

# Опыт эксплуатации кабельных линий 110–220 кВ в Московских высоковольтных сетях — филиале ПАО «МОЭСК»

В Москве высоковольтная кабельная сеть является одной из важных составляющих частей системы транспорта электроэнергии, по ней обеспечивается передача подавляющего количества электроэнергии в городе.

**Павел САМЫЛОВ**, заместитель директора — главный инженер Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК»

**Андрей БАБУШКИН**, заместитель главного инженера по эксплуатации высоковольтных кабельных линий Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК»

**Ольга АШМАРИНА**, главный специалист департамента по связям с общественностью ПАО «МОЭСК»

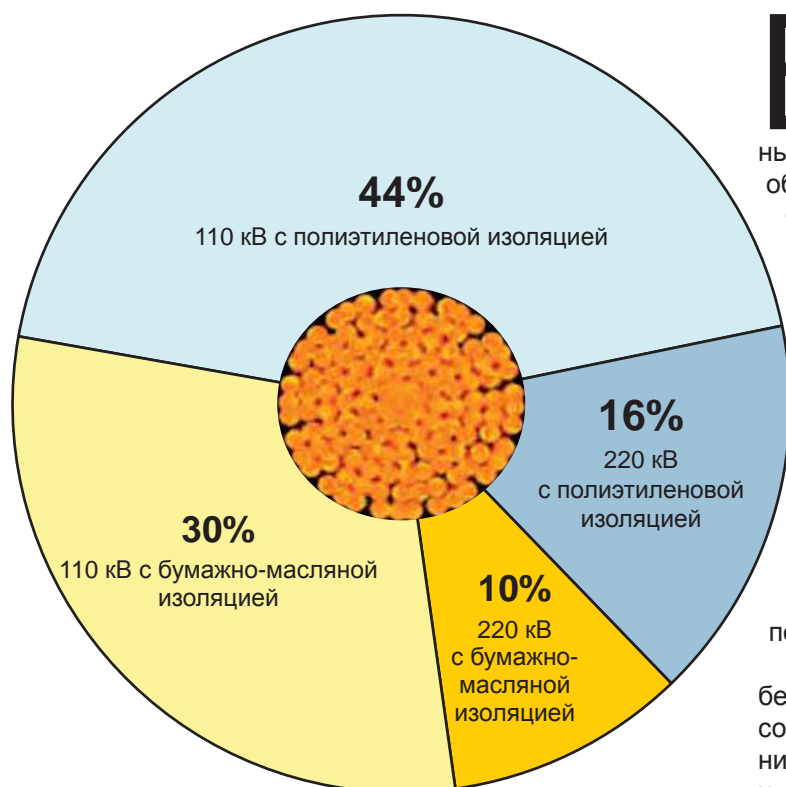


Рис. 1. Структура сети КЛ 110–220 кВ

**В** зоне ответственности Московских высоковольтных сетей — филиала ПАО «МОЭСК» (далее — МВС) более 300 высоковольтных кабельных линий электропередачи 110–220 кВ общей протяженностью 950 км по трассе. Структура сети КЛ 110–220 кВ показана на рисунке 1.

История высоковольтной кабельной сети г. Москвы началась в сороковые годы прошлого века. До недавнего времени в эксплуатации филиала находилась маслонаполненная КЛ 110 кВ Восточная — Черкизово-I, II цепь протяженностью 3,5 км, которая была включена еще в 1942 году, а в 2014 году завершилась ее реконструкция с полной заменой на современный кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Помимо кабельных линий в состав кабельной сети 110–220 кВ входят кабельные сооружения, технологическое оборудование систем маслоподпитки, телемеханики и антикоррозионной защиты КЛ, системы водоудаления и т.д.

Строительство новых кабельных линий выполняется по плану перспективного развития города, на основании которого разрабатывается схема развития электрической сети с определением класса напряжения и величины передаваемой мощности, формируется инвестиционная программа ПАО «МОЭСК», выдаются технические требования и технологическое задание.

