

УДК 621.3.01

А.И. Гардин, А.Е. Логачев

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ПО ИЗУЧЕНИЮ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

Разработан стенд, позволяющий исследовать автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) различных производителей. Рассмотрены причины возникновения АСКУЭ и их структура. Приведено описание блоков лабораторного стенда, используемых коммуникационных интерфейсов и программного обеспечения. Показаны схемы проводимых на лабораторном стенде опытов.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля и учета электроэнергии, лабораторный стенд, автоматизированный учет.

С распадом плановой экономики в 1991 году закончилась эпоха практически неограниченных и дешевых энергоресурсов, когда их доля в себестоимости продукции составляла всего лишь несколько процентов. В 1992 году, одновременно с созданием Российского открытого акционерного общества (РАО) «ЕЭС России», была организована оптовая торговля электрической энергией на Федеральном оптовом рынке электроэнергии и мощности (ФОРЭМ). Правовой основой функционирования ФОРЭМ являлись Федеральный закон № 41 от 14 апреля 1995 года «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» и Постановление Правительства РФ от 12 июля 1996 года № 793 «О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности)». В настоящее время правила оптового рынка утверждены в Федеральном законе №35 «Об электроэнергетике» от 26 марта 2003 года.

Электроэнергия является довольно специфичным ресурсом по следующим причинам:

1. Производство, передача и потребление электроэнергии, в силу ее физической природы, происходят практически одновременно и ее невозможно складировать (накапливать) в значительных объемах;
2. Электроэнергия поставляется множеством производителей в общие электрические сети и мгновенно потребляется оттуда же множеством потребителей, поэтому с физической точки зрения невозможно определить, кто произвел электроэнергию, потребляемую тем или иным потребителем, можно лишь контролировать объемы поставки в общую сеть от каждого производителя и объемы потребления из нее каждым потребителем;
3. Электроэнергия, получаемая потребителем из энергосистемы, является товаром первой необходимости, только в редких случаях имеющим другие товары-заменители (например, переход на электроснабжение от автономной дизельной электростанции);
4. Производители вырабатывают и поставляют в общую сеть электрическую мощность точно в соответствии со своими обязательствами, а все потребители суммарно потребляют электрическую мощность также в соответствии со своими обязательствами. Но на практике в силу разных обстоятельств, как производители, так и потребители допускают отклонения от своих обязательств.

Это вызывает дисбаланс между поставкой и потреблением. На любом другом рынке такой кратковременный дисбаланс не приводит к потере его устойчивости.

Подобная специфика электроэнергии как товара обуславливает развитие рынка, отличающегося от остальных. Участники этого рынка должны быстро принимать решения на основе точной и оперативно полученной информации о товаре, если хотят оставаться кон-

курентоспособными на нем. Так же на сегодняшний день из-за многократного удорожания энергоресурсов возросла их доля в себестоимости продукции. Для многих промышленных предприятий она составляет 20–30%, а для наиболее энергоемких производств достигает 40% и более. Таким образом, под давлением рынка потребители приходят к пониманию, что первым шагом в экономии энергоресурсов и снижении финансовых потерь является точный учет.

Федеральный закон РФ № 261 «Об энергосбережении» от 23.11.2009. обусловил кардинальное изменение отношения к организации энергоучета в промышленности и других энергоемких отраслях (транспорт и жилищно-коммунальное хозяйство). Современная цивилизованная торговля энергоресурсами основана на использовании автоматизированного приборного энергоучета, сводящего к минимуму участие человека на этапе измерения, сбора и обработки данных и обеспечивающего достоверный, точный, оперативный и гибкий, адаптируемый к различным тарифным системам учет со стороны поставщика энергоресурсов и потребителя. С этой целью, как поставщики, так и потребители, создают на своих объектах автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии – АСКУЭ. При наличии современной АСКУЭ промышленное предприятие полностью контролирует весь свой процесс энергопотребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергоресурсов гибко переходить к разным тарифным системам, минимизируя свои энергозатраты.

