

УДК 620.9

Семенов Дмитрий Викторович, магистрант, Амурский государственный университет, г. Благовещенск

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ
ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПС 220 КВ «МЕТАЛЛУРГ» К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
СЕТЯМ ШКОТОВСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Аннотация. В статье проведён анализ современных технологических решений и подходов к подключению высоковольтных (220 кВ) подстанций. Рассмотрены цифровые и модульные конструкции подстанций, применение элегазовых КРУ (КРУЭ) и интеграция автоматизации по стандартам МЭК-61850. Особое внимание уделено практической применимости данных решений к вновь строящейся ПС 220 кВ «Металлург» (Шкотовский район Приморского края) – проанализированы возможные схемы трансформаторного оборудования и линий, а также требования нормативов (ПУЭ, ГОСТ, СТО «Россети»). Приводятся примеры реальных проектов ПС 220 кВ в России (например, «Находка», «Луч», «Магдагачи») с внедрением инновационных решений, что подтверждает эффективность выбранных подходов. Исследование позволит оценить оптимальные решения для надёжного интегрирования ПС «Металлург» в региональную сеть.

Annotation. The article analyzes modern technological solutions and approaches for connecting high-voltage (220 kV) substations. It reviews digital and modular substation designs, the use of SF₆-insulated switchgear (GIS), and integration of automation according to IEC 61850 standards. Special attention is given to the practical applicability of these solutions to the newly constructed 220 kV substation “Metallurg” (Shkotovsky district of Primorye), including planned transformer and line configurations, and compliance with regulations (PUE, GOST, CS «Rosseti»). Examples of real 220 kV substation projects in Russia (e.g., “Nakhodka”, “Luch”, “Magdagachi”) are provided, demonstrating the effectiveness of the chosen approaches. This study will help identify optimal solutions for reliably integrating the “Metallurg” substation into the regional grid.

Ключевые слова: высокоавтоматизированная подстанция, элегазовое распределительное устройство, модульные конструкции, стандарт МЭК 61850, схема подключения.

Keywords: high-automation substation, SF₆ switchgear, modular design, IEC 61850 standard, connection scheme.

Рост промышленной деятельности и строительство крупных предприятий (например, Приморского металлургического завода в Большом Камне) требует наращивания мощностей энергосетей в Приморском крае. В связи с этим проектируется новая ПС 220 кВ «Металлург» в Шкотовском районе, служащая центром питания авторитетному потребителю в регионе. Для её надёжного подключения к системе необходимы современные технологии, учитывающие особенности местности и нагрузок, а также строгие нормативы (ПУЭ, ГОСТ, отраслевые СТО) [4]. В настоящей работе анализируются инновационные решения подключения и оборудования ВЛ/КЛ и ПС 220 кВ, их применимость к ПС «Металлург», а также примеры аналогичных реализованных проектов в России.

Для новых высоковольтных подстанций в России активно внедряются цифровые технологии и компактные конструкции. Так, при реконструкции ПС 220 кВ «Луч» (Подмосковье) использованы цифровые терминалы релейной защиты и автоматики, оптоволоконные линии связи и автоматизированная система управления в соответствии со стандартом МЭК 61850. Это повышает надёжность и уменьшает вероятность аварий. Вместо традиционного открытого распределительного устройства там установлены более компактные комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией – КРУЭ на 110 и 220 кВ [2]. Аналогичные тенденции отмечаются и в других проектах: оснащение ПС высокоточными микропроцессорными защитами, цифровыми системами связи и мониторинга позволяет обеспечить отказоустойчивость и дистанционную диагностику.

