Третья Российская
с международным участием
научно-практическая конференция
Новосибирск

ЛЭП 2008

Линии электропередачи 2008:
проектирование, строительство
опыт эксплуатации и
научно-технический прогресс

РАЗРАБОТКА РАЗРЯДНИКОВ ДЛЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ ВЛ 20- 35 кВ

Подпоркин Г.В., Калакутский Е.С., Пильщиков В.Е., Сиваев А.Д.

Приведены результаты разработки мульти-электродных систем (МЭС), состоящих из большого числа электродов с промежутками между ними порядка 1 мм, и мульти-камерных систем (МКС), также состоящих из большого числа газоразрядных камер, образованных МЭС, покрытой изоляционным материалом. С использованием МЭС и МКС на основе разрядников длинно-искровых (РДИ) разработаны разрядники для ВЛ напряжением 20 и 35 кВ.

Введение.

В последние годы для защиты ВЛ и ВЛЗ 6-10 кВ от грозовых перенапряжений и пережога проводов широко применяются разрядники длинно-искровые (РДИ) [1-7]. РДИ являются российской разработкой и по своим конструктивным параметрам, техническим характеристикам и функциональным возможностям представляют особый класс устройств грозозащиты, не имеющий мировых аналогов. Помимо России, РДИ запатентованы в США, странах ЕЭС и в Бразилии.

Принцип действия всех видов РДИ заключается в ограничении грозовых перенапряжений на ВЛ за счет искрового перекрытия по поверхности изоляционного тела разрядника с длиной канала разряда, в несколько раз превосходящей строительную высоту защищаемой изоляции, и гашении сопровождающих токов промышленной частоты за счет обеспеченного таким образом снижения величины среднего градиента рабочего напряжения вдоль канала грозового перекрытия.

Главным отличительным достоинством класса длинно-искровых разрядников является их неподверженность разрушениям и повреждениям грозовыми и дуговыми токами, поскольку они протекают вне аппаратов, по воздуху вдоль их поверхности.

Это уникальное для грозозащитных аппаратов качество наряду с конструктивной простотой предопределило возможность их успешного применения в качестве эффективного и надежного средства защиты воздушных линий и электрических сетей от грозовых перенапряжений и их последствий.

Опытно-промышленная эксплуатация РДИ началась в 2000 году с момента принятия соответствующего Постановления НТС РАО «ЕЭС России» о перспективности применения длинно-искровых разрядников разработки «НПО Стример» для грозозащиты ВЛ 6, 10 кВ, рекомендовавшего установку на ВЛ как с защищенными, так и с голыми проводами, одного из видов РДИ – петлевого разрядника РДИП-10. К настоящему времени в различных энергосистемах успешно эксплуатируется более 130 тыс. разрядников. Они рекомендованы Методическими указаниями по грозозащите [8] и Положением «ФСК ЕЭС» о технической политике в качестве основного средства грозозащиты ВЛ 6-10 кВ [9].

Для грозозащиты ВЛ 20, 35 кВ и выше простая экстраполяция конструкций РДИ приводит к чрезмерному увеличению их габаритов. Поэтому возникла задача повышения дугогасящей способности РДИ.

РДИ с мульти-электродной системой (РДИ-МЭС).

Для грозозащиты ВЛ 35 кВ в «НПО Стример» разработаны разрядники длинно-искровые с МЭС [6], которая существенно повышает эффективность разрядника. МЭС пред-

ставляет из себя (рис.1) ленту из силиконовой резины, на которой закреплены электроды диаметром 10 мм с промежутками 1-2 мм между ними. Лента наматывается на кабель РДИ с шагом, примерно, 30 мм.

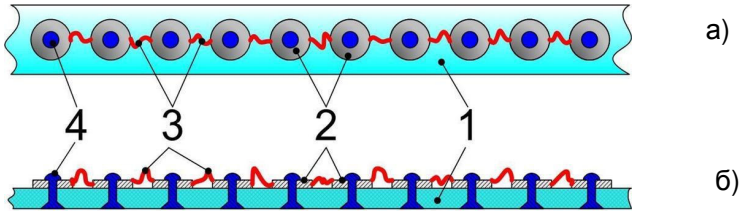
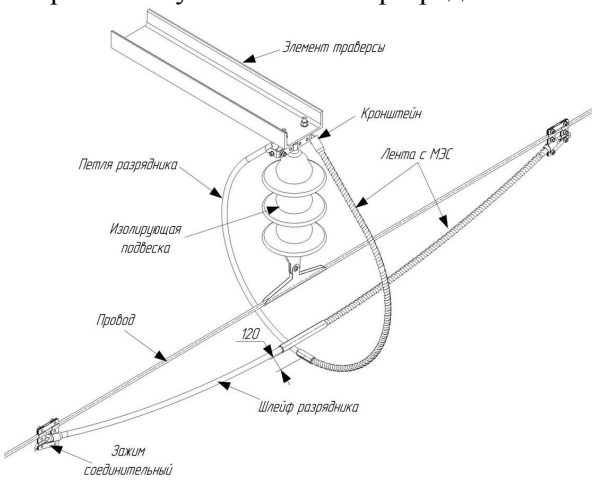