АСКУЭ – это многоуровневая автоматизированная система учета электроэнергии, обеспечивающая автоматизированный сбор и передачу результатов измерений по физическим или беспроводным каналам связи на верхний уровень, с последующим ее хранением и использованием. В общем случае АСКУЭ состоит из трех уровней.

Первый уровень – включает в себя счетчик электроэнергии, измерительные трансформаторы тока и напряжения, вторичные измерительные цепи. Данный уровень выполняет измерения параметров электропотребления в точке учета, регистрацию событий, их хранение в памяти электронного счетчика и выдачи информации в цифровом виде посредством каналов связи на второй уровень. Комплекс оборудования входящий в первый уровень называют измерительно-информационным комплексом точки учета (ИИК ТУ).

Второй уровень – включает в себя устройства сбора и передачи данных (УСПД) и каналобразующую аппаратуру. Данный уровень обеспечивает сбор и передачу информации на третий уровень от нескольких ИИК, сквозной доступ от верхнего уровня непосредственно к ИИК ТУ. Комплекс оборудования, входящий в данный уровень, называют информационно-вычислительным комплексом электроустановки (ИВКЭ), например, ИВКЭ ГПП, РП, КТП или цеха промышленного предприятия. В некоторых версиях АСКУЭ второй уровень может быть совмещен с первым или третьим.

Третий уровень – включает в себя технические средства приема-передачи данных (каналобразующая аппаратура), сервер опроса и сервер баз данных, технические средства для организации локальной вычислительной сети и средства информационной безопасности. Этот уровень обеспечивает автоматический сбор и хранение результатов измерений, диагностику состояния, подготовку отчетов, а также импорт-экспорт данных. Оборудование, входящее в состав уровня, представляет собой информационно-вычислительный комплекс (ИВК) сетей, установленный в выделенном помещении.

Система обеспечения единого времени (СОЕВ) формируется на верхнем уровне и выполняет функцию измерения времени, имеет нормированные метрологические характеристики и обеспечивает синхронизацию времени при проведении измерений количества электроэнергии с точностью не более $\pm 5,0$ с/сутки. В СОЕВ входят все средства измерений времени, которые используются при синхронизации времени (электрические счетчики, УСПД, приемники сигнала точного времени), а также учитываются временные характеристики (задержки) линий связи между ними. СОЕВ «привязана» к единому календарному времени, соответствующему тому часовому поясу, в котором находится АСКУЭ.

Для организации учебного процесса по курсу «Автоматизация и управление систем электроснабжения» необходим стенд, который обеспечит испытание отдельных технических средств, входящих в АСКУЭ, продемонстрирует различные способы сбора и передачи информации между ее уровнями, познакомит с ее аппаратным и программным обеспечением. Должны быть обеспечены следующие возможности:

- дополнение стенда новыми системами;
- физические модели потребителей должны изменять величину нагрузки;
- счетчики, входящие в состав стенда, должны быть многофункциональными, для возможности получения как можно более полной информации о сети потребителя, т.е. токе, напряжении, активной и реактивной мощности, величине потребляемой электроэнергии и др;
- оборудование стенда должно обеспечивать передачу данных между уровнями АСКУЭ с помощью разных типов коммуникаций.

В настоящее время на кафедре «Электроэнергетики, электроснабжения и силовой электроники» (ЭССЭ) существует лабораторный стенд по изучению «Автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии», выполненный на базе оборудования ООО «НПК «Инкотекс». Лабораторный стенд представляет собой набор различных по своим функциям блоков вставленных в раму специального лабораторного стола. Часть блоков представляет собой физические модели элементов электрической сети низкого напряжения, другая служит для измерения потребляемой электроэнергии, а также ее параметров (тока, напряжения, мощности). Часть блоков необходима для обработки, структурирования и передачи полученной информации. Антенна и SIM-карты являются готовыми покупными изделиями. Для передачи информации используются CAN-интерфейс, PLC и GSM. Общее число блоков составляет четырнадцать штук.

