**Дисциплина: Эксплуатация оборудования электрических сетей**

**Лекция № 11. «Техническое обслуживание кабельных линий»**

Оглавление

[11.1 Кабельные линии с бумажно-масляной изоляцией. 1](#_Toc421169946)

[11.2 Техническая документация кабельных линий 2](#_Toc421169947)

[11.3 Особенности эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена 4](#_Toc421169948)

[11.4 Надзор за монтажом вновь вводимых в эксплуатацию КЛ 6](#_Toc421169949)

[11.5 Контроль режимов и нагрузок КЛ 7](#_Toc421169950)

[11.6 Эксплуатация кабельных каналов и других кабельных сооружений. 7](#_Toc421169951)

[11.7 Защита от блуждающих токов. 8](#_Toc421169952)

[11.8 Ремонты, профилактика. 9](#_Toc421169953)

# 11.1 Кабельные линии с бумажно-масляной изоляцией

Кабель АСБ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | кабель асб | Кабель АСБ- силовой кабель, с пропитанной бумажной изоляцией на напряжение 1, 6, 10 кВ (Рис.1)  Кабели марки **АСБ** предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках для сетей на напряжение 1; 6; 10 кВ. Кабели АСБ могут эксплуатироваться в сетях постоянного тока при значениях напряжения в 2,5 раза больше номинального значения переменного напряжения. Прокладка в земле (траншеях) на трассах с низкой коррозионной активностью с наличием или отсутствием блуждающих токов и на трассах со средней коррозионной активностью с отсутствием блуждающих токов, если в процессе эксплуатации кабель не подвергается растягивающим нагрузкам. | |
| Рис. 1 Кабель АСБ.  Область применения кабеля АСБ. Для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках в электрических сетях на переменное напряжение 1,6 и 10 кВ частотой 50 Гц. Кабели также могут быть использованы в электрических сетях постоянного тока. Вид климатического исполнения УХЛ 1, 5 и Т 1, 5, включая прокладку в почве. |

Конструкция кабелей АСБ (Рис. 2).

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Жила однопроволочная или многопроволочная, медная или алюминиевая 2. Пропитанная бумажная изоляция фазная 3. Пропитанная бумажная изоляция поясная 4. Свинцовая оболочка 5. Подушка 6. Броня из стальных лент или проволок (Кл) 7. Наружный покров (для кабелей типа Б, Б2л, Бл) | Рис. 2 Разрез кабеля АСБ.кабель асб в разрезе |

В настоящее время в России для обеспечения надёжной работы силовых КЛ с бумажно-масляной изоляцией применяется система планово-профилактических испытаний, при которой кабели периодически подвергаются испытаниям постоянным напряжением достаточно высокого уровня (в 4-6 раз превышающим номинальное напряжение КЛ) с измерением токов утечки. Однако практика показывает, что планово-профилактические испытания повышенным постоянным напряжением даже в случае их успешности не только не гарантируют безаварийную последующую работу КЛ, но и во многих случаях приводят к сокращению срока службы КЛ. Особенно опасны такие испытания для КЛ с длительными сроками эксплуатации или с сильно состаренной изоляцией.

# 11.2 Техническая документация кабельных линий

При сдаче в эксплуатацию КЛ напряжением до и выше 1000 В кроме документации, предусмотренной строительными нормами и правилами и отраслевыми правилами приёмки, должна быть оформлена и передана заказчику следующая техническая документация:

- скорректированный проект КЛ, который для КЛ на напряжение 110 кВ и выше должен быть согласован с заводом-изготовителем кабелей и эксплуатирующей организацией;

- исполнительный чертёж трассы с указанием мест установки соединительных муфт, выполненный в масштабе 1:200 или 1:500 в зависимости от развития коммуникаций в данном районе трассы;

- чертёж профиля КЛ в местах пересечения с дорогами и другими коммуникациями для КЛ на напряжение 20 кВ и выше и для особо сложных трасс КЛ на напряжение 6 и 10 кВ;

