

## АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ЕЕ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА

*Матвеев Ю.В.*

**Ключевые слова:** погрешность, измерение, учет, электроэнергия, контроль, измерительный трансформатор.

**Аннотация.** Решение проблем, связанных с внедрением энергоучета на предприятии, требует создания автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ). При этом важным вопросом является анализ и оценка возможных погрешностей, возникающих при проведении измерений количества электроэнергии, потребляемой потребителями и величин ее параметров. Кроме того, рассматриваются меры по снижению погрешности измерений измерительно-информационного комплекса точки учета.

## ANALYSIS OF THE MEASUREMENT ERROR OF THE AMOUNT OF ENERGY IN THE AUTOMATED SYSTEM OF ITS CONTROL AND ACCOUNTING

*Matveev Yu. V.*

**Keywords:** error, measurement, accounting, electricity, control, measuring transformer.

**Abstract.** Solving the problems associated with the introduction of energy accounting at the enterprise requires the creation of automated systems for monitoring and accounting of energy resources (ASKUE). At the same time, an important issue is the analysis and assessment of possible errors that arise when measuring the amount of electricity consumed by consumers and the values of its parameters. In addition, measures to reduce the measurement error of the measurement and information complex of the accounting point are considered.

Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о производстве, передаче, распределении и потреблении электрической энергии. Для выполнения задачи автоматизации такого учета на предприятии внедряются системы АСКУ, позволяющие значительно уменьшить безучётное потребление электроэнергии на его объектах. Распространение таких систем в жилищно-коммунальном секторе идет медленнее, что связано с большим количеством точек учёта и высокой стоимостью их автоматизации.

Структурная схема локальной АСКУЭ изображена на рисунке 1. На этой схеме введены обозначения: ТТ – измерительный трансформатор тока; ТН – измерительный трансформатор напряжения; СЧ – счетчик; ИИК – измерительно-информационный комплекс; УСПД – устройство сбора и передачи данных; ТСПД – технические средства передачи данных; ИВКЭ – информационно-вычислительный комплекс электроустановки; КС – канал связи; СБД – сервер базы данных; ИВК – информационно-вычислительный комплекс.

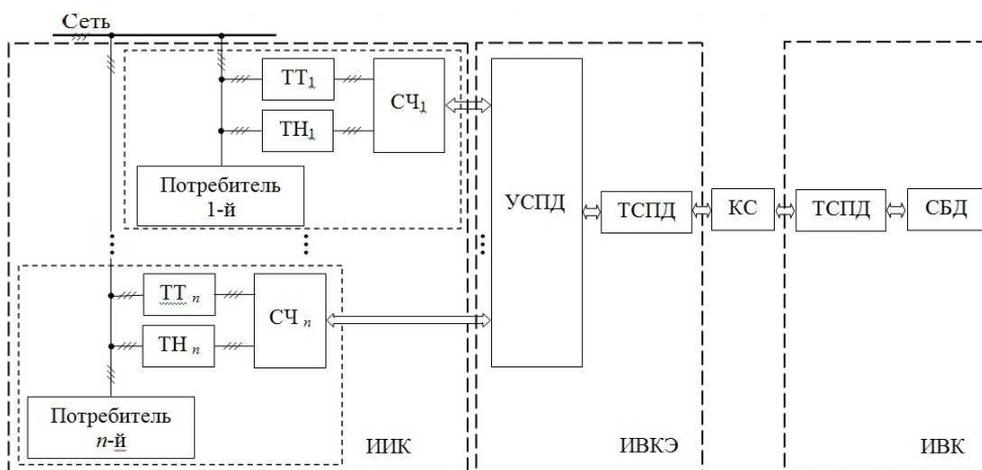


Рис. 1. Структурная схема локальной АСКУЭ

Назначение АСКУЭ состоит в обеспечении: измерения количества электроэнергии и величин ее параметров (тока, напряжения, мощности), сбора и передачи результатов измерений по коммуникационным каналам на верхний уровень, с последующим ее хранением и использованием на самом высоком уровне. В локальной АСКУЭ различают три основных уровня [1, 2]. Первый уровень позволяет выполнить измерения параметров электропотребления в точке учета, осуществить регистрацию событий и их хранение в памяти электронного счетчика, а также выдать информацию в цифровом виде посредством каналов связи на второй уровень. Все оборудование, входящие, как комплекс, в первый уровень, называют измерительно-информационным комплексом (ИИК) точек учета электроэнергии. В комплекс входят: измерительные трансформаторы тока и напряжения, их вторичные измерительные цепи и электронные счетчики электроэнергии.

Второй уровень служит для обеспечения: сбора, обработки, архивирования и передачи информации о результатах измерений на третий уровень, а также сквозного доступа от верхнего уровня непосредственно к ИИК точки учета. По существу второй уровень – это информационно-вычислительный комплекс электроустановки (ИВКЭ), включающий устройство сбора и передачи данных (УСПД) и технические средства передачи данных (ТСПД). В ТСПД входят интерфейсы, модемы и другие устройства.