На рис. 1 изображена структурная схема стенда. Рассмотрим основные модули, приведенные на структурной схеме стенда (рис. 1).

Блок А1 представляет собой физическую модель трехфазной трансформаторной группы. Он предназначен для моделирования сетей низкого напряжения с глухозаземленной нейтралью, а также является вторым источником питания при моделировании замкнутых электрических сетей.

Блоки А2 и А3 представляют собой физические модели активной и индуктивной нагрузки. Они играют роль потребителей электроэнергии, данные о которой собирают счетчики.

Блок А4 представляет собой три розетки, каждая из которых соответствует одной рабочей фазе. Они обеспечивают распределение информации, полученной от счетчиков по силовой цели (по фазам А, В или С), которая затем будет передана на соответствующие этим же фазам УСПД.

Блок А5 представляет собой трехфазный многотарифный счетчик активной и реактивной энергии марки «Меркурий 230» с PLC-модемом и CAN-интерфейсом. Он осуществляет пофазное измерение потребления активной и реактивной энергии по четырем тарифам, а также параметров сети, таких как напряжение, ток, активная и реактивная мощность и др.

Блок А6 представляет собой однофазный многотарифный счетчик активной и реактивной энергии марки «Меркурий 200» с PLC-модемом и CAN-интерфейсом. Он осуществляет измерение потребления активной и реактивной энергии одной фазы по четырем тарифам, а также параметров сети, таких как напряжение, ток, активная и реактивная мощность и др.

Блоки А7 и А8 представляют собой однофазные однотарифные счетчики активной электрической энергии марки «Меркурий 201» с PLC-модемом. Они осуществляют измерение потребления активной электрической энергии одной фазы.