Блочно-модульные (серийные) здания и комплекты оборудования также входят в число современных решений. Готовые модули со смонтированными

трансформаторами, коммутацией и инженерными системами позволяют ускорить монтаж ПС и унифицировать сборку. Например, в ПС 220 кВ «Западная» (Приморье) применены блочно-модульные здания для размещения НКУ и трансформаторов, что упрощает подготовку площадки и монтаж. В проекте ПС «Находка» подстанция построена с закрытыми камерами для оборудования (важно при морском климате) и использует компактные элегазовые РУ. Кроме того, модернизация сетей подразумевает прокладку новых ВЛ и КЛ 220 кВ, применение автоматизированных устройств автоматического ввода резерва, а также технических средств компенсации реактивной мощности.

ПС 220 кВ «Металлург» проектируется с учётом современных требований. Согласно проектным данным, она будет оснащена двумя автотрансформаторами 220/35/10 кВ мощностью по 125 МВА каждый (позднее мощность будет увеличена до 320 МВА суммарно). Такая конфигурация позволяет гибко распределять нагрузки на 35 кВ и 10 кВ сетях предприятия. Для «Металлурга» целесообразно применение КРУЭ с элегазовой изоляцией на 220 кВ и 110 кВ аналогично реализации ПС «Находка» – это уменьшит габариты оборудования и повысит электробезопасность в условиях приморского климата. Также обосновано применение блочно-модульных конструкций для МТП и РУ, что ускорит монтаж и обеспечит защиту от коррозии.

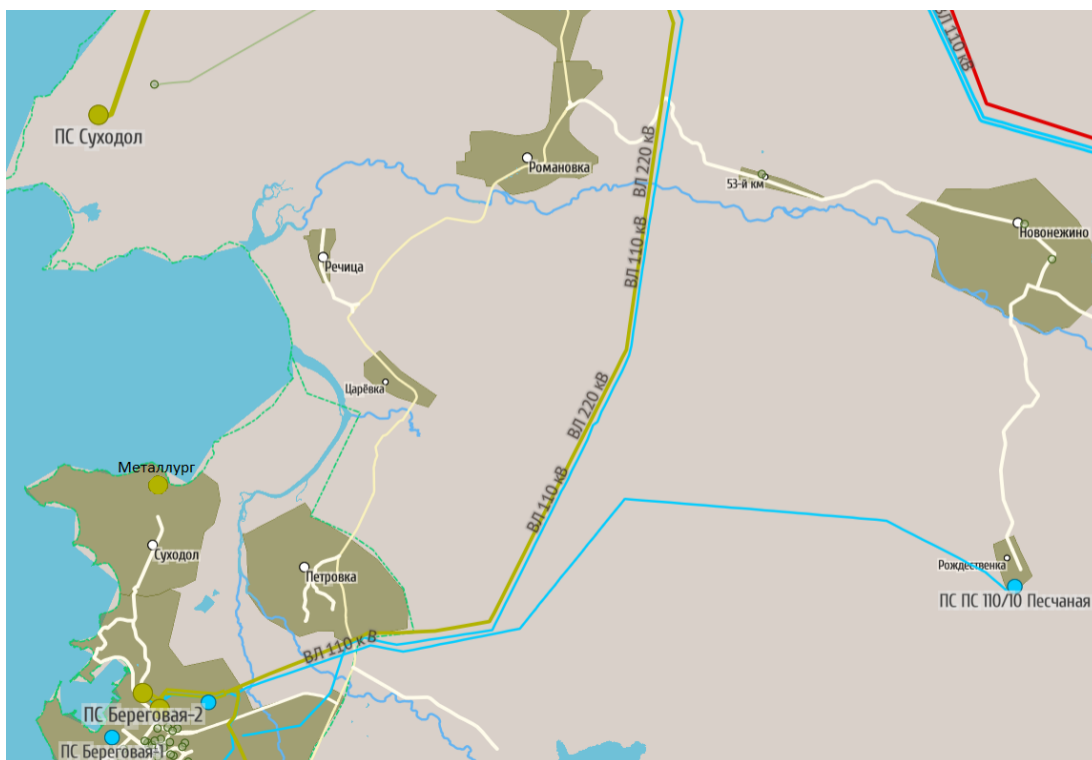


Рис. 1 Карта электрических сетей Шкотовского района и предполагаемое расположение ПС «Металлург»

