

В прошлом номере журнала («Новости ЭлектроТехники» №6(84) 2013 [1]) Михаил Викторович Дмитриев рассмотрел типичные ошибки, которые совершаются при выборе, строительстве и эксплуатации кабельных линий. Он подробно остановился на схемах соединения и заземления экранов, числе циклов трансформации, функциях ограничителей перенапряжений.

Сегодня автор рассматривает ошибки, которые часто возникают при применении концевых коробок, коробок трансформации, муфт и вспомогательных кабелей.

## ЭКРАНЫ ОДНОФАЗНЫХ КАБЕЛЕЙ 6–500 кВ

### Ошибки при выполнении схем заземления

#### ВЫБОР КОНЦЕВЫХ КОРОБОК

Применение концевых коробок удобно для эксплуатируемых организаций, которые при испытаниях линии имеют возможность проводить все необходимые переключения за счет манипуляций переключателями в коробке. Концевая коробка бывает как с ОПН (КК-ОПН), так и без них (КК) – в этом случае она называется коробкой заземления и может использоваться в обоих концах схем или на свободном от ОПН конце схемы.

Помимо неверного выбора характеристик ОПН (в тех КК, где они предусмотрены), имеются еще две типичные ошибки:

- экраны кабельных линий заводятся в коробку сверху, что создает условия для проникновения влаги;
- медные экраны кабельной линии после захода в коробку оконцовываются алюминиевыми наконечниками, что создает условия для электрохимических процессов, повышения сопротивления контактного соединения и его температуры, обгорания контакта.

Например, обе эти ошибки были сделаны на юге Санкт-Петербурга на кабельной линии 110 кВ, экраны которой имели простое заземление с двух сторон. На одном из концов кабеля (на переходной опоре ВЛ – фото 1) уже через год эксплуатации коробки, за счет попадания капель воды сверху прямо на контактную пару Cu-Al, ее переходное сопротивление заметно выросло. Это привело к перегреву контактов фаз А и В наведенными в экранах токами 50 Гц, потере заземления экранов этих фаз на переходной опоре ВЛ. Поскольку экран фазы С остался заземленным, то в нем продолжал протекать наведенный ток (около 50–100 А), который, без компенсации токами экранов фаз А и В, попадал на корпус коробки и далее уходил в заземляющий контур опоры. Из-за плохого заземления корпуса коробки, связанного с ее покраской, ток уходил в опору через дугу (фото 2).

Указанный режим существовал долгие месяцы, создавая угрозу безопасности людей (шаговое напряжение) и оборудования (коррозия опоры и фундамента ВЛ).

#### ВЫБОР КОРОБОК ТРАНСФОРМАЦИИ

Важнейшими требованиями к коробкам трансформации (КТ-ОПН) являются:

- герметичность (стойкость к попаданию воды);
- наличие ОПН класса 6 кВ достаточной емкости;
- возможность многократного открытия/закрытия без потери герметичности с целью осуществления переключений токоведущих переключателей внутри коробки, в том числе с целью отключения ОПН на время испытаний оболочки КЛ постоянным напряжением 10 кВ, которое опасно для ОПН;
- механическая прочность коробки и внутренних соединений, которая важна при подвижках грунта и появлении тяжения заводимых в коробку экранов кабельной линии.

Учитывая изложенное, ошибочным является применение:

- неразборной трансформации, когда экраны выводятся из одной трансформационной муфты и заходят в другую без применения коробок трансформации;



**Михаил Дмитриев,**  
к.т.н., заместитель генерального  
директора по научной работе  
Проектно-конструкторское бюро  
«РосЭнергоМонтаж»  
г. Санкт-Петербург

- коробка заливного типа, где внутренняя полость заливается на стадии монтажа специальным изолирующим компаундом;
- коробка без опорных изоляторов, на которых могли бы надежно фиксироваться заводимые экраны кабелей;
- коробка с ОПН, класс напряжения которых отличается от 6 кВ (например ОПН 1,5 кВ или 3 кВ);
- коробка, габариты которых велики (или неудачны) и не позволяют опустить их через горловину люка внутрь уже смонтированного колодца трансформации.

