Защита ВЛ от грозы: история, опыт, перспективы

В последние годы в России для защиты изоляции воздушных линий от грозовых перенапряжений стали применяться защитные аппараты, собранные на основе оксидо-цинковых варисторов. Их применение продиктовано возрастающими требованиями к качеству передаваемой энергии, необходимостью снижения числа отключений ВЛ и перерывов в электроснабжении.

Пётр ЖУРАВЛЁВ,
технический директор ЗАО «Полимер-Аппарат», к.т.н.

Следует отметить, что для выполнения таких ответственных проектов сейчас привлекаются не только зарубежные, но и отечественные производители защитных аппаратов. С 2007 года ЗАО «Полимер-Аппарат» выполнены поставки аппаратов для защиты воздушных линий электропередачи классов напряжения 6, 10, 35, 110, 220 и 330 кВ. Данная статья является кратким описанием истории, а также конструкций и опыта эксплуатации защитных аппаратов на воздушных линиях РФ.

ЛИНЕЙНЫЕ ОПН И РАЗРЯДНИКИ ТИПА РВЛ

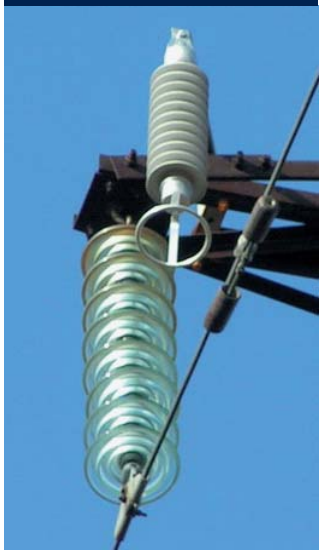
Для защиты изоляции воздушных линий электропередачи ЗАО «Полимер-Аппарат» выпускает два типа аппаратов — линейные ОПН и разрядники типа РВЛ.

Линейные ОПН (рис. 1) представляют собой полноценные ограничители перенапряжений подвесного исполнения, предназначенные для защиты линейной изоляции.

Линейные разрядники типа РВЛ (рис. 2) представляют собой ограни-

Рис. 1. Линейный ограничитель перенапряжения производства ЗАО «Полимер-Аппарат» на ВЛ 110 кВ Шепси — Туапсе тяг.

Рис. 2. Разрядник вентильный линейный РВЛ 110 кВ, производства ЗАО «Полимер-Аппарат»



чители перенапряжений, установленные на траверсах ВЛ и отделённые от фазного провода внешним искровым промежутком. При этом наличие искрового промежутка позволяет использовать ОПН с рабочим напряжением меньшим, чем напряжение фазного провода.

Публикации зарубежного опыта грозозащиты воздушных линий с защитными аппаратами, собранными на основе оксидо-цинковых варисторов ОПН, можно трактовать по-разному. Например, подобрать публикации о преимуществах защиты ВЛ с помощью ограничителей перенапряжений с искровым промежутком или без него. Противники указанных систем грозозащиты вообще умудряются найти статьи китайских специалистов, которые свидетельствуют об отрицательном опыте защиты ВЛ ограничителями перенапряжений. Единственный критерий оценки системы грозозащиты — это достигнутый результат. В нашей стране есть небольшой, но уже значимый результат применения защитных аппаратов на воздушных линиях. И этот результат однозначно положительный.

Линейные ОПН в России впервые были успешно применены для защиты изоляции ВЛ 400 кВ Линке-1 — Линке-2 в 2004 году, эта воздушная линия выполнена на двухцепных опорах, на всём её протяжении установлены два грозозащитных троса. Линия используется для транзита электроэнергии в Финляндию. Для развязки энергосистем двух государств на линии выполнена вставка постоянного тока. Соответственно двухцепные отключения данной линии приводят к продолжительным перерывам электроснабжения, что недопустимо.

Наличие двух грозозащитных тросов в полной мере обеспечивало отсутствие непосредственных попаданий молнии в провода ВЛ. Однако в грозовые сезоны происходили как одноцепные так и двухцепные отключения.

