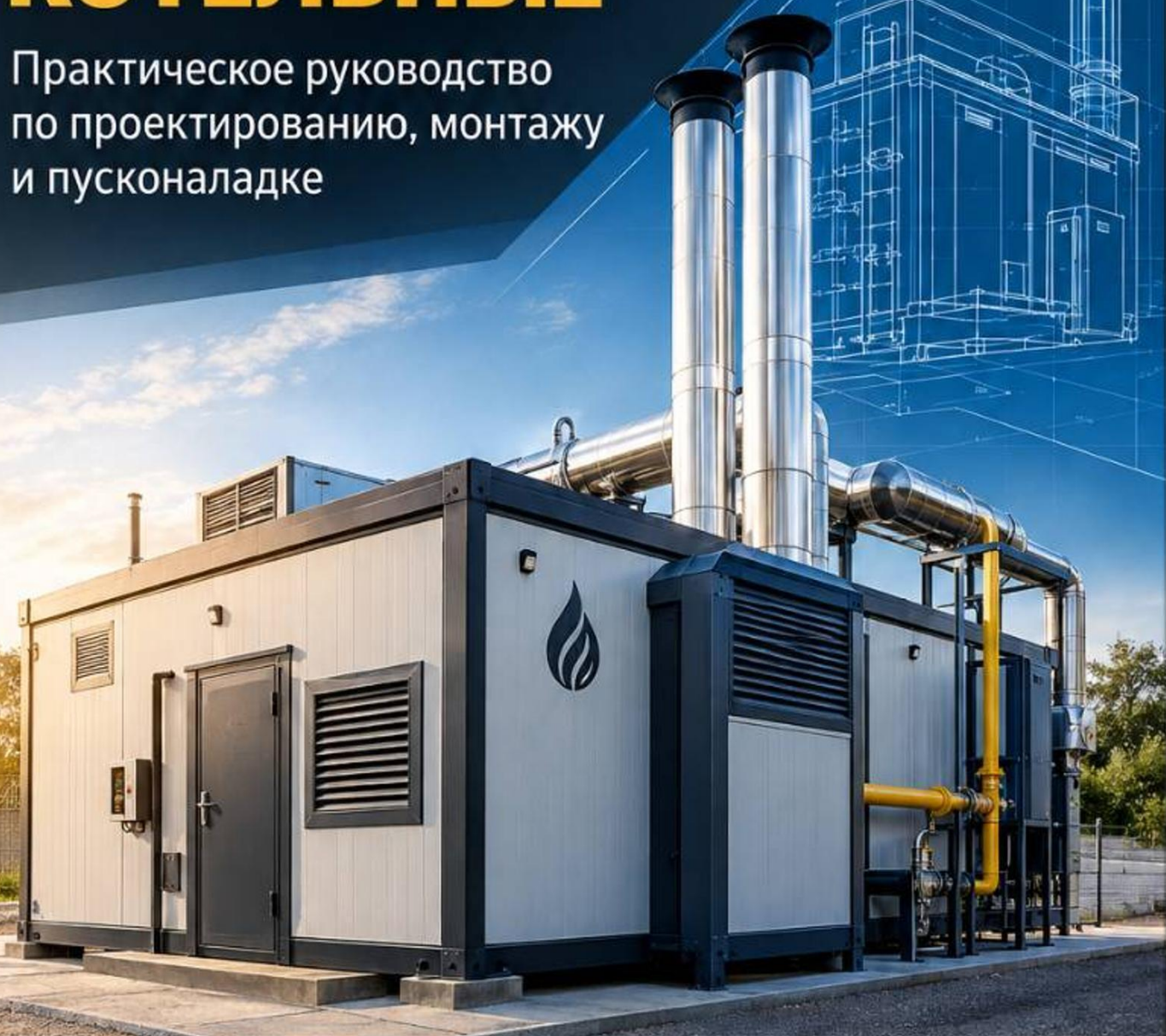


ДМИТРИЙ РОЖКОВ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Практическое руководство
по проектированию, монтажу
и пусконаладке



ПРОЕКТИРОВАНИЕ

С учётом требований
и нормативов



МОНТАЖ

Пошаговые
рекомендации



ПУСКОНАЛАДКА

Надёжная работа
с первого запуска



ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Эффективность,
экономичность,
безопасность

ДМИТРИЙ РОЖКОВ

**Автоматизированная блочно-
модульная котельная.
Практическое руководство
по проектированию,
монтажу и пусконаладке**

«Автор»

2026

РОЖКОВ Д.

