МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

РАДИОПОМЕХИ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ОТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УМЕНЬШЕНИЮ РАДИОПОМЕХ

РД 50—724—93

(СИСПР 18—3)

БЗ 11—92/7

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва
1993

gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** Техническим комитетом стандартизации в области электромагнитной совместимости технических средств (ТК 30 ЭМС)

   РАЗРАБОТЧИКИ

   Л. В. Тимашова, канд. техн. наук (руководитель темы); **С. В. Крылов,** канд. техн. наук

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Госстандарта России от 14.01.93 № 11

3. Настоящий РД подготовлен методом прямого применения Публикации СИСПР 18—3

4. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

5. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 14777—76	Введение
РД 50—723—93	Введение, 1.1, 1.3.2, 1.4, 2.1, 2.3, 2.4
РД 50—725—93	Введение, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4

Редактор *Т. Б. Исмаилова*
Технический редактор *В. Н. Малькова*
Корректор *Е. И. Морозова*

Сдано в наб 05.02.93 Подп к печ 02 03 93 Формат 60×90 1/16 Бумага типографская. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 1,0 Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 1,02 Тираж 429 экз. Зак. 74. Изд. № 1326/4. С. 29

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.

УДК 534.835.46.08 (083.6) Группа Е02

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Совместимость технических средств электромагнитная

РАДИОПОМЕХИ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ОТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

РД 50—724—93

Практические рекомендации по уменьшению радиопомех

ОКСТУ 0111

Дата введения 01.07.93

Настоящие методические указания распространяются на линии электропередачи (ЛЭП) и их высоковольтное оборудование и являются аутентичным текстом перевода Публикации СИСПР 18—3 с дополнительными требованиями, отражающими потребности народного хозяйства.

Требования настоящих методических указаний являются рекомендуемыми.

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях рассматриваются методы обнаружения дефектов и нахождения мест дефектов, приводящих к необычно высоким уровням помех, и указываются профилактические и ремонтные мероприятия, которые обычно просты в осуществлении, и даются формулы для прогнозирования наиболее вероятного поля радиопомех линии для различных погодных условий, когда радиопомехи вызываются короной на проводах.

Методические указания распространяются на излучения от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования, работающих при напряжении 1 кВ и выше, которые могут вызывать мешающее действие радиоприему в полосе частот 0,15—300 МГц*, исключая поля от полезных сигналов, передаваемых по ЛЭП.

Термины, применяемые в настоящих методических указаниях и их определения, приведены в РД 50—723, РД 50—725 и ГОСТ 14777.

* В отечественной нормативно-технической документации действуют нормы в полосе частот 0,15—1000 МГц.

© Издательство стандартов, 1993

1. ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЭП И СВЯЗАННОГО С НИМИ ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОМЕХ РАДИО- И ТЕЛЕВИЗИОННОМУ ПРИЕМУ

1.1. Корона на проводах

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. Другие параметры ЛЭП, которые могут изменяться, такие 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.

Количественные законы, которые определяют уровень помех, создаваемых короной на проводах ЛЭП, приведены в РД 50—723 и в разд. 2. Эти законы обычно применяют как к витым, так и к гладким проводам, так как негладкость поверхности, вызванная скруткой, существенно не влияет на уровень помех, особенно когда провода мокрые или влажные. 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. Целесообразно также избегать нанесения смазки на поверхность провода для защиты его при транспортировке и тяжении. В связи с увеличением температуры провода при подаче напряжения, особенно в жаркую погоду, происходит выдавливание смазки наружу, прилипание грязи, возникают зоны с высокими местными градиентами, а впоследствии — радиопомехи. 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.

1.2. Корона на металлической арматуре

Радиопомехи, создаваемые короной на металлической арматуре, такой как поддерживающие зажимы, натяжные зажимы, коромысла, защитные кольца, рога, распорки и т. д., могут быть различны. Соответствующие формы и размеры арматуры могут

