

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ ГРОЗОЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6 (10) кВ

Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д.

Рассмотрена проблема грозозащиты распределительных воздушных линий с неизолированными и изолированными проводами в соответствии с «Положением о технической политике в распределительном электросетевом комплексе». Дано техническое обоснование запрета применения дугозащитных рогов и эффективности системы грозозащиты ВЛ с помощью разрядников длинно-искровых.

Качество обеспечения потребителей электроэнергией непосредственно зависит от надежности работы распределительных электрических сетей, которые являются ключевым звеном в системе электроснабжения.

Для повышения эффективности, технического уровня и безопасности РС необходимо использование новых научно-обоснованных технических решений и технологий. Значительным шагом в реализации данной задачи стали разработка и утверждение «Положения о технической политике в распределительном электросетевом комплексе» [1]. В данном законодательном документе, введенным в действие ОАО «ФСК ЕЭС» в октябре 2006 года, закреплены основные технические нормы, правила и требования, соответствующие современным достижениям научно-технического прогресса в области электроэнергетики и определяющие совокупность технических, управленческих и организационных мероприятий на ближайшую и долгосрочную перспективу.

«Положение» прошло предварительную экспертизу и согласование со структурными подразделениями ОАО «ФСК ЕЭС» и ведущими профильными институтами, а также рассмотрено и одобрено на заседании Научно-технического совета ОАО РАО «ЕЭС России».

«Положение» обязательно для применения предприятиями электрических сетей МРСК и РСК, научно-исследовательскими, проектными, ремонтными, строительными и монтажными и наладочными организациями, выполняющими работы применительно к объектам распределительных электрических сетей.

Данный материал содержит краткий комментарий и техническое обоснование определенных запрещающих и предписывающих норм «Положения», касающихся вопроса грозозащиты воздушных линий.

Одной из основных причин аварий и нарушений в распределительных сетях являются грозовые перенапряжения на воздушных линиях (ВЛ), вызывающие импульсные перекрытия и разрушения изоляторов и приводящие к дуговым замыканиям, сопутствующим повреждениям оборудования, отключениям линий. Однако, действовавшие до недавнего времени в России нормы не предусматривали какой-либо специальной защиты от грозовых перенапряжений ВЛ с неизолированными проводами напряжением до 20 кВ, за исключением случаев защиты отдельных точек ВЛ с ослабленной изоляцией или с повышенными требованиями по надежности.

Такое состояние вопроса грозозащиты распределительных ВЛ было следствием исторически сложившегося признания неизбежности их грозовых аварийных отключений и повреждений в силу отсутствия эффективных и экономически доступных технических средств.

Но с началом массового применения на распределительных ВЛ защищенных проводов возникла необходимость принятия обязательных технических мер их грозозащиты.

Особенностью проблемы грозозащиты ВЛЗ является то, что в случае отсутствия специальных мер, при грозовом перекрытии изолятора линии, сопровождаемом пробоем твердой изоляции провода, образующаяся с большой вероятностью дуга промышленной частоты не имеет возможности перемещаться по проводу и горит в месте пробоя изоляции до момента отключения линии (см. рис.1). Это может привести к обжигу изоляции провода, повреждению изолятора линии и к пережогу провода.

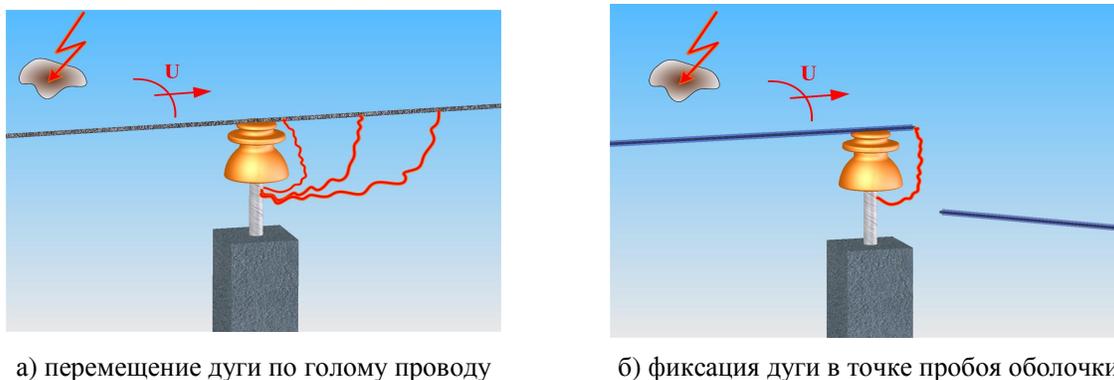


Рис.1 Различия процесса дугового замыкания на ВЛ с «голым» и с защищенным проводом