- акты состояния кабелей на барабанах и, в случае необходимости, протоколы разборки и осмотра образцов (для импортных кабелей разборка обязательна);

- кабельный журнал;

- инвентарная опись всех элементов КЛ (для КЛ напряжением выше 1000 В);

- акты строительных и скрытых работ с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями;

- акты на монтаж кабельных муфт;

- акты приёмки траншей, блоков, труб, каналов, туннелей и коллекторов под монтаж;

- акты на монтаж устройств по защите КЛ от электрохимической коррозии, а также - документы о результатах коррозионных испытаний в соответствии с проектом;

- протоколы испытания изоляции КЛ повышенным напряжением после прокладки (для КЛ напряжением выше 1000 В);

- документы о результатах измерения сопротивления изоляции;

- акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием;

- протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах;

- акт проверки и испытания автоматических стационарных установок пожаротушения и пожарной сигнализации.

Кроме перечисленной документации при приёмке в эксплуатацию КЛ напряжением 110 кВ и выше монтажной организацией должны быть дополнительно переданы заказчику:

-исполнительные высотные отметки кабеля и подпитывающей аппаратуры для маслонаполненных кабелей низкого давления на напряжение 110-220 кВ;

- документы о результатах испытаний масла (жидкости) из всех элементов линий; результатах пропиточных испытаний; результатах опробования и испытаний подпитывающих агрегатов для маслонаполненных кабелей высокого давления; результатах проверки систем сигнализации давления;

- акты об усилиях тяжения при прокладке;

- акты об испытаниях защитных покровов повышенным электрическим напряжением после прокладки;

- протоколы заводских испытаний кабелей, муфт и подпитывающей аппаратуры;

-документы о результатах испытаний устройств автоматического подогрева концевых муфт; результатах измерения тока по токопроводящим жилам и оболочкам (экранам) каждой фазы маслонаполненных кабелей низкого давления и кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение 110 кВ; результатах измерения ёмкости кабелей; результатах измерения сопротивления заземления колодцев и концевых муфт.

При приёмке в эксплуатацию вновь сооружаемой КЛ должны быть произведены испытания в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

Сетевое предприятие, потребитель, которому принадлежит КЛ, (эксплуатирующая организация) должен вести технический надзор за прокладкой и монтажом КЛ всех напряжений, сооружаемых монтажными организациями. При надзоре за прокладкой и при эксплуатации небронированных кабелей со шланговым покрытием особое внимание должно быть уделено состоянию шлангов. Кабели со шлангами, имеющими сквозные порывы, задиры и трещины, должны быть отремонтированы или заменены. Каждая КЛ должна иметь паспорт, включающий документацию, диспетчерский номер или наименование. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками. На бирках кабелей в начале и конце линии должны быть указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии; на бирках соединительных муфт - номер муфты, дата монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. Они должны быть расположены по длине линии через каждые 50 м на открыто проложенных кабелях, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

# 11.3 Особенности эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена

С начала 70-х годов прошлого века кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена активно заменяют кабели с бумажно-масляной изоляцией. Низкие величины относительной диэлектрической проницаемости, большой запас термической стойкости стали главной причиной, заставившей выбрать сшитый полиэтилен, как изоляционный материал для кабелей среднего и высокого напряжения. На рисунке 5 показана конструкция одножильного кабеля с ПЭ - изоляцией на напряжение 10 кВ. Конструкция препятствует росту водных триингов в радиальном и осевом направлении при работе в увлажнённых грунтах.

