

# Опыт применения комплектных переходных пунктов при переустройстве ВЛ 110 кВ в населенной местности

**АО «НПО «Стример» предлагает на российском рынке комплектные переходные пункты на многогранных опорах ПКПО-КВ уже более трех лет. За это время накоплен значительный опыт решения задач в части разработки технических решений и поставки оборудования для переходных пунктов на многогранных опорах классов напряжения 35 и 110 кВ.**

**Ермошина М.С.,**  
к.ф.-м.н., руководитель  
направления альтер-  
нативного проектирования  
АО «НПО «Стример»

**Глинский С.А.,**  
главный инженер  
направления альтер-  
нативного проектирования  
АО «НПО «Стример»

**Александрова М.В.,**  
ведущий специалист  
направления альтер-  
нативного проектирования  
АО «НПО «Стример»

На первый взгляд, все переходные пункты для соединения воздушных и кабельных частей ЛЭП должны иметь общую конструкцию в схожих обстоятельствах. Эти обстоятельства определяются назначением самих переходных пунктов и предпосылками к организации перехода из ВЛ в КЛ:

- ограниченное пространство для размещения;
- расположение в зонах интенсивной жизнедеятельности человека;
- необходимость организации строительства и эксплуатации согласованно с другими технологическими, инфраструктурными и гражданскими объектами;
- жесткие требования к безопасности людей и окружающей среды;
- высокая эксплуатационная надежность переходных пунктов как элементов электросетевого хозяйства.

На практике для каждого отдельного случая требуется индивидуальное техническое решение. Индивидуальность определяется не только различиями в базовых параметрах ЛЭП, таких как класс напряжения и количество цепей, но и множеством сопутствующих нюансов:

- задачи, решаемые за счет организации кабельной линии;
- электрические режимы ЛЭП;
- накопленный опыт и сложившиеся традиции эксплуатации в электросетевой организации;
- климатические и геологические особенности местности;
- наличие в составе ЛЭП дополнительного оборудования, например, систем связи или мониторинга, коммутационного оборудования [1];

- близость к другим технологическим и инфраструктурным сооружениям и характеристики этих сооружений;
- близость к жилым и общественным зданиям;
- отводимые на строительство сроки, допустимая продолжительность отключения ЛЭП.

В зависимости от сочетания этих и других факторов конструкции переходных пунктов могут варьироваться от самых простых решений — открытых, расположенных на земле, до высокотехнологичных, предполагающих защищенное размещение большого количества первичного и вторичного оборудования на опоре ВЛ.

Весной 2020 года перед АО «НПО «Стример» была поставлена задача в кратчайшие сроки разработать и изготовить два переходных пункта для переустраиваемой КВЛ 110 кВ Уча — Долгопрудная / Уча — Жостово в городском округе Мытищи Московской области. В двухцепной ВЛ 110 кВ должна была быть организована кабельная вставка длиной 450 м, по концам которой предлагалось установить открытые переходные пункты на опорах.

Специфика расположения переустраиваемого участка ВЛ заключалась в его нахождении в населенной местности и одновременно в зоне полетов малой авиации. При этом один из переходных пунктов предполагалось установить в непосредственной близости от многоквартирных жилых домов. Исходя из этих обстоятельств требовалось предложить конструкцию переходного пункта, которая, с одной стороны, была бы максимально компактной и требовала бы минимальных отклонений от существующей охранной зоны сохраняемой части

ВЛ, а с другой стороны, была бы максимально безопасна для жителей микрорайона. Кроме того, переустраиваемая часть ВЛ была оборудована ВОЛС, выполненной на основе ОКГТ, смонтированного на штатных тросостойках опор, что требовало предусмотреть на переходных пунктах комплекс решений для перевода воздушной ВОЛС в подземное исполнение.

Другим фактором, накладывающим определенные требования к конструкции, стали сжатые сроки, отводимые на поставку и монтаж переходных пунктов, обусловленные продолжительностью согласованного окна отключения ВЛ.

За основу была взята конструкция унифицированного комплектного переходного пункта на стальной многогранной опоре ПКПО-КВ класса напряжения 110 кВ в двухцепном исполнении высотой 30 м — ПКПО-КВ-110.1-2.1 (рисунок 1). Высота и размах траверс были приняты по аналогии со схемой основной анкерной опоры переустраиваемой ВЛ — У110-2+5. Это позволило одновременно сохранить существующие габариты от проводов ВЛ до земли и пересекаемых объектов, не меняя принципиально конструкцию ВЛ, и предложить компактное решение, требующее существенно меньшего землеотвода в сравнении с традиционными типами переходных пунктов порталного или наземного исполнения и переходными пунктами на решетчатых опорах. В качестве фундаментов были применены многогранные сваи-оболочки, изготавливаемые по той же технологии, что и тело опоры. Опоры были поставлены на стройплощадку в виде раздельных секций, готовых траверс и комплекта крепежа. Благодаря телескопическому соединению секций опор и применению метода вибропогружения для установки фундаментов установка конструкций обоих переходных пунктов была выполнена за 3 дня.