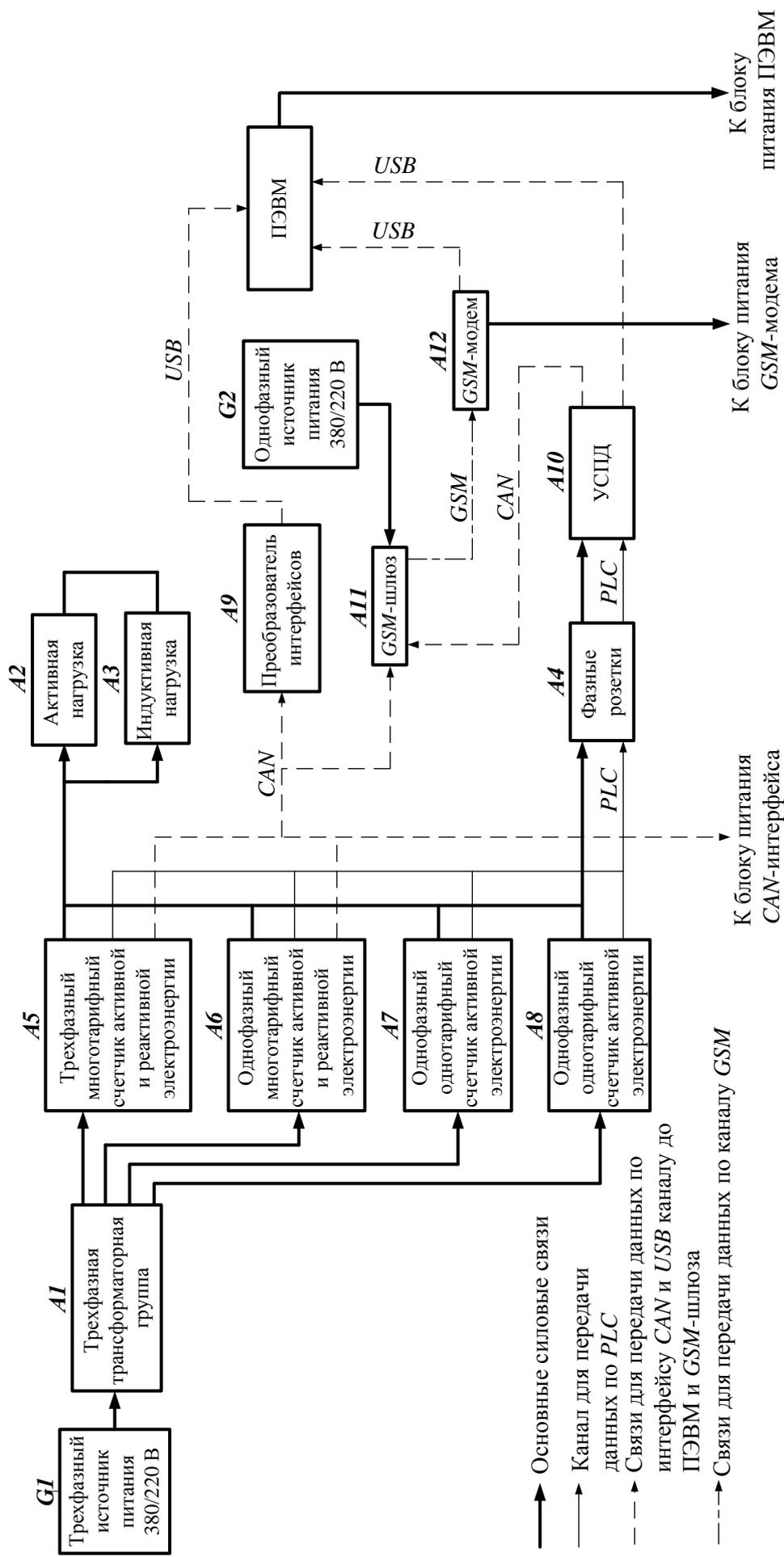


Рис. 1. Структурная схема блоков стэнда «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии»:

A1 – трехфазная трансформаторная группа; A2 – активная нагрузка; A3 – индуктивная нагрузка; A4 – фазные розетки; A5 – трехфазный многотарифный счетчик активной и реактивной электроэнергии; A6 – однофазный многотарифный счетчик активной и реактивной электроэнергии с PLC-модемом и CAN-интерфейсом; A7 и A8 – однофазный многотарифный счетчик активной и реактивной электроэнергии с PLC-модемом и CAN-интерфейсом; A9 – преобразователь интерфейса USB в CAN/RS485/RS232; A10 – устройство сбора и передачи данных по низковольтным электрическим сетям; A11 – GSM-шлюз; A12 – GSM-модем; G1 – трехфазный источник питания; G2 – однофазный источник питания

Блок *A9* представляет собой преобразователь интерфейса *USB* в *CAN/RS485/RS232* марки «Меркурий 221». Он предназначен для подключения к персональному компьютеру (ПК) электросчетчиков «Меркурий» со встроенными интерфейсами *CAN/RS485* для дистанционного сбора данных с этих счетчиков.

Блок *A10* представляет собой устройство сбора и передачи данных по низковольтным электрическим сетям. В данной работе УСПД являются три пофазных *PLC*-концентратора марки «Меркурий 225.1». Они используются для дистанционного сбора данных от счетчиков по силовой цепи и передачи их непосредственно на ПК по проводному или беспроводному каналу связи через *GSM*-шлюз.

Блок *A11* представляет собой *GSM*-шлюз марки «Меркурий 228». Он предназначен для обеспечения удаленного доступа к информации о потреблении электроэнергии, которую он получает от УСПД и передает *GSM*-модему по каналу *GSM*-связи.

Блок *A12* представляет собой *GSM*-модем. Он находится непосредственно у ПК диспетчерского пункта и предназначен для передачи данных, полученных от *GSM*-шлюза, по *USB*-кабелю на ПК.

Блок *G1* является трехфазным источником питания стенда. Его назначение состоит в том, чтобы обеспечивать питанием трехфазным переменным током промышленной частоты функциональных блоков лабораторного стенда.

