

А.В. Гринь, ведущий инженер-конструктор;
А.С. Мнека, технический директор;
ООО «Эстралин ПС»

Монтаж концевых муфт кабельных линий 110–220 кВ на опорах воздушных линий



Аннотация. При строительстве кабельно-воздушных линий 110–220 кВ (КВЛ) в ряде случаев возникает необходимость монтажа концевых муфт (КМ) кабельных линий, выполненных кабелем с изоляцией из сшитого полиэтилена, непосредственно на опорах воздушных линий (ВЛ). Такое размещение концевых муфт позволяет не делать промежуточных порталов или переходных пунктов для концевых муфт и высоковольтных ограничителей перенапряжений около опоры ВЛ, что упрощает строительство кабельно-воздушных линий 110–220 кВ. В статье приведены рекомендации по выбору КМ различных производителей для монтажа на опорах ВЛ (с анализом достоинств и недостатков различных КМ), рассмотрены особенности заземления экранов кабелей 110–220 кВ и монтажа вывода оптоволокон из кабелей (если кабели с оптоволоконными оболочками), приведены описания технологий монтажа КМ на опорах ВЛ, которые использовались на различных КВЛ.

Ключевые слова: кабельно-воздушные линии 110–220 кВ; кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена; концевые муфты для кабелей 110–220 кВ; опора воздушной линии электропередачи.

Abstract. In some cases during the installation of 110–220 kV overhead cable transmission lines it may be needed to terminate the cable lines comprised of XLPE cable directly on the power transmission poles.

With this arrangement there is no need to make intermediate bridges or transition points for the terminations and high-voltage surge suppressors located at the power transmission poles, which simplifies the construction of 110–220 kV overhead cable lines. The paper contains recommendations concerning the choice of cable terminations manufactured by various producers to be installed on power transmission poles (with the analysis of their advantages and drawbacks). Specific aspects of 110–220 kV cable shield grounding and optical fiber assembling (if cables have optical fibers under the sheath) are given, technologies of mounting cable terminations on power transmission poles that were used on various overhead cable lines are described.

Key words: 110–220 kV overhead cable line; XLPE cable; 110–220 kV cable termination; power transmission pole.

Материал поступил в редакцию 4.09.2017
E-mail: info@estralin.com

При строительстве кабельных воздушных линий (КВЛ) 110–220 кВ в ряде случаев возникает необходимость монтажа концевых муфт (КМ) кабельных линий (КЛ), выполненных кабелем с изоляцией из сшитого полиэтилена, непосредственно на опорах воздушных линий (ВЛ). Рядом с концевой муфтой монтируется высоковольтный ограничитель перенапряжений (ОПН). Спуск от провода ВЛ рекомендуется соединять сначала с наконечником ОПН, а затем с наконечником концевой муфты. Такое размещение концевых муфт позволяет не делать промежуточных порталов или переходных пунктов для концевых муфт и высоковольтных ограничителей перенапряжений, расположенных у опоры ВЛ.

ВЫБОР КОНЦЕВЫХ МУФТ

При выборе КМ для монтажа на опорах ВЛ следует учитывать следующее:

- массу муфты (КМ должны иметь минимально возможную массу, чтобы можно было использовать их на стандартных опорах ВЛ без дополнительного усиления конструкции);

- возможность эксплуатации КМ при расположении их под углом к вертикали;
- высоту КМ (чтобы обеспечить безопасное расстояние от частей муфты, находящихся под высоким напряжением, до заземлённых частей опоры ВЛ);
- максимально допустимое боковое усилие на наконечник КМ;
- климатическое исполнение КМ;
- высоту над уровнем моря места установки КМ и степень загрязнения окружающего воздуха;
- профилактические работы при эксплуатации КМ;
- стоимость КМ.

На массу КМ в большой степени влияет материал её изолятора. В настоящее время большинство КМ различных производителей имеют фарфоровый или композитный изолятор.

Композитный изолятор у маслосодержащих концевых муфт обычно состоит из стеклопластиковой трубы с силиконовыми юбками снаружи, патрубком с фланцем внизу и крышкой сверху. Патрубок и крышка изготавливаются из алюминиевого сплава.

Внутри изолятора в маслонаполненных КМ в качестве изоляционной жидкости обычно заливается полибутен или полиизобутилен. Имеются также «сухие» КМ на максимальное напряжение 145 кВ, у которых композитный изолятор состоит из изоляционного корпуса, выполненного из эпоксидной смолы, с силиконовыми юбками снаружи, металлической крышкой сверху, металлическим фланцем внизу и стержневым контактом внутри, например, КМ наружной установки на 145 кВ типа KFEV 145-V фирмы nkt cables GmbH (Германия) [1]. Вес композитного изолятора значительно меньше, чем вес фарфорового изолятора. Кроме того, композитные изоляторы меньше загрязняются, чем фарфоровые, соответственно, при эксплуатации КМ реже требуют очистки. В связи с этим, в настоящее время для монтажа на опорах ВЛ используются КМ с композитными изоляторами.