Автоматизированная блочно-модульная котельная. Практическое руководство по проектированию, монтажу и пусконаладке / Д. РОЖКОВ — «Автор», 2026

Автоматизированная блочно-модульная котельная: Проектирование, монтаж и эксплуатация. Приведены спецификации оборудования, кабельные журналы, схемы внешних проводок, методики пусконаладочных работ и таблицы уставок систем безопасности. Книга предназначена для: Инженеров-проектировщиков систем автоматизации и электроснабжения Специалистов монтажных и пусконаладочных организаций Преподавателей и студентов технических специальностей Эксплуатационного персонала котельных и тепловых сетей Практическая ценность издания заключается в возможности использования представленных решений как типовых при проектировании аналогичных объектов, а также в качестве справочного материала при проведении экспертиз проектной документации.

© РОЖКОВ Д., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Глава	5
Конец ознакомительного фрагмента.	10

ДМИТРИЙ РОЖКОВ

Автоматизированная блочно-модульная котельная. Практическое руководство по проектированию, монтажу и пусконаладке

Глава

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Глава 1. Архитектура и тепломеханическая часть (ТМ / ГСВ)

Глава 2. Электроснабжение и силовое электрооборудование (ЭОМ) **Глава 3.** Комплексная автоматизация и диспетчеризация (АК)

Глава 4. Слаботочные системы и безопасность (ПС, ОС, СС)

Глава 5. Организация заводской сборки и монтажа на площадке **Глава 6.** Пусконаладочные работы (ПНР) и ввод в эксплуатацию **Заключение**

Приложение А. Чек-лист пусконаладочных работ (ПНР)

Приложение Б. Сводная таблица критических уставок и алгоритмов **Приложение В.** Нормативная база и ссылки на СП/ГОСТ

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы В современной индустрии теплоснабжения блочно-модульные котельные (БМК) занимают лидирующие позиции. Они решают главную проблему девелоперов и промышленных предприятий — необходимость в быстром, надежном и автономном источнике тепловой энергии в условиях отсутствия или дефицита мощностей центральных сетей. БМК заводской готовности позволяют сократить сроки ввода объекта в эксплуатацию с нескольких лет до нескольких месяцев.

Однако высокая степень заводской готовности накладывает колоссальные требования к инженерным системам модуля. Проектировщик и монтажник работают в условиях жесткого дефицита пространства, необходимости обеспечения транспортной надежности (защита оборудования от вибраций и кренов при перевозке) и интеграции сложнейших систем диспетчеризации и безопасности.

Объект-прототип Настоящее руководство написано на основе полного комплекта рабочей документации (РД), разработанного для реального объекта: **Индустриально-технологический парк «Синергия», Корпус 52 (Блочно-модульная водогрейная котельная заводской марки КМ-4 ВГЖ, 4,0 МВт).**

Этот объект является эталонным примером современной БМК. Его особенности включают:

Транспортабельность: Котельная является «передвижной», что требует применения специфических датчиков (например, контроля угла наклона) и усиленных мер виброзащиты. **Резервирование и надежность:** Трехлучевая схема электроснабжения (2 ввода от энергосистемы + Дизель-генераторная установка), наличие резервного топливного хозяйства (дизельное топливо). **Глубокая автоматизация:** Использование связки ПЛК Siemens S7-1200 (общекотловая автоматика) и специализированных контроллеров Unomatic PR200 (котловая автоматика) с каскадным и погодозависимым регулированием. **Комплексная безопасность:** Интеграция систем пожарной (ПС), охранной (ОС) сигнализации, систем контроля загазован-

ности (CH₄, CO, пары ДТ) и автоматическим отключением потребителей по сценарию «Авария».