Выбор метода прокладки кабеля зависит от геологических характеристик грунтов, климатических условий региона, величины передаваемой мощности, количества параллельных цепей, пересечений с источниками тепла, глубины прокладки кабеля. В Москве применяется прокладка высоковольтных кабелей в траншее сомкнутым треугольником (рисунок 2) в песчано-гравийной смеси с защитой бетонными плитами с боков и сверху, прокладка в трубах при пересечении с другими коммуникациями методом ГНБ в кабельных сооружениях (рисунок 3). Разработаны типовые решения для пересечения КЛ с теплотрассой.

При рассмотрении проектных решений в МВС проводят оптимизацию технических решений по выбору сечения кабеля и способа прокладки. В последнее время появились рекомендации по прокладке кабеля в лотках, для некоторых регионов этот способ может быть оправдан, но в условиях Московского региона он неприемлем как по техническим, так и по экономическим соображениям. За всю историю эксплуатации не было ни одного механического повреждения кабеля снизу, кроме того раскопка кабеля в лотке для ремонтных работ в зимний период занимает значительное время.

МВС — филиал ПАО «МОЭСК» разработал методики размещения кабельной арматуры в специфических условиях мегаполиса. В последние годы концевые муфты размещаются в закрытых переходных пунктах, оборудованных разъединителями с заземляющими ножами.

Одним из основных факторов, влияющих на ресурс кабельной линии, является соблюдение технологии прокладки кабеля и монтажа кабельной арматуры. Большую долю ответственности несет эксплуатаци-



Рис. 2. Прокладка кабеля в траншее



Рис. 3. Прокладка кабеля в кабельном сооружении

онная компания, в обязанности которой входит осуществление технического надзора за сооружением кабельной линии (прокладкой кабеля, монтажом кабельной арматуры, металлоконструкций, строительством сооружений, испытаниями КЛ перед включением). На этапе согласования проектной документации и входного контроля оборудования в период технического надзора за прокладкой и монтажом удается своевременно выявить дефекты кабеля и арматуры, поставленных на стройплощадку, принять меры по их устранению или замене оборудования.

Применяемые кабель и арматура должны проходить аттестацию в ПАО «Россети». В ходе аттестации проводится проверка соответствия предлагаемой продукции требованиям международных и отечественных стандартов. Специалисты МВС осуществляют инспекционные поездки на заводы-производители кабеля и арматуры, где проводят приемку образцов поставляемой продукции и присутствуют при заводских испытаниях. В последнее время филиал ориентируется на отечественных производителей кабеля и арматуры.

В России освоен выпуск кабеля на напряжение 110–220 кВ на заводах (ООО «Таткабель», ОАО «Кирскабель», ООО «Эстралин ЗВК», ООО «Рыбинск-электрокабель», ООО «Камский кабель», ОАО «Электрокабель Кольчугинский завод», ОАО «Севкабель»). Освоен выпуск соединительных и концевых муфт 110–220 кВ на ООО «Аркасил СК», проводятся испытания аналогичной арматуры производства фирм ЗАО «Феникс» и ООО «Таткабель». На ряде заводов организован выпуск боксов для транспозиционных устройств, креплений кабеля из полимерных материалов, типовых металлоконструкций. В последнее время открыты новые центры по проведению высоковольтных испытаний кабеля и арматуры, в том числе и ресурсных. В Московском регионе это ООО «ОМАКС» и ОАО «ВНИИКП». Проводимые испытания соответствуют требованиям международной нормативной документации и позволяют отечественной продукции конкурировать с зарубежной.

В МВС сформированы требования, предъявляемые к поставляемым кабелям, кабельной арматуре и сопутствующим элементам. Выполнение всего комплекса мер от проектирования и строительства до



профессионально организованной эксплуатации позволяет значительно увеличить срок службы кабельной линии.

Организация управления техническим состоянием высоковольтных кабельных линий 110–220 кВ в Московском регионе определяется нормативно-технической документацией Российской Федерации, технической политикой ПАО «Россети» и ПАО «МОЭСК».

Энергетики МВС отмечают, что нормативно-техническая база по сооружению и эксплуатации КЛ 110–220 кВ устарела, а по КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена по многим вопросам отсутствует. Это сдерживает применение современных материалов, ограничивает возможности внедрения перспективных методов сооружения кабельных линий.

