

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.J.

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 $U_{сети} = (1,1 - 1,17)U_{ном}$ 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 $50 \pm 2,5$ 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.

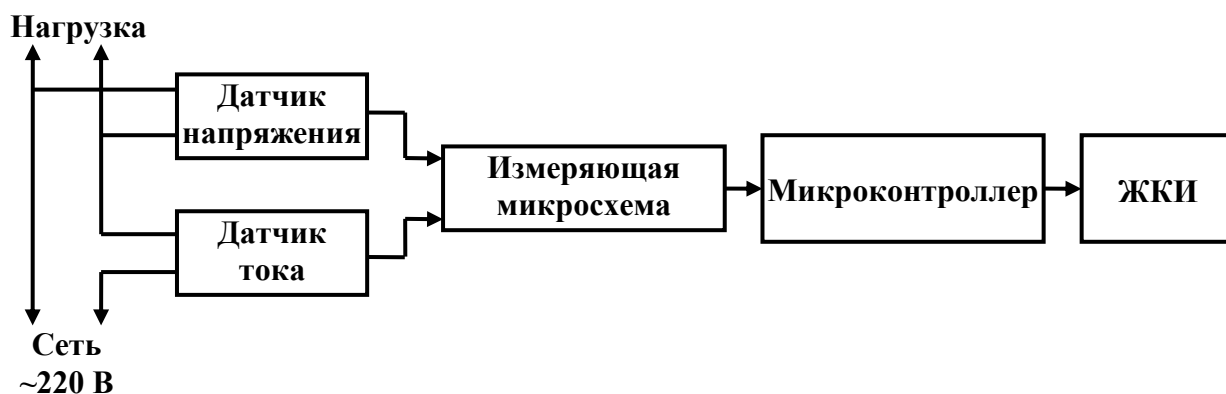


Рис.1. Структурная схема анализатора однофазной сети

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-20S4М 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.

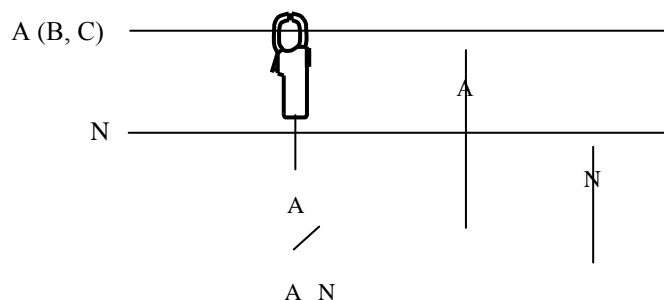


Рис. 2. Схема подключения прибора к однофазной электрической сети

В качестве датчика выбраны токоизмерительные клещи КЭИ-м, которые предназначены для измерения постоянного, переменного и импульсного токов без разрыва силовой цепи. Представляют собой накладной 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.

Строка 1	$K_m=0,50$
Строка 2	$U=253,0В \quad P=3795,0Вт$
Строка 3	$I=30,0А \quad Q=6573,1ВАр$
Строка 4	$f=50,0Гц \quad S=7590,0ВА$

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>