Фирма Pfisterer GmbH (Германия) [2] производит сравнительно легкие, гибкие, «сухие» КМ наружной установки на максимальные напряжения 123 кВ и 145 кВ типов ESF 145, EST 123, EST 145, у которых изолятор с юбками полностью выполнен из силикона. Гибкие «сухие» КМ типа OFT 145 kV с силиконовым изолятором производит также фирма Rösch Engineering GmbH (Германия) [3]. Эти муфты легко изгибаются при боковой нагрузке на наконечник, что может привести к пробою, поэтому в конструкции муфт EST 123, EST 145 имеются три высоковольтных опорных изолятора, установленных снаружи муфты, которые с помощью промежуточной «звезды» вверху удерживают наконечник, что усложняет конструкцию муфты. КМ ESF 145 и OFT 145 kV не имеют опорных изоляторов для фиксации наконечников, поэтому могут применяться только в том случае, когда наконечник вверху жестко зафиксирован, например, на шине распределительного устройства. Монтаж муфт EST 123, EST 145 на опорах ВЛ нецелесообразен, так как три опорных изолятора увеличивают габаритные размеры муфты, усложняют конструкцию и требуют очистки при эксплуатации.

Гибкие «сухие» КМ наружной установки на максимальные напряжения 123 кВ и 145 кВ, у которых изолятор с юбками полностью выполнен из силикона, производят также фирмы Prysmian (Голландия) [4, 5] и Nexans Switzerland Ltd (Швейцария) [6, 7].

У фирмы Prysmian это КМ наружной установки типа FD-123 и типа FD-123-X (с увеличенной длиной пути утечки) на максимальное напряжение 123 кВ. КМ типов FD-123 и FD-123-X могут комплектоваться одним высоковольтным опорным изолятором, предназначенным для предотвращения изгиба муфты, который монтируется рядом с муфтой. Наконечник муфты фиксируется планкой, соединенной с верхним фланцем опорного изолятора, после чего наконечник выдерживает боковую нагрузку до 4000 Н.

У фирмы Nexans Switzerland Ltd это КМ типа FMS 1.123 (на максимальное напряжение 123 кВ) и типа FMS 1.145 (на максимальное напряжение 145 кВ). Они также могут комплектоваться одним высоковольтным композитным опорным изолятором, предназначенным для предотвращения изгиба муфты, который монтируется рядом с муфтой на опорной плите. Наконечник этих муфт, как и у муфт фирмы Prysmian, фиксируется планкой, соединенной с верхним фланцем опорного изолятора. Кроме того, в комплект поставки входят алюминиевые кронштейны и два хомута для крепления кабеля под муфтой, а также четыре опорных изолятора из эпоксидной смолы (с крепежом), на которые монтируется опорная плита муфты.

Наличие только одного фиксирующего опорного изолятора незначительно увеличивает габаритные размеры указанных выше муфт фирм Prysmian и Nexans Switzerland

Ltd, конструкция их сравнительно простая, поэтому такие муфты могут быть использованы для монтажа на опорах ВЛ.

Маслонаполненные КМ большинства ведущих производителей арматуры могут эксплуатироваться при расположении под углом 30° к вертикали. При расположении маслонаполненных КМ с опорными изоляторами под углом более 30° к вертикали, на двух из четырех опорных изоляторах будет значительная нагрузка на сжатие, а на двух других – на растяжение, что может привести к разрушению опорных изоляторов (особенно опорных изоляторов из эпоксидной смолы). При расположении муфт под большими углами (до 45°) могут использоваться «сухие» КМ, например, указанные выше муфты FD-123, FD-123-X производства фирмы Prysmian, или КМ наружной установки типа TD 145 фирмы ABB Kabeldon (Швеция) [8], у которых композитный изолятор вместо масла заполняется на заводе-изготовителе силиконовым затвердевающим компаундом. При расположении под углом до 45° могут также использоваться специальные маслонаполненные КМ, у которых вместо опорных изоляторов из эпоксидной смолы в конструкции имеются стеклопластиковые втулки и шайбы, или применяться опорные изоляторы увеличенных размеров. Примером первого варианта могут служить специальные муфты EHFVC 123-170 производства фирмы Südkabel GmbH (Германия), а второго – муфты МКВ 126 ООО «Аркасил СК» с опорными изоляторами Ø 130 мм от муфт МКВ 252.