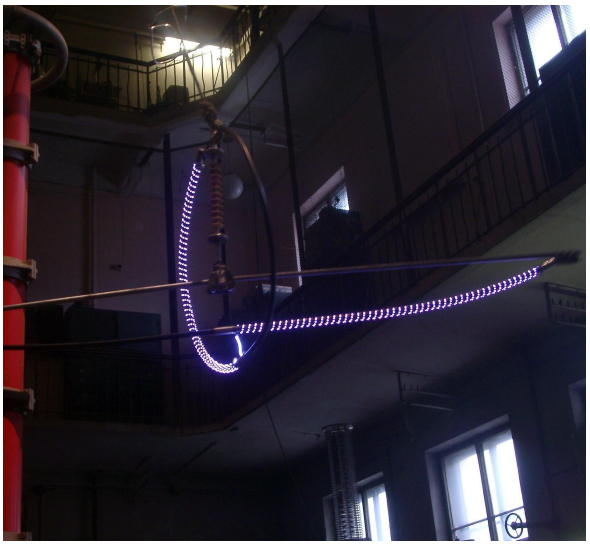
Рис.1 Мульти-электродная система: а) вид сверху; б) вид сбоку;
1 – лента из силиконовой резины; 2 – электроды; 3 – каналы разрядов; 4 – крепление электродов.

Повышение эффективности гашения канала разряда объясняется двумя факторами:
- катодным падением напряжения;
- охлаждением канала на электродах МЭС.

Разрядник состоит из двух основных элементов: петли и шлейфа, разделённых искровым воздушным промежутком (рис.2). На каждом из элементов установлены МЭС, состоящие из 500 электродов каждая. Таким образом, общее число электродов составляет 1000. При грозовом перенапряжении перекрывается искровой воздушный промежуток между петлёй и шлейфом, а также их МЭС. Провод оказывается соединённым с опорой через МЭС из 1000 электродов и элементарных промежутков. После прохождения тока грозового перенапряжения канал разряда гаснет без сопровождающего тока промышленной частоты.

В 2005 году на двухцепной ВЛ 35 кВ компании ТНК-БП была установлена система грозозащиты ОАО «НПО Стример». На промежуточные опоры установлены разрядники длинно-искровые с МЭС типа «петля – шлейф» РДИ-35-IV-УХЛ1-ПШ. Разрядники установлены на верхние и на нижние фазы двух цепей, т. е. по четыре штуки на каждой промежуточной опоре. Всего установлено 80 разрядников.





а) б)

Рис.2 РДИ-ПШ 35 кВ (типа петля – шлейф) с мульти-электродной системой:
а) эскиз; б) фотография испытаний.

На анкерные опоры на верхние фазы установлены модульные разрядники [3,4] типа РДИ-35- IV-УХЛ1 ИМ, т. е. по две штуки на каждой анкерной опоре. Всего установлено 10 разрядников.

После установки системы грозозащиты грозовых отключений не наблюдалось. Таким образом, опыт эксплуатации установленной системы грозозащиты следует признать успешным.

РДИ 35 кВ с мульти-камерной системой (РДИ-МКС).

Дальнейшего увеличения эффективности гашения сопровождающего тока удалось достичь благодаря применению, так называемой, мульти-камерной системы (МКС), показанной на рис.3.

Так же как МЭС (рис.1), МКС состоит из большого числа промежуточных электродов с воздушными разрядными промежутками между ними 1-2 мм, однако поверх электродов имеется слой изоляции толщиной примерно 4 мм. Промежуточные электроды вмонтированы внутрь профиля из силиконовой резины. От разрядных промежутков к поверхности профиля выполнены каналы диаметром примерно 4 мм. По существу, эти каналы являются газоразрядными камерами.

При воздействии перенапряжения на МКС пробиваются воздушные промежутки между электродами (рис.3,а). В процессе образования и развития искровых каналов происходит их расширение со сверх-звуковой скоростью. Так как объёмы разрядных искровых камер между промежуточными электродами весьма малы, создаётся высокое давление, под действием которого каналы искровых разрядов между промежуточными электродами перемещаются к поверхности изоляционного тела и далее выбрасываются наружу в окружающий разрядник воздух (рис.3,б). Вследствие возникающего дутья и удлинения каналов между промежуточными электродами суммарное сопротивление всех каналов увеличивается, т. е. общее сопротивление разрядника возрастает, и происходит ограничение импульсного тока грозового перенапряжения.

