

УДК 621.315

Высоковольтные линии электропередач как источники помех

Криксин П.В.

Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

В современной электроэнергетике основная часть электроэнергии передается и распределяется при помощи линий электропередач (ЛЭП). Применение высоких и сверхвысоких напряжений позволяет значительно увеличить пропускную способность линий электропередач и уменьшить потери электроэнергии в них. Функциональные преимущества линий электропередач сверхвысокого напряжения сомнений не вызывают, однако нужно считаться и с нефункциональными особенностями – коронным разрядом.

Коронный разряд - это неполный пробой газового промежутка. Возникает в неоднородном электрическом поле. Он может проявиться под действием атмосферного электричества на верхушках мачт, шпилей, деревьев и в других тонких и заостренных местах. В обиходе получил название "огней Святого Эльма". Коронный разряд является следствием высокого градиента напряженности электромагнитного поля на поверхности электропроводящих частей высоковольтного оборудования.

Помимо потерь электроэнергии, которые несет коронный разряд, он является мощным источником высокочастотных помех, который воздействует на современные микропроцессорные устройства, радио- и телеаппаратуру. Коронный разряд является источником дополнительных потерь электроэнергии и определяет эмиссию помех радиоприему в полосе частот от 0,15 МГц до 1 ГГц [1]. В зависимости от величины частоты помехи наблюдаются различные принципы её распространения.

В полосе частот от 0,15 МГц до нескольких мегагерц помехи являются, в основном, результатом распространения импульсов тока вдоль ЛЭП, при этом прямое электромагнитное излучение от этих импульсов существенно не меняет уровень помех, так как длина распространяющейся волны велика по сравнению с расстояниями между фазами, и ЛЭП не является эффективным излучателем.

Высокая плотность городской застройки и мощное энергопотребление города обусловили распространение в современной электроэнергетике глубоких воздушных вводов. Очень часто линии электропередач проходят вблизи жилых домов, офисных зданий, банков, студий и прочих мест с высокой микропроцессорной вооруженностью. А если учесть, что современное общество – информационное общество, и проблемы связанные со сбоями в работе микропроцессорной техники, потерями данных, плохим качеством связи сулят многомиллионные убытки, то очевидным становится необходимость уменьшения высокочастотных влияний линий электропередачи.

Рассмотрим основные источники коронного разряда на ЛЭП [2].

Помехи от проводов создаются электрическим разрядом, который происходит на поверхности провода или около него и называется короной.

Корона – это разряд со слабым свечением, образующийся вблизи провода и охватывающий ограниченную область вокруг провода, в которой напряженность электрического поля превышает определенное значение.

Многое в проблеме коронного разряда на ЛЭП еще не исследовано и неясно. Известно, что основным физическим процессом, происходящим при таком разряде, является быстрое увеличение числа электронов. Наибольший градиент электрического поля наблюдается вблизи провода ЛЭП, если этот градиент (или электрическое напряжения) достаточно высоки, то любые электроны, находящиеся в воздухе вокруг провода, будут ионизировать молекулы газа, а электроны, возникшие в результате этой ионизации, вызовут лавинообразный процесс. Этот процесс и вызывает коронный разряд.

Рассмотрим факторы, которые способствуют образованию короны на проводах линий электропередач.