Блок *G2* является однофазным источником питания стенда. Его назначение состоит в том, чтобы обеспечивать питанием однофазным переменным током промышленной частоты функциональных блоков лабораторного стенда.

На лабораторный стенд для проведения экспериментальных исследований АСКУЭ разработана эскизная конструкторская документация, состоящая из функциональных, принципиальных схем, схем соединений (подключений) и спецификаций по каждому блоку. На рис. 2 изображена схема соединений блоков моделей элементов электрической сети, на рис. 3 – принципиальная электрическая схема лабораторного стенда.

В качестве программного обеспечения (ПО) для опроса счетчиков используются две программы «Конфигуратор счетчиков Меркурий» и «BQuark».

«Конфигуратор счетчиков Меркурий» предназначен для опроса счетчиков по интерфейсу *RS-485*, *CAN* и по *GSM*. Эта программа позволяет связываться, получать или передавать информацию непосредственно от каждого счетчика «Меркурий», т.е. вручную вводится адрес счетчика, с которым необходимо связаться, устанавливается соединение и, после считывания необходимых данных, канал разрывается оператором. Такую процедуру нужно проделывать с каждым счетчиком, входящим в систему АСКУЭ.

Программа «*BQuark*» предназначена для использования в качестве рабочего места оператора учёта в составе АСКУЭ «Меркурий-*PLC-I/II*». Сбор данных происходит в соответствии с файлом задания, который оператора учёта записывает для этой программы. Файл задания представляет собой текстовый файл с расширением **.dat*, содержащий: описание структуры аппаратных компонентов опрашиваемой АСКУЭ; настройки пользовательского интерфейса; тип данных, которые необходимо получить от концентраторов; протокол последнего сеанса работы программы.

Данный лабораторный стенд по изучению АСКУЭ допускает интеграцию нового оборудования, принадлежащего другим компаниям. Так же следует обратить внимание на то, что счетчики типа «Меркурий», используемые в стенде имеют универсальный интерфейс *RS-485*, который использует большая часть производителей АСКУЭ.