Для кого написана эта книга Книга адресована инженерам-проектировщикам (разделы ЭОМ, АК, ПС, ОС, СС), монтажникам электротехнических и слаботочных систем, инженерам пусконаладочных работ (ПНР), а также студентам профильных вузов. Мы намеренно отходим от сухого цитирования СНиП и СП, делая упор на **практику**: как выбрать сечение кабеля в условиях БМК, как правильно заземлить частотный преобразователь, как настроить обмен по Modbus RTU между «железом» разных вендоров и как организовать алгоритм работы АВР и системы безопасности.

ГЛАВА 1. АРХИТЕКТУРА ОБЪЕКТА, КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОСТИ И СТРУКТУРА ИНЖЕРНЫХ СИСТЕМ

«Проектирование блочно-модульной котельной заводской готовности — это не просто компоновка оборудования в контейнере. Это создание автономного, транспортабельного организма, где каждый кабель, каждый датчик и каждый алгоритм должны выдерживать вибрации при перевозке, работать в условиях жесткого дефицита пространства и гарантировать абсолютную безопасность при наличии горючих газов и жидкостей».

1.1. Паспорт объекта и концепция «передвижной» котельной

Объектом, на базе которого написано данное руководство, является автоматизированная блочно-модульная водогрейная котельная заводской марки **КМ-4 ВГЖ** тепловой мощностью 4,0 МВт, расположенная на территории Индустриально-технологического парка «Синергия» (Корпус 52, Форт Сталин).

Ключевая особенность данного проекта, кардинально влияющая на все инженерные решения (от выбора датчиков до трассировки кабелей), — статус **«передвижная котельная»**. Модуль предназначен для периодической транспортировки автомобильным транспортом и установки на подготовленные фундаменты в различных точках промпарка.

Это накладывает критические требования на системы автоматизации и электроснабжения:

1. Контроль пространственного положения. При транспортировке или установке на нестабильный грунт модуль может получить крен. Завоздушивание котлового контура или крен бака запаса теплоносителя (пропиленгликоля) могут привести к «сухому ходу» насосов и аварийному останову. Для решения этой задачи в разделе АК (лист 1.1) применен **двухосевой датчик угла наклона D3300** (поз. Z1.100), передающий сигнал 4-20 мА и по RS-485 в шкаф управления котельной (ШУК). **2. Виброустойчивость монтажных узлов.** Все датчики давления (ОВЕН ПД100) и температуры (ДТС035М) монтируются не напрямую в трубопроводы, а через приварные бобышки, шаровые краны и петлевые трубки, с использованием защитных гильз. Кабельные трассы фиксируются в армированной гофрированной трубе и лотках ДКС с шагом опор не более 1,5 метра. **3. Двухвидовое топливо.** Котельная работает на природном газе (основное) и дизельном топливе (резервное). Наличие бака ДТ и насосной группы требует применения специализированных газоанализаторов паров (СИГМА-03М.Д2) и взрывозащищенного/искробезопасного исполнения слаботочных цепей.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.1. Структурная схема КТС САУ ПКУ (Лист 1.1 из раздела 26-05-АК)]

1.2. Архитектура электроснабжения и логика АВР

Согласно «Общим данным» раздела ЭОМ, электроснабжение котельной осуществляется от сети 380/220В, 50 Гц с системой заземления **TN-C-S**. По степени надежности электроприемники отнесены к **II категории**.

Для обеспечения бесперебойной работы сетевых насосов (37 кВт) и систем безопасности (ПЭСПЗ), проектом предусмотрена **трехлучевая схема питания**:

Ввод 1 и Ввод 2 — рабочие, от внешней энергосистемы. **Ввод 3** — резервный, от Дизель-Генераторной Установки (ДГУ).

