

**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

## **РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

### **Аннотация**

Эффективное управление энергопотреблением является критически важным фактором для современных предприятий, которые стремятся одновременно повышать свою конкурентоспособность и снижать операционные расходы. В условиях постоянного роста тарифов на электроэнергию и ужесточения экологических требований внедрение автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) становится особенно актуальным. Такие системы обеспечивают не только точный учёт потребляемой электроэнергии, но и предоставляют возможность проводить детальный анализ данных, отслеживать пиковые нагрузки, выбирать более рациональные режимы работы оборудования, уменьшать потери и снижать вероятность несанкционированного потребления.

### **Annotation**

Effective energy management is a crucial factor for modern enterprises that seek to increase their competitiveness and reduce operating costs simultaneously. With the constant increase in electricity tariffs and stricter environmental regulations, the implementation of automatic commercial energy metering systems (ASCAPC) has become particularly important. These systems not only provide accurate energy consumption data, but also enable detailed data analysis, peak load

monitoring, efficient equipment operation, loss reduction, and the prevention of unauthorized consumption.

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

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

## Разработка структуры АСКУЭ

Разработка АСКУЭ для предприятия по производству авиадвигателей требует создания многоуровневой иерархической структуры, учитывающей специфику промышленного объекта: непрерывный режим работы, наличие мощных электроприёмников I и II категорий надёжности, территориальную компактность площадки и существующую коммуникационную инфраструктуру [1].

Однолинейная схема электроснабжения предприятия с указанием точек учёта электроэнергии представлена на рисунке 1. Питание предприятия осуществляется от двух независимых фидеров 10 кВ через КТП №5 с двумя трансформаторами ТМГ-1000 10/0,4 кВ. Каждый трансформатор питает свою секцию шин 0,4 кВ (1СШ и 2СШ), связанных секционным выключателем с АВР. Точки коммерческого учёта ТУ1 и ТУ2 расположены на вводах ячеек №1 (1СШ) и №11 (2СШ) соответственно.

От секций шин 0,4 кВ отходят распределительные линии к цехам предприятия. Механообрабатывающий цех (1200 кВт) и литейный цех (800 кВт) запитаны от 1СШ; сборочный цех (400 кВт), испытательный стенд (600 кВт) и компрессорная (250 кВт) — от 2СШ. Административно-бытовой корпус (150 кВт) и осветительная нагрузка (100 кВт) распределены между обеими секциями.

Однолинейная схема электроснабжения предприятия с указанием точек учёта приведена на рисунке 1.

