

# Применение на практике компактных унифицированных переходных пунктов 110 кВ на опоре для соединения ВЛ и КЛ

Унифицированный компактный переходной пункт на опоре 110 кВ ППМ-110 был разработан в 2018 году для замены закрытых переходных пунктов с полным сохранением функционала. За 5 лет реализовано уже несколько проектов с применением ППМ-110, которые показали эффективность и технологичность разработанного решения.

**И**ntenсивное развитие городов и инфраструктуры повлекло за собой как строительство новых кабельных линий, так и устройство кабельных вставок в существующие воздушные линии. Увеличилась потребность в переходных пунктах, разработанных специально для ограниченных условий городской среды, отвечающих требованиям безопасности, надежности и рассчитанных на установку современного контрольно-измерительного оборудования.

Бесспорно, с точки зрения удобства и безопасности обслуживания лучшим решением для городской среды являются закрытые переходные пункты. Однако данное решение не всегда возможно реализовать из-за плотной застройки или пересекаемых инженерных коммуникаций. Мировые тенденции показывают отказ от применения закрытых переходных пунктов и реализацию соединения воздушных и кабельных линий, а также секционирующих пунктов открытого типа на опорах ВЛ, в том числе с применением компактных элегазовых устройств [1].

Полноценной заменой закрытых переходных пунктов является унифицированный переходной пункт ППМ-110, разработанный ПАО «Россети Московский регион» в рамках выполнения НИОКР (рисунок 1). При разработке переходного пункта необходимо было решить следующие задачи:

- снизить капитальные затраты при сооружении переходных пунктов не менее чем на 10%;
- снизить размер отвода земли для строительства и эксплуатации более чем на 50%;
- сократить сроки разработки проектной документации, изготовления, поставки, строительного-монтажных работ;
- создать переходной пункт, являющийся управляемым элементом сети;
- реализовать селективное автоматическое повторное включение (АПВ) на кабельно-воздушной линии;
- обеспечить высокий уровень защищенности объекта;
- применить оборудование отечественного производства.

На многогранной опоре с двумя площадками обслуживания реализован функционал закрытого переходного пункта, при этом ППМ-110 занимает площадь землеотвода, сопостави-



**Дмитрий ГВОЗДЕВ**, к.т.н., доцент, первый заместитель генерального директора — главный инженер ПАО «Россети Московский регион»



**Артем КОРОЛЕВ**, заместитель главного инженера по инновациям и проектной деятельности ПАО «Россети Московский регион»



**Яков ТКАЧУК**, начальник управления эксплуатации высоковольтных ЛЭП ПАО «Россети Московский регион»



**Марина ЕРМОШИНА,**  
к.ф.-м.н., представитель  
РНК СИГРЭ в исследова-  
тельском комитете  
СIGRE B2 Воздушные  
линии, руководитель  
направления  
альтернативного  
проектирования  
АО «НПО «Стример»



**Станислав ГЛИНСКИЙ,**  
главный инженер  
направления  
альтернативного  
проектирования  
АО «НПО «Стример»



*Рис. 1. Унифицированный переходной пункт ППМ-110*

ную со стандартной опорой У110-1+5. Переходной пункт ППМ-110 — это комплексное инженерное решение, разработанное «с нуля» с учетом индивидуальных требований конкретной эксплуатирующей организации и учитывающее как особенности эксплуатации, так и общие отраслевые стандарты, применяемые к элементам КВЛ 110 кВ.

Разработанный унифицированный переходной пункт ППМ-110 для соединения воздушной и кабельной линий напряжением 110 кВ является сложным инженерным сооружением, включает силовое, контрольно-измерительное и прочее оборудование и является оптимальным для установки в условиях плотной городской застройки.

