

Авторы

Енькин Евгений Юрьевич;
Ведущий научный сотрудник;
АО «НПО «Стример»;
Санкт-Петербург, Невский пр. д.147, офис 17-Н;
+7 921 643-14-45;
evgeniy.enkin@streamer.ru

Сиваев Александр Дмитриевич;
Советник генерального директора по науке;
к.т.н.;
АО «НПО «Стример»;
Санкт-Петербург, Невский пр. д.147, офис 17-Н;
+7 921 900-15-23;
alexander.sivaev@streamer.ru

Новое поколение ограничителей перенапряжения

Е.Ю. Енькин, А.Д. Сиваев к.т.н.

Введение

На сегодняшний день основными средствами защиты от аварийных грозовых отключений ВЛ-110 кВ, по разным причинам эксплуатируемых без молниезащитного троса, являются нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) (рисунок 1а), а также мультикамерные разрядники (РМК) (рисунок 1б) и гирлянды мультикамерных изоляторов-разрядников (ГИРМК) (рисунок 1в).

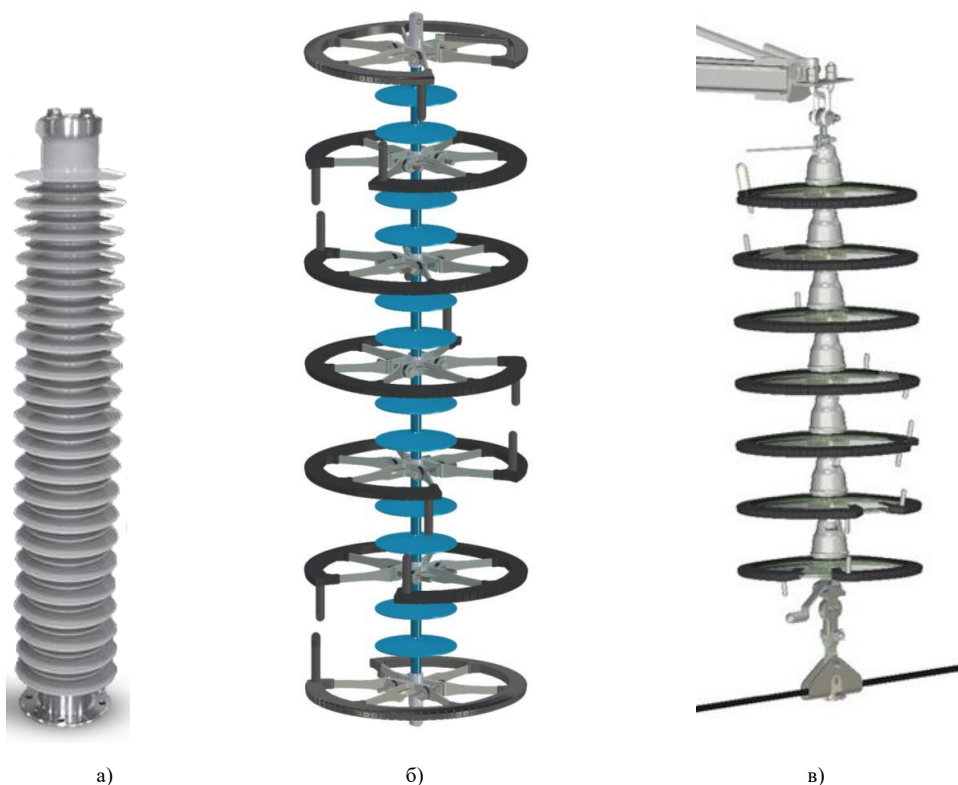


Рисунок 1. – Внешний вид молниезащитных устройств ВЛ-110 кВ в масштабе:

а) ОПН-110; б) РМКЭ-110; в) ГИРМК-110.