Для минимизации риска проникновения воды внутрь коробки трансформации ее рекомендуется размещать в верхней части колодца трансформации (фото 3). Это же позволяет выполнять работы внутри коробки, не откачивая из колодца скопившуюся воду и не спускаясь в него, а просто стоя на коленях на земле у горловины люка. Фото 3 является примечательным потому, что оно сделано на смонтированной линии 110 кВ, проходящей под газом в нескольких метрах от весьма оживленного тротуара на севере Санкт-Петербурга, однако:

- у колодца долго не было крышки;
- даже сухим летом колодец был заполнен водой;
- крышка коробки прикручена только двумя болтами из 18, т.е. небрежный монтаж полностью исключает герметичность коробки и работу трансформации экранов в нормальном режиме.

#### ВЫБОР МУФТ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ

Еще один класс ошибок обусловлен неверным обустройством муфт и их связи с концевыми коробками (КК, КК-ОПН) и коробками трансформации (КТ-ОПН).

##### Ошибки при выборе вспомогательного кабеля

Для вывода экранов силового кабеля из концевых и трансформационных муфт и их соединения с концевыми коробками и коробками трансформации, в последние годы специально был разработан провод соединительный с полиэтиленовой изоляцией (ППС). Этот вспомогательный кабель является однофазным, имеет медную жилу (без медного экрана), покрытую слоем полиэтилена, выполняющего функции как изоляции, так и оболочки кабеля.

Поскольку оболочка силового кабеля имеет прочность класса 6 кВ, то такие же требования предъявляются и к изоляции ППС: она выполнена на класс 6(10) кВ.

Так как на жиле ППС, соединенной с экраном силового кабеля, практически нет напряжения промышленной частоты, то отказ в конструкции ППС от экрана не снижает надежности работы его изоляции.

Сечение медной жилы ППС, как показано в [2], достаточно принимать равным сечению медного экрана силового кабеля на том основании, что эти проводящие части соединены последовательно.

Типичными ошибками являются отказы от провода ППС необходимого сечения и применение:

- провода класса 0,4 кВ или 1 кВ вместо 6(10) кВ;

Концевая кабельная коробка, где применены заходы сверху и пара Cu-Al. Из-за попадания воды и электрохимических процессов от заземляющей шины отгорели экраны фаз А и В

Фото 1 ●



Поврежденная концевая коробка (фото 1) на территории автостоянки. С корпуса через дугу на тело опоры и далее в землю стекает ток экрана фазы С, составляющий около 50–100 А

Фото 2 ●



Коробка транспозиции с двумя болтами вместо 18, размещенная в верхней части колодца

Фото 3 ●



Самодельная транспозиционная муфта 110 кВ. Показаны: фаза кабеля; вспомогательный кабель, отводящий экраны; скотч, которым обмотаны место отвода и вспомогательный кабель. Сверху виден третий кабель с заломом – вывод экранов другой фазы

Фото 4 ●



Самодельная транспозиционная муфта 110 кВ – фанерные ящики, залитые силиконом и обернутые полиэтиленовой пленкой

Фото 5 ●



– провода с завышенным сечением жилы 400 мм<sup>2</sup>.

Сечение провода 400 мм<sup>2</sup> с запасом превосходит сечение экрана любого из силовых кабелей 6–500 кВ, выпускаемых в настоящее время промышленностью. Это удобно ряду поставщиков кабеля, которые не хотят хранить на складе барабаны с проводами сечением 50, 70, 95, 120 мм<sup>2</sup> и т.п., а хранят лишь один – с проводом сечением 400 мм<sup>2</sup>, который наверняка подойдет для любого объекта, да к тому же и стоит заметно дороже, что увеличивает объемы продаж.

На самом деле применение в схемах заземления экранов провода 400 мм<sup>2</sup> не только удорожает объект, но и усложняет монтаж, поскольку такой кабель имеет значительные радиусы изгиба, его неудобно заводить в кабельные колодцы и кабельные коробки. Кроме того, далеко не все коробки предназначены для захода проводов такого сечения, имеют недостаточно большие отверстия в корпусе и неподходящие наконечники.

Точно такими же недостатками обладают коаксиальные кабели, применение которых хотя и удобно конкретному производителю, но в практической работе вызывает ограничения и сложности.