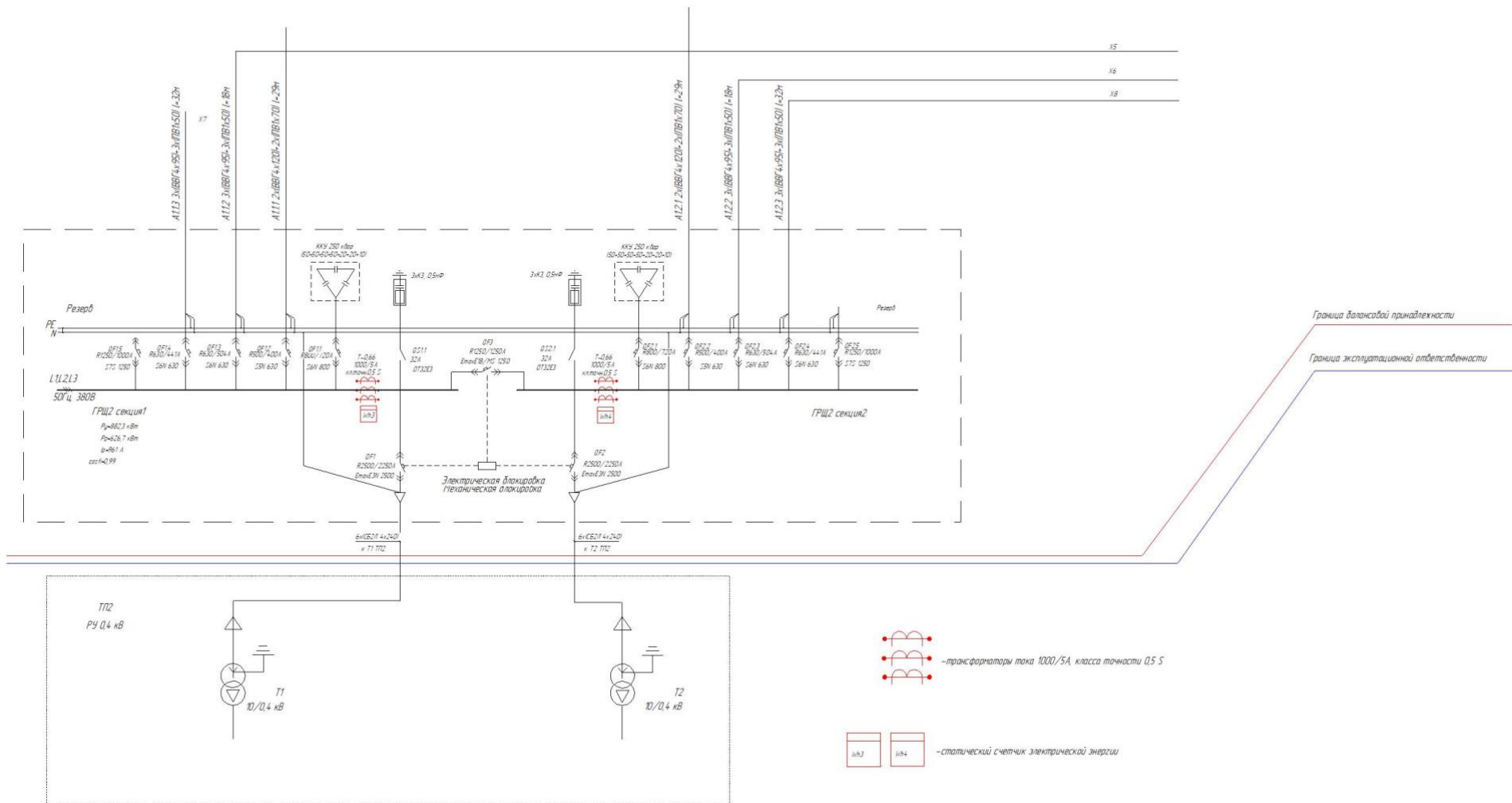


Рисунок 1 – Однолинейная схема электроснабжения предприятия с указанием точек учёта

Разрабатываемая АСКУЭ предприятия построена по трёхуровневой иерархической архитектуре [2]. Первый уровень (измерительный) включает измерительные трансформаторы тока ТНШЛ 0,66-0,2S-1500/5 У2 и электронные счётчики Гран-Электро СС-301-5.1/У, установленные непосредственно в ячейках ввода КТП №5. Второй уровень (коммуникационный) представлен устройством сбора и передачи данных «Конус-2000Е», обеспечивающим опрос счётчиков по интерфейсу RS-485, хранение архивов и передачу данных. Третий уровень (информационно-вычислительный) — АРМ энергетика на базе ПК с программным обеспечением «ES-Учёт», подключённый к УСПД по сети Ethernet [3].

Программное обеспечение системы построено на архитектуре «клиент-сервер» с применением СУБД Microsoft SQL Server [3]. Клиентское приложение «ES-Учёт» обеспечивает формирование табличных и графических отчётов с экспортом в форматы Microsoft Office.

Передача данных в энергоснабжающую организацию осуществляется по GSM/GPRS-каналу через встроенный в УСПД модем. АРМ энергетика получает данные от УСПД по локальной сети Ethernet, обеспечивая оперативный контроль энергопотребления в реальном времени. Структурная схема разрабатываемой АСКУЭ предприятия представлена на рисунке 2.

