

УДК 620.9

**О.А. Билоус, И.Г. Друзьякин, И.В. Мигунова**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЮГО-КАМСКОГО УЧАСТКА КУЛТАЕВСКОГО РАЙОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Предлагается проект комплексной системы учета электроэнергии на основе технологии *SmartMetering*, перечислены требования к работе этой системы, рассмотрены структура и иерархия автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета энергоресурсов (АИИС КУЭ) с описанием обработки информации на каждом уровне. Произведен анализ потребления электрической энергии в распределительной сети Юго-Камского участка Култаевского РЭС производственного отделения «Центральные электрические сети» ОАО «МРСК Урала» – «Пермэнерго» и проработан вопрос решения проблемы энергоэффективности и энергосбережения. Осуществлен выбор оборудования фирмы «ИНКОТЕКС». Приведены функциональная схема АИИС КУЭ, алгоритм работы системы. Разработана схема внедрения комплексной системы учета электроэнергии на основе приборов учета электрической энергии «Меркурий». Проведены расчеты метрологических характеристик системы, погрешностей каждого компонента и всего измерительного канала системы.

**Ключевые слова:** комплексная система учета электроэнергии, устройство сбора и передачи данных (УСПД), измерительно-информационные комплексы (ИИК), информационно-вычислительные комплексы электроустановок (ИВКЭ), автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета энергоресурсов (АИИС КУЭ), погрешность измерительного канала.

**O.A. Bilous, I.G. Druzyakin, I.V. Migunova**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## **DEVELOPMENT OF AUTOMATED INFORMATION MEASURING ENERGY RESOURCES' COMMERCIAL METERING SYSTEM OF KULTAEVSKY AREA ELECTRIC NETWORK'S YUGO-KAMSKY DISTRICT**

A complex electricity metering accounting system's draft, based on technology *SmartMetering* is offered, system's operation requirements are outlined, automated information-measuring energy resources' commercial metering system's (AIM ERCMS) structure and hierarchy is examined, describing

the information processing at each level. Kul'taevsky RES Central electrical networks production department of "IDGC of Urals" – "Permenergo" JSC's Yugo-Kamsky area distribution network's electricity consumption analysis was carried out and was worked to solve the problem of energy efficiency and energy saving. Equipment selection was done of INCOTEX firm. The functional diagram AIM ERCMS and the system's algorithm are shown. Implementing an integrated metering system's scheme on the basis of electricity meters "Mercury" was developed. System's metrological characteristics calculation was done, each component's and the system's entire measuring channel calculation errors were done.

**Keywords:** complex energy metering system, a device for collecting and transmitting data (DCTD), measuring and information systems (MIS), data-processing complexes of electrical installation (DPCEI), automated information measuring energy resources' commercial metering system (AIM ERCMS), measuring channel's errors.

Для реализации программы развития систем коммерческого учета электроэнергии предлагается внедрить автоматизированную информационно-измерительную систему коммерческого учета энергоресурсов (АИИС КУЭ). В состав объектов автоматизации АИИС КУЭ Юго-Камского участка Култаевского РЭС входят трансформаторные подстанции 6(10)/0,4 кВ, воздушные и кабельные линии, жилые многоквартирные дома, частный, мелкомоторный и бытовой сектор. На Юго-Камский участок приходится 4,4 % бытовых потребителей, т.е. 4135 точек учета из 93 258, находящихся в зоне ответственности ПО ЦЭС, и 3 % мелкомоторных, т.е. 249 точек учета из 7845. В зону обслуживания Юго-Камского участка входят 110 трансформаторных подстанций суммарной мощностью 19,56 МВА, 99 км линий 0,4 кВ и 147 км линий 6–10 кВ. Годовой отпуск электроэнергии в сеть по Юго-Камскому участку составил за 2011 г. 19,162 млн кВт·ч. Общие потери электроэнергии составили за 2011 г. 11,5 млн кВт·ч. (в том числе потери на бездоговорное потребление – 0,3 млн кВт·ч).

Организация простого сбора данных по учету электроэнергии за месяц позволяет решить лишь задачу учета за расчетный период и не раскрывает характера потребления, не дает возможности построения точного графика потребления, например в течение суток, ограничивает возможности по оптимизации работы технологического и бытового оборудования. При локальном учете электроэнергии возникают сложности при расчетах и выборе правильных режимов работы с эффективным использованием всех энергоресурсов, задействованных в технологическом процессе сфер производства и потребления, отсутствует возможность планирования [1].