Высота над уровнем моря места установки КМ и степень загрязнения окружающего воздуха влияют на выбор конструкции изолятора муфты и её высоту. Стандартные КМ предназначены для монтажа на высоте не более 1000 м от уровня моря, при монтаже на большей высоте требуются КМ с увеличенной длиной пути утечки по наружной поверхности изолятора. Увеличенная длина пути утечки по поверхности изолятора требуется также для муфт, монтируемых в местах с повышенной загрязненностью окружающего воздуха. Увеличить длину пути утечки можно за счёт увеличения высоты изолятора и количества юбок на изоляторе, а также за счёт использования в конструкции изолятора пар юбок с различным наружным диаметром, у которых юбки с большим диаметром закрывают юбки с меньшим диаметром.

Профилактические работы при эксплуатации КМ включают периодическую очистку изоляторов от загрязнений и, при необходимости, устранение возможных утечек масла в маслонаполненных КМ, а также устранение плохих контактных соединений в цепи заземления экрана кабеля и в месте соединения наконечника муфты с аппаратным зажимом. Утечка масла определяется визуально, с использованием, в случае необходимости, бинокля или подзорной трубы. Состояние контактных соединений можно оценить при тепловизионном обследовании ВЛ. У всех КМ вверху имеется штыревой наконечник, который с помощью аппаратного зажима соединяется с ответным аппаратным зажимом на соединительном проводе, или с шиной. Внизу КМ имеется место присоединения наконечника заземляющего проводника. Это может быть резьбовое отверстие, контактный зажим или уголок заземления на патрубок, к которому присоединены проволоки экрана кабеля. К этим местам с помощью болтового соединения присоединяется наконечник заземляющего проводника. Все эти соединения надёжны и проверены как испытаниями, так и опытом эксплуатации.

Отсутствие масла в «сухих» КМ различных производителей, безусловно, полностью устраняет проблему возможных утечек масла из муфт, однако стоимость таких «сухих» КМ в настоящее время больше, чем маслонаполненных, поэтому они пока не нашли широкого применения.

Имеются данные о монтаже в России на опорах ВЛ следующих маслонаполненных КМ с композитными изоляторами для кабелей 110–220 кВ:

- концевые муфты производства фирмы ABB Kabeldon (Швеция) типа АРЕСВ 1452 Р (для кабелей 110 кВ) и типа АРЕСВ 2456 Р (для кабелей 220 кВ), без опорных изоляторов [8];
- концевые муфты производства фирмы Südkabel GmbH, (Германия) типа ЕНFVC 145 (для кабелей 110 кВ) с 4 опорными изоляторами) [9];
- концевые муфты производства фирмы Tycos Electronics Raychem GmbH (Германия) типа ОНVT 145 С (для кабелей 110 кВ) [10];
- концевые муфт производства ООО «Аркасил СК» (Россия) типа МКВ 126 (для кабелей 110 кВ) и типа МКВ 252 (для кабелей 220 кВ) [11];
- концевые муфты производства фирмы Prysmian (Голландия) типа ОТС 123 и типа ОТС 145 (для кабелей 110 кВ) [12];
- концевые муфты наружной установки с композитным изолятором типа FR 1.245-01 фирмы Brugg Cables (Швейцария) [13].

Кроме этого, имеются данные ООО «Промонт» (Россия) о монтаже в 2011 г. в Румынии концевых муфт типа ОТС 170 производства фирмы Prysmian для кабеля на максимальное напряжение 170 кВ на опоре ВЛ.

В информационном материале фирмы Prysmian о концевых муфтах имеются также данные о монтаже концевых муфт ОТС 170 на опорах ВЛ в Германии.

При выборе конструкции КМ учитываются также диапазон сечений жил кабелей, на которых могут монтироваться муфты. КМ всех производителей имеют по несколько вариантов исполнения: для кабелей 110 кВ и 220 кВ; для разных сечений жил; для исполнений с разными композитными изоляторами; для различных конструкций и длины (в зависимости от пути утечки). Соответственно, габаритные размеры и вес у вариантов исполнений муфт разные. Данные о концевых муфтах имеются в каталогах предприятий-изготовителей.

В таблице в качестве примера приведены длина пути утечки по композитному изолятору, высота, вес, максимально допустимая боковая нагрузка на наконечник и максимальный угол наклона наиболее часто монтируемых КМ для кабелей 110 кВ с длиной пути утечки по изолятору до 4300 мм.

Сечение сталеалюминиевых проводов для ВЛ по ГОСТ 839–80 не бывает больше 1250 мм². Сечение жил кабелей на КВЛ выбирается, исходя из условий прокладки кабелей, материала жилы и заданной пропускной способности. Если кабельный участок врезается в существующую ВЛ, то для расчёта параметров кабеля задаётся пропускная способность ВЛ. Если, например, в будущем планируется переустройство КВЛ (например, полная замена ВЛ на кабельную линию),

то заданные для расчёта значения пропускной способности для ВЛ и КЛ могут быть разные.