Каждое из этих устройств имеет свои достоинства, недостатки, а также ограничения по применению. Например, ОПН обладают рядом достоинств, такими как: быстродействие, глубокое ограничение перенапряжений, компактность, высокая надёжность (при строгом соблюдении технологии изготовления и правильном выборе класса пропускной способности, как правило для защиты от прямого удара молнии - 4-го или 5-го). К недостаткам данных устройств можно отнести: сложность применяемой технологии производства варисторов (основные рабочие элементы), высокую стоимость, постепенную

деградацию варисторов под действием постоянно приложенного напряжения сети, и обусловленную этим необходимость контроля состояния и регулярных профилактических осмотров. В сегодняшних реалиях суровой конкуренции на рынке молниезащиты нередки случаи снижения качества изготовления варисторов вследствие стремления производителей удешевить свою продукцию, а также случаи установки ОПН с недостаточным уровнем пропускной способности для защиты ВЛ от прямых ударов молнии (ПУМ). Избавиться от недостатков, связанных с эксплуатацией ОПН непосредственно под рабочим напряжением возможно путём его отделения от фазного провода при помощи искрового воздушного промежутка. Однако, в таком случае, для защиты ВЛ без молниезащитного троса, требуется использование ОПН с 2-3 - кратным увеличением пропускной способности [1], что существенно снижает экономическую привлекательность такого решения.

РМК и ГИРМК – молниезащитные устройства, использующие иной, чем ОПН, физический принцип работы для предотвращения аварийных отключений ВЛ – так называемое гашение дуги сопровождающего тока в нуле [2]. К неоспоримому достоинству РМК и ГИРМК можно отнести способность при срабатывании выводить дугу за пределы рабочего элемента и рассеивать её энергию в окружающем пространстве, что обеспечивает стойкость к многократным воздействиям токов ПУМ, а также простоту и надёжность конструкции. Отдельно стоит выделить концептуальную особенность ГИРМК, которая состоит в размещении главного рабочего элемента – мультикамерной системы (МКС), непосредственно на ребрах стеклянных изоляторов гирлянды, тем самым обеспечивая самую совершенную конструкцию с точки зрения технологии размещения молниезащитного устройства (рисунок 1 в).

К недостаткам РМК и ГИРМК можно отнести ограничение по применению, связанное с максимальной величиной тока к.з. в месте установки устройства до 5 кА. Данное ограничение обусловлено спецификой гашения дуги в нуле сопровождающего тока, который может протекать через МКС разрядника достаточно длительно - до 7 мс. Превышение амплитуды сопровождающего тока свыше рекомендуемого максимального значения приводит к интенсивной эрозии электродов и стенок камер, а следовательно – ускоренной выработке рабочего ресурса разрядника.

В НПО «Стример» разработан новый класс молниезащитных разрядников, изготовленных по инновационной технологии, обладающих достоинствами ОПН и РМК, но лишённых их недостатков.

Описание конструкции

Мультикамерный разрядник закрытого типа (РМКЗ) – устройство, предназначенное для защиты ВЛ 110 кВ от аварийных отключений, вызванных воздействием молнии, в том числе ПУМ в фазные провода. Основными рабочими элементами РМКЗ являются разрядные модули (РМ), представляющие собой МКС, выполненную в виде дисков (рисунок 2 а,б) из полимерного материала с размещёнными внутри металлическими электродами. Между электродами сформированы миниатюрные дугогасящие камеры. В отличие от варистора, где ток протекает по множественным параллельным каналам, в РМ путь тока один – по системе электродов, объединённых в единую непрерывную цепь. Электрически последовательно соединённые РМ собираются в колонку, которая размещается внутри стеклопластикового корпуса. Для обеспечения требуемых характеристик по выдерживаемому переменному напряжению, а также гидроизоляции, корпус снаружи покрыт полимерной оболочкой с оребрением (рисунок 2в).