******

Рис. 5 Типовая конструкция кабеля с ПЭ - изоляцией на напряжение10 кВ:

1 – алюминиевая токопроводящая жила; 2 – электропроводящие экструдированные экраны; 3 – изоляция из сшитого полиэтилена; 4 – электропроводящие влагонабухающие ленты; 5 – экран из медных проволок; 6 – разделительная обмотка лентой; 7 – оболочка из полиэтилена

Применительно к силовым кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена гораздо более эффективным и экономичным является щадящий метод испытаний напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц, которое по величине не превышает более чем в 3 раза номинальное фазное напряжение КЛ. Испытания при очень низких частотах со сменой полярности позволяют выявлять дефекты в изоляции без формирования объёмных зарядов в структуре полиэтиленовой изоляции, что приводит к резкому уменьшению ресурса такого кабеля, в отличие от того, как это происходит при приложении постоянного напряжения. Поэтому за рубежом кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена испытываются исключительно напряжением сверхнизкой частоты. Возникает вопрос: возможно ли испытание кабельных линий, выполненных СПЭ кабелями постоянным напряжением по нормам, принятым для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией?Отвечает заведующий отделом силовых кабелей ОАО “ВНИИКП”, к.т.н. Образцов Ю.В.:

Распределение постоянного напряжения по толщине электрической изоляции кабелей из сшитого полиэтилена и пропитанной бумаги принципиально разное. За счёт образования объёмных зарядов у электродов на внутренней и наружной поверхностях изоляции из сшитого полиэтилена образуется локальная концентрация электрического поля, которая может привести к разрушениям в виде скользящих разрядов и пробою в первую очередь кабельных муфт, являющихся более слабыми в электрическом отношении элементами КЛ. Такие случаи пробоя муфт неоднократно наблюдались при испытаниях КЛ на номинальное напряжение 10 – 35 кВ постоянным (выпрямленным) напряжением по нормам, предусмотренным в ПУЭ для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, где величина испытательного напряжения составляет 10,3 U0. (где U0 фазное напряжение). В международных стандартах МЭК 60502-2, HD 620 для кабелей среднего напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена рекомендуется испытание КЛ проводить переменным напряжением, в т.ч. пониженной частотой 0,1 Гц. В качестве альтернативы допускается проводить испытания КЛ постоянным напряжением величиной 4Uo в течении 15 минут (п. 20.2.2 МЭК 60502-2) с характерным примечанием: “*испытание напряжением постоянного тока может повредить испытуемую систему изоляции*“Таким образом, неправомерно переносить нормы испытаний КЛ постоянным напряжением для кабелей с пропитанной бумажкой изоляцией на кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена. Для последних воздействие испытательного постоянного напряжения величиной до 10U0 является *разрушающим*.

*Общие сведения о высоковольтных испытаниях СНЧ (Сверхнизкой частоты).*

Для испытания СПЭ - кабелей можно применять установки сверхнизкой частоты (СНЧ; или VLF – Very Low Frequency). Такие испытания не влияют на состояние материала изоляции и кабель не теряет своих свойств. Установка VLF подаёт в кабель постоянное напряжение частотой 0,1 Гц. Испытание производится напряжением, равным 3Uо, согласно утверждённым отраслевым стандартам (HD 620S1, VDE 0276-620,-621,-1001 и т.д.). Основной причиной увеличения уровня частичных разрядов при эксплуатации кабелей с изоляцией из СПЭ является рост водных триингов в изоляции. Технология создания кабельной изоляции из сшитого полиэтилена появилась в 70-х годах 20 века. Сшивка – создание пространственной решётки за счёт образования продольно-поперечных связей между макромолекулами полимера – увеличивает жёсткость изоляции при повышенных температурах. В процессе старения (деструкции) сшитого полиэтилена его эксплуатационные характеристики снижаются. Основная причина этого - водные триинги – повреждения полимера, развивающиеся на технологических дефектах изоляции при совместном действии электрического поля и влаги, диффундирующей из окружающей среды. Вместе с влагой в изоляцию проникают агрессивные вещества. Они разрушают полимерные цепи, приводя к образованию микрополостей, которые в свою очередь служат резервуарами для накопления влаги. Под воздействием электрического поля полярные молекулы воды образуют древовидные структуры, направленные вдоль силовых линий электрического поля - водные триинги. Электрическая прочность изоляции в области триингов существенно снижается, что повышает напряженность на неповрежденной части изоляции и ускоряет процесс роста триинга. Однако в настоящее время в материал изоляции кабеля вводятся химические соединения, которые противостоят образованию водных триингов. Типичная картина триингов в изоляции кабеля с изоляцией из СПЭ находящегося в эксплуатации представлена на рисунке 6.

