

А.А. Юменчук
*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Обзор современных устройств учета электроэнергии

Аннотация. В статье дана краткая характеристика электросчетчиков, используемых при организации учета электроэнергии. С 2021 г. при установке новых счетчиков, или замене старых устройств учета на новые, сетевые организации в соответствии с Федеральным законом N 522-ФЗ обязаны устанавливать счетчики, обладающие минимальным набором функций интеллектуальных систем учета электроэнергии. Поэтому устаревшие индукционные счетчики будут постепенно вытесняться электронными, обладающими большей надежностью, более высокой точностью и лучшей защищенностью от хищений электрической энергии. В статье описана конструкция индукционных и электронных счетчиков, сделаны выводы о достоинствах и недостатках каждого типа устройств. Отдельное внимание уделено счетчикам с дистанционным снятием показаний.

Ключевые слова. Индукционный счетчик, электронный счетчик, счетчик с дистанционным снятием показаний, конструкция электросчетчиков, классификация счетчиков электрической энергии.

Информация о статье. Дата поступления: 20 января 2022 г.

Original article

A.A. Yumenchuk
*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

Review of Modern Electricity Metering Devices

Abstract. The article gives a description of electricity meters used in the organization of electricity metering. Since 2021 electricity suppliers are required to install meters with a minimum set of functions of intelligent electricity metering systems when installing new meters or replacing old metering devices with new ones, in accordance with Federal Law No. 522-FZ. Outdated induction meters will be replaced by electronic ones with greater reliability, higher accuracy and better protection against theft of electrical energy. The article describes the design of induction and electronic meters, as well as weighs up advantages and disadvantages of each type of device. We also examined smart meters with remote reading.

Keywords. Induction meter, electricity meter, smart meter, construction of electricity meters, types of electricity meters.

Article info. Received 20 January, 2022 .

Введение

Главной целью учета электроэнергии является получение точной информации об объеме потребленной электроэнергии, которая используется для расчета размеров платежей за электроэнергию, определения и прогнозирования технико-экономических показателей [1].

Средства учета электроэнергии — это устройства, фиксирующие значения потребления электроэнергии. Комплекс измерительных устройств может включать в себя индукционные, электронные,

или гибридные электросчетчики; телеметрические датчики; системы, осуществляющие сбор и передачу информации о параметрах электрической сети, о значениях потребления электроэнергии, текущем состоянии и параметрах устройств измерительного комплекса [2].

Классификация счетчиков электрической энергии

Счетчики электрической энергии можно классифицировать по следующим параметрам:

1. По принципу действия:

1.1. Индукционные (механические) — электросчетчики, в которых магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала. Подвижный элемент представляет собой диск, по которому протекают токи, индуцированные магнитным полем катушек [3]. Количество потребленной энергии в этом случае прямо пропорционально числу оборотов диска;

1.2. Электронные (статические) — электросчетчики, в которых переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии;

1.3. Гибридные.

2. По подключению к электросетям:

2.1. Однофазные;

2.2. Трехфазные.

3. По принципу включения в электрические цепи:

3.1. Прямого включения счетчика;

3.2. Трансформаторного включения счетчика:

3.2.1. К трехфазной 4-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и трех трансформаторов тока;

3.2.2. К трехфазной 3-проводной сети с помощью трех трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока;

3.2.3. К трехфазной 3-проводной сети с помощью двух трансформаторов напряжения и двух трансформаторов тока.

4. По количеству тарифов:

4.1. Однотарифные;

4.2. Многотарифные.

Механические счетчики электрической энергии

Основой функциональности у механических счетчиков служит закон магнитной индукции. В конструкции счетчика используются два электромагнита разной формы и ориентации относительно друг друга. Один из них подключен непосредственно к питанию сети, а второй в разрыв линии нагрузки. Генерируемые ими поля инициируют возникновение вихревых токов на диске из проводящего металла, за счет которых он приводится в движение, совершая обороты вокруг своей оси. В целях ограничения скоро-

сти движения диска используется установленный рядом с поверхностью алюминиевого диска постоянный магнит. Конструкция механического счетчика показана на рис. 1.

