

9. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОПОМЕХ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: ознакомиться с причинами появления радиопомех от высоковольтного оборудования и мерами по их ограничению, допустимыми нормами и аппаратурой для измерения.

Краткие сведения

Коронный разряд на проводах и арматуре, разрядные процессы на изоляционных конструкциях создают помехи радио- и телевизионному приему, а также акустический шум. Спектр частот излучения, создающего радиопомехи, охватывает диапазон от 10 кГц до 1 ГГц. Помехи на частотах выше 30 МГц оказывают мешающее влияние на телеприем и возникают только при коронировании линий 750 кВ. Источниками помех в этом случае помимо короны на проводах служат частичные разряды в зазорах и трещинах изоляторов и корона на заостренных элементах арматуры. В хорошую погоду корона на проводах практически не создает помех телевизионному приему.

Основная причина радиопомех и шума – стримерная корона на проводах. Поскольку наиболее благоприятные условия для возникновения стримерной короны складываются при атмосферных осадках, когда значительно снижается начальная напряженность поля, наиболее сильные радиопомехи возникают при коронировании ВЛ сверхвысокого напряжения во время дождя и снега. В хорошую погоду помехи возрастают по мере загрязнения проводов.

Для предотвращения явлений коронирования с целью ограничения уровня радиопомех и снижения потерь энергии напряженность поля на проводах ВЛ ограничивается величиной $E_{\text{раб}} = (0,8...0,9) E_n$, где E_n – напряженность начала короны. Предпринимаются меры для снижения неравномерности распределения электрического поля в узлах подвески проводов и распределения напряжения вдоль гирлянд изоляторов, создается некоронирующая арматура. Таким образом, делается все для того, чтобы корону и разряды на изоляторах либо исключить совсем, либо снизить до возможно меньших уровней. Однако дефекты или повреждения, появившиеся при монтаже оборудования и в процессе эксплуатации, приводят к усилению интенсивности разрядных процессов и радиопомех от них. Источниками короны могут быть:

- неправильно смонтированная или деформированная в процессе эксплуатации арматура и экраны, составляющие расщепленных проводов ВЛ 330...1150 кВ или шин ОРУ;
- заниженное сечение проводников, чаще на спусках к оборудованию в РУ и в шлейфах опор ВЛ, дефекты конструкции;
- набросы (птицами) проволок на провода, шины и гирлянды изоляторов;
- провода с поврежденными во время монтажа или транспортировки верхними слоями (повивом).

Локальные разряды на поверхности проводов ВЛ не стабильны, но происходят в виде следующих одна за другой вспышек, вызывающих

протекание импульсов тока разрядов. При отрицательной полярности напряжения эти вспышки имеют длительность порядка 10^{-8} с и амплитуда 10^{-2} А. При положительной полярности напряжения наряду с аналогичными импульсами наблюдаются импульсы с амплитудой порядка десятых долей ампера и длительностью порядка десятых долей микросекунды, вызываемых развитием стримеров. Стримеры развиваются в сильном электрическом поле провода со скоростью 10^6 - 10^7 м/с и достигают длины 3-5 см. Число положительных и отрицательных зарядов (положительных ионов и электронов) в стримере одинаково за исключением кончика стримера, который содержит небольшой положительный заряд. Электроны движутся вдоль стримера со скоростью примерно 10^5 м/с, что приводит к образованию избыточного положительного заряда, который как бы продвигается от кончика стримера к поверхности провода (рис.1). При указанной длине стримеров время образования избыточного положительного заряда составляет 0,3-0,5 мкс.