Логика работы Автоматического Ввода Резерва (АВР): В нормальном режиме работают оба ввода от энергосистемы, секционный выключатель (QF03) разомкнут. При падении напряжения на рабочем вводе срабатывает АВР на базе устройства **КЭАЗ OptiSave Н-243-УЗ**, и секционный выключатель замыкается. *Особенность проекта:* Переход на питание от ДГУ (Ввод 3) и обратно осуществляется с возможностью ручного подтверждения. Это сделано намеренно: тяжелые асинхронные двигатели сетевых насосов (М3, М4), подключенные через частотные преобразователи Veda VF-101-P37K, при жестком автоматическом переходе «на лету» могут вызвать провал напряжения и срабатывание защит ПЧ.

Расчетная электрическая мощность котельной составляет **Р_р = 67 кВт** (расчетный ток $I_p = 112$ А). Учет электроэнергии организован в шкафу ВРУ с помощью трансформаторных счетчиков **СЭТ-4ТМ.03МТ.13** (класс точности 0.5S, интерфейсы RS-485), которые интегрируются в АСКУЭ Заказчика через шлюзы МОХА.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.2. Однолинейная схема электрической сети шкафа ВРУ (Лист 2.1 из 26-05-ЭОМ)]

1.2.1. Панель противопожарных устройств (ПЭСПЗ)

Особое внимание в ЭОМ уделено питанию систем безопасности. Панель ПЭСПЗ (окрашенная в красный цвет RAL 3020) запитана по трем вводам с собственным АВР на контакторах Dekraft. Она обеспечивает резервированное питание шкафов ПС, ОС, аварийного освещения и СОУЭ. В ВРУ предусмотрена «**Отключаемая шина**» (через контактор КМ100 40А). При поступлении «сухого контакта» «Пожар» от системы ПС, эта шина мгновенно обесточивает тепловые пушки, электрообогрев дренажей дымовых труб и вентиляцию, предотвращая распространение огня и задымление.

1.3. Трехуровневая структура систем автоматизации (АСУ ТП)

Раздел АК описывает высокоинтеллектуальную систему управления, построенную по классическому трехуровневому принципу, что позволяет разделить задачи локального регулирования и глобальной диспетчеризации.

1. Полевой уровень: Датчики НПО ОВЕН (ПД100, ДТС035М, ПД100И-ДГ), Росма, КИПА, а также частотные преобразователи Veda и контроллеры горелок. **2. Уровень локальных контроллеров:**

Шкафы котловой автоматики (ШК1, ШК2): Построены на базе контроллеров **Unomatic PR200**. ШК1 является «ведущим» — в нем реализован главный *каскадный и погодозависимый регулятор*, а также приоритетный *антиконденсатный режим* (поддержание температуры обратки выше точки росы для защиты котла от коррозии). **Шкаф управления котельной (ШУК):** «Мозг» объекта. Построен на ПЛК **Siemens SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C DC/DC/Relay)**. Отвечает за общекотловую логику, управление насосами через Modbus RTU, обработку аварийных сигналов от ПС/ОС/СЗС и формирование команд на отключение газового клапана YA1. **3. Уровень диспетчеризации и визуализации:** Панель оператора **Weintek cMT1106X (10.1")** в дверце ШУК. Промышленный коммутатор **Moxa EDS-208A** и шлюзы **МОХА MGate MB3280** (преобразование Modbus RTU в TCP) и **NPort 5130**.

Сетевая топология и кибербезопасность: Передача данных на диспетчерский пункт ОЭЗ «Алабуга» и АРМ дежурного (SCADA WinCC 7.3) осуществляется по резервированной оптоволоконной линии (ВОЛС). В проекте предусмотрен **контур ДМЗ** (сегмент передачи данных Заказчика), что исключает возможность несанкционированного доступа из корпоративной сети парка в критические контроллеры Siemens и Unomatic.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.3. Схема автоматизации общекотельная (Лист 2.1 из 26-05-АК)]

1.4. Комплексная безопасность: Интеграция ПС, ОС и СЗС

Котельный зал является помещением с повышенной опасностью. Системы пожарной (ПС) и охранной (ОС) сигнализации, а также система контроля загазованности (СЗС) работают не изолированно, а в жесткой связке с технологическим процессом.