Поскольку на линии с неизолированными проводами дуга под воздействием электродинамических сил способна перемещаться одним из своих концов вдоль провода, фактор повреждения провода вследствие теплового воздействия дуги был малозначим и никак не влиял на формирование концепции грозозащиты ВЛ. В случае же ВЛЗ предотвращение пережога провода становится главным условием, определяющим необходимость обязательного применения тех или иных грозозащитных мер.

Первоначальный опыт строительства ВЛЗ в России был основан на использовании того типа защищенных проводов, которые до этого долгие годы применялись в Финляндии, поэтому сопутствующие технологии, обеспечивавшие их внедрение, были отсюда же автоматически заимствованы, в частности – система дугозащиты, предназначенная для предотвращения пережога проводов при грозовых перенапряжениях.

Смысл действия данной системы при идеальной реализации должен заключаться в следующем.

Устанавливаемые на все три провода вблизи изоляторов дугозащитные «рога» вместе со спиральной арматурой должны обеспечивать отвод от каждого из проводов горячей после грозового перекрытия изолятора дуги и способствовать переходу возможных однофазных дуговых замыканий, по меньшей мере, в двухфазные (см. рис.2).

На рис.2,а схематично показана картина процесса перехода импульсного грозового перекрытия изолятора на одной фазе ВЛЗ в дуговое замыкание. В случае, если сопровождающий ток промышленной частоты достаточно велик, возникает электродинамическая сила, способная перемещать дуговой канал вдоль специальной дугоотводящей спиральной проволоки на защитный рог. На рис.2,б схематично показан переход однофазного замыкания на ВЛЗ в двухфазное за счет переброса дугового канала с защитного рога одной из фаз, на которой произошло грозовое перекрытие, на рог соседней фазы, изолятор которой не перекрывался.

Исходя из показанного принципа действия дугозащитных рогов, провода должны защищаться от пережога за счет обгорания «рогов» и за счет гарантированного гашения дуги при отключении линии из-за междуфазных коротких замыканий.

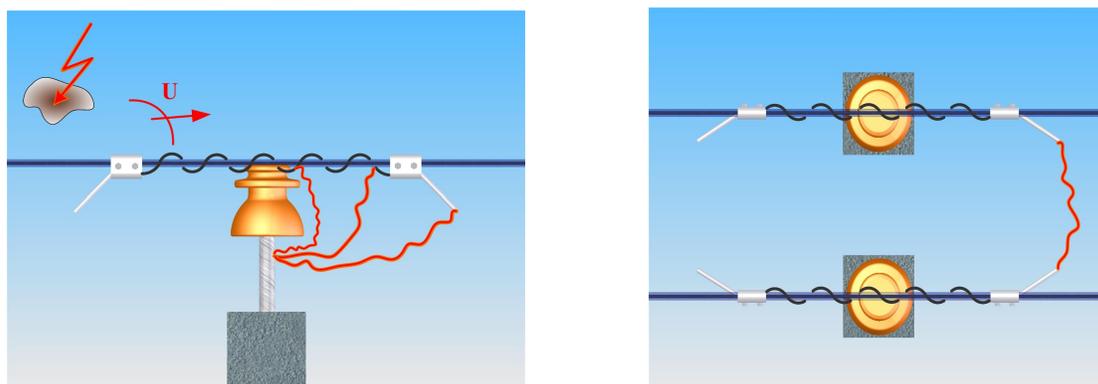
Эта, условно называемая «финской», система дугозащиты имеет существенные недостатки.

Препятствуя перегоранию проводов, она не защищает изоляцию от перенапряжений и не предотвращает короткие замыкания и отключения линии вследствие грозовых воздейст-

вий. Более того, она рассчитана на то, чтобы за счет специального расположения дугозащитных «рогов» однофазные замыкания переводить в многофазные только для того, чтобы добиться отключения линии. Такой принцип ее действия никак не согласуется с основной идеей функционирования электрических сетей с изолированной нейтралью, для которых однофазное замыкание не является аварийным режимом, требующим обязательного отключения. В данном случае, одна проблема, связанная с защитой от пережога проводов, решается за счет усугубления других проблем.