Поскольку АО «НПО «Стример» осуществляет разработку и поставку комплектных переходных пунктов, необходимо было уделить внимание не только конструктивным особенностям, но и вопросам безопасности, особенно при выборе оборудования.



Рис. 1. Переходный пункт ПКПО-КВ-110.1-2.1 расположен в непосредственной близости от жилой застройки

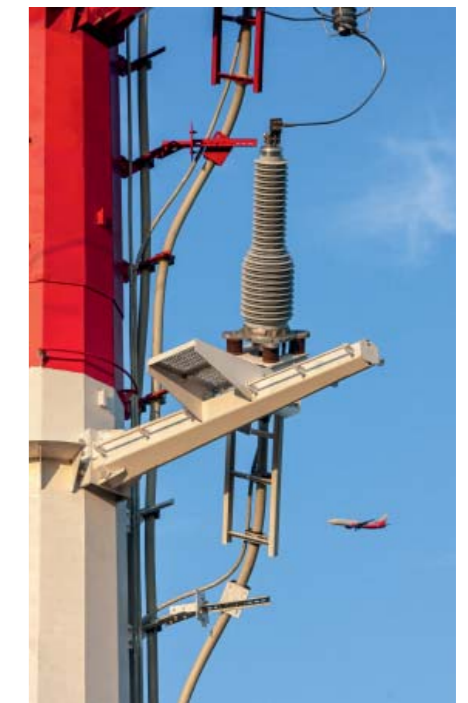


Рис. 2. Сухая муфта, заход силового кабеля с кабельной лестницы на траверсе, площадка для обслуживания

Ключевым элементом первичного оборудования кабельно-воздушного переходного пункта, обеспечивающим его основной функционал, являются концевые кабельные муфты, предназначенные для соединения фазного провода ВЛ и подземного кабеля КЛ. Традиционно для переходных пунктов 110 кВ применялись маслонаполненные муфты. Несмотря на простоту и широкое распространение за годы эксплуатации масляных муфт был накоплен негативный опыт (такие муфты требовательны в обслуживании, сложны в установке и монтаже, возможны утечки изолирующего масла, зафиксированы случаи взрывов маслонаполненных муфт, сопровождавшихся разлетом относительно крупных фрагментов корпусов, в результате которых наносились повреждения другому оборудованию переходных пунктов и причинялся ущерб здоровью и имуществу третьих лиц, находившихся за пределами объектов электросетевого хозяйства). Поскольку переходные пункты предполагалось установить в непосредственной близости от жилых домов, по требованию эксплуатирующей организации были применены концевые кабельные муфты 110 кВ сухого исполнения, поставляемые компанией Тайко

Электроникс (рисунок 2). Такая муфта обладает теми же массогабаритными и эксплуатационными характеристиками, что и маслонаполненная, но при этом не содержит жидкого изолирующего наполнителя и полностью взрывобезопасна. Все изоляционные свойства полностью обеспечиваются за счет композитного корпуса. Это решение, с одной стороны, повышает надежность переходного пункта ПКПО-КВ, а с другой, гарантирует сохранность здоровья и имущества жителей района.

Безопасность и удобство персонала, обслуживающего переходной пункт, также ценны, как и безопасность жителей. Поэтому для облегчения доступа к электрооборудованию и выполнения регламентных работ по обслуживанию муфт в конструкции переходных пунктов были предусмотрены и реализованы специальные площадки возле оснований траверс и в непосредственной близости от концевых муфт, на которых сотрудник эксплуатирующей организации может находиться во время подъема на опору и работы с муфтами (рисунок 2). Также для обеспечения безопасности персонала каждый ПКПО-КВ оборудован страховочным профилем и анкерной системой безопасности.

Еще одним обязательным элементом оборудования переходных пунктов являются ограничители перенапряжения [2]. Выбор характеристик ОПН для переходного пункта должен быть подтвержден расчетом. Требования, предъявляемые к выбору ОПН, были соблюдены, а сами ОПН удалось разместить на опоре, жестко закрепив с нижней стороны траверс.

Не менее важной задачей, чем выбор и размещение оборудования, поставляемого в составе ПКПО, является обеспечение размещения оборудования, относящегося к устройству ВЛ, КЛ, и их системам.

В первую очередь должно быть обеспечено корректное размещение силового кабеля на опоре переходного пункта. Силовой кабель должен быть надежно закреплен на протяжении всей трассы прокладки по конструкциям переходного пункта, выход кабеля из-под земли на опору должен быть обеспечен под прямым углом, а на заходе в концевые муфты наличие угла, наоборот, не допускается. При этом серьезным препятствием, ограничивающим действия инженеров и строителей, является требование, устанавливаемое производителем силового кабеля в части соблюдения минимального радиуса изгиба кабеля. Для одиночного силового кабеля в изоляции из сшитого полиэтилена радиус изгиба должен быть не менее 15 внешних диаметров самого кабеля. Таким образом минималь-