Поскольку «Металлург» соединится с ЭС Приморья через новые ВЛ 220 кВ (например, ВЛ «Варяг–Металлург» №1 и №2 протяжённостью ≈ 25 км каждая, ПС «Варяг» также проектируемая подстанция [1]), необходимо обеспечить их надёжность и согласованность с ПУЭ. В проекте должны соблюдаться требования к установке разъединителей (с видимым разрывом), устройству защиты и заземления ПС, как предписано ПУЭ [4]. Применение цифровых систем управления и микропроцессорных защит по стандарту МЭК 61850 целесообразно для ПС «Металлург» – это обеспечит оперативный обмен данными и интеграцию с АИИС КУЭ и SCADA сетевой компании [5]. Особенно важным является качество связи и систем учёта электроэнергии, учитывая нагрузки на металлургический завод, поэтому можно рекомендовать современные цифровые датчики и средства связи, как на ПС «Находка».

Важный аспект – учёт общепринятых норм и стандартов. Проект ПС «Металлург» должен соответствовать ПУЭ, регламентирующим безопасность эксплуатации подстанций. Применяются ГОСТы на материалы и

оборудование (госты на трансформаторы, вводы, металлоконструкции) и отраслевые СТО, задающие ТУ на комплектные распределительные устройства и монтаж подстанций. Например, СТО «Россети» включают требования по проектированию КРУЭ и систем оповещения. Соблюдение этих стандартов гарантирует безопасность и совместимость оборудования «Металлург» с остальной инфраструктурой [2].

В России уже реализовано несколько проектов с использованием описанных решений. Так, введённая в 2022 г. подстанция 220 кВ «Находка» (Приморский край) построена в рамках национального проекта электросетевого комплекса [3]. Она оснащена двумя автотрансформаторами (126 МВА суммарно) и компактными элегазовыми КРУЭ на 110 и 220 кВ. Оборудование размещено в закрытых герметичных камерах, что повышает надёжность в агрессивном климате Приморского края. Кроме того, на ПС «Находка» внедрены цифровые системы автоматизации и учёта электроэнергии, как раз нацеленные на оперативный мониторинг и учёт.

Другой пример – ПС 220 кВ «Луч» (Московская область). При её реконструкции ФСК ЕЭС использовала принципы цифровой подстанции (многоканальная автоматика, МЭК 61850) и заменила открытые РУ на компактные КРУЭ [2]. Применение цифровых реле и волоконной связи существенно повысило надёжность питания и упростило расширение мощности до 700 МВА. Аналогично, в Амурской области проводится масштабная реконструкция ПС 220 кВ «Магдагачи» с созданием высокоавтоматизированного комплекса II уровня для цифровой подстанции. В этом проекте отечественные приборы РЗА/ПА и ПО прошли испытания на совместимость в режиме реального времени по стандарту МЭК 61850, что демонстрирует готовность к внедрению новых цифровых решений.

При проектировании подключения подстанции «Металлург» необходимо также учитывать географическое положение, климат региона, и состояние распределительных сетей. Шкотовский район Приморского края характеризуется сложной топографией и значительной удаленностью

некоторых населенных пунктов от основных источников энергоснабжения. Это создает дополнительные трудности при проектировании и реализации схемы подключения новой подстанции. Основные особенности энергосистемы региона включают:

1. Высокую степень износа существующих линий электропередачи;
2. Неравномерное распределение нагрузки;
3. Необходимость интеграции новых источников генерации;
4. Муссонный, влажный климат с холодной зимой.