Третий уровень, называемый информационно-вычислительным комплексом (ИВК), представляет из себя совокупность программных и технических средств, обеспечивающих сбор, обработку и хранение результатов измерений, поступающих от ИИК и ИВКЭ, а также диагностику состояния оборудования, подготовку отчетов и взаимодействие с другими информационными системами (сетями). Этот уровень включает: ТСПД, автоматизированные рабочие места персонала, систему обеспечения единого

времени, сервер базы данных, а также технические средства для организации локальной вычислительной сети и средства информационной безопасности.

Любое измерение сопряжено с погрешностью. Погрешности измерений в каждой точке учета электроэнергии в АСКУЭ определяются для трех значений тока нагрузки с индуктивно-активным коэффициентом мощности  $\cos\varphi=0,8$  и токами нагрузки, составляющими 5%, 20% и 100% соответственно от номинального тока [3]. Основной вклад в погрешность измерений вносят устройства, входящие в ИИК. Погрешность измерений ИИК представляется в виде границ доверительного интервала в предположении нормального закона распределения с доверительной вероятностью  $P=95\%$ . Оценку погрешности измерений количества электроэнергии и величин ее параметров определяют по составляющим погрешности, полученным из эксплуатационных документов на средства измерения, входящих в ИИК, при нормальных условиях эксплуатации и из результатов экспериментальных исследований. Границы погрешности измерений активной энергии для измерительного канала, без учета погрешности устройства УСПД, находят по выражению [3]:

$$\delta_{\text{ИК}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_{\Theta}^2 + \delta_{\text{Л}}^2 + \delta_{\text{С.О.}}^2 + \sum_{j=1}^m \delta_{\text{С}_j}^2},$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий особенности метрологической поверки приборов с помощью эталонных устройств, имеющих свои погрешности;  $\delta_I$  – предел допускаемой относительной токовой погрешности ТТ, %;  $\delta_U$  – предел допускаемой относительной погрешности напряжения ТН, %;  $\delta_{\Theta}$  – предел допускаемой относительной погрешности трансформаторной схемы подключения счетчика за счет угловых погрешностей ТТ и ТН для активной энергии, %;  $\delta_{\text{Л}}$  – погрешность из-за потерь напряжения в линии присоединения счетчика к трансформатору напряжения, %;  $\delta_{\text{С.О.}}$  – предел допускаемой основной относительной погрешности счетчика активной энергии, %;  $\delta_{\text{С}_j}$  – дополнительная погрешность счетчика от  $j$ -й влияющей величины, %.

С учетом значения активной энергии  $W_i$ , измеренного  $i$ -измерительным каналом и суммарного значения активной энергии группой ИК  $W_{\Sigma}$ , можно определить границу погрешности измерений по группе ИК по формуле:

$$\delta_{\text{ГР.ИК}} = \pm 1,1 \sqrt{\sum_{j=1}^n k_{W_i}^2 \cdot \delta_{\text{ИК}}^2}, \%,$$

где  $n$  – количество измерительных каналов в ИИК;  $k_{W_i} = W_i / W_{\Sigma}$ .

При наличии большого количества ИК необходимо использовать усредненную оценку их погрешностей, беря за основу класс точности из паспортных данных. Однако в последнем случае оценку погрешности можно осуществить при номинальных значениях измеряемых величин. В случае изменения нагрузки, погрешность изменяется с учетом нагрузочной характеристики. Зная эти характеристики, при большом количестве точек учета электроэнергии, можно сделать оценку только суммарной погрешности

измерений для всей системы ее учета. Главным фактором при проведении измерений является то, чтобы погрешности средств измерения оставались в допустимых пределах во всех режимах.

### Список литературы

1. АСКУЭ современного предприятия [Электронный ресурс] / Энергоучет. – Режим доступа: [www. URL: http://www.eu.sama.ru/askue/](http://www.eu.sama.ru/askue/).
2. Осика Л.К. Коммерческий и технический учет электроэнергии на оптовом и розничном рынке. – Спб.: Политехника, 2005. – 368 с.
3. РД 34.11.114-98: Учет электрической энергии и мощности на энергообъектах. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования [Электронный ресурс] / Консорциум кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: [www. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200029930/](http://docs.cntd.ru/document/1200029930/).

### References

1. ASKUE of a modern enterprise [Electronic resource] / Energouchet. – Access mode: [www. URL: http://www.eu.sama.ru/askue/](http://www.eu.sama.ru/askue/).
2. Osika L.K. Commercial and technical accounting of electricity in the wholesale and retail market. – SPb .: Polytechnic, 2005. – 368 p.
3. RD 34.11.114-98: Electricity and power metering at power facilities. Automated control and metering systems for electricity and power. The main standardized metrological characteristics. General requirements [Electronic resource] / Consortium code: electronic fund of legal and normative-technical documentation. – Access mode: [www. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200029930](http://docs.cntd.ru/document/1200029930/).

<p><b>Матвеев Юрий Валентинович</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры “Судовое электрооборудование”, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия, <a href="mailto:yuriy-radio@mail.ru">yuriy-radio@mail.ru</a></p>	<p><b>Matveev Yuri Valentinovich</b> – candidate of technical sciences, associate professor of Department “Ship electrical equipment”, Sevastopol state university, Sevastopol, Russia, <a href="mailto:yuriy-radio@mail.ru">yuriy-radio@mail.ru</a></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Received 20.09.2021*