Решением вышеперечисленных проблем является создание системы так называемого «умного» учета, который подразумевает установку у потребителей интеллектуальных счетчиков с возможностью

дистанционного считывания показаний о потреблении ресурсов и их качестве с возможностью удаленного управления нагрузкой. Сбор данных осуществляется в единый Центр сбора и обработки данных ЦСОД, где интегрируется с биллинговыми и смежными системами. Автоматизация учета с применением современных технологий является основополагающей в идее «умного» учета. Важнейшим элементом системы интеллектуального учета является специализированное программное обеспечение верхнего уровня, позволяющее реализовать всю multifunctionality системы [6–8].

С внедрением комплексной системы учета электроэнергии снизятся потери электроэнергии и операционных затрат сетевой компании, будет происходить стимулирование использования энергосберегающих технологий как на бытовом уровне, так и на промышленном.

Комплексная система учета электроэнергии передает и принимает: показания всех типов электрической энергии, в том числе и по тарифам; параметры конфигурации устройства сбора и передачи данных (УСПД); сбои работы счетчиков, УСПД каналов связи; журнал замен счетчиков; данные показаний, интервальных мощностей (расходов), событий любого элемента из расчетных счетчиков.

Система обеспечивает: хранение данных в базе в течение нескольких лет с ежесуточным резервированием на внешних носителях информации; снятие показаний со всех контролируемых измерительно-информационных комплексов (ИИК) электрической энергии на единый момент времени, сопровождаемый меткой времени; диагностику функционирования технических и программных средств; конфигурирование и настройку параметров выполнения измерений и иных действий; ведение системы единого времени, выработку текущего времени с погрешностью не более 5 с в сутки как при наличии внешнего питания, так и при полном обесточивании устройства (на период не менее одного месяца); автоматическое предоставление результатов измерений биллинговым системам розничного рынка, а также субъектам оперативно-диспетчерского управления (при наличии соответствующих условий в договорах или соглашениях); измерение следующих показателей качества электрической энергии: действующее значение напряжения, частота, длительность провала напряжения, глубина провала напряжения, длительность перенапряжения; вычисление всех необходимых показателей энергопотребления, возможность изменения

в процессе работы состава и количества учитываемых параметров, а также механизмов их вычислений; формирование балансов присоединений и шин центров питания на уровне ИВК. Предусмотрена возможность автоматически и вручную сравнить (с возможностью частично или полностью выключить эту функцию) данные о замене, параметрах, сбоях счетчиков, которые принадлежат АИИС КУЭ, с возможностью генерации сообщения ответственным лицам о несопадении указанных данных. Несовпадающие данные счетчиков сохраняются в базе данных АИИС КУЭ для просмотра и анализа. В системе возможно программно установить и впоследствии изменять для каждого счетчика сценарий передачи данных. Система обеспечивает возможности отключения, включения, ограничения предельной мощности нагрузки потребителей, при этом система должна быть адаптирована для удобства массового управления группами счетчиков. Система позволяет подключение к ней пользователей с ограниченными правами просмотра удаленно (из любой точки, включая низкоскоростные каналы связи), а также обеспечивает защиту данных от фальсификации данных и несанкционированного вмешательства [2–5].

Структура и иерархия АИИС КУЭ соответствуют современной структуре управления в электроэнергетике и включают в себя 3 уровня:

1-й уровень – измерительно-информационные комплексы (ИИК). В их состав входят счетчики электрической энергии, вторичные измерительные цепи, измерительные трансформаторы тока.

2-й уровень – информационно-вычислительные комплексы электроустановок (ИВКЭ). В их состав входят устройства сбора и передачи данных, контроллеры, концентраторы, маршрутизаторы.

3-й уровень – информационно-вычислительный комплекс (ИВК).

Структурная схема АИИС КУЭ приведена на рис. 1. На уровне ИИК происходит первичный сбор информации по точке учета. На данном уровне информация о потребленной электрической энергии сохраняется в приборе учета для ее дальнейшей передачи на уровень ИВКЭ.

На уровне ИВКЭ (концентратор, УСПД) происходят сбор первичной информации по средствам канала *PLC*, ее обработка и дальнейшая передача посредством каналов связи (*Ethernet*, *GSM*).