С учетом высокой стоимости земли оборудование ППМ-110 размещено непосредственно на многогранной опоре ВЛ (рисунок 2), а не на поверхности земли, что обеспечивает компактность конструкции. Организация селективного АПВ путем применения оптических трансформаторов тока с передачей данных на терминал РЗА прилегающей ПС позволяет снизить тяжесть повреждений и сократить время устранения аварийной ситуации при ее возникновении не только на воздушных, но и на кабельных участках. Безопасности персонала уделено особое внимание. Применение разъединителей вертикальной установки создает видимый разрыв фаз линии при выполнении работ, заземляющие ножи направлены в сторону КЛ. Главные контакты разъединителей и ножей заземления оборудованы электродвигательными приводами с электромагнитной блокировкой. Информация о состоянии коммутационных аппаратов передается через оптический контроллер в АСУ ТП (систему ТМ) переходного пункта или прилегающей ПС, что позволяет дистанционно управлять приводами разъедини-

телей и ножей заземления с удаленного АРМ диспетчера или с панельного компьютера шкафа АСУ ТП (ТМ). Защита от проникновения на переходной пункт третьих лиц гарантируется подъемом на эксплуатационные площадки внутри тела опоры (рисунок 3) и сетчатым ограждением площадок. Применение концевых кабельных муфт взрывобезопасной конструкции также обеспечивает защиту третьих лиц и их имущества от возможных повреждений. Кроме того, конструкция переходного пункта обладает повышенными эстетическими свойствами.

Заявленные параметры механической прочности подтверждены натурными испытаниями, целью которых являлись определение качества изготовления унифицированного переходного пункта на опоре ВЛ и возможности его монтажа, а также подтверждение прочности, общей устойчивости, деформативности, фактического запаса прочности. В соответствии с требованиями ПУЭ-7, конструкция переходного пункта (опора) была рассчитана во всех режимах работы. Для проведения механических испытаний были выбраны режимы, при которых опора воспринимает максимальные нагрузки: нормальный режим работы концевой опоры при ветре и гололеде и аварийный режим концевой опоры при обрыве нижней фазы провода при максимальном гололеде. При проведении испытаний в данных режимах было установлено, что прочность и деформативность при предельных нагрузках 105% (24,9 кН в аварийном и 22,3 кН в нормальном режимах) соответствуют нормативам качества: МТ 701.000.071-86 «Методика механических испытаний элементов линий электропередачи», СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*», ПУЭ-7. Для определения предельных нагрузок на опору были проведены испытания на механическую прочность до разрушения конструкции. При предельной нагрузке 47,4 кН, в два раза превышающей расчетную, не произошло разрушения конструкции опоры, была выявлена только деформация узла крепления траверсы к опоре, что подтверждает запас конструктивной

прочности опоры. Таким образом, опытный образец конструкции переходного пункта ППМ-110 успешно выдержал испытания в соответствии с заложенными в программе механических испытаний критериями.

Технические решения унифицированного переходного пункта ППМ-110 защищены патентами: полезная модель «Переходной пункт кабельно-воздушной линии с двумя площадками обслуживания», патент РФ № 191299; изобретение «Цифровой переходной пункт с контрольным оборудованием», патент РФ № 2739911.

Необходимо отметить, что все применяемое оборудование производится в России, что позволяет исключить риск зависимости от санкций и логистических сложностей.

Опытный образец переходного пункта ППМ-110 установлен на собственном учебно-тренировочном полигоне ПАО «Россети Московский регион» и введен в опытно-промышленную эксплуатацию в 2018 году. При проведении соревнований профессионального мастерства сотрудники электросетевых компаний имеют возможность ознакомиться с переходным пунктом ППМ-110 и оценить его функционал и конструктивные особенности (рисунок 4).

