



МАТЕРИАЛЫ

**ОДИННАДЦАТОЙ
ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**"ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ,
ЭФФЕКТИВНОСТИ И
БЕЗОПАСНОСТИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА"**

2-6 июня
2008 год
с. Дивноморское

VII. ГРОЗОЗАЩИТА И ИЗОЛЯЦИЯ

НЕТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ГРОЗОЗАЩИТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.В. Панов
Заместитель
генерального директора
НПО «Полимер-Аппарат»
г. Санкт-Петербург

В последние годы для защиты изоляции воздушных линий от грозовых перенапряжений на опорах или проводах ВЛ стали применяться защитные аппараты, собранные на основе оксидно-цинковых варисторов. Необходимость их применения продиктована возрастающими требованиями к качеству передаваемой энергии, снижению числа отключений ВЛ и перерывов в электроснабжении. Основное этих аппаратов – это грозозащита ВЛ в тех условиях, когда традиционные меры недостаточно эффективны или же труднореализуемы.

Для защиты изоляции воздушных линий электропередач ЗАО «Полимер-Аппарат» выпускает два типа аппаратов: **ЛИНЕЙНЫЕ ОПН** и **РАЗРЯДНИКИ ВЕНТИЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ**.

ЛИНЕЙНЫЕ ОПН

Эффективность применения линейных ограничителей, в частности, подтверждается опытом эксплуатации линейных ОПН за рубежом. В нашей стране линейные ОПН были успешно применены для защиты изоляции ВЛ 400 кВ Линке-1/Линке-2 и ВЛ 110 «Шепси-Туапсе тяг. 1, 2».

ВЛ 400 кВ Линке-1/Линке-2, выполнена на двухцепных опорах и проходит по скальным грунтам Карельского перешейка. Ограничители были установлены на опорах сопротивление заземления, которых не удалось уменьшить до допустимых значений традиционными методами.

Также возможными объектами защиты линейной изоляции от грозовых перенапряжений могут являться высокие переходные пролеты через водоемы и другие преграды на рельефе трассы ВЛ, участки ВЛ с ослабленной изоляцией, двухцепные электропередачи с вертикальной подвеской проводов, участки трассы ВЛ, проходящей через районы с локальной повышенной грозопоражаемостью, а также в гололедных районах, где подвеска тросов нецелесообразна (ВЛ 110 «Шепси-Туапсе тяг»).

С функциональной точки зрения, линейные ОПН должны ограничивать напряжение на изоляции и предотвращать ее перекрытие. В нормальном рабочем режиме они не должны ухудшать изоляцию линии, а повреждение линейного ОПН в случае перегрузки не должно приводить к длительному отключению линии.

С точки зрения применения, повреждение линейного ОПН не должно приводить к повреждению изоляции ВЛ и вызывать большой риск для персонала, находящегося поблизости. Кроме того, разрядникам необходимо иметь следующие характерные особенности: большой срок службы; стойкость к воздействию внешних климатических факторов; легкость монтажа; удобство обслуживания и контроля.

Линейные ограничители могут быть успешно применены как на одноцепных так и двухцепных ВЛ. Число и место установки линейных ограничителей на одноцепных ВЛ определяется сопротивлением заземления опор, наличием грозозащитного троса и геометрией трассы ВЛ. Для защиты двухцепных воздушных линий электропередач существует несколько вариантов применения линейных ОПН:

1. Защищаются все три фазы одной цепи на опоре с двумя цепями. Этот вариант защиты нацелен на исключение межцепных замыканий и сохранение в работе хотя бы одной цепи. Позволяет очень надежно защитить изоляцию ВЛ 110 кВ, а число двухцепных грозовых отключений ВЛ в этом случае будет определяться вероятностью повреждения подвесных ОПН при воздействии молнии;

2. Защищаются все три фазы обеих цепей на опоре с двумя цепями. Этот вариант обеспечивает полное отсутствие перекрытия изоляции и соответственно отключений ВЛ;

3. Защищаются одна или две фазы одной цепи на опоре с двумя цепями. Этот вариант является компромиссным с экономической точки зрения, и может применяться на тех опорах, где вероятность перекрытий изоляции одних фаз существенно больше, чем на других.