На уровне ИВК с заданной дискретностью автоматически происходит сбор измеренных и вычисленных счетчиком данных, привязанных к единому времени в системе, путем опроса ИВКЭ

посредством канала связи, обеспеченного соединением с модемом ИВКЭ. Полученные данные должны проверяться на полноту и целостность, а затем архивироваться в базе данных ИВК. Программное обеспечение ИВК должно обеспечивать всем пользователям системы предоставление данных в визуальном (графическом и табличном) формате и формирование отчетных форм.

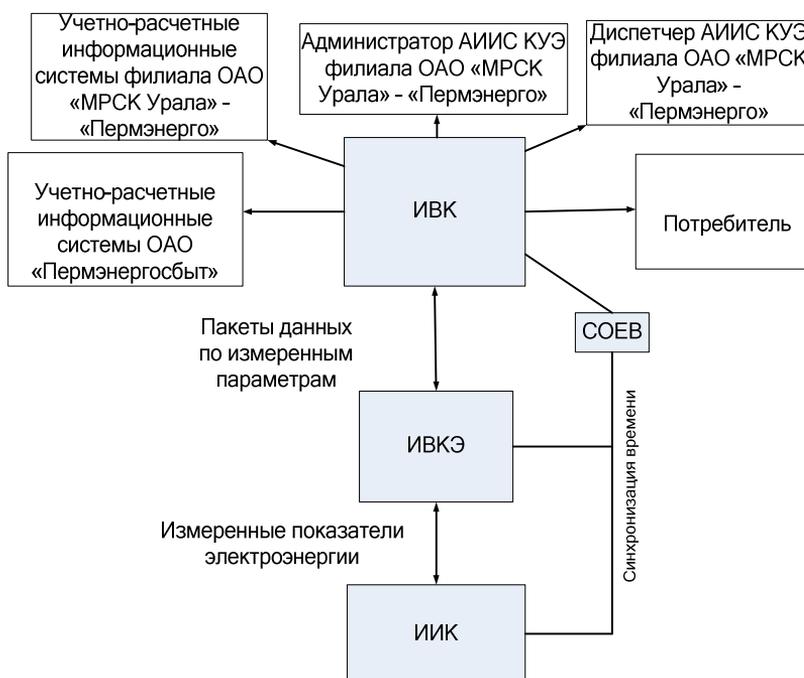


Рис. 1. Структурная схема АИИС КУЭ

Для обеспечения единства измерений в системе необходимо использование единого календарного времени, для поддержания которого предназначена система обеспечения единого времени (СОЕВ). СОЕВ охватывает все уровни АИИС КУЭ. Синхронизация источника осуществляется от сигналов спутниковых радионавигационных систем, что повышает точность определения времени и снижает зависимость от зарубежных навигационных систем.

При разработке комплексной системы учета электроэнергии было выбрано оборудование «Меркурий» (производитель ООО «Фирма ИНКОТЕКС»). Оборудование данного производителя отвечает всем вышеперечисленным требованиям по надежности, электромагнитной совместимости и защите от внешних воздействий. При сравнительном

анализе технической документации различных производителей установлено, что оборудование «Меркурий» имеет большую скорость передачи данных, высокую наработку на отказ, большой срок службы.

Информационно-измерительный комплекс (ИИК) состоит из счетчиков электрической энергии, вторичных измерительных цепей, измерительных трансформаторов тока.

Функциональная схема АИИС КУЭ представлена на рис. 2.