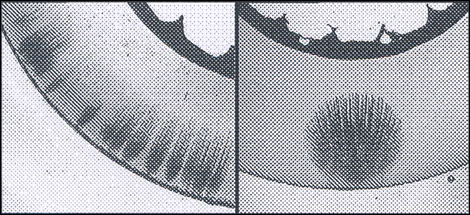


Рис. 6 Картина триингов в изоляции кабеля с изоляцией из СПЭ

# 11.4 Надзор за монтажом вновь вводимых в эксплуатацию КЛ

Потребитель, которому принадлежит КЛ, (эксплуатирующая организация) должен вести технический надзор за прокладкой и монтажом КЛ всех напряжений, сооружаемых монтажными организациями. При надзоре за прокладкой и при эксплуатации небронированных кабелей со шланговым покрытием особое внимание должно быть уделено состоянию шлангов. Кабели со шлангами, имеющими сквозные порывы, задиры и трещины, должны быть отремонтированы или заменены.

При приёмке в эксплуатацию вновь сооружаемой КЛ должны быть произведены испытания в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

# 11.5 Контроль режимов и нагрузок КЛ

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию должны быть установлены наибольшие допустимые токовые нагрузки. Нагрузки должны быть определены по участку трассы длиной не менее 10 м с наихудшими условиями охлаждения. Повышение этих нагрузок допускается на основе тепловых испытаний при условии, что температура жил будет не выше длительно допустимой температуры, приведённой в государственных стандартах или технических условиях. Температура воздуха внутри кабельных туннелей, каналов и шахт в летнее время должна быть не более чем на 10°С выше температуры наружного воздуха. На период ликвидации аварии допускается перегрузка по току для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 10 кВ на 30% продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 суток, но не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой. Для кабелей, находившихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%. Перегрузки кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением 20 и 35 кВ не допускаются. На период ликвидации аварии допускаются перегрузки по току для кабелей с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката на 15% и для кабелей с изоляцией из резины и вулканизированного полиэтилена на 18% продолжительностью не более 6 ч в сутки в течение 5 суток, но не более 100 ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой. Для кабелей, находившихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%. Перегрузка маслонаполненных кабелей низкого и высокого давления напряжением 110-220 кВ должна быть установлена местными инструкциями с учётом требований государственных стандартов.

Перегрузки кабелей импортного производства с изоляцией из сшитого полиэтилена устанавливаются в соответствии с документацией завода изготовителя.

# 11.6 Эксплуатация кабельных каналов и других кабельных сооружений

Осмотр туннелей (коллекторов), шахт и каналов на подстанциях с постоянным дежурством персонала должен производиться не реже 1 раза в месяц, осмотр этих сооружений на подстанциях без постоянного дежурства персонала - по местным инструкциям в сроки, установленные техническим руководителем. Местными инструкциями должны быть установлены сроки проверки работоспособности устройств пожарной сигнализации и пожаротушения, находящихся в кабельных сооружениях. Туннели, коллекторы, каналы и другие кабельные сооружения должны содержаться в чистоте; металлическая не оцинкованная броня кабелей, проложенных в кабельных сооружениях, и металлические конструкции с не металлизированным покрытием, по которым проложены кабели, должны периодически покрываться негорючими антикоррозионными составами. Хранение в кабельных сооружениях каких-либо материалов не допускается.Кабельные сооружения, в которые попадает вода, должны быть оборудованы средствами для отвода почвенных и ливневых вод