Вариант «3» может быть применён на участках ВЛ с большим сопротивлением заземления опор для защиты от «обратных перекрытий». В этом случае перекрытие линейной изоляции происходит не с провода на опору, как при прорыве молнии сквозь тросовую защиту, а с плохо заземлённой опоры на провод. Фаза, вероятность перекрытия изоляции которой наиболее велика, оп-

ределяется величиной сопротивления заземления опоры. При больших сопротивлениях заземления импульсные перекрытия всегда происходят на нижних фазах.

Это объясняется тем, что перенапряжения на изоляции определяются разностью потенциалов фазного провода и соответствующей траверсы (точки крепления гирлянды изоляторов к опоре). Потенциал траверсы определяется падением напряжения на теле опоры и ее заземлителе от стекания по опоре части импульсного тока молнии, а потенциал фазного провода определяется коэффициентом связи «фаза-трос», который показывает ту долю от напряжения на тросе, которая наводится на фазный провод. Сочетание этих двух факторов, а также рабочее напряжение проводов, определяют, изоляция какой из фаз будет находиться в наиболее тяжелых условиях.

Также, линейные ограничители применяются на линиях, где проводится демонтаж состарившегося грозозащитного троса, что существенно увеличивает число грозовых отключений. На участках линий без грозозащитных тросов, но имеющих хорошее заземление, применяется установка линейных ОПН только на верхних фазах. При этом ограничители устанавливаются на каждую опору, что обусловлено конечной скоростью распространения электромагнитной волны.

Выбор типа линейных ограничителей перенапряжений

При выборе типа линейного ОПН должны учитываться следующие основные обстоятельства:

- изоляция ВЛ обладает существенно большей импульсной прочностью по сравнению с изоляцией электрооборудования установленного на подстанции, что позволяет выбирать наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение линейного ОПН большим, чем у подстанционных ограничителей;

- аппараты не должны срабатывать при коммутационных перенапряжениях, сопровождающих эксплуатацию линии (защита от перенапряжений этого вида возлагается на аппараты, установленные на подстанциях);

- требования к токовым и энергетическим характеристикам аппаратов зависят от варианта их расположения на опорах ВЛ (на каждой опоре или через несколько опор, на всех фазах ВЛ или лишь на тех фазах, которые наиболее часто поражаются молнией, и т.д.).

В случае применения подвесных ОПН на каждой опоре ВЛ для защиты ее изоляции от грозových перекрытий главное требование к вольтамперной характеристике ОПН таково: остающееся напряжение во всем диапазоне токов в ОПН должно быть на 10-15% ниже, чем выдерживаемое гирляндой изоляторов напряжение. Так как это условие при использовании типовых ОПН заведомо выполняется, то вольтамперную характеристику ОПН достаточно выбирать по условиям надежной работы ОПН при воздействии рабочего напряжения и коммутационных перенапряжений.

ОПН должен быть рассчитан на длительное воздействие на него рабочего напряжения сети (т.е. наибольшее рабочее напряжение ОПН должно быть не меньше наибольшего рабочего напряжения сети в месте установки ОПН). Для ВЛ, на которых в эксплуатации возможно возникновение резонансных повышений напряжения, допустимость использования выбранного ОПН должна быть проверена по его характеристике «напряжение-время».

Подключение ОПН

По конструктивному исполнению линейные ограничители отличаются от подстанционных ОПН, только конструкцией фланцев. Ограничитель состоит из ZnO элементов, собранных в колонку и помещенных в изоляционный полимерный корпус (рис 1.). Более предпочтительным для подвесных ОПН считается полимерный корпус в оболочке из кремнийорганической резины. Корпус разрядника в обязательном порядке оборудован устройством сброса давления для предотвращения его взрывного разрушения и повреждения при этом изоляции линии.



**Рис.1. Ограничитель перенапряжений 110 кВ
подвесного исполнения.**

В процессе эксплуатации повреждение линейного ограничителя маловероятно, но возможно. Для отделения повреждённого аппарата разработано специальное устройство «отделитель», отсоединяющее шлейф, соединяющий аппарат с опорой или фазным проводом (в зависимости от варианта подвеса ОПН). После срабатывания отделителя линия действием АПВ включается под напряжение. Повреждённый аппарат легко обнаруживается визуально по отсоединённому шлейфу, и в плановом порядке заменяется на новый.

Возможны два способа установки линейных ОПН на опоре. Первый способ – ограничитель жестко закрепляется на траверсе опоры и гибким проводником подключается к проводу (рис 2.).