Приведём в качестве примера расчёт пропускной способности КЛ 110 кВ для КВЛ «ТЭЦ 9-Заостровка» в г. Пермь. Четырёхцепная КЛ 110 кВ с двухсторонним заземлением экранов с транспозицией заканчивалась на концевых муфтах, смонтированных на опорах ВЛ. Требуемая пропускная способность была 787,0 А, ток КЗ-29,5 кА в течение 0,6 с. Расчёт проводился для участка КЛ с наихудшими условиями охлаждения, где кабели проложены в земле в трубах ПНД, расположенных треугольником вплотную на максимальной глубине 6,4 м, расстояние между цепями – 1,1 м, коэффициент нагрузки – 0,33, термическое сопротивление грунта – 1,4 К·м/Вт, температура окружающего грунта – плюс 5 °С, толщина стенок труб – 18,2 мм, наружный диаметр труб – 200 мм. В соответствии с расчётом, выполненным по МЭК 60287, требуемая пропускная способность обеспечивалась при использовании кабеля с сегментированной многопроволочной жилой сечением 1200 мм² и медным проволочным экраном сечением 120 мм².

Учитывая параметры кабеля и условия эксплуатации КЛ, для монтажа были выбраны КМ МКВ 126 производства ООО «Аркасил СК», имеющие характеристики: вес 104 кг, высота 1662 мм, путь утечки по изолятору 3670 мм. Муфты были смонтированы в 2013 г. на консолях опор ВЛ с отклонением от вертикали на угол, не превышающий 30°.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭКРАНА КАБЕЛЯ 110–220 КВ

Заземление экрана кабеля на КЛ 110–220 кВ может быть выполнено следующими способами: заземление с двух сторон, заземление с одной стороны, заземление с транспозицией экранов, одностороннее заземление с дополнительным проводам заземления, соединяющим контуры заземления на концах КЛ. При любом способе заземления экрана кабеля на КЛ 110–220 кВ, заземление экрана кабелей в концевые муфты на опорах ВЛ может быть или непосредственным на контур заземления, или заземлением на контур заземления через ограничитель перенапряжений (ОПН).

Опора воздушной линии является металлическим сооружением на железобетонном основании, находящимся в соприкосновении с землёй, поэтому, в соответствии с п. 1.7.109 «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) [14] может являться естественным заземлителем для экрана кабеля на КЛ. В соответствии с п. 2.5.129 и таблицей 2.5.19 ПУЭ наибольшие значения сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ, в зависимости от удельного эквивалентного сопротивления грунта, могут быть более 10 Ом.

В соответствии с п. 1.7.90 ПУЭ заземляющее устройство для заземления экрана кабеля на КЛ, которое выполняется

Таблица

Длина пути утечки, высота, вес и максимально допустимая боковая нагрузка на наконечник и максимальный угол наклона у концевых муфт для кабелей 110 кВ

	Производитель и тип муфты					
	Tycos Electronics Raychem GmbH ОНVT 145		Аркасил СК МКВ 126		Пrysmian ОТС 145	АВВ Kabeldon АРЕСВ 1452 Р
Длина пути утечки, мм	3392	3829	3670	4300	3775	3750
Высота (от опорной площадки до верха наконечника), мм	1871	2051	1662	1805	2026	1750
Вес муфты, кг	105	115	104	108	140	105
Максимально допустимая боковая нагрузка на наконечник, кН	5	3	3,5	3,15	3,5	2,0
Максимальный угол наклона	45°		30° (45° опция)		30°	30°

с соблюдением требований к его сопротивлению, должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом с учётом сопротивления естественных и искусственных заземлителей. В связи с этим заземление экрана кабеля 110–220 кВ на металлическую опору ВЛ возможно только при условии, что заземляющие устройства опор ВЛ будут доработаны с целью снижения их сопротивления до значений не более 0,5 Ом; при этом, в соответствии с п. 1.7.110 ПУЭ, такая возможность должна быть подтверждена расчетом.

Заземление экранов кабелей может быть выполнено непосредственно на металлоконструкцию опоры ВЛ, или через короб заземления (с ОПН, или без ОПН) на контур заземления. Заземление через короб заземления (с ОПН, или без ОПН) позволяет при подготовке к испытаниям оболочек кабелей отсоединять заземление концевой муфты без подъёма персонала на опору ВЛ, путём снятия перемычек в коробах, поэтому является более предпочтительным. Короб заземления (с ОПН, или без ОПН) монтируется обычно на заземленной металлоконструкции на высоте около 1,5 м от уровня грунта.

