Проблемы использования коаксиальных проводов для транспозиции экранов кабелей

При строительстве современных кабельных линий (КЛ) широко используются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ), причем наибольшее распространение получили кабели однофазной конструкции. Как известно, для борьбы с паразитными потерями активной мощности в экранах однофазных кабелей, вызванными прохождением наведенных токов, применяют различные схемы соединения экранов — одностороннее заземление или транспозицию. На практике для выполнения указанных схем используют коробки заземления (КЗП) или транспозиции (КТП), подключаемые к экранам КЛ при помощи одножильных соединительных проводов. К сожалению, в последнее время участились случаи подключения коробок при помощи коаксиальных соединительных проводов, имеющих ряд существенных недостатков по сравнению с одножильными.

СХЕМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ БЕЗ ПОТЕРЬ В ЭКРАНАХ

Для однофазных кабелей известны три схемы заземления экранов КЛ — двустороннее заземление, одностороннее заземление и транспозиция экранов. Первая из схем, как правило, опасна возникновением в экранах наведенных токов, которые приводят к потерям активной мощности в экранах, нагреву экранов и примыкающей к ним СПЭ-изоляции, а значит, к росту потерь мощности во всей КЛ и ограничению длительно допустимого тока жилы КЛ. Основными способами борьбы с токами и потерями в экранах однофазных кабелей являются одностороннее заземление экранов (рисунок 1а) или же их транспозиция (рисунок 1б).

Схема рисунка 1а обычно используется для коротких КЛ 6–500 кВ длиной до 0,3–1,5 км, так как для более длинных КЛ на экранах возникает наведенное напряжение, опасное для наружной оболочки кабелей. Схема транспозиции (рисунок 1б) применяется там, где не удается сделать одностороннее заземление. Для защиты наружной оболочки кабелей от импульсных перенапряжений (грозовых и коммутационных) в обеих схемах между экранами и землей подключают ограничители перенапряжений (ОПН), располагаемые в электромонтажных коробках (концевых или транспозиции).

Коробки с корпусом, выполненным из полимерных материалов, в отличие от корпуса из металла (стали, алюминия), оказываются стойки к воздействию агрессивных и химически активных сред, имеют малый вес, а также обеспечивают безопасность персонала в случае электрического повреждения ОПН. Такие коробки маркируются: КЗП — коробка заземления полимерная; КТП — коробка транспозиции полимерная.