Применение унифицированных переходных пунктов ППМ-110 позволяет снизить объем капитальных затрат при сооружении переходного пункта на 45,2% по сравнению с закрытым переходным пунктом. При экономическом сравнении учитывались следующие параметры: стоимость первичного и вторичного оборудования, металлоконструкции опоры, стоимость строительно-монтажных и пусконаладочных работ, стоимость эксплуатации и аренды земельного участка в течение 50 лет. Данное уменьшение достигается за счет расположения электрооборудования на двух специальных эксплуатационных площадках на теле опоры, что позволяет отказаться от строительства здания закрытого переходного пункта, ограждения периметра, порталов, концевых анкерных опор, систем вентиляции и отопления. Размер отвода



Рис. 2. Основное электротехническое оборудование ППМ-110: вертикальный однофазный разъединитель, оптический трансформатор тока, ОПН, концевая кабельная муфта

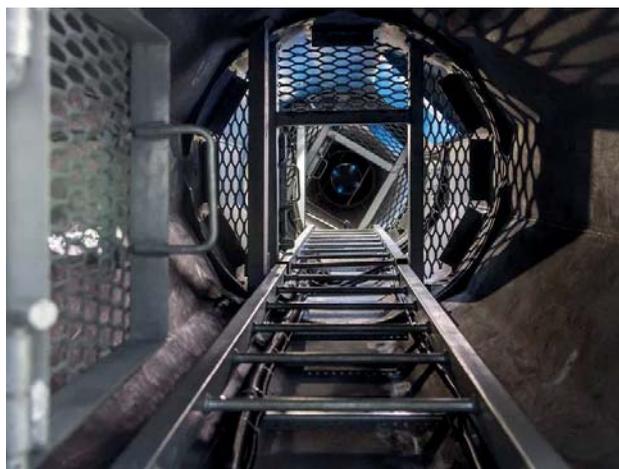


Рис. 3. Подъем на эксплуатационные площадки осуществляется внутри тела опоры ППМ-110

земли для строительства и эксплуатации снижается на 52,7% по сравнению с закрытым переходным пунктом за счет установки оборудования в разных плоскостях, что недостижимо при использовании существующих открытых или закрытых переходных пунктов. Технологический эффект достигается за счет унифицированности технических решений: сокращаются сроки разработки проектной документации, изготовления, поставки, выполнения строительно-монтажных работ.

Преимуществом применения унифицированных конструкций по сравнению с адаптацией серийных типовых изделий является то, что большое количество возможных модификаций и компоновочных решений закладывается сразу на стадии разработки продукта в необходимом объеме и с учетом нормативных требований, а не добавляется постфактум к созданному для других условий применению изделия, исходя из ограничений, накладываемых его допустимой областью применения [2]. В результате заказчик и разработчик получают не просто удобную в эксплуатации и функциональную электроустановку, в которой реализованы наиболее успешные отраслевые наработки, а универсальную платформу для включения в качестве активного элемента в современные интеллектуальные кабельно-воздушные сети с возможностью модификации и масштабирования как при проектировании новых объектов, так и в процессе эксплуатации существующих [3].

Индивидуальный подход к созданию переходного пункта ППМ-110 позволил уже на стадии составления технического задания включить в проект соответствующие требования. Первым реализованным проектом с применением унифицированных переходных пунктов стало переустройство двухцепной ВЛ 110 кВ Тютчево — Пушкино в кабельную линию в районе города Пушкино Московской области. Воздушная линия изначально проходила по населенной территории. Однако в связи с обращениями жителей было принято решение выполнить заходы на ПС «Тютчево» и ПС «Пушкино» подземным кабелем. При организации перехода особое внимание требовалось уделить безопасности персонала и третьих лиц: установить на переходном пункте разъединитель с двигательными приводами для организации видимого разрыва ВЛ и обеспечения безопасности обслуживания, а также предотвратить несанкционированный доступ на переходной пункт. Близость коттеджной застройки и стесненные условия определили выбор конструкции переходного пункта для организации кабельной вставки: унифицированный переходной пункт ППМ-110 стал оптимальным решением и с технической, и с экономической точек зрения, максимально учитывающим функциональность объекта и условия окружающей его среды (рисунок 5). На всех четырех переходных пунктах были установлены сухие концевые кабельные муфты 110 кВ, однополюсные вертикальные разъединители с электродвигательным приводом главных контактов и ножей заземления, ОПН 110 кВ. В качестве фундаментных конструкций для всех четырех переходных пунктов были применены вибропогружаемые стальные сваи-оболочки. На переходных пунктах предусмо-