Если заземление КМ выполнено непосредственно на металлоконструкцию опоры ВЛ, то медный многопроволочный заземляющий проводник может быть без изоляции. Сечение заземляющего проводника выбирается в зависимости от величины тока короткого замыкания, обычно оно не менее сечения экрана кабеля. Заземление на опору ВЛ производится непосредственно у места установки концевой муфты на опоре.

Если заземление экрана кабеля будет производиться через короб заземления с перемычками (с ОПН или без ОПН), то заземляющий проводник должен быть с изоляцией на 10 кВ постоянного тока. Сечение заземляющего проводника выбирается в зависимости от величины тока короткого замыкания, в данном случае, оно обычно больше сечения экрана кабеля. Наконечники на заземляющих проводниках с изоляцией должны быть герметичными и герметизированы на концах заземляющих проводников, например, отрезками термоусаживаемой трубки с клеевым составом внутри.

МОНТАЖ КОНЦЕВЫХ МУФТ НА КАБЕЛЯХ С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ

На высоковольтных кабельных линиях используют кабели со встроенными оптическими волокнами (ОВ), которые позволяют осуществлять мониторинг температуры КЛ при эксплуатации. ОВ в стальных трубочках располагаются вместе с проволоками экрана под оболочкой кабеля. На концах КЛ ОВ выводятся из-под оболочки кабеля и соединяются с волоконно-оптическим кабелем, который идет к системе мониторинга температуры КЛ. Место соединения выведенных из-под оболочки кабеля ОВ с волоконно-оптическим кабелем защищается специальным сплайс-боксом, поставка которого оговаривается при заказе концевых муфт. Кроме того, в комплект поставки муфт входят материалы для защиты выведенных из-под оболочки кабеля ОВ на участке от муфты до сплайс-бокса (защитные трубки, шланги и т.д.). В КМ производства фирмы Südkabel сплайс-бокс крепится внизу муфты на центрирующем хомуте, имеющем электрический контакт с опорной плитой муфты с уголком заземления, к которому присоединен вывод медных проволок экрана кабеля. Опорная плита концевой муфты закреплена на заземленной опорной металлоконструкции на опорных изоляторах из эпоксидной смолы. Таким образом, при испытаниях оболочек кабелей, когда на проволоки экрана кабеля подается напряжение 10 кВ постоянного тока, под

напряжением 10 кВ, будет находиться также и сплайс-бокс. В этом случае при монтаже КМ не нужно удалять с ОВ защитные трубки из нержавеющей стали и заменять их на пластиковые изоляционные трубки на участке от выхода ОВ из-под оболочки кабеля до сплайс-бокса. Не нужно удалять металлические трубки с ОВ также и при монтаже концевых муфт АРЕСВ 1452 Р и АРЕСВ 2456 Р, но только при условии, что сплайс-бокс крепится под муфтой непосредственно на оболочке кабеля на участке без электропроводящего слоя, например, с помощью универсального зажима из нержавеющей стали компании ABB Kabeldon марки UKR 200 [8].

Однако у большинства КМ сплайс-бокс крепится непосредственно около муфты на заземленной металлоконструкции, поэтому при монтаже муфт металлические трубочки удаляются с ОВ и заменяются на пластиковые трубочки на протяжении от выхода из-под оболочки до сплайс-бокса (например, у концевых муфт производства ООО «Аркасил СК» и Prysmian). При этом сплайс-бокс должен быть расположен на таком расстоянии от муфты, чтобы длины защитных трубок или шлангов, которые закрывают ОВ в пластиковых трубочках на протяжении от выхода из муфты до сплайс-бокса, хватило для защиты ОВ. Так как длина защитных трубок в концевых муфтах производства ООО «Аркасил СК» и Prysmian не превышает 1 м, то сплайс-бокс должен быть смонтирован на заземленной металлоконструкции непосредственно у концевой муфты на расстоянии, ориентировочно, не более 0,8 м (чтобы можно было обеспечить безопасный радиус изгиба ОВ и защиту ОВ от механических повреждений). Сплайс-бокс располагается так, чтобы патрубки, через которые в него заводятся ОВ от кабеля под муфтой и волоконно-оптический кабель, были направлены вниз, чтобы уменьшить вероятность попадания воды в сплайс-бокс при дожде. Волоконно-оптический кабель, идущий от сплайс-бокса, должен быть закреплён на опоре ВЛ скобами, стяжками, хомутами или бандажной лентой.

На рис. 1 представлена фотография, сделанная в декабре 2013 г., ЗАО «Технос» при монтаже концевых муфт ОТС-123 на опоре ВЛ в г. Тюмени. На фотографии видна защитная светлая полиамидная трубка 14 × 1,5 мм, длиной 1 м, выходящая из патрубка внизу муфты, в которой расположены ОВ в пластиковых трубочках.