1.4.1. Пожарная сигнализация и СОУЭ (Раздел ПС)

Система построена на адресном оборудовании НВП «Болид» (С2000М исп.01, С2000-КДЛ-2И исп.01).

Алгоритмы принятия решения: Для ручных извещателей (ИПР 513-3АМ) используется *Алгоритм А* (немедленная реакция). Для дымовых извещателей (ДИП-34А-03) — *Алгоритм В* (повторное срабатывание в другой зоне или подтверждение), что защищает от ложных срабатываний из-за вибрации или пыли. **Акустический расчет СОУЭ:** В проекте приведен строгий расчет звукового давления. Оповещатели С2000-ОПЗ размещены так, чтобы обеспечить уровень звука не менее 75 дБА (но не более 120 дБА) в любой точке. Снижение уровня сигнала рассчитывается по формуле: $r=10\log(1/L2)$, где L — расстояние от оповещателя. **Кабельные линии:** Все цепи ДПЛС и питания 24В выполняются исключительно огнестойким кабелем **КПСЭнг(А)-FRHF** в кабельной линии **ОКЛ «СПЕЦКАБ-ЛАЙН-КиТ-ГФ16»** (z-профиль + гофротруба $d=16\text{мм}$).

1.4.2. Контроль загазованности (СЗС)

В котельной реализован трехуровневый контроль утечек:

1. **Метан (СН4):** Датчик БД1 сигнализатора СТГ-1-2 устанавливается в верхней точке под потолком (так как метан легче воздуха). Порог срабатывания — 10% НКПР. 2. **Угарный газ (СО):** Датчик БД2 (СТГ-1-2) устанавливается на стене у входа на уровне дыхания (~1,5 м). Пороги: 20 мг/м³ (предупреждение) и 100 мг/м³ (авария). 3. **Пары дизельного топлива (ДТ):** Газоанализатор **СИГМА-03М.ИПК** с датчиком Сигма-03М.Д2 (IP65) контролирует зону бака ДТ и насоса М7. Пороги: 10% и 20% НКПР.

Алгоритм Safety Interlock (Аварийная остановка): При срабатывании любого порога СЗС или сигнала «Пожар» от ШПС, ПЛК Siemens (ШУК) выполняет следующую последовательность:

1. Закрывает главный электромагнитный газовый клапан **YA1** на вводе в котельную. 2. Отключает приточную и вытяжную вентиляцию (П1.1, П1.2). 3. Блокирует розжиг горелок и выдает сигнал на свето-звуковые табло «ЗАГАЗОВАННОСТЬ» (СИРИУС ОП-М-СЗ-220) над входами в модуль.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.4. План расположения оборудования ПС и ОС (Лист 4 и 5 из 26-05-ПС / 26-05-ОС)]

1.5. Сети связи и бесперебойное питание (Раздел СС)

Для агрегации трафика от ШУК, ШПС и ШОС в проекте предусмотрен компактный телекоммуникационный шкаф **ШСС** (ЩМП-2.3.1-0 У2 IP54, 250х300х150 мм).

Активное оборудование: Управляемый коммутатор **Dahua DH-HS4408-4ET-96** (4 порта 100 Мбит/с + 4 порта PoE + 4 слота SFP). **Оптическая кросссистема:** ШКОН-РМ/1-12SC ССД с адаптерами SC-SC для коммутации ВОЛС. **Расчет ИБП:** Коммутатор Dahua потребляет 96 Вт. С учетом коэффициента запаса 15% (110 Вт) и требования обеспечения 1 часа автономной работы, в ШСС установлен блок бесперебойного питания **FARADAY UPS 300W/48V/DIN** с батарейным модулем **HR 12-34W (12В, 9Ач)**.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.5. Схема расположения оборудования в телекоммуникационном шкафу ШСС (Лист 7 из 26-05-СС)]