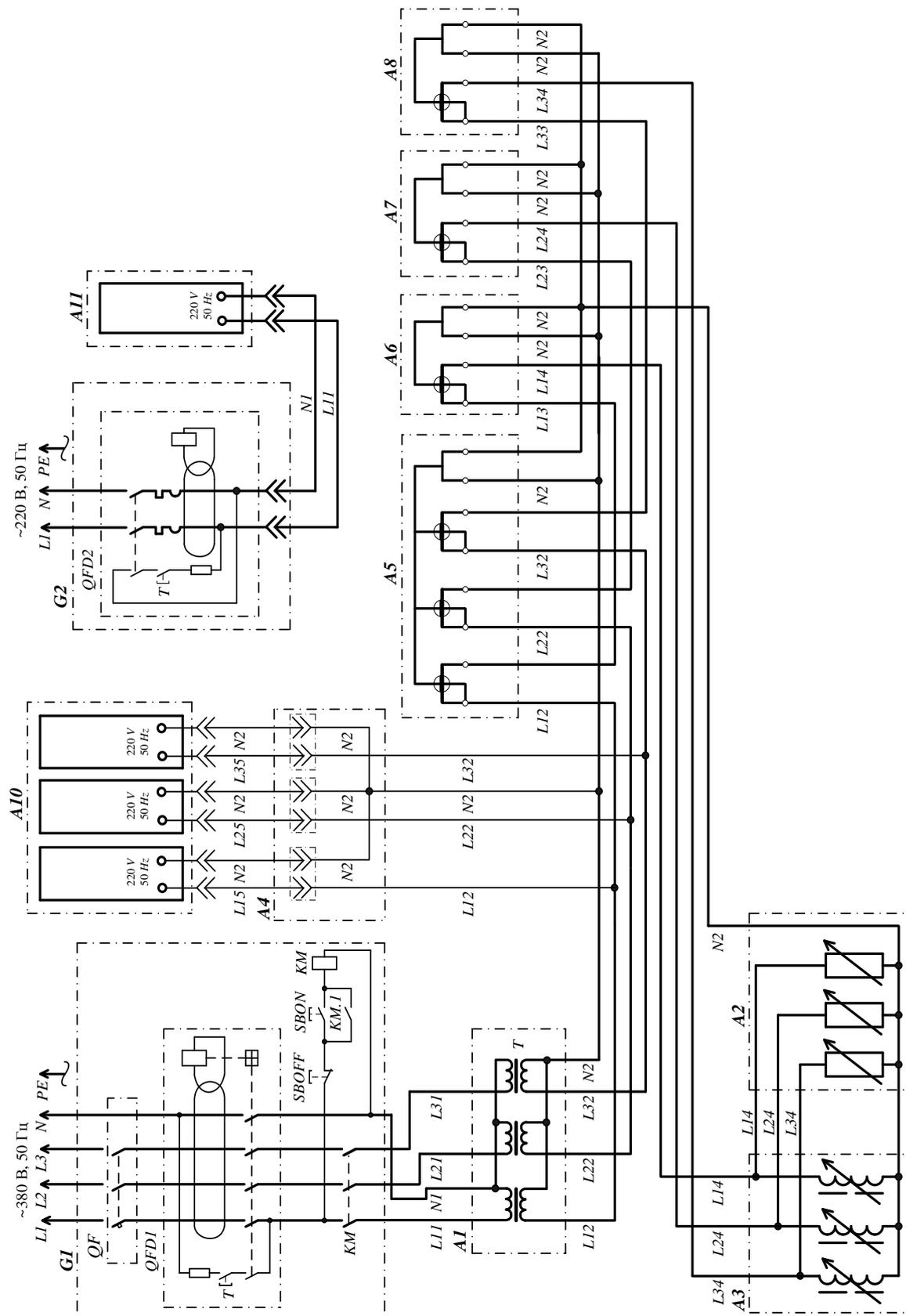


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема блоков лабораторного стенда «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии»