Так, при строительстве кабельных туннелей делаются выходы на поверхность через каждые 150 м. При выполнении этого условия целесообразность строительства туннелей пропадает, так как необходим подземный проход охранной зоны большей протяженности без выхода на поверхность. Для прокладки кабеля в туннелях протяженностью более 1 км выпускаются специальные ТУ.

В МВС разработаны методы прокладки кабелей в кабельных туннелях с применением современных конструкций и с использованием передового оборудования инженерного обеспечения.

В соответствии с ПУЭ кабель напряжением 110 кВ и выше на всем протяжении должен быть защищен от механических повреждений железобетонными плитами толщиной не менее 50 мм. Это положение не позволяет применять выпускаемые отечественными производителями полимерные покрытия для защиты кабеля с более высокими техническими характеристиками.

В настоящее время МВС эксплуатирует свыше 60 км КЛ 110 кВ старше 50 лет. Применяемая методика своевременного контроля и выполнения профилактических работ позволяют продлевать срок эксплуатации маслонаполненных КЛ до 35 лет. Разработан план реконструкции маслонаполненных кабельных линий и кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена первого поколения.

К сожалению, существует проблема преждевременного старения изоляции кабельных линий 110 кВ первого поколения с изоляцией из сшитого полиэтилена. Эти линии строились в Москве начиная с 1986 года. Многочисленные электрические пробоя изоляции вынуждают проводить реконструкцию линий, не выработавших свой ресурс. По результатам анализа повреждаемости КЛ и определения остаточного ресурса кабеля составлена долгосрочная программа реновации КЛ 110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена первого поколения.

Современные кабели обладают высокой надежностью при условии правильной эксплуатации, строительства и проектирования. В последнее время увеличилось количество механических повреж-



Рис. 4. Информационно-поисковая система высоковольтной кабельной сети

дений КЛ, связанных с проведением строительных работ в охранной зоне КЛ. Для своевременного согласования работ и контроля их выполнения в охранной зоне линии все коммуникации высоковольтной кабельной сети зафиксированы в информационно-поисковой системе. Информационно-поисковая система отображает на карте Москвы кабельные линии с привязкой к Московской системе координат (рисунок 4).

При сооружении КЛ в соответствии с действующей в МВС инструкцией на трассе устанавливаются электронные маркеры, позволяющие определять точное местоположение кабеля.

В целях контроля за состоянием изоляции кабелей и своевременным принятием решения о технических мероприятиях по повышению надежности сети проводится комплекс измерений по утвержденному регламенту:

- мониторинг температуры кабеля;
- измерения токов в экранах кабелей;
- замер уровня ЧР в концевой арматуре;
- испытания оболочки кабеля;
- тепловизионный контроль концевых муфт;
- проверка контуров заземления;
- контроль состояния изоляционной жидкости и кабельного масла;
- контроль давления масла в КЛ;
- хроматографический анализ.

На рисунке 5 показаны разрушения, вызванные пробоем в концевой муфте 220 кВ. В случае повреждения кабеля проводится анализ причин, приведших к пробое, с привлечением специалистов ВНИИКП, оценивается ресурс кабеля, выдаются рекомендации по дальнейшей эксплуатации КЛ. Эти мероприятия позволяют организовать эксплуатацию на основе прогнозирования возможной повреждаемости сети. Так по результатам тепловизионного контроля был выявлен дефект изоляции концевой муфты 220 кВ и своевременно проведен ремонт (рисунок 6), что исключило электрический пробой с последующим механическим разрушением.

Современные КЛ 110–220 кВ в МВС сооружаются с транспозицией или односторонним заземлением экранов кабелей. В нормативной документации отсутствуют требования по сооружению КЛ по подобной схеме. Были приняты решения об уровне наведенного потенциала в 110 В на экране кабеля в нормальном режиме, при выполнении вышеуказанных схем. В режиме прохождения тока короткого замыкания величина потенциала на экране не должна превышать испытательное напряжение в 10 кВ.