1.6. Нормативная база и специфические требования к монтажу в БМК

Проектная документация разработана в строгом соответствии с актуальными сводами правил и ГОСТ. Особое внимание при сборке модуля в цеху и монтаже на площадке необходимо уделять следующим пунктам из «Общих данных»:

1. Расстояния до трубопроводов (Правило 400 мм): Согласно ПУЭ и примечаниям на планах ЭОМ/АК, при параллельной прокладке расстояние от лотков с кабелями до газопроводов и труб с горючими жидкостями (ДТ) должно быть **не менее 400 мм**. При пересечении — не менее 100 мм. В условиях тесного модуля (ширина 3,2 м) это требует ювелирной 3D-трассировки лотков ДКС на этапах +2.450, +2.250 и +1.900.2. **Заземление и ОСУП:** Внутренний контур заземления (магистраль уравнивания потенциалов) выполняется стальной полосой 40x4 мм по периметру на отм. +0.400 м. Все лотки, корпуса шкафов и технологические трубопроводы соединяются с ГЗШ (шиной РЕ в ВРУ). *Критически важно:* экраны кабелей RS-485 (витая пара к частотникам Veda и датчикам) заземляются **только с одной стороны** (в шкафу ШУК), чтобы избежать уравнительных токов, способных выжечь порты контроллеров.3. **Формовка конденсаторов ПЧ:** В разделе ЭОМ есть жесткое требование: «В ПЧ используются электролитические конденсаторы, поэтому они требуют формовки (перезарядки) после длительного хранения». Перед первым пуском котельной после транспортировки инженер ПНР обязан подать на частотные преобразователи Veda пониженное напряжение через ЛАТР или использовать встроенную процедуру формовки, иначе возможен взрыв электролитов.4. **Огнестойкие проходки:** Все переходы кабелей через стены модуля выполняются в стальных гильзах (сгон Ду50). После протяжки воздушные промежутки герметизируются терморасширяющейся противопожарной пеной **DF1201**.

ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ (ЭОМ)

«Проектирование электроснабжения блочно-модульной котельной — это поиск компромисса между жесткими габаритами транспортного модуля, высочайшими требованиями к бесперебойности теплоснабжения и строжайшими правилами пожарной безопасности в газовом хозяйстве. В этой главе мы разберем "сердце и кровеносную систему" котельной КМ-4 ВГЖ».

2.1. Концепция электроснабжения и архитектура АВР

Согласно «Общим данным» раздела ЭОМ, электроснабжение котельной осуществляется от сети 380/220В, 50 Гц с системой заземления **TN-C-S**. По степени надежности электроприемники отнесены к **II категории**.

Однако, учитывая критичность объекта (теплоснабжение промышленного парка в зимний период) и наличие систем пожарной и газовой безопасности, проектом предусмотрена **трехлучевая схема питания**:

1. Ввод 1 и Ввод 2 — рабочие, от внешней энергосистемы. **2. Ввод 3** — резервный, от Дизель-Генераторной Установки (ДГУ).

Логика работы Автоматического Ввода Резерва (АВР): В нормальном режиме работают оба ввода от энергосистемы, секционный выключатель (QF03) разомкнут. При пропадании напряжения на рабочем вводе срабатывает АВР на базе специализированного контроллера **КЭАЗ OptiSave H-243-Y3**, и секционный выключатель замыкается. *Особенность проекта:* Переход на питание от ДГУ (Ввод 3) и обратно осуществляется с возможностью ручного подтверждения. Это сделано намеренно: тяжелые асинхронные двигатели сетевых насосов (37 кВт), подключенные через частотные преобразователи, при жестком автоматическом переходе «на лету» могут вызвать провал напряжения и срабатывание защит ПЧ.

Расчетная электрическая мощность котельной составляет **Р_р = 67 кВт** (расчетный ток $I_p = 112$ А). Учет электроэнергии организован в шкафах ВРУ и ПЭСПЗ.

[Здесь необходимо вставить Рис. 2.1. Однолинейная схема электрической сети шкафа ВРУ (Лист 2.1 из 26-05-ЭОМ)]

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.