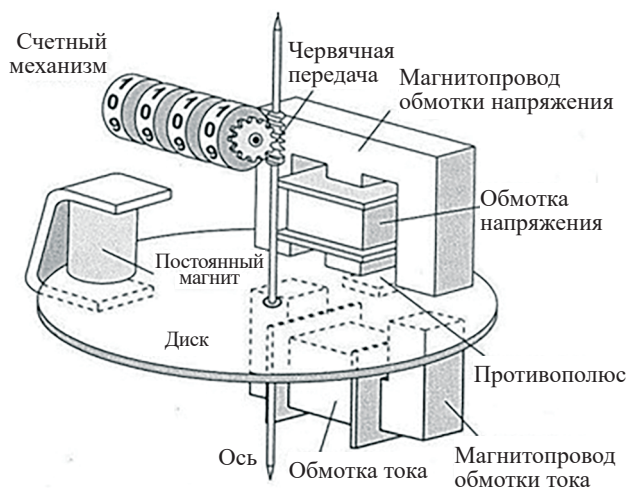


Рис. 1. Конструкция индукционного счетчика электроэнергии

Индукционные счетчики постепенно вытесняются с рынка электронными счетчиками из-за следующих недостатков: отсутствие дистанционного автоматического снятия показаний, большей погрешности учета, низкой защищенности от хищений электроэнергии [4].

Электронные счетчики электрической энергии

В соответствии с Федеральным законом от 27 декабря 2018 г. N 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации», во всех регионах РФ, начиная с 1 июля 2020г., при выходе из строя, истечении срока эксплуатации приборы учета электроэнергии должны быть заменены на новые, которые обеспечивают возможность их присоединения к интеллектуальным системам учета электрической энергии (мощности), в соответствии с требованиями, установленными правилами предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии.

Фактически, с 2021 г. «умные» электросчетчики постепенно будут внедряться в эксплуатацию в обязательном порядке. Замена происходит за счет сетевой организации по утвержденному графику [5].

Основным достоинством электронных счетчиков является возможность применения многотарифной системы и более высокая точность измерений [6]. Однако выход из строя любого из элементов схемы электронного счетчика приведет к его полной неработо-

способности, что может быть актуально при применении деталей низкого качества в стремлении снизить стоимость устройства.

К основным элементам электронного счетчика относятся:

- датчики тока и напряжения;
- преобразователь мощности в частоту импульсов;
- центральный микроконтроллер;
- постоянное запоминающее устройство;
- контроллер жидкокристаллического дисплея;
- жидкокристаллический дисплей.

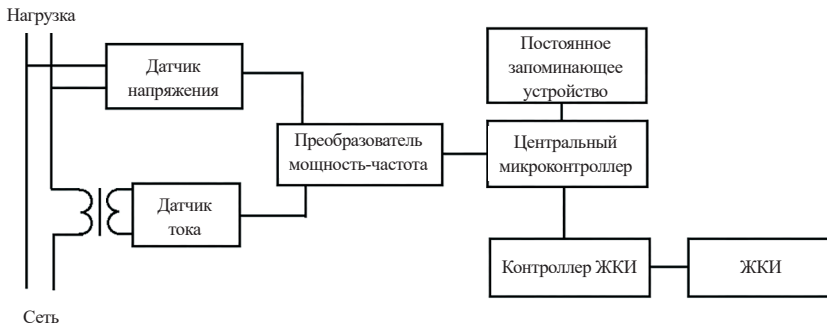


Рис. 2. Блок-схема электронного счетчика электроэнергии

Электронные счетчики не содержат движущихся механических частей. Исключением могут выступать только табло некоторых моделей счетчиков, показания которых изменяются за счет работы шагового электродвигателя [7], приводящего в действие шестерни внутреннего редуктора.

Трансформатор тока выступает в роли датчика тока, трансформатор напряжения — в роли датчика напряжения. Сигналы от датчиков тока и напряжения поступают к преобразователю мощность-частота, который производит расчет потребленной мощности. Полученное значение мощности преобразователь передает центральному микроконтроллеру, который, суммирует значения за определенное время, получая киловатт-часы. Далее данные передаются контроллеру жидкокристаллического дисплея для отображения показаний на самом дисплее и систему связи (при наличии).

Для сохранения показаний счетчика в случае потери электропитания используется постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Если счетчик был обесточен, то после включения микроконтроллер сначала извлекает из постоянного запоминающего устройства последнее сохраненное значение и отображает на дисплее. После чего продолжает подсчитывать импульсы от преобразователя, обмениваясь данными с ПЗУ, и увеличивает отображаемые показания.

В сельской местности популярность обрели счетчики, устанавливаемые на опоре линии электропередачи, на границе балансовой принадлежности. Подключение осуществляется к отводящим силовым проводам, по которым ток поступает к потребителю.

Потребителю выдается индикаторное устройство, устанавливаемое в любом удобном для потребителя месте и выполняющее функции индикации показаний. Данный модуль способен отображать информацию счетчика, к которому осуществлена привязка. Для связи с модулем отображения информации счетчик оснащен встроенным радио-интерфейсом.

