

УДК 621.311:681.5(075.8)

Горохов Илья Васильевич, научный руководитель, канд. тех. наук, доц.,
Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти

Багаутдинов Альберт Маратович, магистрант, Тольяттинский
государственный университет, РФ, г. Тольятти

ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Аннотация

Внедрение автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) на предприятии предполагает поэтапное выполнение работ: сначала формируется комплект необходимого оборудования, затем на основе действующих технических стандартов и нормативных документов разрабатывается проект системы, после чего технические решения согласуются с энергоснабжающей организацией, включая расположение точек учёта, типы и количество средств измерения. Важно обеспечить взаимодействие с поставщиком электроэнергии на стадии проектирования, так как от утверждённых технических условий зависят схема подключения, допустимые классы точности приборов и порядок дальнейшей приёмки системы в эксплуатацию.

Annotation

The implementation of an automatic commercial energy metering systems (ASCAPC) at an enterprise involves the step-by-step execution of work: first, a set of the necessary equipment is formed, then, based on the current technical standards and regulatory documents, a system design is developed, after which the technical solutions are coordinated with the energy supply organization, including the location of the

metering points, types and quantities of measuring instruments. It is important to ensure interaction with the electricity supplier at the design stage, as the approved technical conditions determine the connection scheme, the permissible accuracy classes of the devices and the procedure for further acceptance of the system into operation.

Ключевые слова: АСКУЭ, энергопотребление, коммерческий учет, автоматический сбор данных об энергопотреблении

Keywords: (ASCAPC), energy consumption, commercial accounting, automatic collection of energy consumption data

Ввод в эксплуатацию автоматизированной системы учета электроэнергии

Для создания АСКУЭ предприятия и ввода ее в промышленную эксплуатацию необходимо:

- 1) провести анализ и проектирование автоматизированной системы контроля и учета электропотребления в соответствии с действующими техническими требованиями к системам АСКУЭ промышленных предприятий;
- 2) согласовать количество, тип и точки размещения коммерческих приборов учета с энергоснабжающей организацией, а основные технические решения по созданию АСКУЭ;
- 3) произвести закупку необходимого оборудования;
- 4) осуществить монтаж системы на объекте автоматизации;
- 5) провести наладку системы;
- 6) сдать систему в опытную эксплуатацию комиссией с обязательным участием представителей энергоснабжающей организации, оформив и утвердив соответствующий акт;
- 7) в случае успешного прохождения опытной эксплуатации провести поверку системы в органах Госстандарта;

8) в случае успешного прохождения поверки принять систему в промышленную эксплуатацию с обязательным участием представителей энергоснабжающей организации, оформив и утвердив соответствующий акт.

Гарантийный срок на предлагаемую систему составляет 36 месяцев с момента ввода в эксплуатацию. В течение гарантийного периода исполнитель обязуется заменять дефектные изделия, обнаруженные в процессе эксплуатации, и устранять ошибки в работе ПО.

Система имеет возможность как дальнейшего наращивания количества точек учета, так и изменения существующих. На предприятии имеется ЛВС, что позволяет передавать информацию существующие рабочие места, а также организовывать новые. Также система позволяет организовать комплексный учет других существующих энергоносителей: по пару, конденсату, сетевой и хозяйственно-питьевой воде, воздуху и др.

Поскольку максимальный ток счетчиков прямого включения ограничен значением 100А, применить их в электроустановках с большой потребляемой мощностью не получится.

Однолинейная схема электроснабжения с расположением счетчиков представлена на рис. 1.