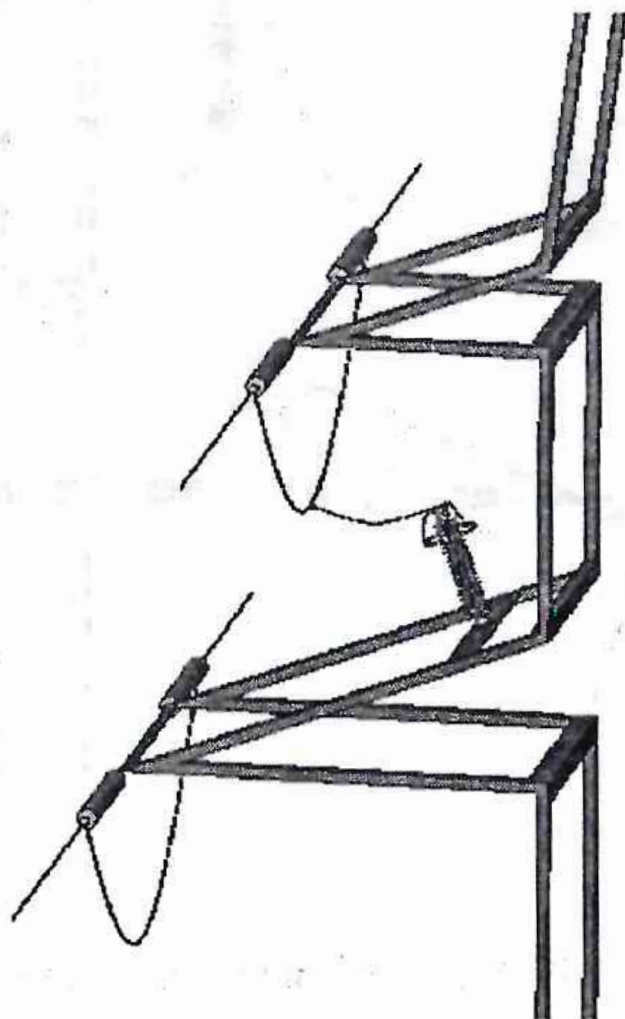


Рис 2. ОПН на траверсе опоры.

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. 3).