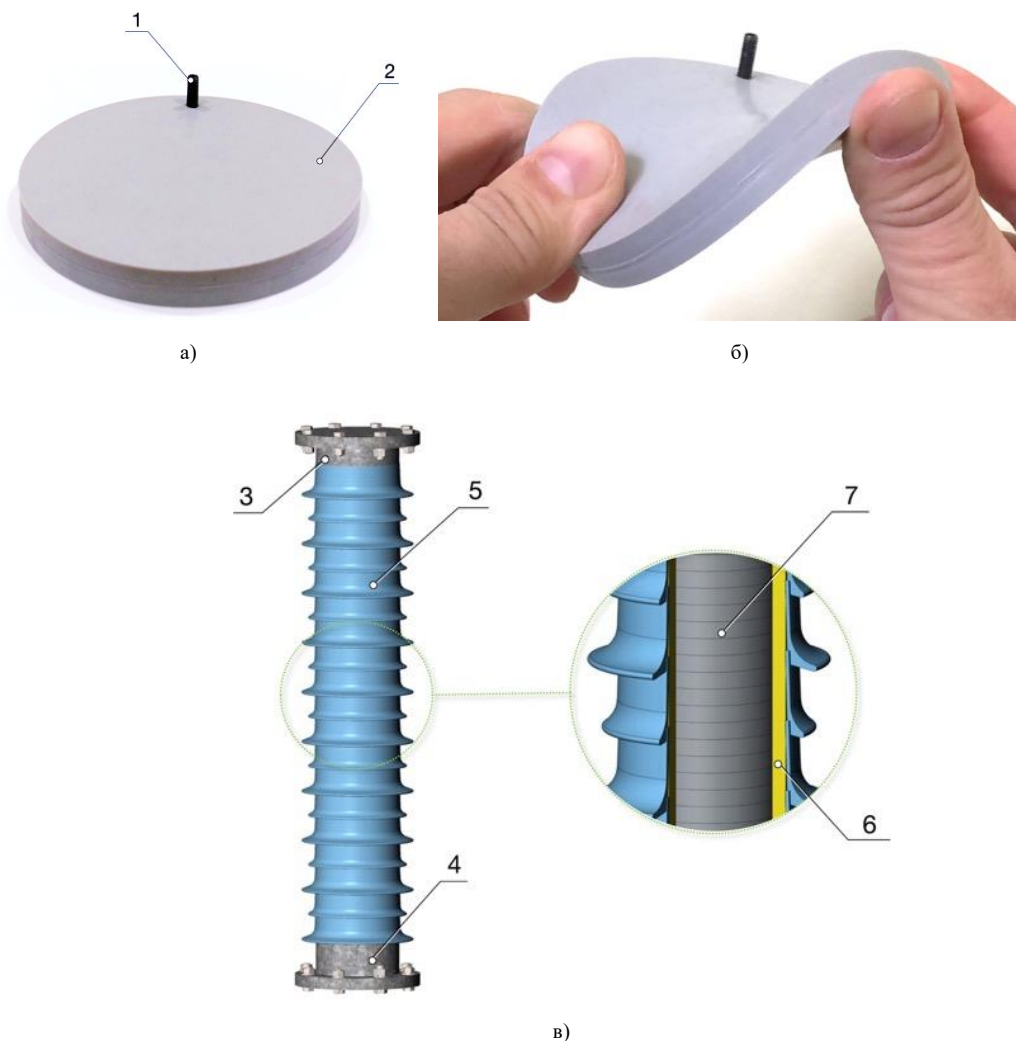


Рисунок 2. – Конструкция РМКЗ-110:

а) и б) единичный разрядный модуль; в) РМКЗ внешний вид;

1 – подводящий электрод РМ; 2 – тело РМ; 3 – верхний оконцеватель; 4 – нижний оконцеватель; 5 – оболочка; 6 – корпус; 7 – колонка разрядных модулей.

Размещение МКС внутри стеклопластиковой трубы позволило значительно уменьшить габариты устройства и сделать их сопоставимыми с усреднёнными значениями габаритов ОПН.

Установка РМКЗ на ВЛ-110 выполняется электрически параллельно линейной изоляции с искровым воздушным промежутком между проводом и высоковольтным дугообразным электродом (рисунок 3а). Наличие воздушного промежутка изолирует РМКЗ от непрерывного воздействия рабочего напряжения сети, а также исключает срабатывания от внутренних сетевых перенапряжений, что благотворно сказывается на надёжности и долговечности устройства. Включение РМКЗ в работу осуществляется только при пробое искрового промежутка вследствие возникшего грозового перенапряжения (рисунок 3б).