Рис. 1. Концевая муфта ОТС-123 с выводом ОВ перед подъемом на опору ВЛ

КРЕПЛЕНИЕ КАБЕЛЕЙ 110–220 КВ И ПРОВОДОВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ОПОРАХ ВЛ

Кабели каждой фазы трехфазной КЛ крепятся на опорах ВЛ всегда отдельно друг от друга, чтобы при возможном повреждении кабеля одной фазы можно было его демонтировать, не удаляя креплений кабелей других фаз. Кабели отдельных фаз не должны быть окружены замкнутым контуром из магнитного материала (ни на опорной площадке для установки КМ, ни в местах крепления кабелей на опоре, ни при защите их от механических повреждений).

Кабели на опоре ВЛ должны крепиться однофазными кабельными хомутами или креплениями из немагнитного материала (например, алюминия или алюминиевых сплавов, армированного полиамида). Хомуты или кабельные крепления должны быть смонтированы на кабеле с эластичными прокладками из силикона, неопрена, или хлоропреновой резины.

Могут быть использованы, например, кабельные крепления ВКК в комплекте с силиконовыми прокладками ПСТ-80 производства ООО «РКС-Пласт», Россия [15]. Крепление кабеля должно быть до и после каждого изгиба, на вертикальных участках через каждый метр, на остальных участках, исходя из конкретных условий (по согласованию с поставщиком кабеля). Крепление кабеля непосредственно под КМ производится не менее, чем двумя хомутами на прямом участке кабеля, соосном с КМ, на длине, ориентировочно, не менее 1 м.

Если опора ВЛ находится в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), то, в соответствии требованиями п. 2.3.15 ПУЭ, кабели должны быть защищены на высоте до 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле. На практике, защита кабелей по высоте производится на участке более, чем 2 м. В качестве защиты могут быть использованы кожухи или трубы (например, гофрированные полиэтиленовые трубы). Кожухи, защищающие сразу три фазы одной КЛ, могут быть выполнены из магнитного материала (например, оцинкованной стали).

МОНТАЖ КМ И ПОДЪЁМ НА ОПОРУ

Монтаж КМ на опорах ВЛ должен производиться монтажным персоналом, имеющим сертификат на право монтажа, полученный от производителя муфт, или от обучающего центра, уполномоченного производителем муфт на право обучения монтажу их муфт.

При монтаже должен производиться шеф-надзор со стороны поставщика муфт, несущего гарантийные обязательства, или со стороны монтажной организацией, уполномоченной производителем муфт на проведение шеф-надзора.

Монтаж концевых муфт, предназначенных для крепления на опорах ВЛ, может производиться на земле, с последующим подъёмом КМ на опору, или непосредственно на опоре ВЛ.

Для монтажа КМ нужно закрытое от атмосферных осадков временное помещение, которое трудно соорудить на опоре ВЛ. На рис. 2 приведён пример временного помещения для монтажа концевых муфт ЕНFVC 145 на опоре ВЛ 110 кВ в г. Санкт-Петербурге. Очевидно, что сооружение такого помещения требует значительных затрат и времени. Однако такой монтаж всё-таки применяется, в первую очередь в тех местах, где нет места для монтажа КМ на земле около опоры ВЛ с последующим подъёмом.



Рис. 2. Временное помещение для монтажа концевых муфт ЕНFVC 145 на опоре ВЛ 110 кВ

Наибольшее распространение получил монтаж КМ на земле с последующим подъёмом на опору ВЛ. В этом случае, на земле около опоры сооружается палатка (или шатёр), в котором производится монтаж КМ, включая заполнение КМ маслом, затем покрытие палатки или шатра снимается, и муфта поднимется на опору ВЛ. Известны три способа подъёма КМ на опору ВЛ, краткое описание которых приведено ниже.

Первый способ предусматривает подъём КМ стропами, закреплёнными под верхним фланцем композитного изолятора, как показано на рис. 3. Такой способ подъёма КМ на опору ВЛ может быть использован только, если он рекомендован производителем муфт и указан в инструкциях по монтажу. Этот способ указан в инструкциях по монтажу концевых муфт производства компании АВВ Kabeldon (Швеция) типов АРЕСВ 1452 Р, АРЕСВ 2456 Р и TD 145 и был использован, например, в 2008 г. в Казани при монтаже концевых муфт АРЕСВ 1452 Р на опоре ВЛ (рис. 4).

При втором способе производится монтаж КМ на земле, после чего осуществляется крепление муфты и кабеля под ним на специальном приспособлении для подъёма на опору, подъём КМ и кабеля,



Рис. 3. Подъём КМ стропами, закреплёнными под верхним фланцем композитного изолятора



Рис. 4. Концевые муфты АРЕСВ 1452 Р на опоре ВЛ.
Казань, 2008 г.