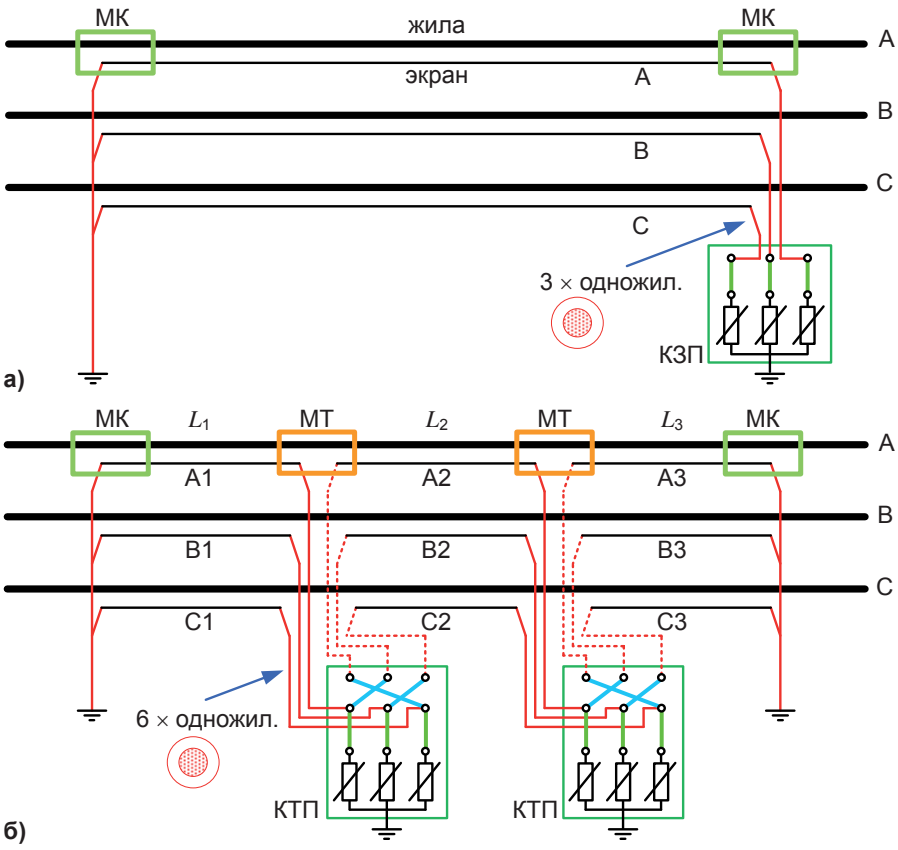


Рис. 1. Схемы соединения экранов однофазных кабелей: а) одностороннее заземление; б) транспозиция

СРАВНЕНИЕ ОДНОЖИЛЬНЫХ И КОАКСИАЛЬНЫХ ПРОВОДОВ

Подключение коробок КЗП и КТП к концевым муфтам (МК) и муфтам транспозиции (МТ) выполняется соединительными проводами с полиэтиленовой изоляцией. Эти провода должны обладать следующими электрическими характеристиками:

– активное сопротивление токоведущих частей не более, чем у экрана силового кабеля;
– прочность изоляции токоведущих частей не менее, чем у оболочки силового кабеля.

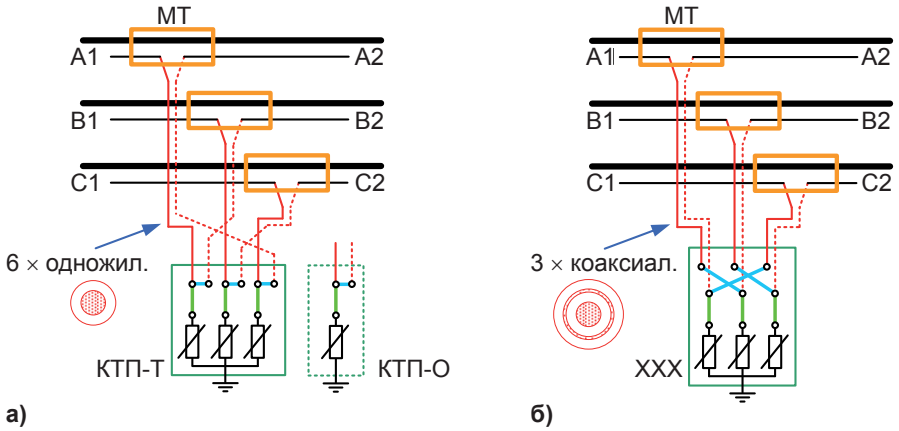


Рис. 2. Конструкция узла транспозиции в зависимости от типа проводов: а) одножильные провода; б) коаксиальные провода

Известны два исполнения соединительных проводов: одножильное (только одна жила в изоляции — на схеме рисунка 2а) и коаксиальное (жила и экран равного сечения, изолированные друг от друга и от окружающей среды — на схеме рисунка 2б). Наиболее часто в схемах заземления экранов силовых кабелей используют одножильные провода — их применяют и при одностороннем заземлении экранов (рисунок 1а), и при транспозиции экранов (рисунок 1б). Коаксиальные провода применяются реже, и только в узлах транспозиции (рисунок 2б).

Внедрение коаксиальных проводов объясняют тем, что у них «малая индуктивность» и, вследствие этого, малое продольное падение напряжения на участке между муфтой МТ и коробкой с ОПН, обеспечивающее более эффективную работу ОПН. Следует отметить, что, на самом деле, коаксиальные провода не обладают преимуществами над одножильными, поскольку:

– индуктивность коаксиального провода мала лишь в том случае, когда токи в его жиле и экране равны друг другу и направлены встречно, что редко встречается на практике;
– индуктивность коаксиального провода не будет заметно отличаться от индуктивности двух отвечающих ему одножильных проводов, проложенных вплотную друг к другу;
– коаксиальный провод затрудняет монтаж узла транспозиции, так как у него большие вес, диаметр, радиус изгиба, и он требует сложной разделки в местах подключения к коробке;
– коаксиальный провод делает невозможным контроль тока в экране силового кабеля.