В процессе дугоотвода происходит интенсивное обгорание «рогов», требующее их периодической замены.

Установка «рогов» на ВЛЗ неизбежно приводит к утрате изоляционных свойств проводов в зоне их крепления на опоре, т.к. оголенные «рога» и спиральная проволока находятся под напряжением. Это создает опасность электрических замыканий при случайных их касаниях ветками деревьев.



а) смещение дугового канала на защитный рог

б) формирование двухфазного замыкания

Рис.2 Принцип действия дугозащитных рогов

Но кроме заведомо очевидных, имеется одно техническое обстоятельство, которое ставит под сомнение работоспособность данной системы даже в изначально задуманном виде.

Дуговые замыкания могут сопровождаться токами различной величины, а возможность выхода дуги на «рога», в силу электродинамических закономерностей и конструктивных параметров системы, как отмечают сами разработчики системы дугозащитных рогов [2], появляется лишь при токах, превосходящих 1-2 кА. Такие токи могут возникать лишь при междуфазных коротких замыканиях, не очень удаленных от питающей подстанции. Соответственно, при меньших токах, дуга не выходит на «рога», и это влечет опасность пережога провода, например, даже при к.з., вызванным прямым ударом молнии в линию, на удалении нескольких километров от питающей подстанции.

При индуцированных перенапряжениях возникновение к.з. вообще маловероятно, так как в этом случае значительно чаще происходят перекрытия разноименных фаз не на одной, а на разных опорах. Объясняется это следующим образом.

При ударе молнии вблизи ВЛ возникающее индуцированное перенапряжение воздействует на изоляцию сразу нескольких опор, причём перенапряжения на всех фазах примерно одинаковы. Перекрытие изолятора, например фазы А опоры 1 (рис.3), приводит к тому, что потенциал траверсы этой опоры возрастает за счёт падения напряжения от тока перенапряжения на сопротивлении заземления опоры. Потенциалы фаз В и С уменьшаются за счёт электромагнитного влияния перекрытой фазы А, которое может быть оценено по коэффициенту связи между проводами соседних фаз. Благодаря этим двум факторам разность потенциалов, приложенная к изоляторам соседних фаз В и С на этой опоре уменьшается. Таким образом после перекрытия изолятора фазы А на опоре 1, перекрытие изоляторов на проводе фаз В и С на этой опоре затруднено.

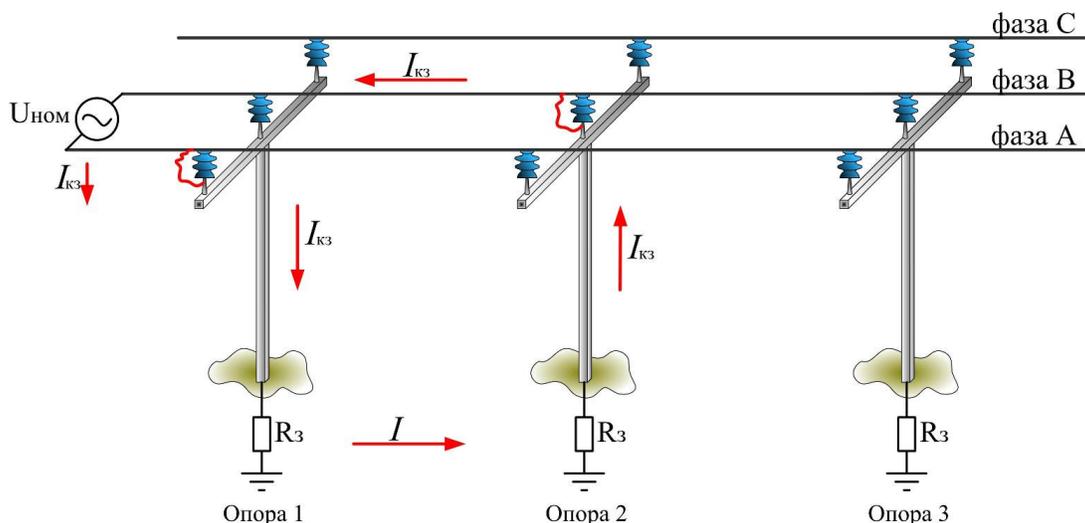


Рис.3 Иллюстрация перекрытия изоляторов на разных фазах на разных опорах

На соседней же опоре весьма вероятно перекрытие изоляторов фаз В или С. На рис. 3 в качестве примера показано перекрытие изолятора фазы В на опоре 2.