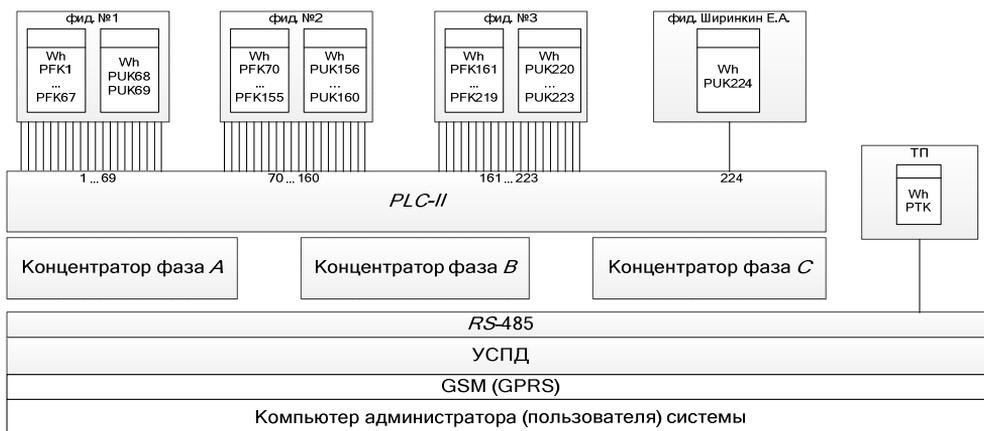


Рис. 2. Функциональная схема АИИС КУЭ

Информационный обмен со счетчиками «Меркурий-200.04» и «Меркурий-233 ART-01», установленными у абонентов, выполняет концентратор «Меркурий 225.2». Обмен производится на базе технологии PLC-II. В качестве физической среды передачи сигналов технология использует распределительные сети переменного тока 0,4 кВ, 50 Гц. Каждый счетчик со встроенным PLC-модемом имеет уникальный адрес, соответствующий заводскому номеру счетчика. Концентратор после включения начинает сканировать сеть, создавая из адресов счетчиков в памяти многоуровневую логическую топологию сети из «откликнувшихся» устройств (счетчиков).

Промежуточным узлом в этой сети выступает трехфазный счетчик «Меркурий 230 ART-03», установленный на вводе 0,4 кВ и выполняющий функции ретрансляции пакетов данных между концентратором и счетчиками «Меркурий-200.04» и «Меркурий-233 ART-01». После обнаружения узла сети ему посылаются запрограммированные в концентраторе пакеты запросов для чтения с него необходимой информации и команды синхронизации времени. Прочитанные данные

сохраняются в «почтовом ящике», созданном концентратором для каждого узла. Процедуры поиска новых узлов и опроса существующих выполняются концентратором в бесконечном цикле, что позволяет ему сохранять самую свежую информацию, прочитанную со счетчиков. Мгновенная скорость приема/передачи данных в каждой фазе силовой сети – 300 бит/с. Опрос производится постоянно в бесконечном цикле. В процессе сканирования адресного пространства концентратор создает и поддерживает в актуальном состоянии служебную базу данных с перечнем обнаруженных электросчетчиков и с указанием маршрутов доступа к ним. База данных хранится в энергонезависимой памяти концентратора и при отключении питания не теряется. В дальнейшем концентраторы периодически контролируют наличие узлов сети на прежнем месте, а также, если разрешено, сканируют «пустые» участки адресного пространства в попытках зафиксировать появление новых узлов.

При добавлении нового абонента или установке дополнительного счетчика на подстанции УСПД необходимо перепрограммировать удаленно или локально. При перепрограммировании информация по неизменяемой части счетчиков в УСПД не теряется. При каждом чтении УСПД синхронизирует время счетчиков и концентраторов, установленных на подстанции. УСПД и концентраторы также выполняют функции ретрансляции к счетчикам запросов данных и команд, полученных с уровня ИВК. Используя эти функции, можно установить режимы ограничения абонента, выполнить отключение или включение абонента.

Основной и резервный каналы связи между уровнями ИВКЭ и ИВК организованы посредством сети GSM (GPRS) по протоколу НТТР со статической адресацией со стороны SIM-карт. Основной канал организован с использованием модема, встроенного в УСПД. Для организации резервного канала в шкаф УСПД устанавливается сотовый модем SIEMENS MC-35i с блоком питания и антенной.

Скорость передачи данных по основному и резервному каналам связи – не менее 9600 бит/с.

В процессе функционирования системы в штатном режиме должен происходить информационный обмен между всеми компонентами ИВК.

Взаимодействие пользователей с системой будет осуществляться через веб-интерфейс, за формирование которого отвечает веб-сервер, который передает информацию пользователю посредством НТTPS-

протокола. Таким образом, любой пользователь системы, имея соответствующие права, с любого компьютера, имеющего связь с веб-сервером, с помощью интернет-браузера может просматривать собранную информацию, запрашивать данные с нижележащих устройств в реальном времени.

Схема подключения компонентов АИИС КУЭ «Меркурий» приведена на рис. 3 [9, 10].