Все вновь сооружаемые кабельные линии оборудованы системой мониторинга температуры кабеля по многомодовым оптоволоконным проводникам, встроенным в экран высоковольтного кабеля (рисунок 7). Информация о температурном режиме поступает на диспетчерский щит филиала, что позволяет контролировать температуру кабеля в любой точке линии. При превышении уровня сигнала выше допустимого выдается сигнал диспетчеру для принятия мер по регулированию величины передаваемой мощности и организации работ по выяснению причины повышения температуры и ее устранению.

Оперативный контроль за состоянием сети осуществляется с диспетчерского пульта, на который выводится вся информация и ведется оперативное реагирование на возникающие внештатные ситуации.

При повреждении КЛ проводятся аварийно-восстановительные работы силами персонала МВС — от определения места повреждения до монтажа и испытаний. Для выполнения этих работ в МВС имеется обученный аттестованный персонал, необходимое оборудование и запас материалов. Работы проводятся в непрерывном круглосуточном режиме в соответствии с требованиями правительства г. Москвы.

Подводя итог, следует указать ключевые моменты в процессе развития высоковольтной кабельной сети.

1. Замена воздушных участков высоковольтных линий г. Москвы на кабельные линии.
2. Основной объем маслонаполненных кабельных линий составляют КЛ напряжением 110 кВ, с се-



Рис. 5. Пробой концевой муфты 220 кВ



Рис. 6. Дефект изоляции концевой муфты

чением жилы 270–625 мм<sup>2</sup>. Они не удовлетворяют растущему уровню потребляемой мощности. Требуется реконструкция дефектных и изношенных КЛ 110, 220 кВ с заменой маслонаполненного кабеля на кабель с полиэтиленовой изоляцией с увеличением сечения токопроводящей жилы кабеля.

3. В настоящее время строительство новых КЛ связано с увеличением сечения токопроводящей жилы кабеля для повышения пропускной способности, типовые решения — это сечения 1000, 1200, 1600, 2000 и 2500 мм<sup>2</sup>. Для кабелей больших сечений применяются сегментированные жилы (жила Меликена).
4. Сооружение кабельных линий с мониторингом температуры на КЛ для контроля состояния сети. Для этого требуется встроенный в экран силового кабеля оптоволоконный модуль и кабельная арматура (соединительная и концевая муфты), обеспечивающие возможность применения оптоволоконной.
5. Применение схемы заземления с транспозицией экранов на КЛ 110–220 кВ.
6. Увеличение напряжения КЛ до 500 кВ.
7. Применение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, кабельной арматуры передовых отечественных и мировых производителей кабельной продукции. Повышение технологичности монтажа кабельной арматуры на объектах (использование готовых элементов регулировки электрического поля, контактных соединительных узлов прессовой и болтовым соединением, разработка специальных инструментов и приспособлений для монтажа). Кабельная арматура (соединительная и концевая), конструкция которой позволяет компенсировать усадку внешней оболочки кабеля.

Таким образом, высоковольтные кабельные сети являются важным связующим звеном в сложной системе энергохозяйства столицы. Коллектив МВС — филиала ПАО «МОЭСК» готов и в дальнейшем обеспечивать надежную передачу электроэнергии по кабельным сетям, реализовывать энергосберегающие решения, инновационные подходы при строительстве, ремонте и эксплуатации кабельных линий 110–220 кВ в Московском регионе.

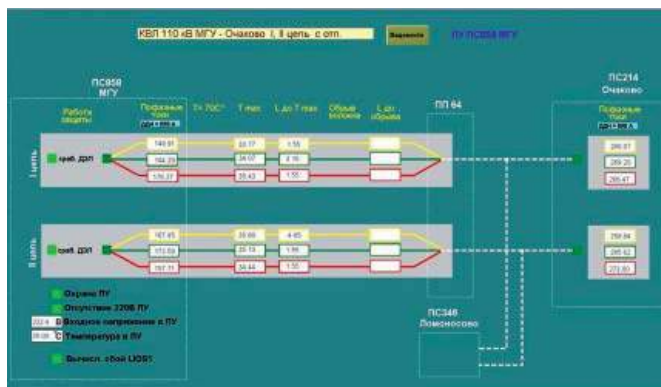


Рис. 7. Система мониторинга температуры кабеля