Одножильные провода, по сравнению с коаксиальными, имеют малые вес, диаметр, радиус изгиба — это позволяет упростить их монтаж. Также одножильные провода, в отличие от коаксиальных, делают возможным контроль токов в экранах силового кабеля.

Контроль токов в экранах связан с тем, что иногда в ходе эксплуатации КЛ появляется необходимость проверки корректности работы транспозиции — для этого во всех экранах КЛ на каждом из участков трассы следует провести измерения токов. Наличие экранных токов величиной в десятки или сотни ампер будет означать, что транспозиция спроектирована или смонтирована неверно, то есть не выполняет поставленных перед ней задач снижения токов и потерь в экранах. Чтобы измерить токи в экранах кабелей, не подвергая риску персонал, следует использовать токоизмерительные клещи, поочередно надевая их на соединительные провода, выходящие из муфт. Если коробки КТП подключены к муфтам коаксиальными проводами, то клещи покажут результирующий ток жилы и экрана провода, не позволяя определить токи отдель-

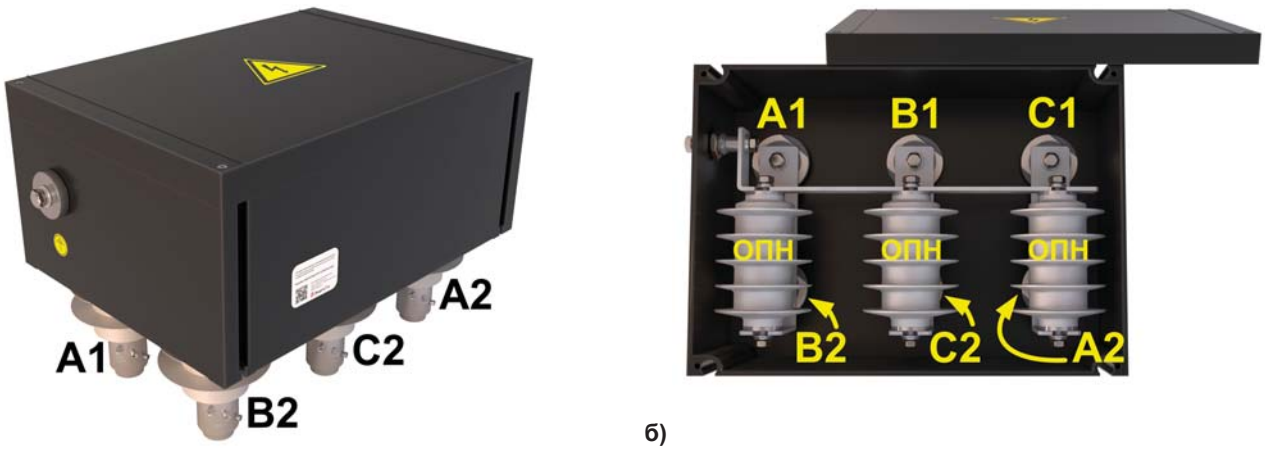
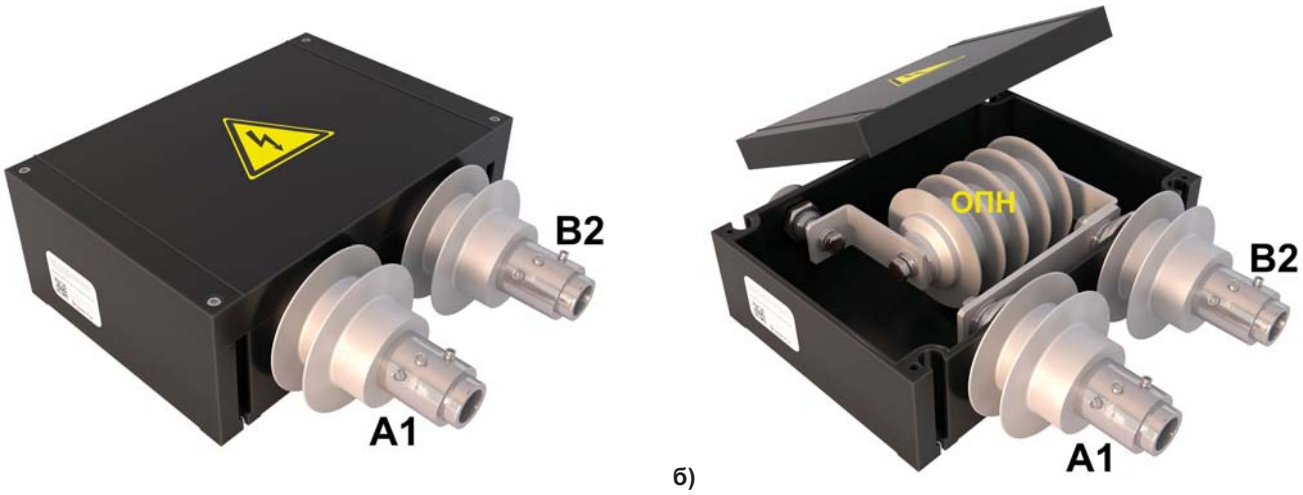