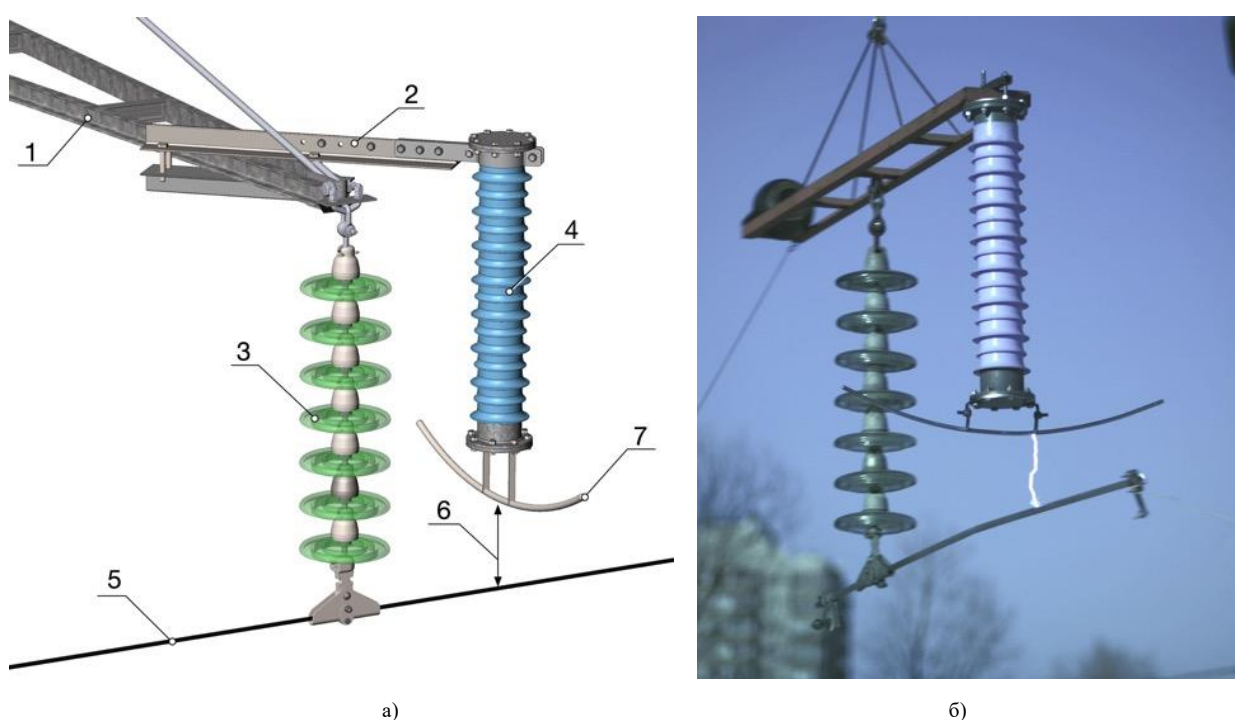


Рисунок 3. – Размещение РМКЗ на ВЛ-110 кВ:

а) монтажный эскиз; б) фото при срабатывании

1 – траверса опоры; 2 – выносная траверса РМКЗ; 3 – гирлянда изоляторов; 4 – РМКЗ; 5 – провод;

6 – искровой воздушный промежуток; 7 – высоковольтный дугообразный электрод.

Принцип работы РМКЗ основывается на обеспечении величины суммарного падения напряжения на искровых промежутках, существенно превосходящего уровень приложенного напряжения сети, которое восстанавливается на разряднике сразу после протекания импульса тока молнии. Это препятствует возникновению к.з., и ВЛ продолжает свою бесперебойную работу.