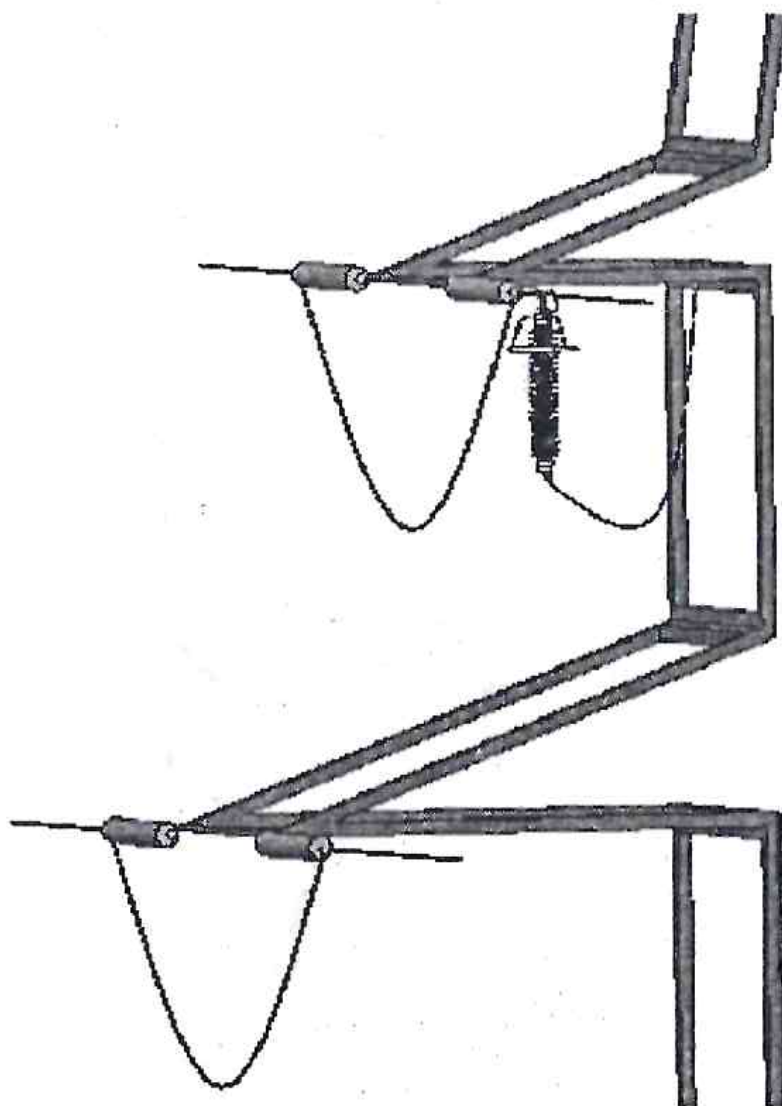
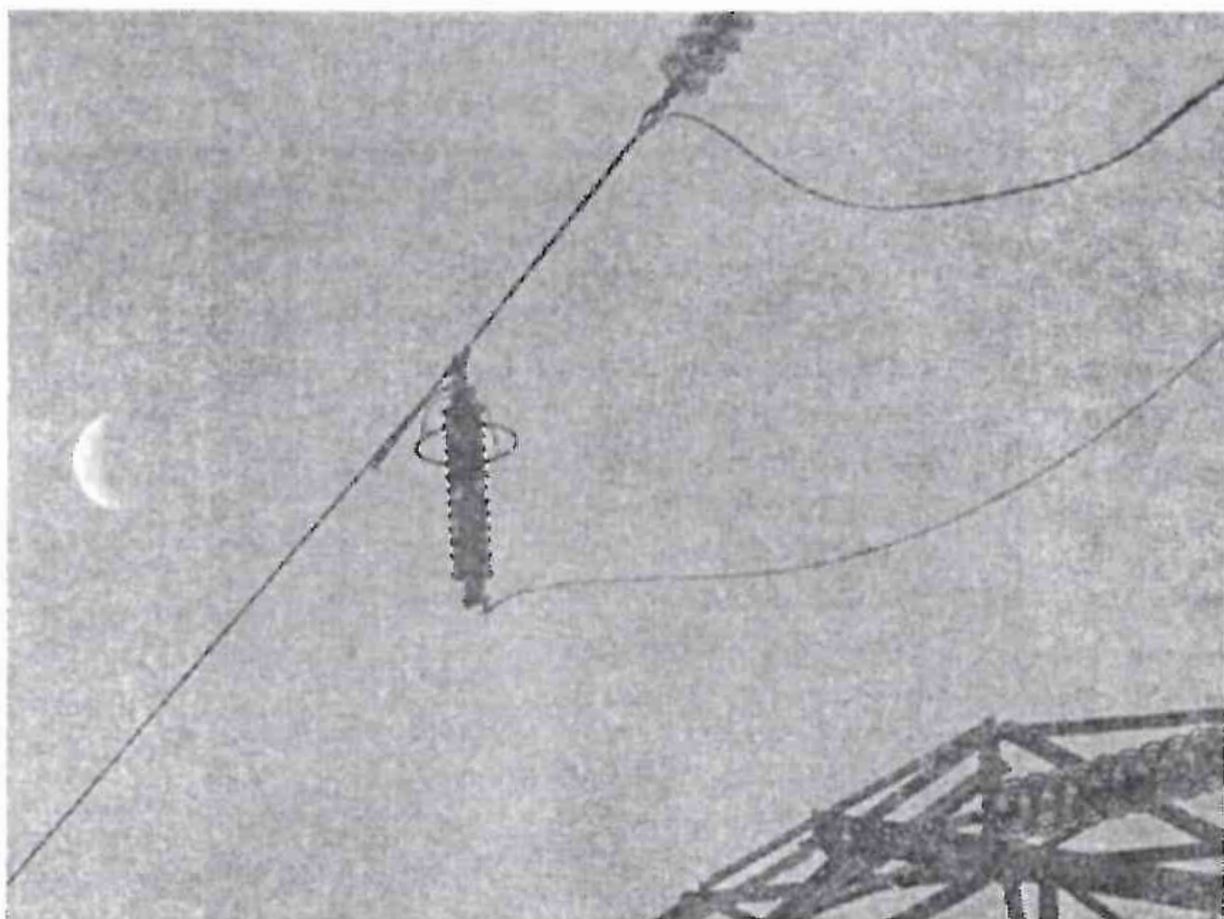


Рис. 3. Подвес ограничителя на фазный провод

Такой подвес ограничителей осуществлён на ВЛ 110 кВ «Шепси – Туапсе тяг.» (рис. 4).