# 11.7 Защита от блуждающих токов

В районах с электрифицированным рельсовым транспортом или агрессивными грунтами на КЛ должны проводиться измерения блуждающих токов, составляться и систематически корректироваться потенциальные диаграммы КЛ (или ее отдельных участков) и карты почвенных коррозионных зон. В городах, где организована совместная антикоррозионная защита для всех подземных коммуникаций, снятие потенциальных диаграмм не требуется. Потенциалы кабелей должны измеряться в зонах блуждающих токов, местах сближения силовых кабелей с трубопроводами и кабелями связи, имеющими катодную защиту, и на участках кабелей, оборудованных установками по защите от коррозии. На кабелях со шланговыми защитными покровами должно контролироваться состояние антикоррозионного покрытия. Организация, в ведении которой находятся КЛ, должна контролировать выполнение управлениями и службами электрифицированного рельсового транспорта мероприятий по уменьшению значений блуждающих токов в земле в соответствии с установленными требованиями. При обнаружении на КЛ опасности разрушения металлических оболочек из-за электрической, почвенной или химической коррозии должны быть приняты меры к ее предотвращению. За защитными устройствами на КЛ должно быть установлено наблюдение в соответствии с местными инструкциями.В соответствии с Объёмом и нормами испытания электрооборудования производится проверка антикоррозийных защит. При приёмке линий в эксплуатацию и в процессе эксплуатации проверяется работа антикоррозионных защит для:

- кабелей с металлической оболочкой, проложенных в грунтах со средней и низкой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта выше 20 Ом/м), при среднесуточной плотности тока утечки в землю выше 0,15 мА/дм2;

- кабелей с металлической оболочкой, проложенных в грунтах с высокой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта менее 20 Ом/м), при любой среднесуточной плотности тока утечки в землю;

- кабелей с незащищённой оболочкой и разрушенными броней и защитными покровами;

- стального трубопровода кабелей высокого давления независимо от агрессивности грунта и видов изоляционных покрытий.

При проверке измеряются потенциалы и токи в оболочках кабелей и параметры электрозащиты (ток и напряжение катодной станции, ток дренажа) в соответствии с Руководящими указаниями по электрохимической защите подземных энергетических сооружений от коррозии.

Сроки проведения измерений блуждающих токов в земле определяются техническим руководителем энергопредприятия, но не реже 1 раза в 3 года.

# 11.8 Ремонты, профилактика.

Осмотры КЛ напряжением до 35 кВ должны проводиться в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле, - не реже 1 раза в 3 месяца;

- трасс кабелей, проложенных на эстакадах, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий - не реже 1 раза в 6 месяцев;

- кабельных колодцев - не реже 1 раза в 2 года;

- подводных кабелей - по местным инструкциям.

Осмотры КЛ напряжением 110-220 кВ должны проводиться:

- трасс кабелей, проложенных в земле, - не реже 1 раза в месяц;

трасс кабелей, проложенных в коллекторах и туннелях, - не реже 1 раза в 3 месяца;

- подпитывающих пунктов при наличии сигнализации давления масла (жидкости) - не реже 1 раза в месяц;

- подпитывающих пунктов без сигнализации давления масла (жидкости) и подводных кабелей - по местным инструкциям.

Для КЛ, проложенных открыто, осмотр кабельных муфт напряжением выше 1000 В должен производиться при каждом осмотре электрооборудования.

Периодически, но не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должен проводить административно-технический персонал. В период паводков, после ливней и при отключении КЛ релейной защитой должны проводиться внеочередные осмотры. Сведения об обнаруженных при осмотрах неисправностях должны заноситься в журнал дефектов и неполадок. Неисправности должны устраняться в кратчайшие сроки. Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них должны производиться только после получения соответствующего разрешения руководства организации, по территории которой проходит КЛ, и организации, эксплуатирующей КЛ. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием размещения и глубины заложения КЛ. Местонахождение КЛ должно быть обозначено соответствующими знаками или надписями как на плане (схеме), так и на месте выполнения работ. Перед началом раскопок должно быть произведено шурфление (контрольное вскрытие) кабельной линии под надзором электротехнического персонала Потребителя, эксплуатирующего КЛ, для уточнения расположения кабелей и глубины их залегания. Рыть траншеи и котлованы в местах нахождения кабелей и подземных сооружений следует с особой осторожностью, а на глубине 0,4 м и более - только лопатами. Зимой раскопки на глубину более 0,4 м в местах прохождения кабелей должны выполняться с отогревом грунта. При этом необходимо следить за тем, чтобы от поверхности отогреваемого слоя до кабелей сохранялся слой грунта толщиной не менее 0,15 м. Оттаявший грунт следует отбрасывать лопатами. Применение ломов и тому подобных инструментов не допускается. Производство раскопок землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также использование отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелями на глубину, при которой до кабеля остаётся слой грунта менее 0,3 м, не допускается. Применение ударных и вибропогружных механизмов разрешается на расстоянии не менее 5 м от кабелей.