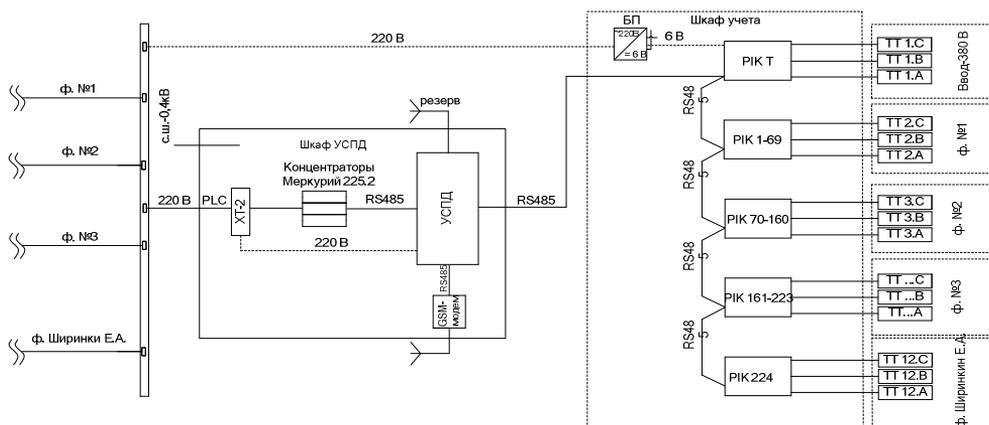


Рис. 3. Схема подключения оборудования АИИС КУЭ

Общий алгоритм работы комплексной системы учета электроэнергии приведен на рис. 4.

В штатном режиме работы чтение данных со счетчиков «Меркурий-200.04» и «Меркурий-233 ART-01», установленных у абонентов, производится по интерфейсу PLC концентраторами «Меркурий 225.2,» установленными на подстанции. Опрос счетчиков выполняется постоянно в бесконечном цикле, что позволяет иметь в концентраторе самую актуальную информацию. Чтение данных со счетчика «Меркурий-230», установленного на подстанции, выполняет УСПД «Меркурий-250» по интерфейсу RS-485 каждые 30 мин. Перечень считываемых со счетчика параметров (значений измеренной электроэнергии и мощности, показателей качества, журналов событий) программируется в концентраторе и УСПД. Счетчик проводит самодиагностику правильности работы и при выявлении причин, которые могут повлиять на его правильное функционирование, выдает коды ошибок или предупреждений [9].

