъемного магнитопровода, в зазоре которого закреплен специальный датчик Холла, печатной платы с электронной схемой обработки сигнала [4]. В качестве датчика переменного напряжения выбран датчик ДНТ-02 – это измерительный преобразователь напряжения, предназначенный для измерения переменного напряжения с гальванической развязкой силовой цепи и цепей контроля [5].

Измеритель выводит на ЖК-индикатор значения измеряемых параметров с периодичностью в 1 секунду. Этот временной интервал получаем путем соответствующей настройки внутренних прерываний от таймера/счетчика микроконтроллера. При проведении измерений с помощью токоизмерительных клещей и измерительных щупов (рис. 2) на ЖКИ выводятся все семь параметров сети. Расположение информации на индикаторе представлено на рисунке 3.

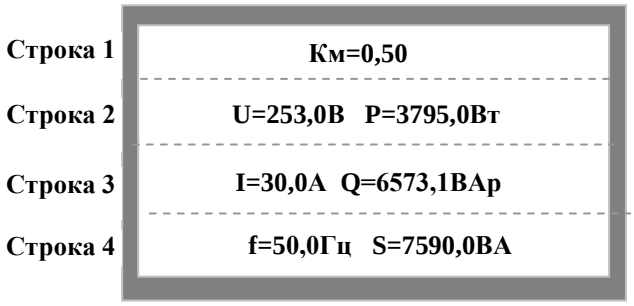

Рис. 3. Расположение информации на ЖКИ

При запуске прибора выполняются команды инициализации, обеспечивающие необходимую начальную настройку всех его узлов. Далее в цикле выполняются действия по определению параметров сети. В начале цикла происходит вычисление действующего значения напряжения U. Для этого микроконтроллер обращается к 24-разрядному регистру VRMS микросхемы ADE7753. Если содержимое этого регистра равно 0, то это говорит о том, что измерительные щупы не подключены к сети или отсутствует напряжение и что возможно вычисление только тока, если подключены клещи. Если содержимое регистра отлично от 0, то это содержимое записывается в три временных регистра. Далее содержимое временных регистров умножается на коэффициент 0,000183, что необходимо для перевода напряжения в вольты. Затем получившееся значение переводится в двоично-десятичный код и сохраняется в ОЗУ микроконтроллера.

Аналогичным образом находятся действующее значение тока I, активная мощность P, частота сети f и реактивная мощность Q. Затем находится полная мощность S, для чего извлекаются из ОЗУ сохраненные значения U и I и перемножаются между собой. Получившееся значение переводится в двоично-десятичный код и сохраняется в ОЗУ.

Последним находится коэффициент мощности. Из ОЗУ извлекаются сохраненные значения P и S, P делится на S, получившееся значение переводится в двоично-десятичный код и выводится на ЖКИ. Следом выводятся значения U, P, I, Q, f, S.

Область применения разработанного однофазного измерителя коэффициента мощности - энергоаудит, монтажные и пусконаладочные работы, оценка качества потребляемой электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Analog_Devices/system/powermetering/ADE7753.htm
2. http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/attiny2313.htm
3. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=4092
4. http://mirmsk.ru/kei-m_tokovye_kleschi-_probniki
5. http://24sells.ru/c499-179121.html