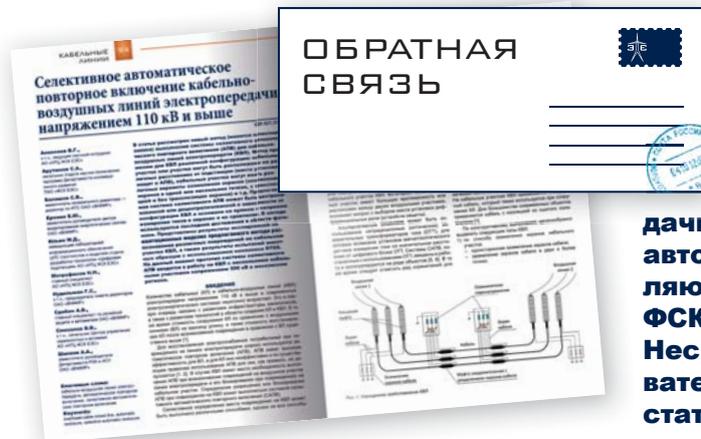


АПВ на кабельно-воздушных линиях

Немного истории



ОБРАТНАЯ
СВЯЗЬ



В предыдущем номере журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» (№ 3 за 2018 год) была опубликована статья «Селективное автоматическое повторное включение кабельно-воздушных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше». В коллектив авторов вошли сразу 10 специалистов, представляющих три известные организации: АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «ВНИИР». Несмотря на внушительную команду исследователей и интересную тематику, ряд положений статьи способен вызывать вопросы.

Статья в № 3(48) описывает один из давно известных способов обеспечения селективного АПВ на кабельно-воздушных линиях (КВЛ) 110–500 кВ, который заключается в фиксации токов в экранах кабелей. Однако первая же фраза в тексте статьи такова: «В статье рассмотрен новый метод (имеется патентная заявка) выполнения системы селективного автоматического повторного включения (АПВ) для кабельно-воздушных линий электропередачи». Приведенная фраза читается таким образом, что именно авторы статьи первыми предложили организовывать селективное АПВ на КВЛ путем измерения токов в экранах кабелей и теперь собираются патентовать свое изобретение. Возможно, эта трактовка вовсе не подразумевалась при написании материала, однако, на всякий случай, чтобы исключить какие-либо недоразумения, ознакомим читателей с уже накопленным мировым и российским опытом по АПВ.

Мировой опыт по организации АПВ на КВЛ отражен в достаточно объемной брошюре CIGRE [1], опубликованной еще в 2014 году. Там подробно описано, что существует большое число разных технических способов по защите кабелей на КВЛ. В частности, в § 4.5.7 рассказывается о решении, представленном на рисунке 1. Оно заключается в оснащении КЛ 110–500 кВ, имеющих односторон-

нее заземление экранов, трансформаторами тока (ТТ), установленными в том месте, где экран заземлен. В случае, если ТТ зафиксирует заметный ток, то это классифицируется как короткое замыкание (КЗ) в кабеле, и далее выдается команда запретить АПВ на КВЛ, частью которой является поврежденный кабель.

Согласно [1] описанное решение распространено во Франции. Также о нем, например, можно прочитать в официальном каталоге «Кабельные системы высокого напряжения 110–500 кВ» французской фирмы NEXANS. Перевод каталога на русский язык на странице 12 содержит заголовок про защиту «масса-земля» и необходимое описание этого метода защиты КЛ от повторного включения на КЗ, состоящего в измерении токов в экранах КЛ. Фирма NEXANS является одним из мировых лидеров в области кабельных линий и не станет информировать своих клиентов о техническом решении, которое не прошло достаточную

проверку в эксплуатации. Поэтому можно смело утверждать, что решение по организации АПВ на КВЛ за счет фиксации токов в односторонне заземленных экранах кабелей (рисунок 1) уже к 2014 году было достаточно опробовано и хорошо себя зарекомендовало.

