

С.Ю. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ", Харьков

А.И. ГАНУС, канд. техн. наук, Харьковолэнерго, Харьков

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ НА ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Приведено анализ джерел високочастотних електромагнітних коливань на повітряних лініях електропередавання. Показано перспективи розвитку методів моделювання джерел високочастотних електромагнітних коливань для підвищення надійності експлуатації ліній електропередавання .

Приведен анализ источников высокочастотных электромагнитных колебаний на воздушных линиях электропередачи. Показаны перспективы развития методов моделирования источников высокочастотных электромагнитных колебаний для повышения надежности эксплуатации линий электропередачи.

Введение. Отключение или повреждение воздушных линий высокого и сверхвысокого напряжения (ЛЭП) вызывается различными причинами, среди которых не последнее место занимают как природные факторы – воздействие молний и птиц или ветровые нагрузки, обледенение и загрязнение изоляторов в регионах с неблагоприятными экологическими условиями, так и случайные или преднамеренные действия человека по повреждению подвесной изоляции. Для Украины с ее протяженными линиями, в значительной части исчерпавшими свой ресурс, устранение аварийных ситуаций, вызванных подобными случаями, наносит ощутимый экономический урон. Кроме этого каждое аварийное отключение ЛЭП требует анализа обстоятельств ее возникновения, что достаточно часто сделать практически не возможно в силу отсутствия видимых причин перекрытия изоляции. В этой связи важное значение приобретают методы ранней оперативной диагностики технического состояния высоковольтных линий и, в частности, состояния проводов и изоляции ЛЭП.

Цель работы – Определение перспектив развития методов моделирования источников высокочастотных электромагнитных колебаний.

Анализ публикаций. В последнее время при диагностике состояния высоковольтной изоляции значительное внимание уделяется появлению высокочастотных составляющих электромагнитных колебаний, свидетельствующих об ухудшении ее состояния. Появление таких коле-

баний свидетельствует о наличии в конструкции ЛЭП ослабленных, с точки зрения электрической прочности участков [1, 2]. Это в свою очередь приводит к активизации разрядных процессов на ослабленных участках, которые и являются источником высокочастотных электромагнитных колебаний. Такими источниками могут являться поврежденные элементарные проводники составляющие провод, дефекты подвесной арматуры, дефектные изоляторы. Подобные дефекты определить визуально, учитывая размеры ЛЭП практически не возможно [3, 4]. Исследования высокочастотных электромагнитных колебаний, проводившиеся до настоящего времени, как правило, были связаны с воздействием таких колебаний на промышленные объекты и окружающую среду, однако при достаточно большой амплитуде такие колебания носят характер перенапряжений и могут приводить к отключениям линий. С другой стороны известно, что высокочастотные импульсы, воздействующие на изоляцию, приводят к ухудшению ее характеристик, так называемому старению (ухудшению диэлектрических характеристик). Появление высокочастотных сигналов существенно ускоряет процесс старения изоляции. Кроме того скорость старения изоляции зависит от напряженности поля в изоляционном материале [5-7].

Анализ источников высокочастотных колебаний. Основными диэлектрическими материалами при изготовлении изоляторов являются стекло и фарфор. Дефекты фарфоровых изоляторов обнаруживаются по тепловым аномалиям при наличии развитой продольной трещины в условиях повышенного увлажнения или загрязнения поверхности изолятора или дефектов цементной заделки, а также по образованию коронного разряда в зонах с повышенным уровнем напряженности поля при пробое отдельных секций гирлянд. Стекланные изоляторы, в отличие от фарфоровых, всегда считались "самодефектующимися", то есть закаленное стекло при повреждениях разрушается под действием механических напряжений. Однако нами были зафиксированы высокочастотные импульсы, возникающие при приложении к стеклянному, на вид исправному, изолятору напряжения больше некоторого порогового значения в случае изолятора марки ПС 120Б величина такого напряжения составила 30 кВ.

Источником высокочастотных колебаний, в этом случае, может являться изоляционная конструкция между стержнем и шапкой тарельчатого изолятора, которая состоит из последовательного электрического соединения элементов: цементная заделка стержня – тело диэлектрика (стекла) – цементная заделка шапки. Последнюю не будем принимать во внимание, поскольку напряженность электрического поля в ней практически на порядок меньше по сравнению с цементной заделкой стержня.