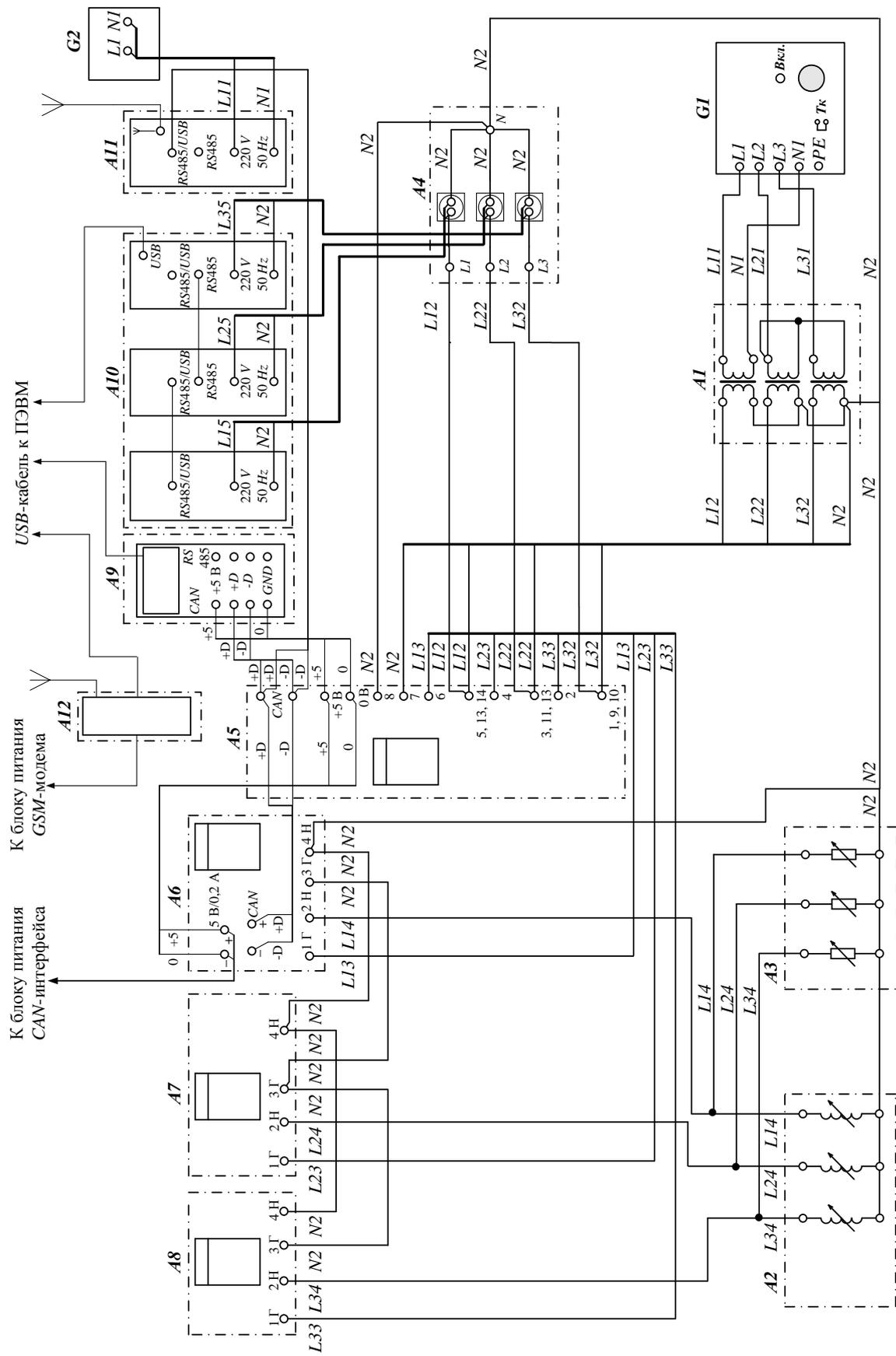


Рис. 3. Схема соединений блоков моделей электрической сети «Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии»

Выводы

1. Лабораторный стенд «АСКУЭ» является универсальным, так как может дополняться техническими и программными средствами других производителей;
2. Для связи со счетчиками электроэнергии других производителей используется интерфейс RS-485 (он наиболее распространен и в составе стенда есть специальный преобразователь данного интерфейса в USB);
3. Лабораторный стенд «АСКУЭ» и внедрение его в учебный процесс обеспечивает возможность получения магистрантами сведений об одной из систем автоматизации и управления электроснабжением, принципах ее построения, аппаратной и программной базе.

Библиографический список

1. Правила учета электрической энергии: утв. Минтопэнерго РФ и Минстроем РФ 19, 26 сентября 1996 г. // информационно-правовое обеспечение «Гарант» - URL: <http://base.garant.ru/136707/>
2. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26 марта 2003 г. №35-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901856089>
3. Об энергосбережении: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ // Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281>
4. Вагин, Г.Я. Учет энергоресурсов: комплекс учебно-метод. материалов / Г.Я. Вагин, А.М. Мамонов. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 107 с.
5. Еремина, М.А Развитие автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) // Молодой ученый. – 2015. – №3. – С. 135–138.

*Дата поступления
в редакцию 19.01.2017*

A. I. Gardin, A. E. Logachev

UNIWERSALNY STAND FOR THE STUDY AUTOMATED SYSTEMS OF CONTROL AND ACCOUNTING OF ELECTRICITY

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Designed stand that allows you to explore the automated control systems and electricity metering (AMR) of different manufacturers. The article considers causes of AMR and their structure. The description of the units of the laboratory stand used communication interfaces and software. A similar practice carried out on a laboratory bench experiments.

Key words: automated system of control and accounting of electricity, a laboratory, computerized accounting.