Основной целью разработки схемы подключения ПС 220 кВ «Металлург» является обеспечение надежного и эффективного энергоснабжения Шкотовского района [5]. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ существующей энергосистемы: изучение текущей конфигурации электрических сетей Шкотовского района, включая нагрузку, пропускную способность и возможные узкие места;
2. Разработка оптимальной схемы подключения: предложение решения, которое позволит минимизировать потери электроэнергии и обеспечить устойчивость сети при подключении новой подстанции;
3. Оценка экономической эффективности: проведение анализа затрат на реализацию проекта и его потенциальной окупаемости.

Современные решения подключения и оборудования ПС 220 кВ (цифровизация, элегазовые КРУ, модульные конструкции, электронная автоматика) позволяют повысить надёжность электроснабжения и ускорить запуск объектов. Анализ показывает, что большинство таких решений уместны и для ПС «Металлург» в Шкотовском районе. При проектировании целесообразно использовать КРУЭ с элегазовой изоляцией, цифровые релейные защиты и управленческие системы по МЭК 61850, а также блочно-модульные конструкции. Все решения должны соответствовать действующим нормативам. Опыт российских проектов демонстрирует, что данные технологии оправданы: они позволяют эффективно интегрировать новые ПС

220 кВ в энергосистему, стимулируя развитие региональной инфраструктуры и экономики.

Список литературы

1. АО «НТЦ ФСК ЕЭС». Тендер № 2762406266 от 23.03.2023: Выполнение комплекса работ по инженерным изысканиям по титулу «Строительство двух одноцепных ВЛ 220 кВ Варяг – Metallург №1 и №2, строительство ПС 220 кВ Metallург» // Портал государственных закупок. URL: <https://www.komtender.ru/region/primorskij-kraj/2762406266>
2. Группа компаний «Россети». Заключение аудита инвестиционных проектов. Раздел: Внедрение инновационных решений // Официальный сайт ПАО «Россети». URL: <https://rosseti.ru/company/investment-activity/conclusions-of-the-audit-of-investment-projects/>
3. ПАО «Россети». Подстанция 220 кВ «Находка» интегрирована в энергосистему Приморья // EnergyLand. 05.09.2022. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2021/6731345.htm>
4. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Глава 4.2: Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ. URL: <https://www.ruscable.ru/info/pue/4-2.html>
5. СО ЕЭС. Инвестиционные проекты по развитию электрических сетей на 2023–2028 годы. Раздел: Приморский край. URL: <https://xn----dtbhaacat8bfloi8h.xn--p1ai/investicionnye-proekty-ao-so-ees-na-2023-2028-gody-po-razvitiyu-elektricheskikh-setey-ustroystv-i>

References

1. JSC "NTC FGC UES". Tender No. 2762406266 dated 23.03.2023: Execution of a complex of engineering survey works under the title "Construction of two single-circuit 220 kV overhead lines Varyag – Metallurg No. 1 and No. 2, construction of the 220 kV Metallurg substation" // Government Procurement Portal. URL: <https://www.komtender.ru/region/primorskij-kraj/2762406266>
2. Rosseti Group of Companies. Audit conclusions of investment projects. Section: Implementation of innovative solutions // Official website of PJSC

Rosseti. URL: <https://rosseti.ru/company/investment-activity/conclusions-of-the-audit-of-investment-projects/>

3. PJSC Rosseti. The 220 kV “Nakhodka” substation has been integrated into the power system of Primorsky Krai // EnergyLand. 05.09.2022. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2021/6731345.htm>
4. PUE (Electrical Installation Code). Chapter 4.2: Switchgear and substations with voltage above 1 kV. URL: <https://www.ruscable.ru/info/pue/4-2.html>
5. System Operator of the Unified Energy System (SO UES). Investment projects for the development of electric grids for 2023–2028. Section: Primorsky Krai. URL: <https://xn----dtbhaacat8bfloi8h.xn--p1ai/investicionnye-proekty-ao-so-ees-na-2023-2028-gody-po-razvitiyu-elektricheskikh-setey-ustroystv-i>