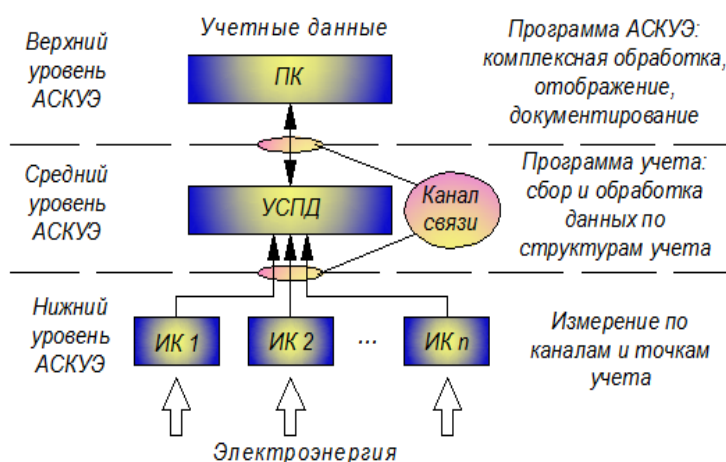


Рисунок 2 – Структурная схема АСКУЭ предприятия (трёхуровневая архитектура)

АСКУЭ предприятия обеспечивает непрерывный автоматический сбор данных об энергопотреблении с интервалом 30 минут, формируя профили нагрузки по каждой точке учёта. Дежурный энергетик наблюдает на мониторе АРМ текущие параметры электроснабжения: активную и реактивную мощность, напряжение, ток, коэффициент мощности [4].

При аварийных ситуациях (превышение допустимой мощности, отклонение напряжения, отказ счётчика) система фиксирует событие в журнале и формирует уведомление для оперативного персонала, что позволяет минимизировать ущерб [5].

Съём показаний на первом уровне осуществляется по интерфейсу RS-485. Максимальная дальность связи — до 1200 м, расстояние от счётчиков до УСПД в КТП №5 не превышает 10 м, что обеспечивает надёжную связь. УСПД выполняет функции концентратора данных и маршрутизирует потоки на верхний уровень.

Функциональная схема АСКУЭ предприятия с указанием информационных потоков приведена на рисунке 3.

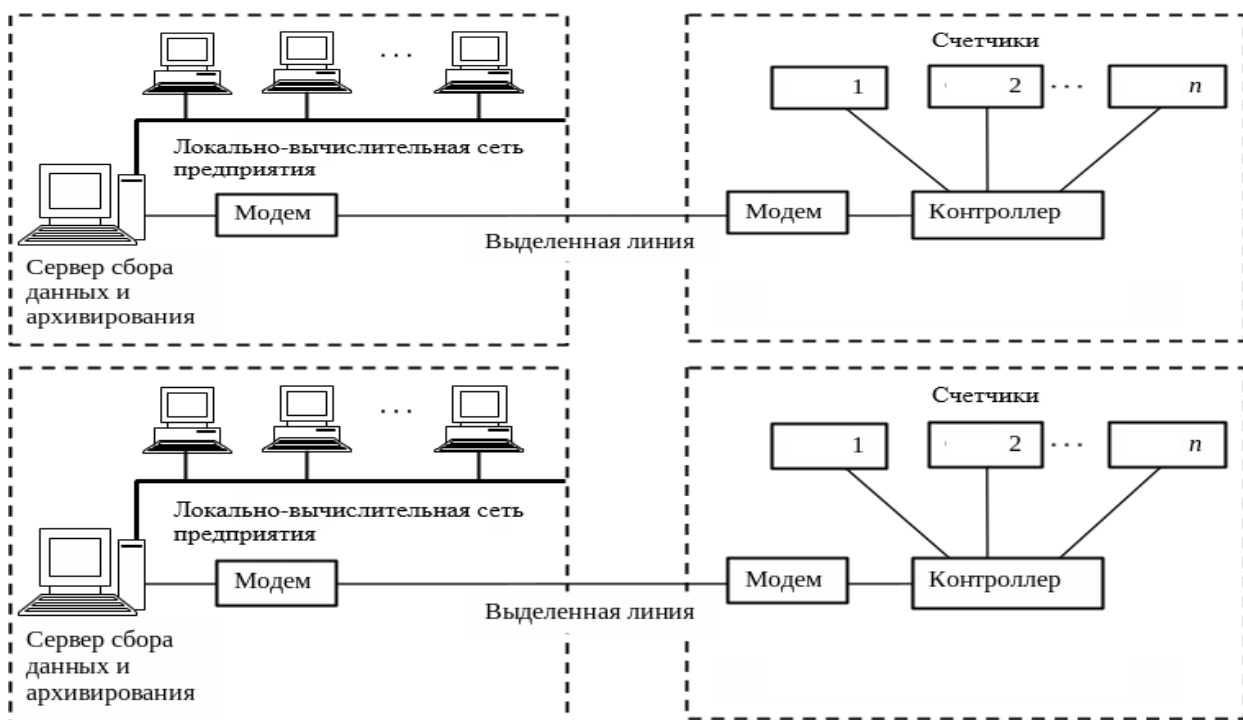


Рисунок 3 – Функциональная схема АСКУЭ предприятия с указанием информационных потоков