Рис. 3. Трехфазная коробка транспозиции КТП-Т: а) снаружи; б) изнутри



а) б)

Рис. 4. Однофазная коробка транспозиции КТП-О: а) снаружи; б) изнутри

ных экранов КЛ. Одножильные провода, напротив, лишены таких недостатков и гарантируют возможность быстрого безопасного контроля тока каждого из экранов КЛ на любом участке трассы КЛ.

Значимым преимуществом одножильных проводов является простота их разделки, позволяющая подключать провода к проходным изоляторам, расположенным на наружной боковой поверхности закрытой коробки КТП (эти изоляторы показаны на рисунках 3 и 4), что снимает необходимость вскрытия коробки при монтаже и нарушения тем самым ее заводской герметичности.

Еще одно преимущество одножильных проводов заключается в снижении габаритных размеров коробок транспозиции — оно достигается за счет того, что одножильные провода, в отличие от коаксиальных, позволяют делать транспозицию экранов не внутри коробки, а вне ее, путем перекрестного подключения шести проводов к проходным изоляторам (рисунки 2а и 3). При использовании коаксиальных проводов так уже не сделать, и транспозиция организуется внутри коробки за счет проходящих друг над другом перекрестных перемычек (рисунок 2б), увеличивающих габариты коробки, усложняющих ее монтаж и обслуживание.

Применение одножильных проводов настолько упрощает конструкцию коробки, что в узле транспозиции вместо одной трехфазной коробки КТП-Т (рисунок 3) можно ставить три однофазных КТП-О (рисунок 4) — это способствует удобной компоновке узла транспозиции и минимизирует последствия в случае повреждения какого-то из трех ОПН.

ОПН ДЛЯ КОРОБОК

Помимо отсутствия необходимости вскрытия коробок КТП при монтаже, их не надо вскрывать и при испытаниях оболочки силовых кабелей постоянным напряжением 10 кВ. Обычно на время данных испытаний рекомендуют извлекать ОПН из коробок, чтобы ОПН не пропускали через себя ток с экрана испытуемого кабеля на землю и не создавали ложное впечатление о наличии повреждения оболочки кабеля. Однако современные модификации коробок КТП оснащаются такими ОПН, которые не реагируют на воздействие постоянного напряжения 10 кВ, поэтому на время испытаний оболочки силовых кабелей уже не требуется вскрывать КТП и извлекать из них ОПН, что сохраняет заводскую герметичность коробок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Единственное преимущество коаксиальных проводов над одножильными — их малая индуктивность — нивелируется путем парной прокладки одножильных проводов вплотную друг к другу. Таким образом, для снижения стоимости строительства и эксплуатации узлов транспозиции экранов рекомендуется применять исключительно одножильные провода, так как они по сравнению с коаксиальными:

– имеют меньший вес и диаметр, лучше гнутся и проще разделываются;
– позволяют контролировать токи в экранах КЛ на любом участке трассы;
– обеспечивают возможность подключения к коробкам транспозиции снаружи их корпуса через проходные изоляторы, что снимает необходимость вскрытия коробок при монтаже, сохраняя тем самым их заводскую герметичность;
– уменьшают габариты коробок транспозиции, освобождая место для работы персонала в колодце транспозиции;
– делают возможным переход от трехфазных коробок к однофазным, внося разнообразие в варианты компоновки узлов транспозиции, а также снижая стоимость ремонтов. Р

Дмитриев М.В.,
к.т.н., доцент