Опираясь на положительный опыт французских энергосистем, в 2015 году в России было предложено расширить область применения технологии измерения токов в экранах. Например, в статье [2] с помощью рисунка 2 пояснялось, как можно организовать селективное АПВ на КВЛ, если экраны имеют не одностороннее заземление (как на рисунке 1), а двустороннее или двустороннее с транспозицией. По своей сути, на рисунке 2 дана дифференциальная защита КЛ, построенная на принципе измерения токов в экранах по концам КЛ и сравнении друг с другом направлений их прохождения. Если КЗ непосредственно в кабеле, то при любой схеме заземления токи в экранах

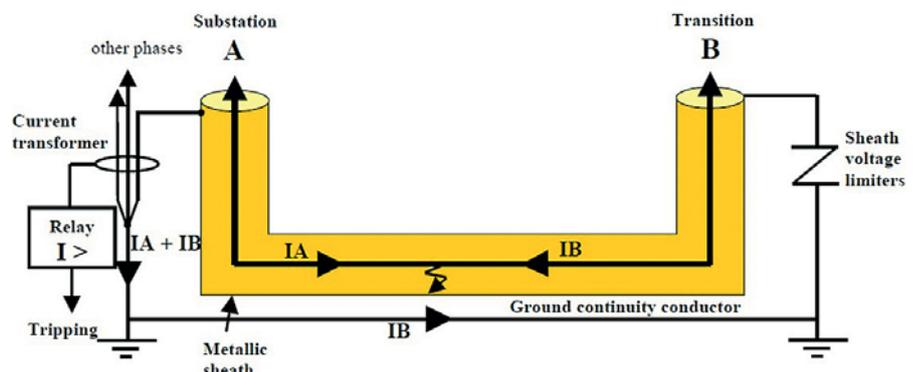


Рис. 1. Защита кабеля с односторонним заземлением экранов (п.4.5.7 из [1])

по концам КЛ направлены одинаково (в землю) — появление таких токов является причиной для запрета АПВ.

Еще одна отечественная статья [3] по АПВ на КВЛ была опубликована в 2017 году. Основное внимание в ней было уделено коммутационным перенапряжениям при АПВ, однако нашлось место и для подробной классификации видов АПВ, что встречаются на кабельно-воздушных линиях 110–500 кВ. Также в [3] даны способы установки ТТ по концам кабелей (рисунок 3):

- на фазный провод ВЛ вблизи от муфты КЛ (ТТ_{ВЛ});
- на кабель непосредственно под муфтой КЛ (ТТ_{КЛ});
- на кабель и одновременно на его экран, чтобы выделить ток в жиле (ТТ_Ж);
- только на экран кабеля ТТ_Э.

Упомянутое в [3] многообразие способов подключения ТТ связано не только с тем, что на рынке давно уже представлены ТТ различного типа и конструкций, но и с желанием принимать верное решение по пуску/запрету АПВ в тех ситуациях, когда КЗ случилось непосредственно в концевой муфте.