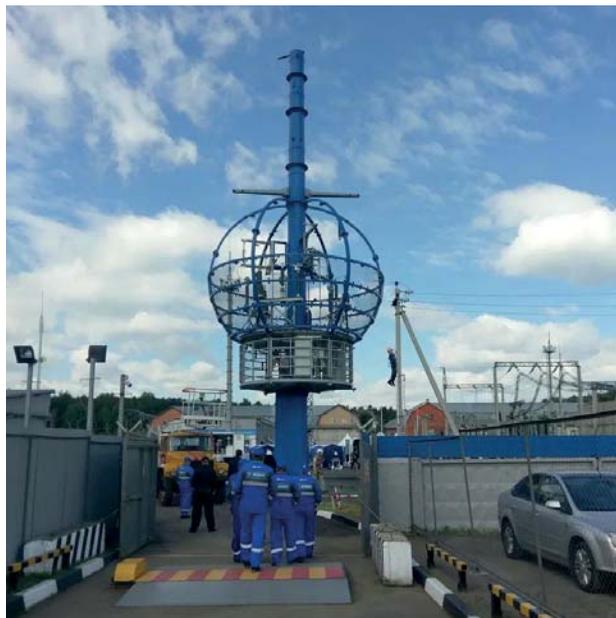


Рис. 4. Унифицированный переходной пункт ППМ-110 на ПС «Горенки» ПАО «Россети Московский регион»

трена возможность для организации телемеханики, комплекса средств технической безопасности, систем мониторинга и системы питания собственных нужд. Переходные пункты введены в работу в 2023 году.

Другим проектом является переустройство воздушных участков КВЛ 110 кВ Чагино — Болятино с отпайкой на ПС «Котельники» и ВЛ 110 кВ Юбилейная — Красково с отпайкой на ПС «Котельники» в кабель. Проект осуществляется по заказу частного инвестора в г. Котельники Московской области. Участок воздушной линии попадал в зону застройки микрорайона, в связи с чем было принято решение об организации кабельной вставки в двухцепную ВЛ 110 кВ. Проектом предусмотрена реализация всех цифровых технологий унифицированного переходного пункта ППМ-110, в том числе селективного АГВ на основе оптических трансформаторов тока, дистанционное управление оборудованием, передача данных на смежные подстанции, электромагнитная блокировка дверей. По состоянию на конец 1 квартала 2024 года смонтированы конструкции двух из четырех переходных пунктов.

Строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Санкт-Петербург потребовало существенного переустройства насыщенной сети инфраструктуры, сопутствующей населенным пунктам, расположенным вдоль трассы. Для переустройства воздушных участков КВЛ 110 кВ Сигма — Алабушево, КВЛ 110 кВ Сигма — Сенеж и КВЛ 110 кВ Бакеево — Сигма в кабельное исполнение были применены унифицированные переходные пункты ППМ-110. В связи со сжатыми сроками реализации проекта было принято решение о выполнении работ так же в два этапа: монтаж и установка металлоконструкций переходных пунктов и первичного электротехнического оборудования с последующей постановкой

под напряжение на первом этапе, и установка систем автоматики, контроля и мониторинга на втором этапе. Металлоконструкции и первичное электротехническое оборудование ППМ-110 были изготовлены в рекордные сроки, в ближайшее время планируется начало строительного-монтажных работ.

Еще одним ответственным инфраструктурным проектом является запуск Лыткаринской платной дороги, являющейся дублером МКАД и призванной способствовать ее разгрузке. В связи с высокой значимостью проекта в приоритетном порядке запущено производство восьми унифицированных переходных пунктов ППМ-110 для применения при масштабной реконструкции ВЛ 110 кВ Красково — Болятино, ВЛ 110 кВ Малаховка — Болятино и КВЛ 110 кВ Чагино — Болятино с отпайкой на ПС «Котельники».