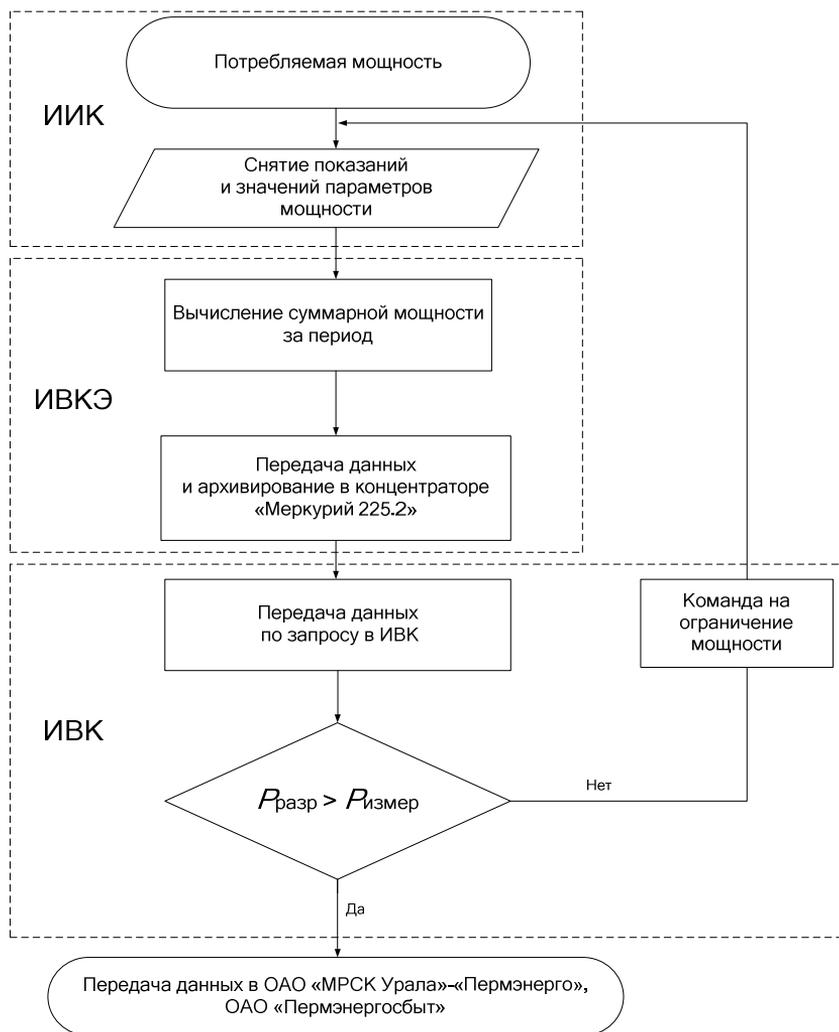


Рис. 4. Общий алгоритм работы АИИС КУЭ

В нештатном режиме работы считывание данных счетчиков может быть произведено непосредственно со счетчиков на персональный компьютер с помощью программ Counter для конфигурирования счетчиков «Меркурий 200» и «Конфигуратор счетчиков трехфазных «Меркурий» с использованием дополнительного оборудования: оптического адаптера – для чтения через оптопорт; IrDA-адаптера АСТ-IR220L и стандартного преобразователя USB-COM – для чтения через интерфейс IrDA; преобразователя «Меркурий 221» – для чтения через

RS-485. Счетчики «Меркурий 200.04» и «Меркурий-233 ART-01» оснащены встроенным реле для отключения нагрузки (потребителя).

В счетчиках предусмотрены три режима управления внешними устройствами включения/отключения нагрузки: режим нагрузка «отключена»; режим нагрузка «включена»; режим контроля за нагрузкой.

В зависимости от режима функционирования реле (режим программируется) нагрузка может быть отключена либо при превышении потребителем заданных порогов энергии или мощности, либо принудительно командой с уровня ИВК. Восстановление питания потребителя может быть произведено только автоматизированным способом по команде оператора с уровнем ИВК, ИВКЭ или при непосредственном подключении к счетчику.

Информационно-вычислительный комплекс АИИС КУЭ функционирует в автоматическом режиме и непрерывно выполняет сбор и обработку цифровой информации с уровня ИВКЭ. В ИВК АИИС КУЭ предусмотрены режим автоматического опроса в заданное время суток и режим опроса по требованию.

Кроме периодического сбора данных со счетчиков и концентраторов УСПД выполняет функцию ретрансляции пакетов данных между уровнями ИВК и ИИК.

Обращение ИВК к счетчику или концентратору выполняется через организацию виртуальных портов в УСПД и указанием со стороны ИВК по передаче пакета данных в этот порт. В пакете данных также указывается адрес устройства, которому передается пакет данных. Пакеты ответов от счетчиков или концентраторов ретранслируются на уровень ИВК в соответствии с созданным при поступлении запроса маршрутом.

Погрешности измерительных каналов АИИС КУЭ определяются классом точности счетчиков электрической энергии, измерительных трансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН), сопротивлением измерительных цепей от ТТ до счетчиков, режимами и условиями измерений.

Классы точности счетчиков и измерительных трансформаторов, а также потери напряжения в линиях присоединения счетчиков к ТН

для расчетного учета и технического учета должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Анализ составляющих погрешности измерительного канала показывает, что в нормальных условиях эксплуатации измерительного канала наибольший вклад в нее при  $\cos\varphi$  больше 0,8 вносят (в порядке уменьшения степени влияния)  $I$ ,  $\cos\varphi$ . При уменьшении  $\cos\varphi$  до 0,5 и ниже влияние  $\cos\varphi$  становится преобладающим. В реальных рабочих условиях эксплуатации измерительного комплекса возрастает относительное значение дополнительных погрешностей счетчика.

Несмотря на то, что стандарты устанавливают допустимые погрешности в виде симметричной относительно нуля величины, реальные погрешности выпускаемых трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН) концентрируются в зоне отрицательных значений.

Структурная схема измерительного канала АИИС КУЭ приведена на рис. 5.



Рис. 5. Схема измерительного канала

Здесь ПИП – первичный измерительный преобразователь – измерительный трансформатор тока; АЦП МП – аналого-цифровой измерительный преобразователь микропроцессора счетчика.