ВЛ 400 кВ Линке-1 — Линке-2 проходит по скальным грунтам Карельского перешейка. Сопротивления заземления некоторых опор превышали 500 Ом. При попадании молнии в грозозащитный трос или непосредственно в опору с малым сопротивлением заземления ток молнии по телу опоры стекал в землю. Если сопротивление заземления опоры велико, на траверсе может возникнуть потенциал, достаточный для перекрытия линейной изоляции. Пробой изоляции под воздействием грозовых перенапряжений с большой вероятностью переходит в силовую дугу и вызывает отключение воздушной линии, что и происходило регулярно.

Для предотвращения данных отключений (отключения из-за «обратных» перекрытий) на ВЛ были проведены работы по установке дополнительных заземлителей. На опорах, сопротивление заземления которых не удалось уменьшить до допустимых значений традиционными методами, были установлены ограничители перенапряжений. ОПН устанавливаются параллельно линейной изоляции. При попадании в опору или грозозащитный трос ток молнии не только стекает по телу опоры в землю, но и растекается по фазным проводам через ограничители перенапряжений. При этом перекрытия изоляции и отключения ВЛ не происходит.

Положительный опыт эксплуатации ВЛ 400 кВ Линке-1 — Линке-2, на которых в период с 2004 года по настоящее время не происходило двухцепных отключений, наглядно показал эффективность применения ОПН на воздушных линиях электропередачи при защите от «обратных» перекрытий.

В случае с «обратными перекрытиями» ОПН защищает изоляцию в сочетании с грозозащитным тросом, однако ограничители перенапряжений могут заменить собой и сам грозозащитный трос. В этом случае ОПН устанавливаются на верхние провода, которые и исполняют роль грозозащитного троса.

Такой способ грозозащиты может применяться на переходных пролётах через водоёмы и другие преграды на рельефе трассы ВЛ, участках ВЛ с ослабленной изоляцией, а также на участках трассы ВЛ, проходящей через районы с локальной повышенной грозопоражаемостью и в гололёдных районах. То есть в местах, где подвеска грозозащитных тросов нецелесообразна.

Ярким примером применения линейных ОПН вместо грозозащитного троса являются ВЛ Сочинского региона. Первая из реконструируемых, двухцепная ВЛ-110 кВ Шепси — Туапсе тяг., проходит вдоль побережья Черного моря по отрогам Главного хребта Западного Кавказа. Проект грозоупорности ВЛ с применением линейных ОПН был выполнен ОАО «НИИПТ» в 2007 году. Основной причиной отключений на данной ВЛ являлись ветровые и гололёдно-ветровые нагрузки, зачастую связанные с обрывом грозозащитного троса. После установки ОПН (2007 г.) производства ЗАО «Полимер-Аппарат» на двух верхних фазах (рис. 3.) грозовые отключения данной ВЛ не происходили. При реконструкции ВЛ грозозащитный трос не монтировался, и, соответственно, отключений, связанных с его повреждением, не было.

Рис. 3. Применение линейных ОПН производства ЗАО «Полимер-Аппарат» вместо грозозащитного троса

Рис. 4. Линейные ОПН производства ЗАО «Полимер-Аппарат» на ВЛ 330 кВ Баксан — Кисловодск — Черкесск

Опыт эксплуатации линейных ОПН на ВЛ 110 кВ Шепси — Туапсе тяг. наглядно показал эффективность принятой системы грозозащиты. С 2009 года все проекты по реконструкции ВЛ, питающих олимпийские объекты Сочинского региона, выполняются с применением линейных ОПН.

Линейные ограничители могут быть успешно применены как на одноцепных, так и на двухцепных ВЛ. Число и место установки линейных ограничителей определяется сопротивлением заземления опор, наличием грозозащитного троса и конструкцией опор ВЛ. Воздушные линии классов напряжения 330 кВ и выше часто выполняются с горизонтальным расположением проводов, соответственно для защиты от прямых ударов молнии необходимо устанавливать ОПН на все три фазы. Однако количество ударов молнии в средний провод ВЛ с горизонтальным расположением проводов существенно меньше, чем в крайние провода, и в некоторых случаях допустимо устанавливать линейные ОПН только на крайних фазах ВЛ. Подобным образом в 2011 году выполнена грозозащита воздушных линий 330 кВ Баксан — Кисловодск и Черкесск — Кисловодск общей протяжённостью 138 км (рис. 4).