**Рис 4. Ограничитель, производства ЗАО «Полимер-Аппарат»
на ВЛ 110 кВ «Шепси – Туапсе тяг.»**

Также ограничители могут устанавливаться на опорах с применением дополнительных металлоконструкций.

РАЗРЯДНИКИ ВЕНТИЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ

В Сибирском научно-исследовательском институте энергетики были разработаны защитные аппараты, непосредственно предназначенные для установки на воздушных линиях электропередач – ограничители перенапряжений с внешним искровым промежутком. На последнем этапе (2007 год) разработка проводилась с привлечением потенциальных производителей данных защитных аппаратов – ЗАО «Полимер-Аппарат». Результатом разработки явились разрядники вентильные линейные, собранные на основе оксидно-цинковых варисторов, серии РВЛ (рис. 5) (именуемые в дальнейшем – разрядники).

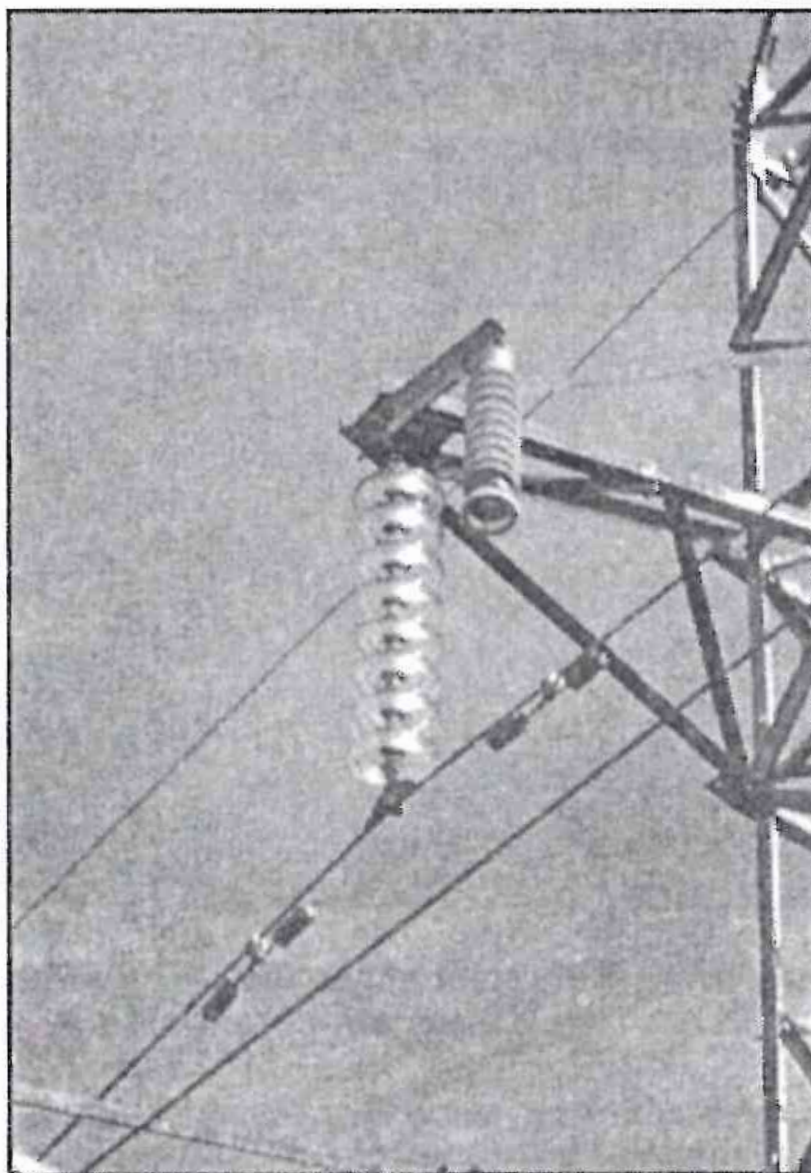


Рис. 5. Опытная эксплуатация РВЛ-110 кВ.

Разрядники предназначены для снижения числа грозовых отключений ВЛ классов напряжения 35, 110 и 220 кВ переменного тока с частотой 50 Гц.