ный радиус изгиба для кабеля диаметром 9 см составляет 1,35 м, а эта величина сопоставима с расстояниями от вертикальной оси опоры до монтажных площадок муфт. При этом сам кабель обладает высокими жесткостью и сопротивлением изгибу. Поскольку переходной пункт представляет из себя объемную конструкцию, прокладка шести силовых кабелей от уровня земли до ввода в концевую муфту превращается в сложную пространственную задачу. Вертикальная прокладка кабелей от уровня земли до уровня траверс осуществляется вдоль тела опоры по кабельной лестнице, входящей в состав переходного пункта ПКПО-КВ, посредством размещаемых на ней специализированных кабельных креплений. Соосность кабелей и кабельных муфт в местах соединения обеспечивается специальными рамами, жестко установленными на траверсах под монтажными площадками муфт (рисунок 3).

В таких условиях корректный изгиб кабеля сразу в нескольких плоскостях и его закрепление при переходе с кабельной лестницы на траверсу становятся отдельной задачей повышенной сложности. Чтобы ситуация в процессе монтажа не стала неразрешимой, специальное 3D-крепление было разработано и реализовано в составе ПКПО-КВ. Последнее перед заходом на раму кабельной муфты крепление каждого кабеля выполнено не жестко закрепленным на кабельной лестнице или специ-

альном кронштейне, как это делается обычно, а на регулируемой в трех плоскостях шарнирной консоли (рисунок 2). Таким образом, больше не требуется подгонять кабель к существующей жесткой конструкции переходного пункта, рискуя нарушить требования к радиусу изгиба, а можно поступить наоборот — придать кабелю на переходе с кабельной лестницы на траверсу любую форму, обеспечивая соблюдение допустимых изгибов и требуемых углов захода, а кабельное крепление опоры зафиксировать болтами по месту фактического положения кабеля. То есть не кабель следует за опорой, а опора за кабелем, что делает процесс монтажа более гибким, быстрым и безопасным для силового кабеля.

В связи с тем, что обе опоры переходных пунктов ПКПО-КВ устанавливались в зоне полетов малой авиации, в соответствии с требованиями действующей нормативной документации в части обеспечения безопасности полетов на опоры была нанесена дневная маркировка в виде чередующихся горизонтальных полос красного и белого цветов, а в верхней части опор были размещены системы огней светоограждения с питанием от солнечных батарей.

Возможность быстрой и гибкой адаптации базовой конструкции ПКПО-КВ к специфическим требованиям заказчика и условиям строительства позволила создать и применить индивидуальное комплексное техническое решение, соответствующее действующим нормативам и обеспечивающее не только надежность и безопасность в процессе эксплуатации, но и сочетание удобства с высокой скоростью выполнения строительно-монтажных работ. P

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ермошина М.С., Александрова М.В., Глинский С.А. Кабельно-воздушные линии 35–110 кВ. Обеспечение коммутаций на переходных пунктах // Новости Электротехники, 2019, № 2(116). С. 54–56.
2. Ермошина М.С., Александрова М.В. Защита от перенапряжений и заземление переходных пунктов для соединения высоковольтных воздушных и кабельных ЛЭП // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2019, № 2(53). С. 64–66.



Рис. 3. Переход силового кабеля с кабельной лестницы на траверсы и ввод в муфты

# 22–23 АПРЕЛЯ 2021 VII РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

## УЧАСТНИКИ

ПРЕДСТАВИТЕЛИ НАУЧНЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ  
ИССЛЕДОВАТЕЛИ

УЧЁНЫЕ С МИРОВЫМ ИМЕНЕМ

ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВЕДУЩИХ  
ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ РОССИИ

СПЕЦИАЛИСТЫ НЕФТЯНОЙ  
И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИНОСТРАННЫЕ ЭКСПЕРТЫ,  
ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЕ В СОТРУДНИЧЕСТВЕ  
И ИЗУЧЕНИИ ОПЫТА РОССИЙСКИХ КОЛЛЕГ

## ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ И СЕКЦИИ

- Природа происхождения и характеристики грозовых явлений. Закономерности ориентирования молний и вероятность повреждений объектов. Методы активного управления разрядами молний.
- Параметры разрядов молний и их практический учёт в молниезащите. Правила и нормы проведения испытаний молниезащиты.
- Молниезащита энергетических объектов, опыт эксплуатации.
- Средства и устройства молниезащиты: молниеотводы, защитные аппараты, устройства заземления и изоляции.
- Вторичные проявления разрядов молний и средства защиты.
- Особенности проектирования и расчёта систем молниезащиты.
- Способы измерения и методы исследования грозовой деятельности.
- Нормативные требования по молниезащите.



### МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,  
УЛ. БОЛЬШАЯ МОРСКАЯ 39А,  
ГОСТИНИЦА «АСТОРИЯ»

### КОНТАКТНОЕ ЛИЦО

ЕКАТЕРИНА ВАСИНА  
INFO@RCLP2020.COM

WWW.RCLP2020.COM

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ  
POLITECH  
Tsinghua University  
INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON LIGHTNING PROTECTION (POWERED BY IEEE)