Цементная заделка стержня находится в электрическом поле, напряженность которого в 3-4 раза превышает напряженность поля в стекле. Это связано с тем, что изолятор представляет собой конденсатор с многослойной изоляцией, напряженности полей в таком конденсаторе относятся обратно пропорционально диэлектрическим проницаемостям соответствующих слоев конденсатора, при этом на границе раздела слоев диэлектриков, в силу непрерывности силовых линий электрического поля, скапливается заряд. Подобное явление, при наличии воздушных включений на границе разделяя слоев диэлектриков, может существенно снижать разрядные напряженности в области перехода из одного слоя изоляции в другой. При этом свойства цемента, как высоковольтного диэлектрика, намного хуже по сравнению со стеклом. Такие "пары" диэлектриков в технике высоких напряжений характеризуются быстрым (электрическим) старением худшего диэлектрика при перенесении основной электрической нагрузки в данном случае на стекло. Худший диэлектрик в этой паре служит поставщиком дополнительных электрических колебаний, постепенно разрушающих основной элемент пары. Визуальные наблюдения в темноте показывают, что на одиночном тарельчатом изоляторе возникают две искры, которые служат источником высокочастотных колебаний. Они образуются в зазорах между краем шапки и стеклодеталью и пестиком и стеклодеталью. Поскольку конструктивно изолятор является конденсатором то его в отношении подобных искр можно считать генератором напряжения, который поддерживает процесс искрообразования. В некоторых случаях, при достаточно большом напряжении такие разряды могут достигать длин порядка сантиметров (скользящий разряд).

Волны высокочастотных колебаний, генерируемые изоляторами, имеют несколько направлений воздействия. Во первых они, как уже отмечалось выше, оказывают влияние на процесс старения изоляции. Во вторых могут приводить к перекрытию гирлянды, в которой находится изолятор под воздействием напряжения выше порогового значения. В этом случае на картину расчетного распределения напряжения частоты 50 Гц по элементам гирлянды может накладываться значительная высокочастотная составляющая, имеющая случайный характер, что резко снижает напряжение появления скользящего разряда на крайних изоляторах гирлянды. В третьих они могут свободно распространяться по проводам ЛЭП, используя их в качестве направляющей структуры. В последнем случае при приходе на здоровую изоляцию нескольких подобных волн их амплитуды будут складываться, что является причиной возникновения достаточно больших по величине перенапряжений, которые могут привести к повреждению здоровой

изоляции на расстоянии нескольких километров от источника высокочастотных колебаний. Возникновение высокочастотных перенапряжений на изоляции энергетического оборудования сверхвысокого напряжения связанных с наличием конструктивных элементов, которые в определенных режимах работы могут быть их источниками, требует уточнения механизма возникновения условий для распространения подобных явлений на линиях электропередачи и подстанциях сверхвысокого напряжения и разработки способов защиты от них.

Выводы. В последнее время при диагностике состояния высоковольтной изоляции значительное внимание уделяется появлению высокочастотных составляющих электромагнитных колебаний, свидетельствующих об ухудшении ее состояния. Необходима разработка математических моделей возникновения высокочастотных электромагнитных колебаний и их распространения по длине линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения. Возникновение высокочастотных перенапряжений на ЛЭП может приводить к их отключению, что обуславливает необходимость разработки средств и способов защиты от них.

Список литературы: 1. Александров Г.Н. Сверхвысокие напряжения. – Л: Энергия, Ленинградское отделение, 1973. – 180 с. 2. Базуткин В.В., Кадомская К.П., Колечицкий Е.С. и др. Физико-математические основы техники и электрофизики высоких напряжений / Под ред. К.П. Кадомской. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с. 3. Э.Н. Журавлев Радиопомехи от коронирующих линии электропередачи. – М.: Энергия, 1971. – 198 с. 4. CIGRE Study Committee 22, "Insulators – review of in-service diagnostic testing of composite insulators". 5. Аксенов Ю.П., Голубев А.В., Завидей В.И. Новые подходы к контролю технического состояния трансформаторов тока типа ТФРМ на рабочем напряжении. – Энергетик, 2004. – №3, № 4. 6. Рыбаков Л.М. Методы и средства обеспечения работоспособности электрических распределительных сетей 10 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – С. 121–136. 7. Методы контроля состояния фарфоровых изоляторов // РЖ 19М. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. – 2005. – №6.

Поступила в редколлегию 28.09.2010