Разрядники серии РВЛ являются новой радикальной мерой защиты изоляции ВЛ от грозовых перенапряжений. Разрядник состоит из рабочего резистора (РР) в изоляционной крышке и внешнего искрового промежутка (ИП), образованного между электродом, закрепленным на РР, и фазным проводом. Рабочий резистор с помощью специальной арматуры устанавливается на траверсе опоры ВЛ. Внешний искровой промежуток образуется между электродом, закреплённым на нижнем фланце РР, и про-

водом ВЛ. Конструкция электродов и способ крепления разрядника позволяют сохранять величину искрового промежутка постоянной в любых погодных условиях. При воздействии грозových перенапряжений, представляющих опасность для изоляции линии искровой промежуток разрядника пробивается и подсоединяет к проводу рабочий резистор. При воздействии напряжения промышленной частоты ток через рабочий резистор ограничивается до значений, при которых существование дуги в искровом промежутке невозможно.

Грозовые перенапряжения, воздействующие на изоляцию линии, могут вызываться прямыми ударами молнии в провод либо ударами в трос и в опору. В последнем случае возникают перенапряжения из-за падения напряжения на сопротивлении заземления и индуктивности опоры, которые могут приводить к обратным перекрытиям изоляции. Защитная характеристика разрядника скоординирована с импульсной прочностью изоляции таким образом, чтобы при воздействии грозových перенапряжений происходило опережающее срабатывание (перекрытие ИП) разрядника по отношению к перекрытию линейной изоляции. Это условие обеспечивается во всем диапазоне крутизн нарастания напряжения.

Импульсная электрическая прочность фазной изоляции ВЛ зависит от конструктивных параметров изолирующей подвески. Определяющими здесь являются тип изолятора, изоляционная высота и расстояние от провода до траверсы опоры. Другие конструктивные параметры (расстояние от провода до стойки опоры, ширина грани траверсы и пр.) не играют существенной роли.

Защитная характеристика разрядника – напряжение перекрытия ИП, определяется в основном длиной искрового промежутка и зависит также от параметров РР, а именно, от величины остающегося напряжения, на которое оно скомплектовано. Форма электродов ИП при этом не столь существенна, если не брать во внимание каких-то специальных экранов большого размера. В данном случае, однако, необходимости в таких экранах нет и они вряд ли целесообразны.

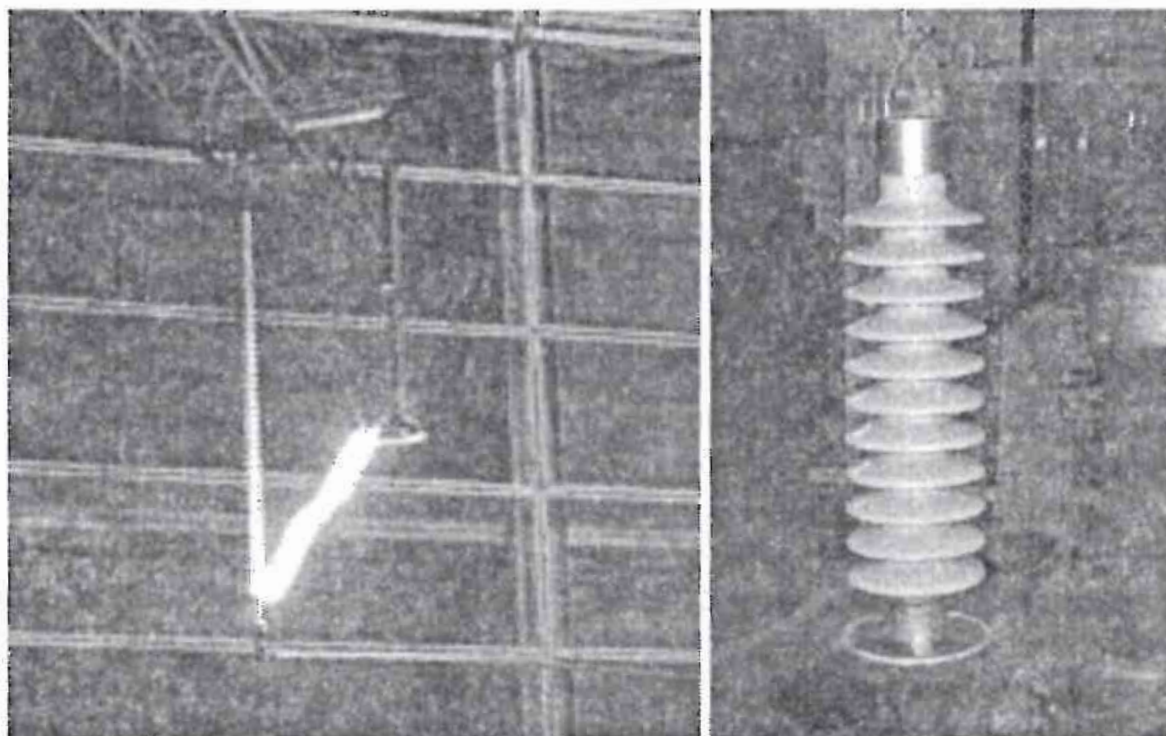


Рис 6. Испытания разрядников серии РВЛ.