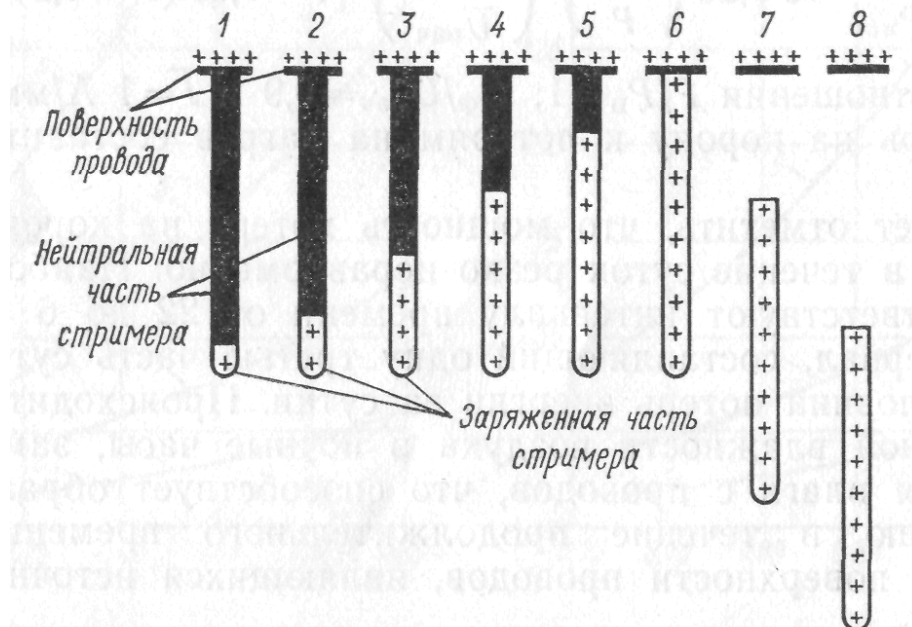


Рисунок 1. Примерная картина образования объемного заряда в поле коронирующего провода в последовательные моменты времени t , отсчитываемые от момента развития стримера.

1- 0,05 мкс; 2- 0,1 мкс; 3- 0,2 мкс; 4- 0,3 мкс; 5- 0,4 мкс; 6- 0,5 мкс; 7- 50 мкс; 8- 150 мкс.

Появление избыточного положительного заряда связано с протеканием тока смещения в пространстве, окружающем место развития стримера, и с протеканием тока вдоль провода, что является причиной возникновения и распространения вдоль линии электромагнитной волны.

Образовавшийся положительный объемный заряд перемещается от поверхности провода со скоростью $V \approx 2 \cdot 10^4 E$, что близи поверхности провода составляет $(2-6) \cdot 10^2$ м/с. Следующий стример развивается только после устранения этого заряда из зоны высокой напряженности вблизи провода.

Интенсивность радиопомех характеризуется вертикальной составляющей напряженности электрического поля вблизи поверхности земли E_2 . Уровень радиопомех, дБ:

$$A = 20 \lg E_2 / E_0, \quad (1)$$

где $E_0 = 1$ – мкВ/м базовая напряженность электрического поля.

В качестве расчетной частоты принимается $f = 0,5$ МГц. Допустимый уровень радиопомех в хорошую погоду составляет 40 дБ, что в соответствие с (1) дает $E_2 = 100$ мкВ/м. Это значение напряженности электрического поля принято в качестве допустимого на расстоянии 100 м от проекции крайнего провода линии электропередачи напряжением 300 кВ и выше.

Увеличение радиуса проводов при неизменной напряженности поля на них приводит к росту уровня радиопомех, поскольку спад напряженности поля у провода в радиальном направлении при этом замедляется, и создаются условия для развития более интенсивной стримерной короны.

Радиопомехи практически не зависят от числа составляющих в фазе, поскольку происходит взаимное электромагнитное экранирование проводов фазы.

На величину радиопомех оказывают влияние ряд факторов, основные из которых: радиус проводов, погодные условия, состояние поверхности провода, степень загрязненности атмосферы. Дождь, мокрый снег повышают уровень радиопомех на 10 дБ, сухой снег, изморось на 5 дБ. При включении новых линий радиопомехи примерно в 4–5 раз выше, чем от линий с состарившимися проводами. Полное старение проводов в основном заканчивается через 4–5 лет эксплуатации.

Методы измерений и нормы на уровень радиопомех от ВЛ и ПС регламентируются ГОСТом 22012 – 92 с учетом требований ГОСТ 16842 – 92 на общие методы испытаний источников радиопомех. Но требования норм РФ невысоки и электромагнитная обстановка вдоль трассы ВЛ значительно хуже, чем в других странах.

Аппаратура для измерений

Измеритель напряженности поля (ИНП) ПЗ-21 предназначен для измерения среднеквадратических значений напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля (ЭМП) в режимах непрерывной генерации, амплитудной, частотной и импульсной модуляции. Диапазон частот измерителя при измерении среднеквадратических значений напряженности ЭМП в диапазоне 1-1000 В/м на частотах от 10 кГц до 300 МГц для электрической составляющей поля в диапазоне от 0,5 до 16 А/м на частотах от 10 кГц до 30 МГц для магнитной составляющей поля.

Основные области применения: пространственное обследование интенсивности ВЧ излучения в ближней зоне мощных ВЧ установок в широкой полосе спектра и контроль биологически опасных уровней ВЧ излучений на

рабочих местах персонала, обслуживающего электрорадиотехнические установки и системы, излучающие электромагнитное поле.

Измеритель напряженности поля ПЗ-21 (рис.2) состоит из комплекта антенн-преобразователей (табл.1), индикатора ИПН ПЗ-21, устройства зарядного и блока питания аккумуляторного ИНП ПЗ-21. Работа ИНП основана на преобразовании индуцированных ВЧ сигналов на системе взаимно-ортогональных «электрически малых» антенн в постоянный ток квадратичными детекторами, встроенными в каждую антенну, и отсчете суммарного сигнала, пропорционального интенсивности ЭМП, индикаторным блоком, где происходит отсчет измеряемой величины в дБ.