Реализация проектов с применением ППМ-110 имеет важное значение для электроэнергетической отрасли и России в целом. Применяемые цифровые технологии для автоматизации управления и повышения безопасности электрических сетей служат цели реализации стратегии цифровизации электросетевого комплекса. Отсутствие в мире конкурентоспособных решений способствует формированию имиджа отечественной науки и техники как передовых в области электроэнергетики [4]. ПАО «Россети» развивается как компания, разрабатывающая инновационные, высокотехнологические решения для снижения затрат и повышения эффективности работы оборудования в электросетевом комплексе. Кроме того, применение цифрового переходного пункта в практике электросетевого строительства окажет положительный эффект для общества:

- формирование положительного общественного мнения за счет технологической эстетики объекта электроэнергетики;
- повышение безопасности электросетевых объектов за счет применения взрывобезопасных технических решений и обеспечения безопасности персонала и третьих лиц;
- развитие городской среды за счет высвобождения территорий, занимаемых электросетевыми объектами.

## ВЫВОДЫ

При разработке унифицированного компактного переходного пункта ППМ-110 успешно решены поставленные задачи:

1. Впервые разработан переходный пункт с цифровым измерительным оборудованием, обеспечивающим возможность применения селективного автоматического повторного включения (АПВ) кабельно-воздушной линии.
2. Две специальные площадки обслуживания обеспечивают удобный и безопасный доступ служб эксплуатации к электрооборудованию, размещенному на переходном пункте, а также обеспечивают защиту населения от падения элементов оборудования в случае его разрушения.
3. Компактная конструкция позволяет более чем на 10% снизить стоимость капитальных затрат на сооружение переходного пункта по сравнению с закрытым переходным

пунктом. Снижение размера требуемого земельного участка более чем на 50% также достигается за счет установки оборудования в разных плоскостях, что недостижимо при использовании существующих открытых или закрытых переходных пунктов.

4. Сокращены сроки разработки проектной документации, изготовления, поставки, строительного-монтажных работ.
5. Обеспечен высокий уровень защищенности объекта за счет расположения оборудования вне зоны свободного доступа с установкой систем безопасности.

С учетом опыта успешного осуществления проектов с применением унифицированного переходного пункта ППМ-110 в 2024 году запущена реализация НИОКР по разработке унифицированного компактного переходного пункта для класса напряжения 220 кВ. Переходные пункты для линий класса напряжения 220 кВ выполняются в виде закрытых переходных пунктов, при этом развитие городской инфраструктуры приводит к росту потребности в компактных решениях для установки в условиях плотной городской застройки при сохранении существующего уровня безопасности и надежности, а также возможностей по установке контрольно-измерительного оборудования. Масштабирование существующего технического решения не представляется возможным в силу отсутствия аналогичного электротехнического оборудования для класса напряжения 220 кВ, а также существенного увеличения габаритов конструкции, не обеспечивающих оптимальное с технической и экономической точек зрения решение. В НИОКР предстоит решить научно-технические задачи по разработке и изготовлению нового конструктивного решения, оснащению его производимым в РФ электротехническим оборудованием и обеспечением цифрового функционала. Новый переходный пункт решит задачу замены высоковольтных закрытых переходных пунктов 220 кВ на компактное цифровое решение, обеспечив сокращение стоимости капитальных затрат и снижение размера отвода земли для строительства и эксплуатации. 

## ЛИТЕРАТУРА

1. Valant A., Polinelli D., Palone F., Buono L., Spezie R. Refurbishment of sectionalizing posts on 245 kV towers for a reduced visual impact and an increased line resilience. CIGRE Session 2022, ref. № B2-10776.
2. Ермошина М.С., Глинский С.А., Александрова М.В. Индивидуальные конструкции ЛЭП: опоры ВЛ и переходные пункты // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2023, № 3(78). С. 62–64.
3. Ермошина М.С., Александрова М.В., Глинский С.А. Переходные пункты для соединения воздушных и кабельных линий: эксплуатационные элементы // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2022, № 3(72). С. 86–88.
4. Vychezhninin V., Tkachuk Y., Ermoshina M., Glinskiy S. Development and implementation of digital line-to-cable termination points for connecting 110 kV overhead and cable lines. CIGRE Session 2020, ref. № B2-213.