В 2007 году была проведена работа по теоретическому выбору параметров разрядников серии РВЛ. И в последствии проведены экспериментальные исследования импульсной электрической прочности фазной изоляции ВЛ 35, 110 и 220 кВ и электрической прочности РВЛ, производства ЗАО «Полимер-Аппарат», при различных длинах искровых промежутков и параметрах рабочего резистора. Проведены численные (компьютерные) исследования грозовых воздействий на разрядники и проанализированы условия обрыва сопровождающего тока после срабатывания разрядника. На основе проведенных исследований для различных классов напряжения были выбраны длины искровых промежутка разрядников, пропускная способность и уровень остающегося напряжения рабочих резисторов. Число и место установки разрядников РВЛ определяются для каждой конкретной ВЛ из тех же соображений, что и для линейных ограничителей.

Применение разрядников серии РВЛ является весьма перспективным, позволяя в тех случаях, когда это необходимо, обеспечить тотальную и практически 100%-ную защиту ВЛ или защиту ее локальных и наиболее ответственных участков. В настоящее время такие разрядники на классы напряжения вплоть до 500 кВ широко применяются в Японии, а также в ряде других стран. Оте-

чественные разработки и опыт применения РВЛ до последнего времени отсутствовали.

Линейные разрядники, производства ЗАО «Полимер-Аппарат» сертифицированы в системе сертификации ГОСТ Р. Сертификат соответствия № РОСС RU.ME05.H06805 от 22.11.07. Сертификат безопасности № РОСС RU.ME05.B06804 от 22.11.07.

Ограничители перенапряжений с изолирующим кронштейном и отделителем на классы напряжения 6-10 кВ (ОПНпИ)

Бесперебойное электроснабжение потребителей в значительной мере определяется надёжностью работы линий класса напряжения 6 и 10 кВ. Подавляющее большинство нарушений нормальной работы сети с изолированной нейтралью связано с замыканиями на землю, приводящее к значительным перенапряжениям и представляющим опасность для всего оборудования и, в том числе, для ограничителей перенапряжений. При повреждении ограничителя перенапряжений или вентильного разрядника восстановить полноценное электроснабжение потребителей можно только отключив или заменив повреждённый аппарат. Эта процедура занимает существенное время, в течение которого потребители зачастую оказываются вообще без электроэнергии. Так как токи короткого замыкания в сетях с изолированной нейтралью малы и, не всегда можно обнаружить повреждённый аппарат визуальным осмотром, обслуживающему персоналу приходится по очереди отключать все защитные аппараты.

Ограничители перенапряжений с изолирующим кронштейном и отделителем на классы напряжения 6-10 кВ (ОПНпИ) производства ЗАО «Полимер-Аппарат» предназначены для защиты электрооборудования сетей с изолированной или компенсированной нейтралью на классы напряжения 6-10 кВ от грозовых и коммутационных перенапряжений. Их конструкция позволяет организовать бесперебойное электроснабжение потребителей при протекании токов короткого замыкания и повреждении ОПН.

При повреждении ограничителя отделитель автоматически разрывает цепь заземления, тем самым устраняя устойчивое короткое замыкание. Повреждённый ОПН подлежит замене при следующем плановом осмотре.

Конструкция ОПН-И состоит из:

- ограничителя (1), состоящего из колонки варисторов, заключенной в покрышку из силиконовой резины, оконцованной металлическими фланцами;
- изолирующего кронштейна (2), предназначенного для крепления ограничителя на опоре защищаемого оборудования;
- отделителя (3), предназначенного для отключения ограничителя от сети при протекании токов короткого замыкания и по вреждении ОПН;
- крепления заземляющего провода (4).

Ограничитель и изолирующий кронштейн изготовлены по современной технологии «литья под заготовку» и гарантирует отсутствие внутренних пустот и 100% герметичность конструкции.