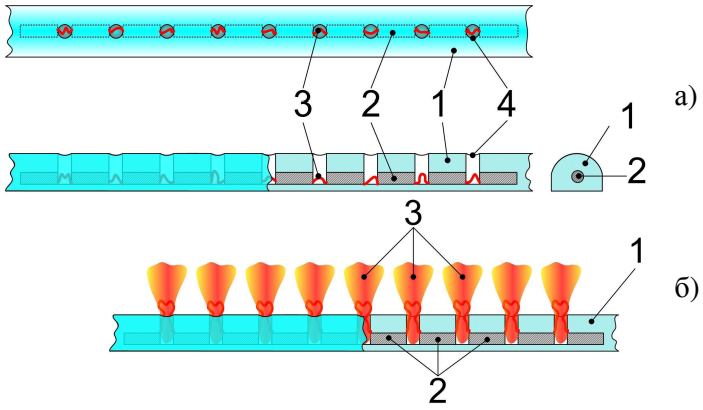
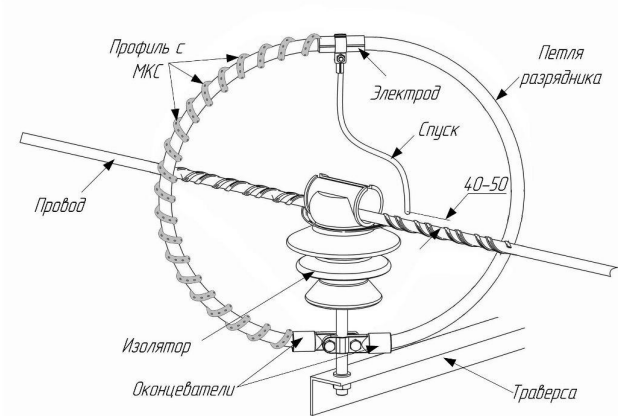


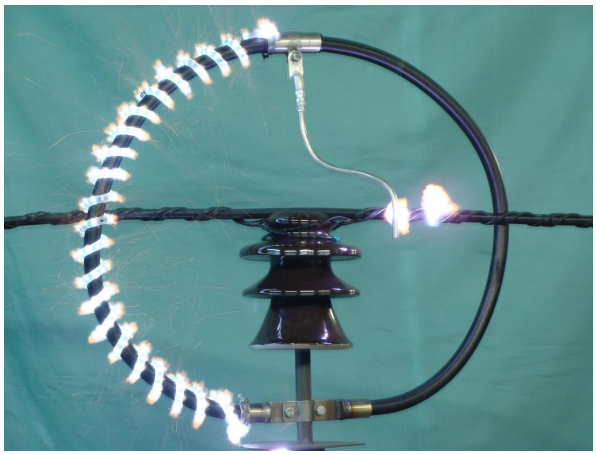
Рис.3 Мульти-камерная система:
а) начальная стадия развития разряда; б) финальная стадия.
1 – профиль из силиконовой резины; 2 – электроды; 3 – каналы разрядов; 4 – газоразрядные камеры.

По окончании импульса грозового перенапряжения к разряднику остаётся приложенным напряжение промышленной частоты. Однако, вследствие большого сопротивления разрядника и благодаря тому, что канал разбит на множество элементарных каналов между промежуточными электродами, разряд не может самостоятельно существовать и гаснет. Выполненные исследования показали, что эффективность гашения разряда МКС примерно в два раза выше, чем МЭС. Испытания показали, что для разрядника 20 кВ достаточно МКС с m=200 камерами, а для 35 кВ - с m=500 камерами. На рис.4 показан разрядник РДИП-20 кВ с МКС.

Разрядник имеет форму окружности (петли) (рис.4). Он устанавливается при помощи своих стальных оконцевателей на штырь или на арматуру гирлянды изоляторов. При помощи металлического спуска между основным электродом на поверхности петли кабеля, вы-

полненным в виде металлической трубки, и проводом выставляется искровой воздушный промежуток длиной 40-50 мм.