Конструкция МКС РМКЗ, выполненная в виде РМ, существенно отличается от конструкции МКС, применяемой в настоящее время в серийно выпускаемых РМК [3], в части формы и количества электродов, идеологии их размещения, а также конструкции

дугогасящих камер и пр. Данные отличия позволили обеспечить плотное размещение РМ внутри корпуса трубы и добиться значительного повышения быстродействия – до 0,5 мс от начала воздействия импульса молнии до полного восстановления напряжения сети. По сути, при таком быстродействии протекание сопровождающего тока через разрядник практически исключено, что позволяет снять присущее серийно выпускаемым РМК ограничение по его максимальной величине и даёт возможность существенно расширить область применения РМКЗ.

Сравнение технологии изготовления РМ с варисторами.

Изготовление МКС в виде РМ – принципиально новая технология, которая в отличие от варисторов ОПН имеет большой потенциал по оптимизации конструкции и повышения технологичности изготовления.

Одним из важных преимуществ РМ по сравнению с классическими варисторами является простота изготовления и несравнимо меньшие требования к технологичности процессов и сложности применяемого оборудования (рисунок 4).



Рисунок 4 – Сравнение технологии изготовления РМ и варисторов.

При прохождении токов ПУМ по колонке РМ на миниатюрных искровых промежутках МКС, в результате возникновения разряда, выделяется энергия, которая расходуется на нагрев и механическую работу по расширению канала внутри камер РМ. Выделяемое тепло от каждого импульса ПУМ поглощается материалом РМ и нагревает его

приблизительно не более, чем на 10°C, а механическая энергия, распространяющаяся в виде волн деформации, быстро затухает в толще материала РМ и корпуса.

В отличие от варисторов РМ практически не чувствительны к перегреву, поскольку все материалы, присутствующие в их составе, сохраняют свои рабочие характеристики до плюс 300°C. Такие температуры не достижимы при нормальных режимах работы РМКЗ, и даже при экстремальных перегрузках в испытательной лаборатории, где к разряднику непрерывно с периодичностью в несколько минут прикладываются последовательно несколько десятков импульсов тока ПУМ. Таким образом, протекающие токи вызывают слабый температурный накопительный эффект, что позволяет РМКЗ выдерживать многократные воздействия токов ПУМ.

Способность РМ сохранять работоспособность при многократных воздействиях ПУМ делает РМКЗ конкурентом ОПН самого высокого, пятого класса пропускной способности.

На базе технологии создания МКС в виде РМ открываются широкие возможности адаптации её конструкции под целый ряд новых устройств различных классов напряжения, а также условий применения - в частности, создание упрощённых устройств защиты ВЛ, оборудованных молниезащитным тросом, где исключены ПУМ в фазный провод.

Заключение.

В работе представлено описание конструкции и принципа работы инновационного устройства, предназначенного для защиты ВЛ 110 кВ от ПУМ в фазные провода – РМКЗ-110.

РМКЗ-110 обладает достоинствами ОПН, такими как малые габариты, высокое быстродействие и широкая область применения, а также достоинствами РМК, такими как стойкость к многократным воздействиям токов ПУМ и относительно невысокая себестоимость.

Технология изготовления РМ, в отличие от варисторов, обладает большим потенциалом развития.

Технические решения, используемые в конструкции РМКЗ-110, позволяют применить их для создания большой группы устройств молниезащиты ВЛ разных классов напряжения и для разных условий применения.

Литература:

- [1] Гайворонский А.С. Грозозащита ВЛ без тросов. Опыт проектирования с применением линейных ОПН // Новости ЭлектроТехники. 2012. № 5(77).
- [2] Подпоркин Г. В., Енькин Е. Ю., Калакутский Е. С., Пильщиков В. Е., Сиваев А. Д. Грозозащита ВЛ 10-35 кВ и выше при помощи мультикамерных разрядников и изоляторов-разрядников // Электричество. 2010. №10. С. 11–16.
- [3] Подпоркин Г. В., Енькин Е. Ю., Пильщиков В. Е. Молниезащита воздушных линий электропередачи мультикамерными разрядниками нового поколения // Известия РАН. Энергетика. 2015. №3. С. 95–102.