Информационный обмен в АСКУЭ предприятия организован следующим образом: данные от ТТ через счётчики передаются по RS-485 на УСПД «Конус-2000Е». УСПД направляет обработанную информацию на АРМ по Ethernet и в энергоснабжающую организацию по GSM-каналу [6]. АРМ агрегирует полученные сведения и обеспечивает оперативный доступ для авторизованных пользователей.

Предложенная конфигурация АСКУЭ решает комплекс задач таких как коммерческий учёт с классом точности по ПУЭ [7], многотарифный учёт с дифференциацией по зонам суток, мониторинг параметров качества электроэнергии, формирование получасовых графиков нагрузки для анализа энергопотребления.

Территориальная компактность предприятия (все точки учёта расположены в здании КТП) упрощает построение коммуникационной инфраструктуры и снижает затраты. Система обладает потенциалом масштабирования: при необходимости могут быть добавлены точки учёта на отходящих линиях к цехам для технического учёта [8].

## Литература

1. Гуревич, Ю.Е. Расчёты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах / Ю.Е. Гуревич, Д.Л. Файбисович, Л.А. Желёзко. – М.: ЭНАС, 2017. – 464 с.
2. Айзенштат, А.И. Автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии / А.И. Айзенштат. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 256 с.
3. Маркелов, Р.В. Программное обеспечение автоматизированных систем коммерческого учёта электроэнергии / Р.В. Маркелов // Промышленная энергетика. – 2021. – № 1. – С. 22–29.
4. Желёзко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии / Ю.С. Желёзко. – М.: ЭНАС, 2019. – 456 с.
5. Тубинис, В.В. Надёжность автоматизированных систем учёта электроэнергии / В.В. Тубинис, А.С. Петров // Энергетик. – 2020. – № 6. – С. 14–18.
6. Бурман, А.П. Современные системы передачи данных в автоматизированных системах учёта электроэнергии / А.П. Бурман, Ю.К. Розанов // Электричество. – 2019. – № 4. – С. 12–19.
7. Правила устройства электроустановок: 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство ЭНАС, 2023. – 552 с.
8. Кобец, Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М.: ИАЦ «Энергия», 2019. – 208 с.

## Literature

1. Gurevich, Yu.E. Calculations of Stability and Emergency Automation in Power Systems / Yu.E. Gurevich, D.L. Faibisovich, L.A. Zhelezko. – Moscow: ENAS, 2017. – 464 p.
2. Aizenshtat, A.I. Automated Information and Measurement Systems for Commercial Electricity Accounting / A.I. Aizenshtat. – Moscow: Energoatomizdat, 2018. – 256 p.
3. Markelov, R.V. Software for Automated Commercial Electricity Metering Systems / R.V. Markelov // Industrial Power Engineering. – 2021. – No. 1. – Pp. 22–29.
4. Zhelezko, Yu.S. Electricity Losses. Reactive Power. Electricity Quality / Yu.S. Zhelezko. – Moscow: ENAS, 2019. – 456 p.
5. Tubinis, V.V. Reliability of Automated Electricity Metering Systems / V.V. Tubinis, A.S. Petrov // Energetik. – 2020. – No. 6. – Pp. 14–18.
6. Burman, A.P. Modern Data Transmission Systems in Automated Electricity Metering Systems / A.P. Burman, Yu.K. Rozanov // Elektrichestvo. – 2019. – No. 4. – Pp. 12–19.
7. Rules for the Design of Electrical Installations: 7th Edition, Revised and Expanded.
8. Kobets, B.B. Innovative Development of the Electric Power Industry Based on the Smart Grid Concept / B.B. Kobets, I.O. Volkova. – Moscow: IAC “Energy”, 2019. – 208 p.