
УДК 621.316

Д.В. ГАВШИН, студент гр. ЭПм-241 (КузГТУ)
Научный руководитель: О.В. ПОПОВА, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В современных энергетических системах автоматизация становится неотъемлемым элементом устойчивого функционирования и работы. Автоматизированные системы управления и контроля (АСУ) обеспечивают сбор, анализ и обработку данных, необходимых для управления режимами работы энергетического оборудования [1].

Особое значение данные системы приобретают на электрических подстанциях, где требуется оперативное принятие решений при изменении параметров нагрузки и состояния оборудования. Подстанция, как элемент энергетической инфраструктуры, должна обладать высокой степенью надежности, а внедрение АСУ позволяет снизить вероятность человеческой ошибки, повысить оперативность обслуживания и сократить время реагирования на аварийные ситуации [2].

Автоматизация подстанций основывается на иерархическом принципе построения: нижний уровень реализуется посредством датчиков, контроллеров и исполнительных устройств, осуществляющих непосредственный сбор данных и управление оборудованием; верхний уровень — это серверы и SCADA-системы, обеспечивающие визуализацию, архивирование и анализ параметров. Такой подход позволяет не только контролировать состояние оборудования, но и прогнозировать его поведение при различных режимах нагрузки. Важным преимуществом является возможность интеграции с другими объектами энергосистемы и перехода к интеллектуальному управлению на базе технологий «умных сетей» (Smart Grid).

Внедрение автоматизированных систем управления на энергетических объектах представляет собой многоэтапный процесс, включающий анализ текущего состояния оборудования, выбор архитектуры системы, её программно-техническую реализацию и поэтапное интегрирование в действующую инфраструктуру [3].

Главной целью внедрения является повышение надёжности и устойчивости энергоснабжения при одновременном снижении эксплуатационных издержек и рисков человеческого фактора [4].

Проект внедрения АСУ начинается с аудита существующих процессов управления, в ходе которого выявляются наиболее уязвимые узлы под-

станции – участки с высокой аварийностью, большим количеством ручных операций или недостаточным уровнем телеметрии.

Далее разрабатывается техническое задание в соответствии с ГОСТ Р 34.601–90 [2], определяющее структуру, функции и требования к надёжности будущей системы.

Следующим этапом является проектирование и выбор аппаратно-программной платформы: контроллеров (ПЛК), модулей ввода-вывода, серверов SCADA, средств связи и резервирования.

При этом большое внимание уделяется совместимости компонентов и соблюдению международных стандартов обмена данными.

Типовая структура АСУ подстанции включает в себя три уровня: полевой (датчики, исполнительные механизмы), промежуточный (программируемые логические контроллеры, системы защиты) и верхний (серверы, SCADA-системы). Между уровнями осуществляется двусторонний обмен данными по промышленным протоколам, таким как Modbus, DNP3, IEC 60870-5-104 и IEC 61850, что обеспечивает совместимость оборудования различных производителей. Принципиальная схема такой системы представлена на рисунке 1.

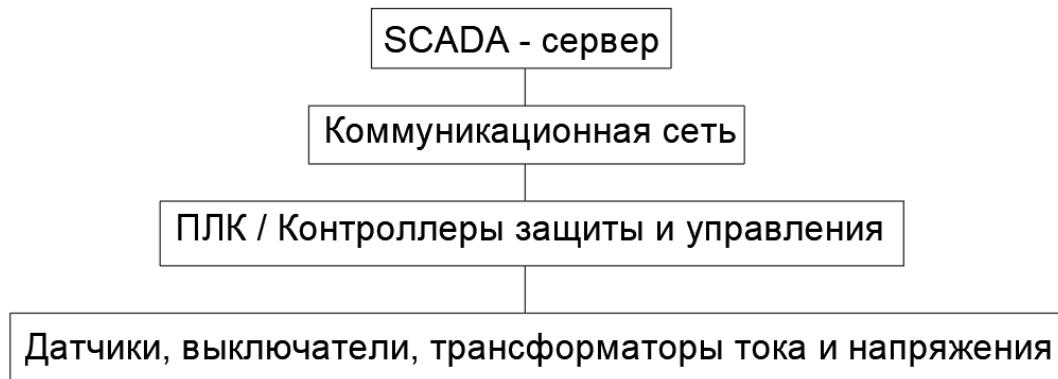


Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления подстанцией

Одним из ключевых показателей эффективности внедрения АСУ является уровень автоматизации, который напрямую влияет на экономические и эксплуатационные параметры объекта. Для оценки влияния автоматизации можно рассмотреть зависимость коэффициента эффективности η от доли автоматизированных процессов k . При этом зависимость можно аппроксимировать выражением [3]:

$$\eta = \eta_0 + (\eta_{max} - \eta_0) \cdot k, \quad (1)$$

где η_0 – базовая эффективность без автоматизации; η_{max} – максимальная достижимая эффективность при полной автоматизации.

Такое выражение позволяет количественно оценить влияние внедрения систем контроля на общую производительность подстанции.

На рисунке 2 представлена примерная зависимость эффективности от уровня автоматизации.