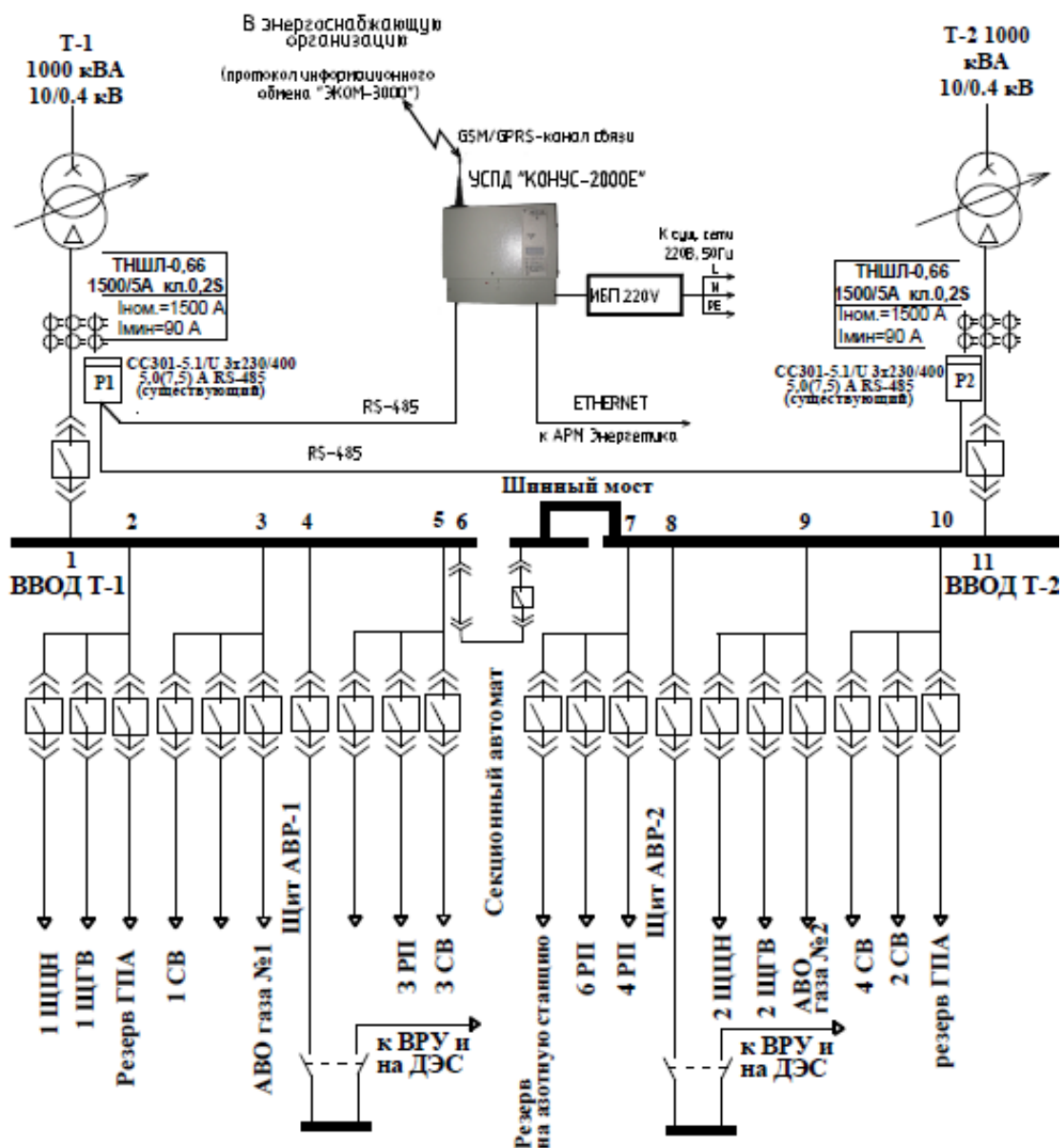


Рисунок 1 - Однолинейная схема электроснабжения

В нормальном режиме многофункциональный микропроцессорный счетчик электроэнергии периодически (период $T=0,025$ ч) выдает следующую информацию:

- дату;
- время с точностью до 1 минуты;
- активную энергию W , кВт·ч, потребленную по вторичной стороне измерительных трансформаторов;
- другие параметры, не рассматриваемые в данной работе.

Допустим, что для заданного в табл. 1 количества включенных потребителей счетчик показал в одном периоде энергию $W_1=5,12$ кВт·ч, а в следующем периоде – энергию $W_2=5,1201$ кВт·ч.

Мощность, потребляемая по вторичной стороне измерительных трансформаторов, составит

$$P = \frac{W_2 - W_1}{T} = \frac{5,12 - 5,1201}{0,025} = 0,004 \text{ кВт.} \quad (1)$$

Коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения:

$$k_{ТТ}=1000/5=200; \quad k_{ТН}=10/0,4=25 \quad (2)$$

Мощность, потребляемая по первичной стороне, составит

$$P = P_{кТТ}k_{ТН}=0,004 \cdot 200 \cdot 25=20 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Для нагрузки, имеющей практически чисто активный характер ($\cos\phi \approx 1$), ток по первичной стороне составит

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi} = \frac{20}{1,73 \cdot 10 \cdot 1} = 1,16 \text{ А.} \quad (4)$$

Приведенный выше расчет выполняется для каждого времени суток.