Элементы ИВКЭ (концентратор), входящие в состав измерительного канала и обеспечивающие обработку, хранение и передачу данных, являются устройствами вычислительной техники, не вносящими погрешности в результат измерения.

Значения погрешности измерительного канала и его компонентов не превышают допустимых значений. Результаты расчета погрешностей каждого компонента и всего измерительного канала объединены в таблицу.

Расчет погрешностей измерительного канала

Наименование параметра, единицы измерения	Обозначение	Формула (нормативный документ)	Значение
Токовая погрешность ТТ, %	$d_I$	По ГОСТ 7746-2001	0,69
Угловая погрешность ТТ, мин	$q_I$	По ГОСТ 7746-2001	41
Погрешность напряжения ТН, %	$d_U$	По ГОСТ 1983-2001	0,00
Угловая погрешность ТН, мин	$q_U$	По ГОСТ 1983-2001	0
Погрешность трансформаторной схемы подключения счетчика за счет угловых погрешностей ТТ и ТН, %	$d_q$	Для активной энергии $\delta_\theta = 0,029\sqrt{\theta_I^2 + \theta_U^2} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} / \cos \varphi$ Для реактивной энергии $\delta_\theta = 0,029\sqrt{\theta_I^2 + \theta_U^2} \cos \varphi / \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$	0,69
Погрешность из-за потери напряжения в цепи ТН-Счетчик, %	$d_{\Delta}$	ПУЭ, Паспорт-протокол ИК	0,00
Основная погрешность счетчика, %	$d_{c.o}$	По ГОСТ 30206-94	0,50
Погрешность определения разности показаний счетчика, %	$d_{o.n}$	$\delta_{o.n} = \frac{\sqrt{2}\Delta_{o.n}}{\Delta N} 100 \%$	0,00
Погрешность от изменения напряжения измерительной цепи счетчика, %	$d_{cU}$	$\delta_{cU} = K_{cU} \cdot \Delta U$	0,13
Погрешность от изменения частоты измерительной цепи счетчика, %	$d_{cf}$	$\delta_{cf} = K_{cf} \cdot \Delta F$	0,00
Погрешность счетчика от искажения формы кривой тока нагрузки, %	$d_{c.ф.к}$	$\delta_{c.ф.к} = K_{c.ф.к} \cdot Ki_3$	0,00
Погрешность от изменения температуры окружающего воздуха, %	$d_{ct}$	$\delta_{ct} = K_{ct} \cdot \Delta t$	0,18
Погрешность счетчика от внешнего переменного магнитного поля, %	$d_{cm\sim}$	$\delta_{cm\sim} = K_{cm\sim} \cdot H$	0,00
Погрешность счетчика от наклона корпуса счетчика, %	$d_{c\alpha}$	$\delta_{c\alpha} = K_{c\alpha} \cdot \Delta \alpha$	0,00
Относительная погрешность измерительного комплекса, %	$\delta_w = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_\theta^2 + \delta_{\Delta}^2 + \delta_{c.o}^2 + \delta_{o.n}^2 + \sum_{j=1}^l \delta_j^2}$		$\pm 2,19$

По результатам работы можно сделать вывод, что предлагаемая автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета энергоресурсов универсальна. Она имеет невысокую стоимость оборудования при высоких технических характеристиках. Низкие затраты на внедрение сводятся к монтажу счетчиков с заранее установленным сетевым адресом. Полностью отсутствует необходимость в дополнительных проводах цифрового интерфейса связи, что дает абсолютную защиту системы от несанкционированного доступа. Нарращивание количества абонентов сводится к установке очередного счетчика без перенастройки концентратора и программного обеспечения. Система имеет единую топологию с возможностью применения в частном, коммунальном, мелкомоторном и промышленном секторах.

### **Библиографический список**

1. Осика Л.К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничном рынке. – СПб.: Политехника, 2005. – 359 с.
2. Электротехнический справочник: В 4 т. Т.1. Электротехнические изделия и устройства / под ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова [и др.]. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 518 с.
3. Друзьякин И.Г., Лыков А.Н. Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 143 с.
4. Швынденков М.А., Беляева Н.Л. Перспективы развития электроэнергетики Пермского края до 2016 года // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 1–11.
5. Гречищев В.П., Якушев П.А. Реализация пилотного проекта «Построение комплексной системы учета на основе технологии SmartMetering» в Пермском крае // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 11–17.
6. Елтышев Д.К., Хорошев Н.И. Методика формирования программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Энер-

гетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – С. 7–15.