После перекрытия двух фаз на землю на разных опорах возникает контур, состоящий из проводов двух фаз и сопротивлений заземления двух опор, включённый под линейное напряжение. Ток замыкания можно приближённо оценить как $I_3 \approx U_{ном} / (2R_з)$, где $U_{ном}$ – номинальное напряжение линии; $R_з$ – сопротивление заземления опоры. При $U_{ном} = 10$ кВ и $R_з = 10 \dots 100$ Ом величина тока междуфазного замыкания лежит в диапазоне $I_3 = 50 - 500$ А, но при таких величинах тока дуга не выходит на “рога”, и система не обеспечивает защиту проводов от пережога (рис.4).

Опыт эксплуатации «финской» системы дугозащиты на российских ВЛЗ, к сожалению, подтверждает справедливость вышеизложенной критической ее оценки и целесообразность отказа от ее применения, который узаконен в "Положении о технической политике в распределительном электросетевом комплексе», в п.2.5.12 *Ограничения по применению технологий и оборудования на ВЛ* в виде формулировки: «При новом строительстве, расширении, реконструкции и техническом перевооружении сетевых объектов РСК *запрещаются к применению дугозащитные рога на ВЛ с защищенными проводами*».

В связи с этим еще более актуальным становится использование новых современных решений в области грозозащиты распределительных воздушных линий, по возможности, достаточно эффективных, но простых и экономически доступных.

Действующие в настоящее время ПУЭ в отношении грозозащиты ВЛЗ дают лишь общую рекомендацию устанавливать устройства защиты изоляции проводов ВЛЗ 6-20 кВ при грозовых перекрытиях.

В «Методических указаниях по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений» [3], разработанных ОАО «РОСЭП», утвержденных ОАО «ФСК ЕЭС» и вступивших в действие с 01.12.2004 г., для защиты от грозовых перенапряжений ВЛЗ 6-10 кВ, проходящих по населенной местности и зоне с грозовой деятельностью в среднем 20 грозовых часов и более предписывается необходимость установки *длинно-искровых разрядников (РДИ)*.

Законодательно эти технические требования к грозозащите распределительных сетей закреплены в "Положении о технической политике в распределительном электросетевом комплексе" [1] ОАО «ФСК ЕЭС» в следующей формулировке:

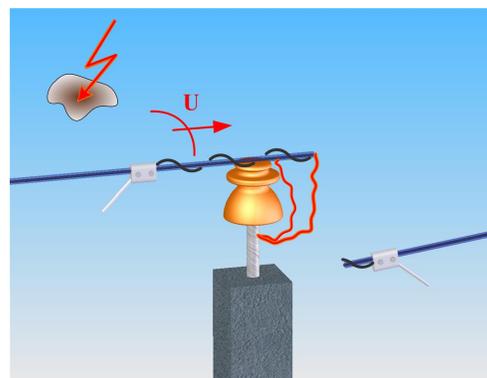
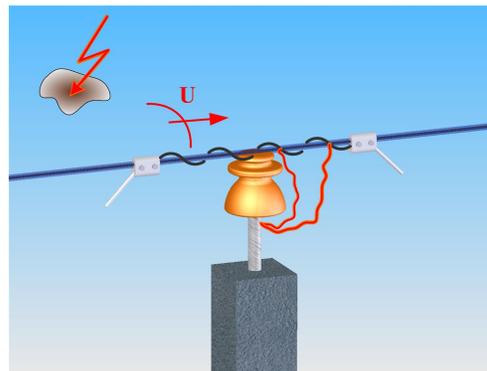
«На ВЛ необходимо устанавливать *разрядники длинно-искровые*:

- для защиты от перенапряжений и пережога защищенных проводов на ВЛ с защищенными проводами;

- на подходах к распределительным устройствам подстанций;
- для защиты ослабленных мест на ВЛ;
- в районах с аномально высоким числом грозовых отключений».



а) фотография опоры ВЛЗ



б) схема развития аварии

Рис.4 Пережог провода на ВЛЗ, оборудованной дугозащитными рогами.

РДИ являются российской разработкой и по своим конструктивно-техническим параметрам и функциональным возможностям представляют особый класс устройств грозозащиты, не имеющий мировых аналогов [4-7].

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.