Среднесуточная активная и реактивная мощности определяются по выражениям:

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{1200 + 2400 + 1200 + \dots + 2400}{24} = 1200 \text{ кВт} \quad (5)$$

Максимальная активная мощность равна: $P_m = 4800 \text{ кВт}$;

Среднесменная нагрузка за наиболее загруженную смену $P_{см}$:

$$P_{см} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} = \frac{1200 + 2400 + 1200 + \dots + 2400}{1 + 1 + 2 + 2 + 4} = 2880 \text{ кВт} \quad (6)$$

Коэффициент сменности равен:

$$\alpha = \frac{P_{cp,z}}{P_{см}} = \frac{2450}{2880} = 0,85 \quad (7)$$

где $P_{ср.г}$ – среднегодовая активная нагрузка:

$$P_{cp.g} = \frac{W_{a.g}}{8760} = \frac{21462000}{8760} = 2450 \text{ кВт} \quad (8)$$

где $W_{a.g}$ – потребленная за год активная энергия, кВт·ч

$$W_{a.g} = 365 \cdot (P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_n \cdot t_n) = 365 \cdot (1200 \cdot 4 + 2400 \cdot 1 + 1200 \cdot 2 + \dots + 2400 \cdot 4) = 21462000 \text{ кВт} \cdot \text{час} \quad (9)$$

Коэффициенты заполнения графиков нагрузки:

$$K_{з.а} = \frac{P_{cm}}{P_m} = \frac{48}{80} = 0,6 \quad (10)$$

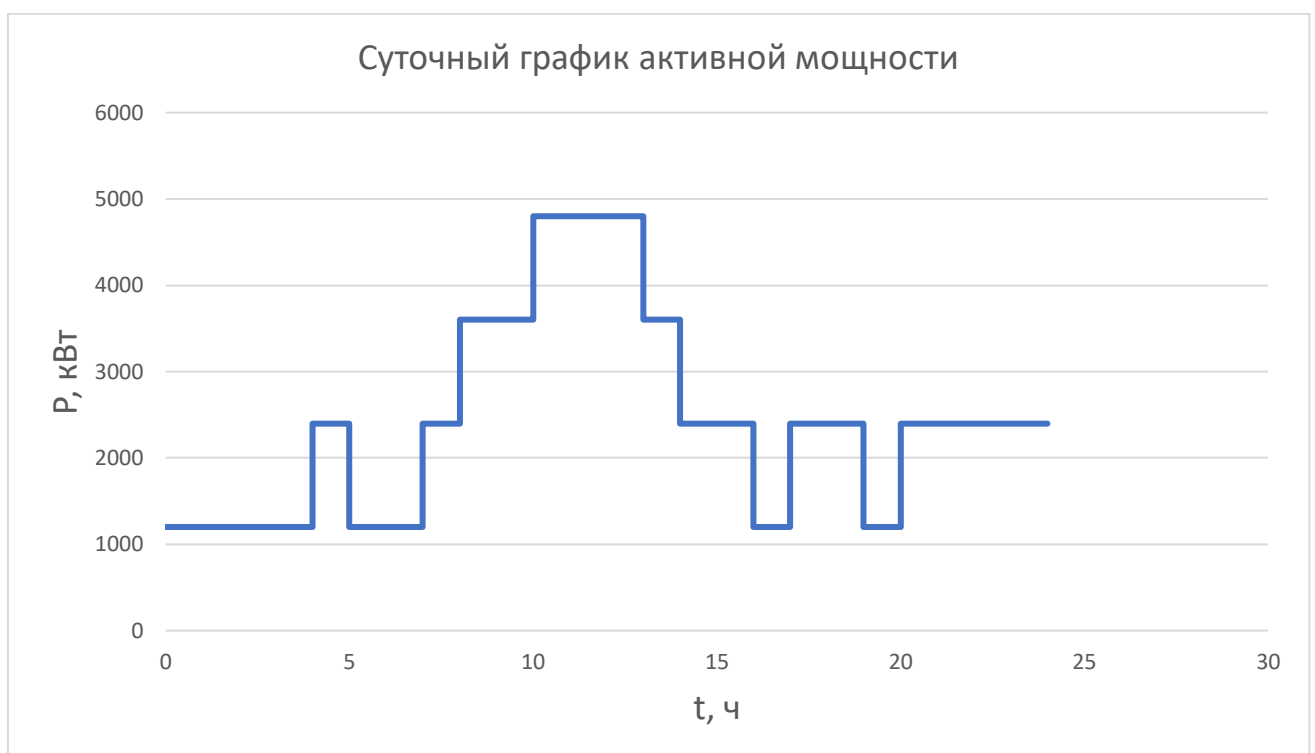


Рисунок 2 - Суточный график активной мощности

Таблица 1 – Результаты измерений

Время суток	0-4	4-5	5-7	7-8	8-10	10-13	13-14	14-16	16-17	17-19	19-20	20-24
Продолжительность смены, ч	4	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	4
Загрузка, %	0,25	0,5	0,25	0,5	0,75	1	0,75	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5
Кол-во включенных потребителей	1	2	1	2	3	4	3	2	1	2	1	2
активная энергия в 1 полупериоде, кВт*ч	5,12	10,24	5,12	10,24	15,36	20,48	15,36	10,24	5,12	10,24	5,12	10,24
активная энергия во 2 полупериоде, кВт*ч	5,1260	10,2520	5,1260	10,2520	15,3780	20,5040	15,3780	10,2520	5,1260	10,2520	5,1260	10,2520
Мощность, потребляемая по вторичной стороне измерительных трансформаторов, кВт*ч	0,004	0,008	0,004	0,008	0,012	0,016	0,012	0,008	0,004	0,008	0,004	0,008
Коэффициенты трансформации трансформаторов тока	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Коэффициенты трансформации трансформаторов напряжения	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Мощность, потребляемая по первичной стороне, кВт	20	40	20	40	60	80	60	40	20	40	20	40
ток по первичной стороне, А	1,16	2,31	1,16	2,31	3,47	4,62	3,47	2,31	1,16	2,31	1,16	2,31

Коэффициент использования установленной мощности потребителей за наиболее загруженную смену:

$$P_{уст} = 3 \cdot P_{м} = 3 \cdot 4800 = 14400 \text{ кВт}$$
$$K_u = \frac{P_{см}}{P_{уст}} = \frac{2880}{14400} = 0,2 \quad (11)$$

Коэффициент максимума нагрузки:

$$K_m = \frac{P_{м}}{P_{см}} = \frac{4800}{2880} = 1,67 \quad (12)$$

Среднеквадратичные значения активной мощности:

$$P_{\varnothing} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \dots + P_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{1200^2 + 2400^2 + 1200^2 + \dots + 2400^2}{24}} = 1865,5 \text{ кВт} \quad (13)$$

Коэффициент формы суточного графика по активной, реактивной и полной мощности:

$$k_{ф.акт} = \frac{P_{\varnothing}}{P_{ср}} = \frac{1865,5}{1200} = 1,55 \quad (14)$$

Представлена методика расчета потребляемой мощности и построения суточного графика нагрузки на основе данных со счетчика. Рассматриваются коэффициенты трансформации тока и напряжения, а также показатели, характеризующие режим работы электроустановки (коэффициент сменности, коэффициент заполнения графика нагрузки, коэффициент использования установленной мощности и др.). Проведена оценка допустимости нагрузки трансформатора и сделан вывод об отсутствии перегрузок.

Литература

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ (последняя редакция).
2. Бударгин О. М., Бердников Р. Н., Перстнев П. А., Шимко М. Б., Воротницкий В. Э. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Единой национальной электрической сети. Красноярск: ИПК «Платина», 2019. 224 с.
3. Вагин Г. Я., Мамонов А. М. Учет энергоресурсов: комплекс учебно- методических материалов. Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. 107 с.
4. Конюхова Е. А. Электроснабжение. М.: Издательский дом МЭИ, 2019. 510 с.
5. Костенко Е. М. Электрооборудование и средства автоматизации. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт. М.: НЦ ЭНАС. 2019. 320 с.
6. Современные автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://refleader.ru/polatyrnayfsbew.html> (дата обращения: 05.10.24).

Literature

1. Federal Law "On Ensuring the Unity of Measurements" dated 26.06.2008 N 102-FZ (latest edition).
2. Budargin O. M., Berdnikov R. N., Perstnev P. A., Shimko M. B., Vorotnitsky V. E. Energy Saving and Increasing Energy Efficiency in the Unified National Electric Network. Krasnoyarsk: IPC "Platinum", 2019. 224 p.
3. Vagin G. Ya., Mamonov A. M. Energy Resources Accounting: A Set of Educational and Methodological Materials. Nizhny Novgorod: NSTU named after R. E. Alekseev, 2014. 107 p.

4. Konyukhova E. A. Electric Power Supply. Moscow: MEI Publishing House, 2019. 510 p.

5. Kostenko E. M. Electrical Equipment and Automation Tools. Installation, Maintenance, and Repair. Moscow: NTs ENAS. 2019. 320 c.

6. Modern automated systems for monitoring and accounting of energy resources (ASKU). [Electronic resource] – Access mode: <http://refleader.ru/polatyrnayfsbew.html> (date of access: 05.10.24).