Для производства взрывных работ должны быть выданы дополнительные технические условия. Владелец (балансодержатель) КЛ и эксплуатирующая организация должны периодически оповещать организации и население района, где проходят кабельные трассы, о порядке производства земляных работ вблизи этих трасс. КЛ должны периодически подвергаться профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока в соответствии с нормами испытания электрооборудования. Разрешается техническому руководителю энергопредприятия в процессе эксплуатации исходя из местных условий, как исключение, уменьшать уровень испытательного напряжения для кабельных линий напряжением 6-10 кВ до 4*U*ном. Для кабелей на напряжение до 35 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией длительность приложения полного испытательного напряжения при приёмосдаточных испытаниях составляет 10 мин, а в процессе эксплуатации - 5 мин. Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 3-10 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения 5 мин. Кабели с резиновой изоляцией на напряжением до 1 кВ испытаниям повышенным напряжением не подвергаются. Для кабелей на напряжение 110 - 500 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения при приёмосдаточных испытаниях и в эксплуатации составляет 15 мин. утечки не является браковочным показателем. Кабельные линии с удовлетворительной изоляцией должны иметь стабильные значения токов утечки. При проведении испытания ток утечки должен уменьшаться. Если не происходит уменьшения значения тока утечки, а также при его увеличении или нестабильности тока испытание производить до выявления дефекта, но не более чем 15 мин.

Испытательное выпрямленное напряжение силовых кабелей представлено в таблице № 2.

Таблица № 2. Испытательное выпрямленное напряжение силовых кабелей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория испытания | Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| до 1 | 2 | | | 3 | | 6 | | 10 | 20 | | 35 | | 110 | 150 | | 220 | | 330 | 500 |
| П | 6 | 12 | | | 18 | | 36 | | 60 | 100 | | 175 | | 285 | 347 | | 510 | | 670 | 865 |
| К | 2,5 | 10-17 | | | 15-25 | | 36 | | 60 | 100 | | 175 | | 285 | 347 | | 510 | | 670 | 865 |
| М | - | 10-17 | | | 15-25 | | 36 | | 60 | 100 | | 175 | | 285 | 347 | | 510 | | 670 | 865 |
| Категория испытаний | Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение, кВ | | | | | | | | | | | | Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ | | | | | | | |
| 0,66\* | | 1\* | 3 | | 6 | | 10 | | | 110 | | 3 | | | 6 | | 10 | | |
| П | 3,5 | | 5,0 | 15 | | 36 | | 60 | | | 285 | | 6 | | | 12 | | 20 | | |
| К | - | | 2,5 | 7,5 | | 36 | | 60 | | | 285 | | 6 | | | 12 | | 20 | | |
| М | - | | - | 7,5 | | 36 | | 60 | | | 285 | | 6\*\* | | | 12\*\* | | 20\*\* | | |

\* Испытание выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони (экранов), проложенных на воздухе, не производится.

\*\* После ремонтов, не связанных с перемонтажом кабеля, изоляция проверяется мегомметром на напряжение 2500 В, а испытание повышенным выпрямленным напряжением не производится.

Для предотвращения электрических пробоев на вертикальных участках кабелей напряжением 20-35 кВ вследствие осушения изоляции необходимо их периодически заменять или устанавливать стопорные муфты. Образцы повреждённых кабелей и повреждённые кабельные муфты при электрическом пробое изоляции в работе или при профилактических испытаниях должны подвергаться лабораторным исследованиям для установления причин повреждений и разработки мероприятий по их предупреждению.