В настоящее время РДИП-10-IV-УХЛ1 находят все более широкое применение в различных регионах страны при строительстве новых, реконструкции и техническом перевооружении существующих ВЛ 6,10 кВ, в соответствии с проектными решениями «ОАО РОСЭП». Число разрядников, успешно эксплуатируемых во многих регионах России, превышает 140 000.

В ноябре 2006 года состоялась межведомственная комиссия ОАО «ФСК ЕЭС» по приемке трёх новых типов РДИ 10 кВ:

- РДИ шлейфового типа (РДИШ-10-IV-УХЛ1);
- РДИ модульного типа с длиной 1,5 м (РДИМ-10-IV-1,5);
- РДИ модульного типа для компактных ВЛ (РДИМ-10-К-II-УХЛ1).

Все разрядники, прошедшие аттестацию, поставлены на серийное производство и включены в перечень оборудования, допущенного к эксплуатации в электрических сетях ОАО «ФСК ЕЭС». Применение существующих видов длинно-искровых разрядников позволяет решать задачу комплексной защиты электрических сетей от грозových перенапряжений и их последствий.

Установка разрядников на всем протяжении воздушных линий (ВЛ) и на подходах к подстанциям позволяет исключить перекрытия изоляции на ВЛ и все негативные сопровождающие последствия как при индуцированных грозových перенапряжениях, так и при прямом ударе молнии. При этом обеспечивается отсутствие грозových отключений ВЛ, разрушений изоляторов, пережога проводов, экономия ресурсов и защита подстанционного оборудования.

Технология грозозащиты длинно-искровыми разрядниками применима для ВЛ с любыми видами опор - железобетонными, металлическими, деревянными, изоляторов - штыревыми, натяжными, подвесными, фарфоровыми, стеклянными, полимерными, и проводов, как защищенными, так и неизолированными.

В зависимости от установленных технических требований по грозозащите участков электрических сетей возможно применение на них различных видов разрядников и их сочетаний.

Для надежной защиты от индуцированных грозových воздействий необходимо устанавливать на каждую одноцепную опору защищаемого участка ВЛ по одному разряднику. В зависимости от типа опор, траверс, изоляторов ВЛ и других определяющих обстоятельств применяются разрядники трех типов: РДИП-10-IV-УХЛ1, РДИШ-10-IV-УХЛ1, РДИМ-10-К-II-УХЛ1.

Разрядники петлевые РДИП-10-IV-УХЛ1 можно устанавливать на любые виды опор, с чередованием фаз.

Разрядники шлейфовые РДИШ-10-IV-УХЛ1 целесообразно использовать в местах двойного крепления провода, вместо петлевых.

Разрядники модульные РДИМ-10-К-II-УХЛ1 предназначены для защиты ВЛ только с компактным размещением проводов, расстояние между которыми не превышает 50 см, и с изоляторами ШФ-20. Эти разрядники устанавливаются только на среднюю фазу.

При необходимости обеспечения гарантированной защиты от любых грозových воздействий, в том числе, от прямого удара молнии в ВЛ, нужно устанавливать на каждую опору защищаемого участка ВЛ по три разрядника модульного типа РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1, на все фазы.

Для защиты подхода к подстанции от набегающих волн грозových перенапряжений следует устанавливать комплект из трех разрядников РДИМ-10-1,5-IV-УХЛ1 на одну опору примерно за 200 м от подстанции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] «Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» в распределительном электросетевом комплексе», ФСК, 2006 (см. «Новости электротехники», № 6, 2006).
- [2] Markku Kokkonen "Development of Lightning Protection for Covered Conductor", ICCS 2000.
- [3] «Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозových перенапряжений». - М.: ОАО «РОСЭП», ОАО «ФСК ЕЭС», 2004.
- [4] Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. Новая грозозащита линий электропередачи с помощью длинноискровых разрядников. – Энергетик, 1997 г. № 3, с. 15 – 17.
- [5] Патент Российской Федерации на изобретение № 2096882 от 20.11.97. Линия электропередачи с импульсным грозovým разрядником / Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. – Изобретения, Бюл. № 32, 1997.
- [6] Патент Российской Федерации на изобретение № 2100885 от 27.12.97. Импульсный искровой грозовой разрядник для электропередачи / Подпоркин Г.В., Сиваев А.Д. – Изобретения, Бюл. № 36, 1997.
- [7] Грозозащита ВЛ 6-10 кВ длинно-искровыми разрядниками. – Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства (РУМ), 2000 г., №11, с. 10-36.