#### Ошибки при монтаже транспозиции (коаксиальный кабель)

Транспозиционная муфта имеет разделение (разрыв) экранов кабельной линии и вывод экранов левой и правой частей наружу. Такой вывод экранов силового кабеля делается при помощи двух вспомогательных однофазных кабелей (ППС).

Некоторые производители кабельных муфт делают вывод левой и правой частей экранов наружу иначе (по всей видимости, для снижения конкуренции на рынке комплектующих), а именно при помощи коаксиального кабеля, имеющего равные сечения жилы и экрана. Однако, по мнению автора, такое решение является неудачным и существенно усложняет монтаж по следующим причинам:

- коаксиальный кабель разделять сложнее, чем два однофазных;
- коаксиальный кабель имеет большой диаметр и значительные радиусы изгиба, которые накладывают ограничения на заход таких вспомогательных кабелей внутрь колодца транспозиции и на размещение там коробки транспозиции.

#### Ошибки при монтаже транспозиции (комплекты транспозиции)

Транспозиционная муфта – это специальная соединительная муфта, имеющая особую конструкцию и монтаж.

Еще не известно сколь-либо успешных попыток самостоятельной переделки обычной соединительной муфты в транспозиционную, поэтому заведомо несостоятельной и ошибочной будет каждая очередная такая попытка. Как далеко разводить экраны левой или правой частей? Счищать или не счищать полупроводящий слой поверх изоляции кабеля? Это минимальный перечень вопросов, на которые не ответит никто, кроме производителя муфты.

На фото 4, 5 представлена одна из попыток реализации самодельной транспозиции экранов линии 110 кВ. Посколь-

ку о необходимости транспозиции задумались уже после монтажа линии и соединительных муфт, то было принято решение дополнить линию самодельными «комплектами транспозиции». В итоге в двух местах трассы вскрыли оболочку кабеля, разрезали экраны, присоединили их к жиле и экрану вспомогательного коаксиального кабеля, который завели в спешно поставленные рядом колодцы транспозиции с коробками КТ-ОПН.

Для герметизации кабеля в местах со вскрытой оболочкой его где-то обмотали скотчем (фото 4), где-то поместили в гофрированную трубу или даже в деревянные фанерные ящики (фото 5) и обильно залили силиконом и то, и другое. В XXI веке это выглядит дико, если учесть стоимость кабельной линии 110 кВ и ее монтажа, суммарно достигающую 50–100 млн рублей за каждый километр!

#### Ошибки при монтаже одностороннего заземления

Уже известно много случаев, когда в схемах с односторонним заземлением экранов на том конце, где экраны должны быть разземлены, их оставляли внутри концевой муфты и наружу не выводили. Такое решение неверно по двум причинам:

- отсутствуют ОПН для защиты оболочки кабеля от импульсных перенапряжений, обычно размещаемые в концевых кабельных коробках КК-ОПН;
- отсутствует возможность полноценного обслуживания кабельной линии, которое предполагает доступ к экранам на обоих концах кабельной линии с целью сборки мостовых и других схем поиска повреждений оболочки.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Следует запретить соединение кабельных муфт с кабельными коробками при помощи:
  - проводов класса изоляции 0,4 кВ, 1 кВ, 3 кВ;
  - проводов сечением 400 мм<sup>2</sup>;
  - коаксиальных проводов.
 Соединение должно выполняться однофазным проводом ППС класса изоляции 6(10) кВ с сечением жилы, равным сечению экрана силового кабеля.
2. Необходимо нормативно запретить применение концевых кабельных коробок с заходами через верхнюю крышку, подверженными проникновению влаги.
3. Следует отказаться от применения неразборной транспозиции, не имеющей коробок транспозиции, а также запретить коробки транспозиции, залитые компаундом, и коробки без опорных изоляторов.
4. Необходимо исключить самостоятельную переделку концевых или соединительных муфт, тщательно контролировать использование муфт по назначению, запретить какие-либо «комплекты транспозиции» и т.п.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев М.В. Экраны однофазных кабелей 6–500 кВ. Ошибки при выполнении схем заземления // Новости ЭлектроТехники. 2013. № 6(84).
2. Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6–500 кВ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 152 с.