Монтаж ограничителей перенапряжений проводился весь грозовой сезон 2011 года. Однако полученный результат — бесперебойная работа — уже свидетельствует об эффективности выбранной системы грозозащиты.

Приведённые примеры использования линейных ОПН для защиты от «обратных» перекрытий и «вместо грозозащитного троса» могут использоваться и совместно. Двухцепная ВЛ 35 кВ Таганай — ТМР оснащена линейными ограничителями перенапряжений на пяти из шести проводов (рис. 5).

Монтаж ограничителей перенапряжений закончен до начала грозового сезона 2011 года. Ни одного грозового отключения не было зафиксировано. До реконструкции линии число её отключений составляло примерно 6 раз в год.

ОПН как средство грозозащиты ВЛ было предложено в 1999 году — «РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6—1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений» под научной редакцией Н.Н. Тиходеева. Однако отсутствие высокотехнологичного производства в Российской Федерации не позволяло рассматривать отечественные ОПН как средство защиты изоляции ВЛ.

В настоящее время использование современных новаторских технологий, обеспечивающих высокую надёжность и стабильное качество аппаратов при массовом производстве, позволяют ЗАО «Полимер-Аппарат» предлагать линейные ОПН как реальную альтернативу грозозащитному тросу при строительстве новых линий, а также на линиях, где проводится демонтаж старого грозозащитного троса.

Обеспечить надёжную защиту изоляции воздушных линий, проходящих по грунтам с высоким сопротивлением заземления опор, в настоящее время возможно только с применением защитных аппаратов, собранных на основе оксидо-цинковых варисторов.

При изготовлении защитных аппаратов для воздушных линий производитель должен обеспечивать их соответствие особым требованиям эксплуатации. При использовании ОПН на воздушных линиях ключевым моментом является надёжность самих защитных аппаратов. Если на обычной линии установлено только шесть защитных аппаратов (на подстанциях), то на ВЛ, защищённой ОПН, их может быть несколько сотен. Соответственно, чтобы сохранить надёжность ВЛ на том же уровне, надёжность ОПН должна быть на два порядка выше обычной, что возможно только при применении современных технологий массового производства, снижающих до минимума использование ручного труда, а соответственно, зависимость от человеческого фактора (рис. 6).

Возможны два способа установки линейных ОПН на опоре. Первый способ — ограничитель закрепляется на траверсе опоры и гибким проводником подключается к проводу (рис. 7.).

Второй, более предпочтительный способ — вариант свободной подвески, когда один фланец линейного ОПН крепится к поддерживающему зажиму провода или же с помощью специального зажима — к самому проводу, а другой конец гибким заземляющим проводником подключается к опоре (рис. 8).

Рис. 5. Линейные ОПН производства ЗАО «Полимер-Аппарат» на ВЛ 35 кВ Таганай — ТМР

Рис. 6. Производство ОПН ЗАО «Полимер-Аппарат»