7. Елтышев Д.К., Хорошев Н.И., Кычкин А.В. Совершенствование механизма функционирования системы энергетического менеджмента // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – С. 16–23.

8. Трусов В.А. Государственная информационная система в области энергосбережения как инструмент повышения энергетической эффективности // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013, – С. 153–161.

9. Правила технической эксплуатации электростанций и сетей РФ. Приказ Минэнерго РФ от 19 июня 2003 г. № 229. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

10. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2003.

## References

1. Osika L.K. Kommercheskii i tekhnicheskii uchet elektricheskoi energii na optovom i roznichnom rynke [Commercial and technical accounting of electric energy on the wholesale and retail market]. Saint Petersburg: Politekhnik, 2005. 359 p.

2. Elektrotekhnicheskii spravochnik. Elektrotekhnicheskie izdeliia i ustroistva [The electrical engineering Handbook]. Ed. By V.G.Gerasimov. Moscow, 2003. Vol. 1. 518 p.

3. Druzyakin I.G., Lykov A.N. Mikroprotsessornye sredstva avtomatizatsii energeticheskikh system [Microprocessor automation of energy systems]. Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2011. 143 p.

4. Shvyndenkov M.A., Beliaeva N.L. Perspektivy razvitiia elektroenergetiki Permskogo kraia do 2016 goda [Prospects of development of electric power industry of the Perm region until 2016]: sb. nauchn. tr. “Energetika. Innovatsionnye napravleniia v energetike. CALS-tekhnologii v energetike”. Perm, 2012, pp. 1-11.

5. Grechishchev V.P., Iakushev P.A. Realizatsiia pilotnogo proekta «Postroenie kompleksnoi sistemy ucheta na osnove tekhnologii SmartMetering» v Permskom krae [Implementation of the pilot project "Building complex system of accounting on the basis of technology SmartMetering" in Perm Krai]. sb. nauchn. tr. "Energetika. Innovatsionnye napravleniia v energetike. CALS-tekhnologii v energetike". Perm, 2012, pp. 11-17.

6. Eltyshev D.K., Khoroshev N.I. Metodika formirovaniia programm energosberezheniia i povysheniia energeticheskoi effektivnosti [The method of formation of programs of energy saving and energy efficiency]. sb. nauchn. tr. "Energetika. Innovatsionnye napravleniia v energetike. CALS-tekhnologii v energetike". Perm, 2013, pp. 7-15.

7. Eltyshev D.K., Khoroshev N.I., Kychkin A.V. Sovershenstvovanie mekhanizma funktsionirovaniia sistemy energeticheskogo menedzhmenta [The improvement of the mechanism of functioning of the energy management system]. *Energetika. Innovatsionnye napravleniia v energetike. CALS-tekhnologii v energetike*: sb. nauchn. tr., Perm, 2013, pp. 16-23.

8. Trusov V.A. Gosudarstvennaia informatsionnaia sistema v oblasti energosberezheniia kak instrument povysheniia energeticheskoi effektivnosti [State information system in the field of energy saving as a tool to improve energy efficiency]. *Energetika. Innovatsionnye napravleniia v energetike. CALS-tekhnologii v energetike*: sb. nauchn. tr., Perm, 2013, pp. 153-161.

9. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii elektrostantsii i setei RF [Rules of technical operation of power plants and networks of the Russian Federation]. Prikaz Minenergo RF ot 19.06.2003.

10. Pravila ustroistva elektroustanovok [Rules of arrangement of electrical installations]. Moscow: ENAS, 2003.

### Сведения об авторах

**Билоус Ольга Анатольевна** (Пермь, Россия) – доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

**Друзьякин Игорь Георгиевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

**Мигунова Ирина Владимировна** (Пермь, Россия) – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

### **About the authors**

**Bilous Olga Anatolievna** (Perm, Russian Federation) is Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

**Druzyakin Igor Georgievich** (Perm, Russian Federation) is Ph.D. of technical sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

**Migunova Irina Vladimirovna** (Perm, Russian Federation) is a student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: boa@msa.pstu.ac.ru).

Получено 10.06.2014