Факторы, способствующие образованию короны	
Напряжение линии электропередач	Напряжение линии электропередач определяет градиент потенциала, который в основном и определяет величину короны на проводе. Чем больше напряженность на поверхности провода, тем больше градиент потенциала на нем, следовательно, тем больше коронных разрядов происходит на единице поверхности.
Диаметр провода	Уровень помех повышается с увеличением диаметра провода, если при этом градиента на поверхности провода остается неизменным. Это объясняется тем, что электрическое поле, излучаемое от поверхности провода, при увеличении диаметра провода ослабевает медленнее, чем на проводе меньшего диаметра. Поэтому электрическое поле, окружающее провод большего диаметра, может дольше поддерживать коронные разряды, чем электрическое поле, образованное вокруг провода меньшего диаметра.
Состояние поверхности провода	Сильное влияние на образование короны оказывают состояние поверхности проводника, степень загрязненности, наличие влаги на его поверхности. Новый провод обычно создает больше помех от короны и вызывает их даже в хорошую погоду из-за неровностей поверхности провода, например, заусенцев на поверхности алюминия, из-за любых загрязнений провода, например, птичьим пометом, пылью, землей, грязью и т.д. С увеличением срока эксплуатации провода радиопомехи от него снижаются.
Атмосферные и погодные условия	Понижение атмосферного давления или повышение температуры воздуха, или то и другое вместе могут увеличивать разреженность воздуха. Это приводит к уменьшению пробивной прочности воздуха, а, следовательно, к увеличению вероятности появления короны на проводе. Дождь и снег вызывают наибольшее увеличение числа коронных разрядов на поверхности провода и могут повысить уровень радиопомех более чем на 20 дБ по сравнению с помехами от той же линии при отсутствии осадков. Снег или капли воды, которые накапливаются на поверхности провода во время бури, сильно видоизменяют электрическое поле, создавая большое количество источников коронных разрядов. Разряды могут возникать также и при пролете снежинок или водяных капель мимо провода.

Для проводов ЛЭП важным вторичным процессом является фотоионизация, то есть высвобождение электронов из молекул газа под действием ультрафиолетового излучения, вызванного первичной лавиной [2].

Для уменьшения величины коронного разряда применяют различные методы, так при проектировании линии для того, чтобы радиопомехи от короны на проводах не превышали допустимый уровень, следует рассматривать геометрические параметры линии. Наиболее важными параметрами являются диаметр провода и число проводов в фазе. Такие параметры ЛЭП как расстояние между фазами, высота проводов над землей или шаг расщепления пучка, оказывают меньшее влияние на уровень радиопомех. На практике они обычно определяются механическими требованиями и требованиями электрической прочности воздушных промежутков.

Наличие оцарапанных или поломанных проволок или присутствие на проволоках отложений посторонних веществ, таких как грязь или насекомые, может приводить к сильным локальным разрядам короны вследствие высоких местных градиентов

напряжения, что может значительно повысить уровень помех от линии. По этой причине необходимо избегать повреждения поверхности провода при сооружении линии. Следует обращаться осторожно с проводами при транспортировке и сооружении линии и применять соответствующие меры, чтобы избежать контакта провода с землей или другими объектами при натяжении. Для того, чтобы к проводам прилипало меньше грязи, целесообразно избегать нанесения смазки на поверхность провода для защиты его при транспортировке и тяжении. Когда для защиты от коррозии смазывают стальной сердечник и внутренние повивы провода, смазка должна выбираться так, чтобы она не вытекала на поверхность провода, даже при наивысшей температуре.

Изоляторы, арматура и оборудование подстанций могут быть источниками радиопомех, а в некоторых случаях и телевизионных помех, что может быть вызвано различными явлениями: коронными разрядами на изоляторах и арматуре, поверхностными разрядами на изоляторах [2].

Коронные разряды на арматуре вызываются высоким градиентом потенциала на некоторых участках поверхности такой арматуры, как защитные кольца или полукольца, распорки и соединения. Если предположить, что напряжение, приложенное к арматуре, постепенно повышается, то на ней происходят многочисленные процессы разряда. Только некоторые из них способны создавать радиопомехи, однако все они вызывают свечение и влияют на потери, вызываемые коронным разрядом. Эти явления аналогичны коронному разряду от проводов. Помехи от арматуры увеличиваются при высокой влажности или во время дождя из-за увеличения локальных градиентов, вызванных наличием капель воды на поверхности элементов арматуры.

Для уменьшения радиопомех, возникающих на арматуре ЛЭП, необходимые решения необходимо принимать на стадии разработки этой арматуры. Остриев и выступов на арматуре следует избегать, все кромки и углы должны быть хорошо скруглены, головки болтов должны быть скруглены и экранированы. Важно также, чтобы защитное цинковое покрытие на арматуре было гладким, особенно в точках максимального градиента напряжения. Важно избегать повреждения арматуры при изготовлении, транспортировке, сооружении и эксплуатации линии.