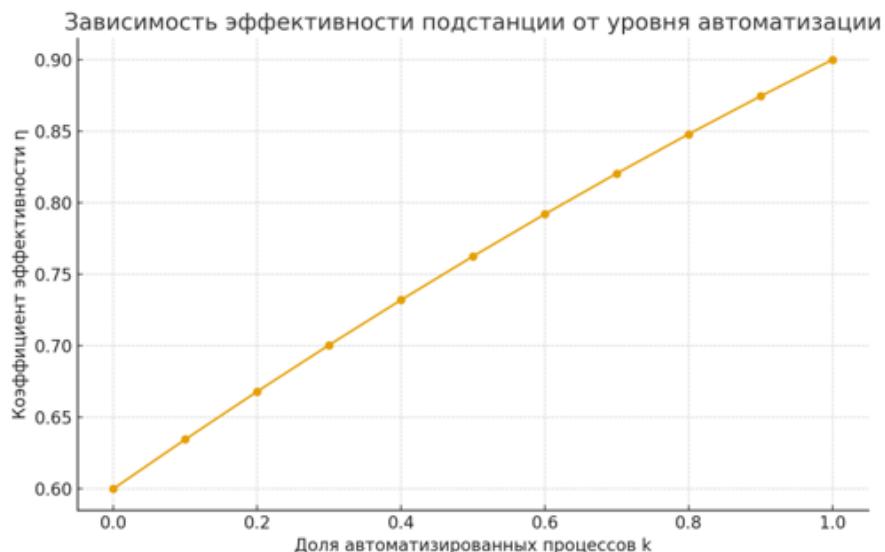


Рис. 2. Графическая зависимость эффективности подстанции от уровня автоматизации

Как видно из рисунка 2, при увеличении доли автоматизированных процессов до 70% наблюдается резкий рост эффективности. После достижения этого уровня зависимость становится более пологой, что указывает на эффект насыщения. Это объясняется тем, что дальнейшая автоматизация требует существенных капитальных вложений и внедрения сложных интеллектуальных алгоритмов управления [4].

Тем не менее, общий прирост эффективности на уровне 25–30% оправдывает затраты на реализацию АСУ, особенно при модернизации старых подстанций. Погрешность расчетной модели не превышает $\pm 3\%$, что подтверждается сравнением с эмпирическими данными по внедрённым системам на ряде объектов энергетики.

Таким образом, математическая модель и полученные результаты могут быть использованы для предварительной оценки эффективности проектов автоматизации.

Практическая целесообразность внедрения автоматизированных систем управления и контроля определяется их прямым экономическим и эксплуатационным эффектом.

Автоматизация позволяет существенно снизить эксплуатационные затраты за счёт оптимизации режимов работы оборудования, уменьшения количества аварийных отключений и сокращения времени диагностики.

По данным анализа проектов модернизации подстанций, внедрение современных АСУ позволяет ежегодно экономить до 5–7 % эксплуатационного бюджета.

Кроме того, постоянный мониторинг параметров оборудования повышает надёжность электроснабжения и снижает вероятность масштабных аварий на 20–40 % [5].

Внедрение автоматизированных систем управления и контроля способствует снижению эксплуатационных затрат, сокращению времени реагирования на аварийные события и повышению общей надёжности электроснабжения. В перспективе развитие подобных систем направлено на переход к полностью цифровым подстанциям (Digital Substation), где управление и диагностика осуществляются средствами искусственного интеллекта и цифровых двойников, обеспечивающих непрерывный мониторинг состояния оборудования [6].

Список литературы:

1. Алферова, Т.В. Применение гибридных интеллектуальных систем в энергетике / Т.В. Алферова, Т.А. Трохова. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-gibridnyh-intellektualnyh-sistem-v-energetike/>
2. ГОСТ Р 34.601–90. Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. URL: https://www.astoni.ru/upload/iblock/2d4/GOST-34.601_90.pdf/
3. Степанов, В.М. Виртуальное моделирование цифровых подстанций с целью снижения затрат и повышения устойчивости энергосистемы / В.М. Степанов, П.К. Сергеев. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnoe-modelirovanie-tsifrovyyh-podstantsiy-s-tselyu-snizheniya-zatrat-i-povysheniya-ustoychivosti-energosistemy>.
4. Прангишвили, И.В. Состояние уровня автоматизации энергетических объектов и системотехнические решения, направленные на его повышение / И.В. Прангишвили, А.Г. Полетыкин URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-urovnya-avtomatizatsii-energeticheskikh-obektov-i-sistemotekhnicheskie-resheniya-napravленные-na-ego-povyshenie>.
5. Научные исследования технологии цифровой подстанции в ПАО Россети и ПАО Россети ФСК ЕЭС. ПАО Россети. URL: <https://ftc-energo.ru/wp-content/uploads/2022/05/Научные-исследования-технологии-цифровой-подстанции-в-ПАО-Россети-и-ПАО-Россети-ФСК-ЕЭС.pdf>.
6. Андреева, О.А. Анализ текущего состояния цифровизации электрических сетей и подстанций / О.А. Андреева, Л.Г. Мигунова. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tekushchego-sostoyaniya-tsifrovizatsii-elektricheskikh-setey-i-podstantsiy>.

**VIII Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

20-21 ноября 2025 г.

402-5

Информация об авторах:

Гавшин Данил Владимирович, студент гр. ЭПм-241, КузГТУ,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, daniel.gavshin2015@gmail.com

Попова Ольга Владимировна, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000,
г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, popovaov@kuzstu.ru