Рис. 5. Крепление нижней части МКВ 126 и кабеля на приспособлении



Рис. 6. Крепление МКВ 126 и кабеля на приспособлении, соединение приспособления с крюком подъемного крана с помощью стропа

закрепленных на приспособлении, на опору ВЛ, предварительное закрепление кабеля под муфтой на опоре, перенос муфты на место её установки на опоре ВЛ, и закрепление муфты и кабеля на опоре ВЛ. Этот способ иллюстрируют фотографии, показанные на рис. 5–10, выполненные ЗАО «Технос» (г. Екатеринбург) при монтаже КМ типа МКВ 126 в г. Челябинске в 2013 г. На рис. 5 показано крепление нижней части МКВ 126 и кабеля на приспособлении. На рис. 6 показано крепление МКВ 126 и кабеля на приспособлении, соединение приспособления с крюком подъемного крана с помощью стропа. На рис. 7 показан подъем МКВ 126, закрепленной на приспособлении, с помощью подъемного



Рис. 7. Подъем МКВ 126, закрепленной на приспособлении, с помощью подъемного крана на опору ВЛ



Рис. 8. Крепление кабеля под МКВ 126 на опоре ВЛ, перенос МКВ 126 с приспособления на место установки на опоре



Рис. 9. Концевые муфты МКВ 126 и кабели, закреплённые на опоре ВЛ

крана на опору ВЛ. На рис. 8 показано крепление кабеля под МКВ 126 на опоре ВЛ, перенос МКВ 126 с приспособления на место установки на опоре (сначала крепится кабель под муфтой, затем муфта переносится на опорную площадку). На рис. 9 показаны КМ МКВ 126 и кабели, закреплённые на опоре ВЛ. На рис. 10 показаны муфты МКВ 126 и кабели, закреплённые на опоре ВЛ, с защитой кабелей в нижней части опоры полиэтиленовыми трубами.

Такой способ монтажа рекомендован ООО «Аркасил СК» при монтаже КМ их производства на опорах ВЛ, но используется в России при монтаже на опорах ВЛ концевых муфт и других производителей.



Рис. 10. Концевые муфты МКВ 126 и кабели, закреплённые на опоре ВЛ, с защитой кабелей в нижней части опоры полиэтиленовыми трубами

Третий способ рекомендует фирма Prysmian. В этом случае КМ, смонтированные на земле, сразу устанавливаются вместе с опорными изоляторами на стальную опорную площадку, скреплённую со стальным швеллером для крепления кабеля. Затем кабель под муфтой предлагается крепить к швеллеру в двух местах хомутами с эластичными прокладками. Только после этого муфту с закреплённым на швеллере кабелем поднимают на опору ВЛ и крепят на ней с помощью болтовых соединений. После этого следует выполнить заземление концевой муфты и закрепление кабеля на опоре ВЛ. Такая технология в наибольшей степени обеспечивает сохранность кабеля и муфты при монтаже. Этот способ, использованный ООО «Промонт» в 2011 г. при шеф-надзоре за монтажом КМ типа ОТС 170 фирмы Prysmian в Румынии, иллюстрируют фотографии, показанные на рис. 11–16.

На рис. 11 показана металлоконструкция для муфты, закреплённая на деревянных лесах на земле, а также крепление на эту металлоконструкцию конца кабеля, предназначенного для монтажа муфты, двумя хомутами с силиконовыми прокладками.

На рис. 12 показаны три концевые муфты, смонтированные на земле на деревянных лесах и закреплённые вместе с кабелями на металлоконструкциях.

На рис. 13 показаны строповка КМ и кабеля, закреплённых на металлоконструкции. На верхней части муфты, на крышке установлено временное деревянное кольцо для предотвращения повреждения силиконовых юбок композитного изолятора от строп.

На рис. 14 показан подъём КМ и кабеля, закреплённых на металлоконструкции, на опору ВЛ с помощью троса тяговой



Рис. 11. Крепление кабеля под муфтой на металлоконструкцию до монтажа КМ



Рис. 12. Концевые муфты, смонтированные на земле, закреплённые вместе с кабелями на металлоконструкциях



Рис. 13. Строповка КМ и кабеля, закреплённых на металлоконструкции

лебёдки, проходящего через два отводных блока с крюками, прикрепленными к опоре ВЛ вверху и внизу. При подъёме КМ оттягивалась в нужном направлении монтажниками, находящимися на земле, с помощью веревок, закреплённых вверху и внизу КМ.

На рис. 15 показаны установка КМ с металлоконструкцией на место расположения на опоре ВЛ и закрепление металлоконструкции на опоре.