Наилучшим вариантом, гарантирующим, что КЗ в муфте будет

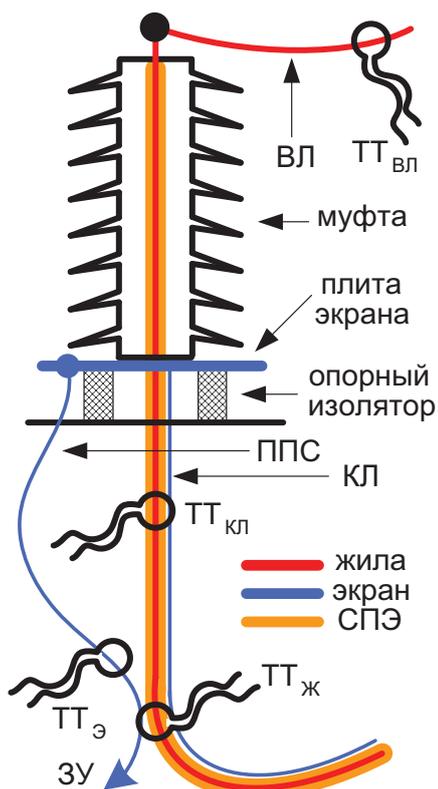


Рис. 3. Варианты установки ТТ вблизи от концевой муфты кабеля

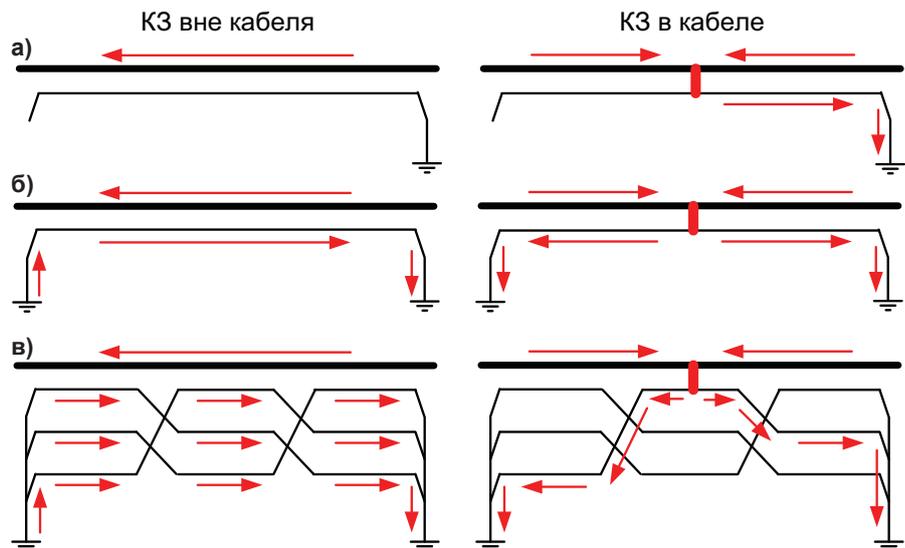


Рис. 2. Прохождение токов в экранах однофазных кабелей в зависимости от места повреждения: а) при одностороннем заземлении экранов (показана только поврежденная фаза); б) при двустороннем заземлении экранов (показана только поврежденная фаза); в) при транспозиции экранов (показаны все три фазы)

распознано как авария на кабельном участке с последующим запретом АПВ, является установка ТТ_{ВЛ}. Однако данный вариант является наиболее дорогостоящим.

Варианты с установкой разъемных ТТ (оптических или электромагнитных) на кабель или на экран заметно проще и дешевле, но для них существует вероятность, что КЗ в муфте будет классифицировано как повреждение на ВЛ с последующим АПВ и серьезными разрушениями оборудования (вследствие разлета частей муфты).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенное показывает, что принцип организации селективного АПВ на КВЛ 110–500 кВ за счет установки трансформаторов тока в экраны КЛ и их включения в дифференциальную схему защиты является далеко не новым и известен, по крайней мере, с 2014–2015 годов. Разумеется, не новым является и применение для кабелей оптиче-



Рис. 4. Внешний вид оптических датчиков, установленных под муфтой

ских трансформаторов тока. В качестве примера на рисунке 4 дана фотография концевой муфты класса 220 кВ, сделанная в 2014 году на одной из испанских линий, в оснащении которой принимала участие компания Artech. Как видно, под каждой муфтой установлена оптическая петля трансформатора тока.

Итак, с учетом сказанного, не вполне ясно, в чем коллектив авторов статьи в № 3(48) за 2018 год (АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС», ОАО «ВНИИР») усмотрел новизну своего решения, и как собрался его патентовать? Также хочется отметить, что не ясен и выбор объекта для применения устройства АПВ — разве не опасно вместо рядовых КВЛ 110–220 кВ тестировать «новое» устройство сразу на КВЛ 500 кВ, где цена ошибки слишком велика?

Дмитриев М.В.,
к.т.н., доцент СПбПУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Short Circuit Protection of Circuits with Mixed Conductor Technologies in Transmission Networks / CIGRE Working Group B5.23, 2014, p. 241.
2. Дмитриев М.В. АПВ на воздушно-кабельных линиях класса 110–500 кВ // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2015, № 1(28). С. 68–73.
3. Дмитриев М.В. Кабельно-воздушные линии. Цикл АПВ и коммутационные перенапряжения // Новости Электротехники, 2017, № 5, 6. С. 80–84.