Помехи от изоляторов могут быть вызваны различными причинами, большинство которых связаны с явлениями, происходящими на их поверхности. Например, небольшие разряды, вызванные увеличением локальных градиентов, коронные разряды, вызванные неоднородностями в виде налетов сухих веществ или капель воды или искрением на сухих участках, вызванным токами утечки на загрязненных изоляторах. Только в особых случаях (например, при неисправных изоляторах) помехи могут быть вызваны явлениями, происходящими внутри изолятора (искрение во внутренних раковинах или трещинах). Радиопомехи могут возникать в результате разрядов между цементом и фарфором или стеклом, если на стыках между ними имеются небольшие воздушные зазоры.

На чистой и сухой поверхности изоляторов импульсы тока на источнике помех вызываются разрядами, появляющимися на участках с высоким градиентом потенциала, зависящим от формы и материала изолятора.

Уровни помех снижают уменьшением уровня градиента напряжения при использовании изоляторов со специальными характеристиками. Например, изоляторы, выполненные из органических материалов, или стеклянные или фарфоровые изоляторы, покрытые консистентной смазкой, предотвращают образование сплошного влажного слоя. Установка таких изоляторов снижает уровень помех в условиях влажности и загрязнения. При продолжительном сроке службы поверхности изоляторов загрязняются и подвергаются смачиванию, в результате начинают создаваться помехи.

Другое решение - установка изоляторов, покрытых полупроводящей глазурью. Они характеризуются низкими уровнями помех в условиях загрязнения. Токопроводящая глазурь улучшает распределение напряжения и, вследствие нагревания, вызываемого протеканием тока по слою глазури, образуются широкие сухие участки, и приложенное напряжение не может вызывать перекрытий.

Не соединенные между собой проводящие детали линий электропередач или такие объекты, как металлические заборы или водосточные каналы, находящиеся в сильном электрическом поле высоковольтных ЛЭП и их оборудования, могут электрически заряжаться. В результате заряда разность потенциалов между смежными проводящими деталями может возрастать. При малом расстоянии между проводящими деталями напряженность поля в пространстве между ними может достичь критического уровня и привести к полному пробоем зазора и возникновению дуги, которая гаснет после того как разность потенциалов между обеими сторонами зазора падает до низкого значения. Частота повторения искрения зависит от постоянных времени заряда и разряда цепи, величины окружающего электрического поля, размеров зазора [2].

Радиопомехи, создаваемые искрением при плохих, т. е. неплотных или ненадежных контактах, возникают главным образом в сухую погоду, так как в мокрую погоду относительно малые зазоры закорачиваются влагой.

Для ограничения количества разрядов, необходимо при сооружении линий электропередач надежно соединять и затягивать все крепежные болты, а все проводящие элементы ЛЭП соединить либо с землей, либо с потенциальным проводом.

Следует помнить, что даже когда оборудование новое, гальванизированные металлические детали могут иметь коррозионный слой окиси цинка. Когда поверхность выветрена, могут присутствовать дополнительные окислы и сульфиды, и могут возникать ненадежные контакты, в которых возможен разряд в зазоре. Разряд в зазоре может возникать и тогда, когда поддерживающие гирлянды недостаточно механически нагружены.

Мероприятия по ограничению необходимо проводить на стадии разработки отдельных конструктивных элементов линии электропередач, то есть таких элементов как арматура, изоляторы, провода, тросы и тому подобное, с последующей доработкой этих элементов на этапе их производства. Вторым этапом является проектирование самой воздушной линии электропередачи, где помимо учета конструктивных параметров линии, необходимо учитывать трассу её прохождения, зону отчуждения, создаваемую линией электропередачи. Третий этап – сооружение линии, которое должно вестись обученными специалистами, использующими современный инструмент.

Литература

1. РД 50-723-93 (СИСПР18-1). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Описание физических явлений.
2. РД 50-724-93 (СИСПР18-3). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Практические рекомендации по уменьшению помех.
3. РД 50-725-93 (СИСПР18-2). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Методы измерения и процедура установления норм.