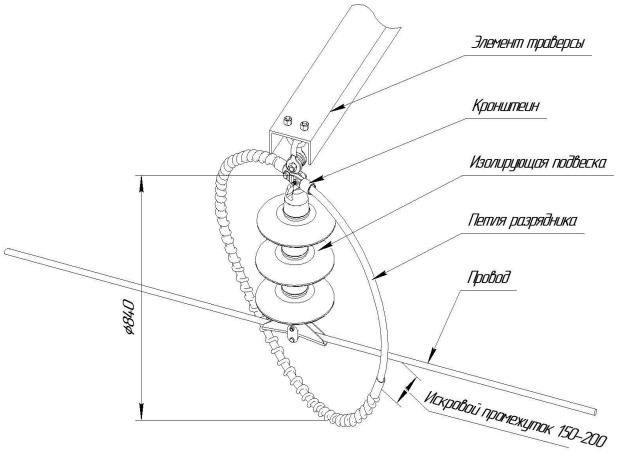


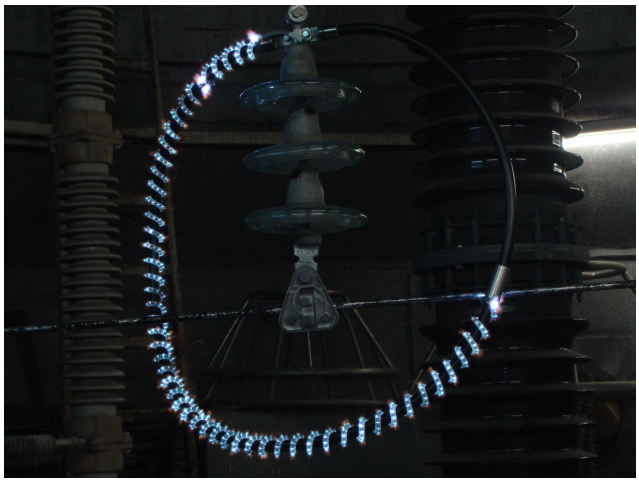
а) б)

Рис.4 РДИП 20 кВ (типа петля) с мульти-камерной системой:
а) эскиз; б) фотография испытаний

При воздействии грозового перенапряжения на провод искровой промежуток пробивается. В случае применения защищённых проводов при перенапряжении пробивается также защитная оболочка провода (см. рис.4,б), и напряжение оказывается приложенным к МКС. Далее процесс развивается так, как это было описано выше. После окончания грозового перенапряжения сопровождающий ток гасится, и линия продолжает работать без отключения.

На рис.5 показан РДИП-35 кВ с m=500 камерами МКС.





а) б)

Рис.5 Разрядник длинно-искровой петлевого типа с мульти-камерной системой на 35 кВ (РДИП –35) а) эскиз; б) фотография испытаний.

Он устанавливается при помощи своих стальных оконцевателей на арматуру гирлянды изоляторов. Между основным электродом на поверхности петли кабеля, выполненным в виде металлической трубки, и проводом выставляется искровой воздушный промежуток длиной 150-200 мм. Принцип работы РДИП-35 кВ аналогичен описанному выше РДИП-20 кВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны разрядники на основе РДИ с мульти-электродной, а также с мульти-камерной системами для защиты ВЛ 20 и 35 кВ от грозовых перенапряжений и пережога проводов дугой сопровождающего тока.

Разрядники отличаются простотой конструкции, удобством монтажа на ВЛ и невысокой стоимостью.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. В. Подпоркин, А. Д. Сиваев «Современная грозозащита распределительных воздушных линий 6, 10 кВ длинно-искровыми разрядниками», «Электро», 2006, №1.

[2] Г. В. Подпоркин, А. Д. Сиваев «Защита ВЛ 6, 10 кВ от грозовых перенапряжений и пережога проводов при помощи длинно-искровых разрядников», «Энерго-инфо», 2007, №2.

[3] Г. В. Подпоркин, В. Е. Пильщиков, А. Д. Сиваев "Грозозащита воздушных линий 10 кВ длинно-искровыми разрядниками модульного типа", «Электричество» 2002, №4, стр. 8-15.

[4] Г. В. Подпоркин, В. Е. Пильщиков, А. Д. Сиваев "Защита ВЛ 6 - 10 кВ от грозовых перенапряжений посредством длинно-искровых разрядников модульного типа", «Энергетик» 2003, №1, стр. 27-29.

[5] Г. В. Подпоркин, В. Е. Пильщиков, А. Д. Сиваев «Защита компактных ВЛ 10 кВ от грозовых индуктированных перенапряжений», «Энерго-инфо», 2007, №4.

[6] Г.В. Подпоркин, В. Е. Пильщиков, А. Д. Сиваев «Повышение дугогасящей способности длинно -искровых разрядников», «Электротехника», № 8, 2006 г., стр. 47-53.

[7] Г. В. Подпоркин, Е. С. Калакутский «Система защиты ВЛ 35 кВ с защищёнными проводами от грозовых перенапряжений и их пережога», «Энергетик» 2006, №10, стр. 19-22.

[8] «Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений».-М.: ОАО «РОСЭП», АО «ФСК ЕЭС», 2004.

[9] «Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» в распределительном электросетевом комплексе», ФСК, 2006 (см. «Новости электротехники», № 6 , 2006).