Конструкция данных счетчиков аналогична конструкции электронных счетчиков, описанных выше.

Данные счетчики могут оснащаться следующими интерфейсами связи (наличие/отсутствие конкретных интерфейсов связи должно быть согласовано с производителем при заказе счетчика):

- оптопорт по ГОСТ IEC 61107-2011;
- радиоинтерфейс 433 МГц;
- радиоинтерфейс 868 МГц;
- радиоинтерфейс 2400 МГц;
- радиоинтерфейс GSM/GPRS с передачей данных стандартов GSM/GPRS, 3G, 4G/LTE (работа с двумя SIM-картами, возможность подключения внешней антенны);

Комбинированный GSM-модуль с поддержкой GPRS и NB-IoT (работа с двумя SIM-картами, возможность подключения внешней антенны).

Основным достоинством данного счетчика является широкая функциональность и отсутствие доступа потребителя к счетному устройству. Потребитель взаимодействует только с модулем отображения информации.

Счетчик обеспечивает ведение журналов событий на постоянном запоминающем устройстве, включающих информацию о попытках несанкционированного доступа, проведения самодиагностики, перезагрузок устройства, изменения даты и времени, параметров конфигурации. Фиксируются случаи включения и отключения питания, воздействия сверхнормативного магнитного поля, выходы параметров качества электрической сети за заданные пределы, величины положительного и отрицательного отклонений напряжения, аварийные ситуации. Также может осуществляться отправка оповещений о несанкционированном доступе.

Счетчики могут быть подключены к системе автоматизированной информационно-измерительной системе коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), при использовании которой потребитель и сетевая организация получают доступ к ряду возможностей:

- измерение потребляемого электричества и автоматическая запись и отправка значений в базу данных;

- установка точек контроля показаний — фиксация данных раз в час, неделю, месяц и т.д.;
- контроль за возможной утечкой энергоресурсов за счет установленной защиты от ее хищения;
- анализ общего потребления электроэнергии;
- оперативное получение информации о неисправностях приборов и сбоях в системе.

Счетчики электроэнергии с дистанционным снятием показаний*

Марка	Производитель	Типовые характеристики	Стоимость
МИРТЕК-12-РУ-SP1	Группа компаний «Миртек»	Номинальное напряжение — 220В или 230В; Частота измерительной сети — $50 \pm 7,5$ Гц; Максимальная сила тока — 60 А, 80 А или 100 А; Диапазон рабочих температур — от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$ Межповерочный интервал — 16 лет Средняя наработка на отказ, не менее — 200 000 ч.	12 000–25 000 р. (в зависимости от спецификации)
Меркурий 208 ART	Группа компаний «Инкотекс»	Номинальное напряжение — 230В; Частота измерительной сети — 50 ± 5 Гц; Максимальная сила тока — 60 А или 100 А; Диапазон рабочих температур — от -45 до $+70^{\circ}\text{C}$ Межповерочный интервал — 16 лет Средняя наработка на отказ, не менее — 320 000 ч.	11 000–18 000 р. (в зависимости от спецификации)
CE208-C4	Концерн «Энергомера»	Номинальное напряжение — 230В; Частота измерительной сети — $50 \pm 2,5$ Гц; Максимальная сила тока — 100 А; Диапазон рабочих температур — от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$ Межповерочный интервал — 16 лет Средняя наработка на отказ, не менее — 220 000 ч.	15 000–22 000 р. (в зависимости от спецификации)

* Составлена автором на основе данных: Использованы данные из следующих источников: Продукция группы компаний «МИРТЕК» // Миртекгрупп. URL: <https://mirtekgroup.com/>; Каталог продукции группы компаний ИНКОТЕКС // Инкотекском. URL: <https://www.incotexcom.ru/>; Продукция концерна «Энергомера» // Энергомера. URL: <http://www.energomera.ru/>.

Заключение

Постепенно устаревшие индукционные электросчетчики будут вытеснены электронными, обладающими более широким функционалом по сравнению с индукционными. Электронные счетчики обладают более высоким классом точности, возможностью учета потребления по нескольким тарифам, меньшими габ-

ритными размерами, большей защищенностью от хищений электроэнергии, возможностью дистанционного снятия показаний и применения автоматизированной системы учета электроэнергии. Однако, стоимость электронных счетчиков с широким функционалом достаточно высока, а в стремлении снизить стоимость устройства производители могут применять более дешевые компоненты с меньшей надежностью, но выход из строя любого из элементов схемы может привести к полной неработоспособности устройства. Таким образом, для соблюдения баланса между стоимостью устройства и его надежностью, производители предлагают широкий ассортимент моделей стоимостью от одной тысячи до нескольких десятков тысяч рублей, но чем меньше цена — тем меньше функционал, и, соответственно, чем дороже устройство — тем шире его возможности.