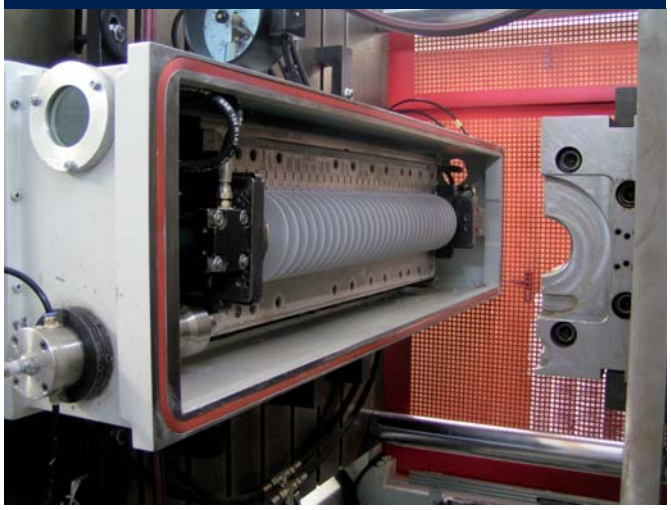
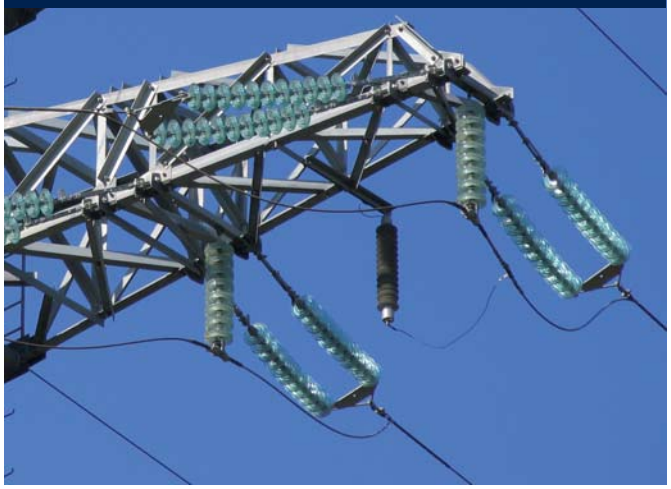


Рис. 7. ОПН на траверсе опоры ВЛ-110 кВ Сочинская ТЭС — Сочи



Обычно применение опорных ОПН на ВЛ связано с применением дополнительных металлоконструкций, например кронштейнов, продлевающих траверсу опоры, или дополнительных площадок (траверс).

Если для линейных ОПН способ установки на ВЛ не влияет на защитные характеристики, то для линейных разрядников он приобретает определяющее значение.

Линейные разрядники были разработаны в Сибирском научно-исследовательском институте энергетики. На последнем этапе (2007 г.) разработка проводилась с привлечением потенциального производителя данных защитных аппаратов — ЗАО «Полимер-Аппарат». Результатом разработки явились линейные разрядники, собранные на основе оксидо-цинковых варисторов, типа РВЛ, классов напряжения 35–330 кВ (см. рис. 2 и рис. 9).

Разрядник состоит из рабочего резистора (РР) и внешнего искрового промежутка (ИП), образованного между электродом, закреплённым на РР, и фазным проводом. Рабочий резистор с помощью специальной арматуры устанавливается на траверсе опоры ВЛ. Конструкция электродов и способ крепления разрядника позволяют сохранять величину искрового промежутка постоянной в любых погодных условиях. При воздействии грозовых перенапряжений, представляющих

Рис. 8. Установка линейного ОПН на расщеплённый провод

опасность для изоляции линии, искровой промежуток перекрывается и напряжение на изоляции ограничивается до уровня остающегося напряжения на РР при данном разрядном токе. После протекания разрядного тока (тока молнии) в промежутке остаётся ионизованный канал, по которому протекает сопровождающий ток, вызванный рабочим напряжением ВЛ. Этот ток не превышает долей ампера и обрывается в течение одного полупериода промышленной частоты. Импульсное перекрытие не переходит в дугу короткого замыкания, и отключения линии не происходит.

В 2009 году линейные разрядники производства ЗАО «Полимер-Аппарат» установлены на ВЛ 110 кВ Алёхинского — Ай-Пимского месторождений. Установка разрядников на данной ВЛ была обусловлена необходимостью бесперебойного питания объектов нефтедобычи. Разрядники, установленные на одной из цепей ВЛ, не только обеспечили отсутствие грозовых двухцепных отключений данной ВЛ, но и более чем вдвое уменьшили число одноцепных грозовых отключений. В настоящее время осуществляется монтаж линейных разрядников 220 кВ для повышения грозоупорности ВЛ Тында — Дипкун и ВЛ 220 кВ НГРЭС — Тында филиала ОАО «ФСК ЕЭС» — МЭС Востока.

Рис. 9. Линейные разрядники типа РВЛ производства ЗАО «Полимер-Аппарат» на ВЛ 110 кВ Алёхинского — Ай-Пимского месторождений