Рис. 14. Подъём КМ и кабеля, закреплённых на металлоконструкции, на опору ВЛ



Рис. 15. Установка КМ с металлоконструкцией на место расположения на опоре ВЛ



Рис. 16. Закрепление кабеля хомутами на опоре ВЛ

На рис. 16 показано, что после закрепления КМ с металлоконструкцией, кабель закрепляется хомутами с силиконовыми прокладками на опоре ВЛ сверху вниз.

В презентации «Composite outdoor Termination ОТС-145» фирмы Prysmian имеется информация об использовании такого способа монтажа КМ на опорах ВЛ в Германии.

В России в проектах такой способ монтажа пока используется редко, хотя конструкция металлоконструкций для КМ и кабеля довольно проста. Это можно объяснить тем, что монтаж КМ на опорах ВЛ в России начался сравнительно недавно. Кроме того, в этом случае надо заранее передавать монтажной организации опорные металлоконструкции для КМ и кабеля.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Монтаж КМ на опорах ВЛ упрощает строительство кабельно-воздушных линий 110–220 кВ. Если применены маслонаполненные КМ, то рекомендуется использовать для монтажа КМ с композитными изоляторами. Предпочтительней использовать КМ производителей, которые разрешают монтаж КМ на земле и последующий их подъем вместе с кабелем на опору ВЛ. Перспективно использование «сухих» КМ, не заполненных изоляционной жидкостью. Подъем КМ на опору ВЛ может быть как с помощью подъемного крана, так и с помощью троса тяговой лебедки, проходящего через два отводных блока с крюками, прикрепленными к опоре ВЛ сверху и внизу.

ЛИТЕРАТУРА

1. High voltage cable accessories for 72 kV–170 kV // Каталог фирмы nkt cables GmbH, Германия. – URL: www.nktcables.com (дата обращения: 28.07.2017).
2. Cable systems. Cable fittings for high voltage networks // Каталог Pfisterer GmbH. Издание фирмы Pfisterer Kontaktsysteme GmbH, Германия. – URL: www.pfisterer.com (дата обращения: 16.03.2017).
3. Endverschuss für XLPE isolierte Kabel 145 kV. Typ OFT 145 kV // Drawing No 2010-912. Фирма Rösch Engineering GmbH, Германия. – URL: www.roschcompany.com (дата обращения: 23.03.2017).
4. FD-123 and FD-123-X Flex-Dry. Outdoor Termination // Техническое описание фирмы Prysmian Group, Голландия. – URL: www.prysmian.com (дата обращения: 16.03.2017).
5. Stand-off insulator for FD-123(-X) // Техническое описание фирмы Prysmian Group, Голландия. – URL: www.prysmian.com (дата обращения: 16.03.2017).
6. Outdoor sealing end FM Dry, slip-on, for synthetic cables up to 145 kV // Техническое описание фирмы Nexans Switzerland Ltd, Швейцария. – URL: www.nexans.ch (дата обращения: 17.04.2017).
7. Outdoor sealing end dry, slip-on, with support insulator, for synthetic cables FMS 1.123-123 kV // Техническое описание фирмы Nexans Switzerland Ltd, Швейцария. – URL: www.nexans.ch (дата обращения: 17.04.2017).
8. Кабельная арматура Kabeldon 52–420 кВ // Каталог. Издание ООО «ABB», департамент «Высоковольтное оборудование», Россия, Москва. – URL: www.abb.ru/cableaccessories (дата обращения: 29.05.2017).
9. Концевые муфты наружной установки 72,5 кВ–550 кВ // Каталог фирмы Südkabel GmbH. Издание ООО «Эстралин ПС», Россия. – URL: www.estralin.com (дата обращения: 29.05.2017).
10. Высоковольтная кабельная арматура // Каталог фирмы Tусо Electronics Raychem GmbH, Германия. – URL: www.elektrotechnik.ru (дата обращения: 16.03.2017).
11. Кабельная арматура 110–220 кВ // Каталог ООО «Аркасил СК», Россия. – URL: www.arkasil.com (дата обращения: 24.05.2017).
12. Кабельная арматура Click-Fit (Prysmian) // Каталог фирмы Prysmian cables & systems. Издание ООО «Эстралин ПС», Россия. – URL: www.estralin.com (дата обращения: 29.05.2017).
13. Высоковольтная арматура Brugg Cables / Каталог фирмы Brugg Kabel AG. – URL: www.pdfactory.com (дата обращения: 30.08.2017).
14. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 мая 2012 г. – М.: КНОРУС, 2012. – 488 с.
15. Оптимальное решение для кабельных систем. – 2-е изд. // Каталог ООО «РКС-Пласт», Россия. – URL: www.rks-plast.ru (дата обращения: 16.03.2017).