Тем не менее, активное внедрение электронных счетчиков, а также закрепление на законодательном уровне перехода к счетным устройствам с набором функций интеллектуальных систем говорит о высокой эффективности интеллектуального учета как инструмента повышения энергоэффективности, защищенности энергоресурсов от хищения, а также прогнозирования электропотребления.

Автор статьи благодарит доктора физико-математических наук, профессора кафедры математических методов и цифровых технологий Байкальского государственного университета А.В.Боровского за обсуждение материала.

Список использованной литературы

1. Системы коммерческого учета энергоресурсов: метод. указания к практ. занятиям / сост.: В.И. Бирюлин, А.Н. Горлов, Д.В. Куделина. — Курск : Изд-во Юго-Зап. гос. ун-та, 2017. — 25 с.
2. Лоскутов А.Б. Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии : учеб. пособие / А.Б. Лоскутов, А.И. Гардин, А.А. Лоскутов. — Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2018. — 84 с.
3. Левин М.А. Электрооборудование и электротехнологии : учеб. пособие / М.А. Левин. — Саратов : Изд-во Саратов. ГАУ, 2016. — 69 с.
4. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения : учеб. пособие / В.И. Васильченко, А.А. Виноградов, О.Г. Гриб [и др.]. — Белгород : Изд-во Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова, 2011. — 243 с.
5. Рожкова П.К. "Умные электросчетчики" как один из элементов автоматизации контроля и учета расхода электроэнергии / П.К. Рожкова, Л.В. Занфирова // Актуальные вопросы энергомашиностроения, нефтяной и газовой отрасли : материалы Всерос. науч.-техн. конф., Ижевск, 19-21 мая 2021 г. — Ижевск, 2021. — С. 194-198.
6. Григораш О.В. Электротехника и электроника : учебник / О.В. Григораш, А.А. Шевченко, С.Н. Бегдай. — 2-е изд., перераб. и доп. — Краснодар : Изд-во Кубан. гос. аграрный ун-та им. И.Т. Трубилина, 2014. — 544 с.
7. Патент на полезную модель № 41372 U1 Российская Федерация, МПК G01R 13/08. Отсчетное устройство: № 2004119732/22 : заявл. 30.06.2004 : опубл. 20.10.2004 / Н.А. Белозеров, Ю.А. Суворов; заявитель ОАО "Концерн Энергомера". — 11 с.

References

1. Biryulin V.I., Gorlov A.N., Kudelina D.V. (eds). *Systems of Commercial Accounting of Energy Resources*. Kursk, The Southwest State University Publ., 2017. 25 p.
2. Loskutov A.B., Gardin A.I., Loskutov A.A. *Automated Control System and Electricity Metering*. Nizhny Novgorod State Technical University, 2018. 84 p.
3. Levin M.A. *Electrical Equipment and electrical Technologies*. Saratov State Vavilov Agrarian University Publ., 2016. 69 p.
4. Vasilchenko V.I., Vinogradov A.A., Grib O.G. [et al.]. *Control and Accounting of Electricity in Modern Power Supply Systems*. Belgorod Shukhov State Technological University Publ., 2011. 243 p.
5. Rozhkova P.K., Zanfirova L.V. "Smart electricity meters" as one of the elements of automation of control and accounting of electricity consumption. Topical issues of power engineering, oil and gas industry. *Materials of All-Russian Research Conference, Izhevsk, May 19-21, 2021*. Izhevsk, 2021, pp. 194–198. (In Russian).
6. Grigorash O.V., Shevchenko A.A., Begdai S.N. *Electrical and Electronics*. 2nd ed. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., 2014. 544 p.
7. Belozarov N.A., Suvorov Yu.A. *Reading Device*. Patent RF, no. 41372 U1, 2004. 11 p.

Информация об авторе

Юменчук Андрей Анатольевич — аспирант, кафедра математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: andrey.yumenchuk@mail.ru.

Information about the Author

Andrey A. Yumenchuk — PhD Student, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: andrey.yumenchuk@mail.ru.

Для цитирования

Юменчук А.А. Обзор современных устройств учета электроэнергии / А.А. Юменчук. — DOI 10.17150/2713-1734.2022.4(1).38-45 // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2022. — Т. 4, № 1. — С. 38–45.

For Citation

Yumenchuk A.A. Review of Modern Electricity Metering Devices. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2022, vol. 4, no. 1, pp. 38–45. (In Russian). DOI: 10.17150/2713-1734.2022.4(1).38-45.