Таблица 1

Тип антенны преобразователя	Пределы измерений
АП-Е-1	1-14 В/м
АП-Е-2	10-140 В/м
АП-Е-3	70-1000 В/м
АП-Н-1	0,5-16 А/м



Рисунок 2. Внешний вид измерителя напряженности поля ПЗ-21

1- Индикатор ИПН ПЗ-21; 2- устройство зарядное, 3- блок питания аккумуляторный; 4- соединительные кабели.

Подготовка к проведению измерений

Подключить блок питания аккумуляторный к индикатору ИНП ПЗ-21, расположенный на боковой панели индикатора.

Подключить к индикатору антенну-преобразователь, пределы измерения которой соответствуют предполагаемому уровню измеряемой напряженности ЭМП.

Переключатель «Род работы» перевести в положение «▼1» и произвести калибровку измерителя, для чего:

Удалить измеритель из ЭМП;

Регулировкой ручки «▼1» установить показания индикатора 24 дБ

Переключатель «Род работы» перевести в положение «▼2» и регулировкой резисторов «▼2 грубо» «▼2» установить показания индикатора 6,3 дБ.

Переключатель «Род работы» установить в положение «Δ».

Проведение измерений

При внесении антенны-преобразователя в измеряемое ЭМП на индикаторе появляются показания, соответствующие уровню измеряемого поля. Рабочий диапазон показаний индикатора от 3 до 26 дБ для АП-Е поля и от 3 до 33 дБ для АП-Н-1. Время установления показаний измерителя не более 25 с.

Произвести ориентацию антенны-преобразователя таким образом, чтобы ось ручки АП совпала с направлением вектора напряженности поля. Если погрешность измерения $\pm 3,0$ дБ является достаточной, ориентирование антенны-преобразователя можно не проводить.

Абсолютное значение напряженности поля определяется по формуле:

$$A_x = A_0 \cdot 10^{\frac{A}{20}}, \text{ В/м; А/м (2)}$$

где $A = A_u + A_f + A_t - 3$,

A_0 -соответствует значению:

1 В/м для АП-Е-1

10 В/м для АП-Е-2

70 В/м для АП-Е-3

0,5 А/м для АП-Н-1

A_u – показания индикатора ИНП ПЗ-21, дБ

K_f – значение поправочного коэффициента амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот 10...100 кГц, дБ.

K_t – коэффициент температурной зависимости измерителя, дБ, определяется по рис. 2.

Поскольку уровень радиопомех нормируется в диапазоне 0,15...1000 МГц, то принимаем $K_f = 0$.

Порядок работы

1. Ознакомиться с устройством и порядком работы с прибором ПЗ-21.
2. Измерить напряженность поля и рассчитать по формулам (1) и (2) уровень радиопомех от высоковольтной установки при 6–7 значениях рабочего напряжения в разных точках лаборатории.

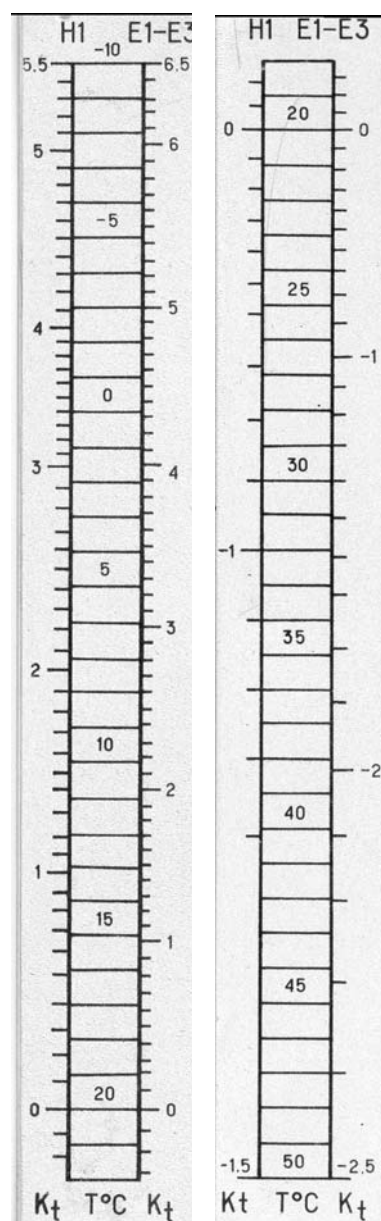


Рисунок 2. Диаграммы для определения K_t .

3. По полученным данным построить зависимости уровня радиопомех от напряжения $A=f(U)$. Объяснить полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Перечислить причины появления радиопомех в сетях высокого напряжения.
2. От каких факторов зависит уровень радиопомех?
3. Как влияют погодные условия на уровень радиопомех?
4. Перечислить основные мероприятия, применяемые в электроэнергетике для снижения радиопомех.