быть заданы на стадии проектирования для избежания точек с высоким градиентом напряжения. 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. Защитные устройства иногда устанавливают для защиты гирлянд изоляторов от повреждений электрической дугой и для улучшения распределения напряжения вдоль гирлянды. Также они позволяют снизить уровни радиопомех от зажимов на проводах, так как экранируют острия и выступы на зажимах. Конструкции и размеры защитных устройств должны выбираться таким образом, чтобы они сами не создавали радиопомехи. Например, использования простых рогов следует избегать при напряжениях, превышающих приблизительно 150 кВ, а диаметр труб, образующих защитную арматуру, должен быть достаточно большим, чтобы корона на ней не возникала при дожде. Для ЛЭП напряжением 750 кВ и выше опыт эксплуатации ограничен. Современные знания позволяют предположить, однако, что относительно трудно спроектировать защитную арматуру, пригодную для дождливых условий, даже если она выполняется из нескольких труб. И в этом случае должны быть разработаны специальные конструкции коромысла поддерживающего зажима с тем, чтобы гирлянда экранировалась расщепленным проводом и защищалась от воздействия электрической дуги соответствующими устройствами, монтируемыми на составляющих расщепленного провода.

Важно избегать повреждения арматуры при изготовлении, транспортировке, сооружении и эксплуатации линии.

1.3. **Поверхностные разряды на изоляторах**

1.3.1. *Чистые или слабо загрязненные изоляторы*

Радиопомехи, создаваемые этими изоляторами в сухом состоянии, могут быть ограничены использованием:

изоляторов с тщательно подобранными геометрией и характеристиками материала в наиболее критических зонах;

защитной арматуры (колец), спроектированной для улучшения распределения напряжения на поверхности изолятора или вдоль гирлянды изоляторов.

Например, использование проводящей глазури позволяет улучшить распределение градиента напряжения на поверхности изолятора. В конструкции защитной арматуры металлическое кольцо, расположенное как можно ближе к изолятору или, по крайней мере, к первым двум или трем изоляторам гирлянды со стороны высокого напряжения, может улучшать распределение напряжения на изоляторе или вдоль гирлянды изоляторов и позволяет снизить радиопомехи от гирлянды. Однако защитная арматура должна соответствовать другим требованиям, таким как прочность

изоляции, защита изоляторов от электрической дуги, обеспечивание экранирования зажимов и т. д. (п. 1.2).

Радиопомехи от изоляторов, создаваемые в сырую погоду, туман или дождь, обычно труднее ограничить, чем помехи при сухих условиях. Однако этот фактор редко бывает критическим для ЛЭП, так как увеличение уровня помех за счет капель воды на изоляторах обычно менее значительно, чем соответствующее увеличение помех, создаваемых проводами.

1.3.2. *Сильно загрязненные изоляторы*

В сухом состоянии помимо явлений, которые создают помехи на чистом изоляторе, могут возникать коронные разряды за счет негладкости поверхности, создаваемой отложениями загрязнения, как указано в РД 50—723. При этих условиях даже тщательное проектирование различных частей изолятора может дать малый эффект. Защитная арматура, пригодная для улучшения распределения напряжения на изоляторе или вдоль гирлянды изоляторов, может значительно снизить радиопомехи.

Когда поверхность загрязненного изолятора мокрая, радиопомехи создаются искрами в сухих зонах за счет утечки, как установлено в РД 50—723. Иногда эти помехи имеют очень высокочастотные составляющие и могут влиять на радио- и телевизионный прием. Единственной практической мерой их подавления является ограничение токов утечки по поверхности загрязненного изолятора, что может быть достигнуто:

уменьшением напряженности поля на изоляторе, например, путем увеличения длины пути утечки по поверхности в большей степени, чем необходимо по электрической прочности;

использованием специальных типов изоляторов, таких как изоляторы, изготовленные из органического материала, или изоляторов, покрытых полупроводящей глазурью, или конструкций изоляторов с увеличенной длиной пути утечки, таких как противотуманные изоляторы, специальной формы и т. д.;

нанесением на изоляторы селиконовой смазки.

1.4. **Искры и микроискры за счет плохих контактов, эффектов коммутации**

Мероприятия для устранения или уменьшения радиопомех от этих источников приведены в разд. 3 и в РД 50—723 соответственно.

1.5. **Дефекты на ЛЭП и связанном с ней оборудовании при эксплуатации**

Даже если все возможные меры предосторожности предприняты при проектировании и сооружении ЛЭП или подстанции для ограничения радиопомех допустимыми значениями, при работе ЛЭП могут иногда возникать дефекты, приводящие к повышенным помехам. Это может быть вызвано обрывом проволок про-

водов, повреждением зажимов или изоляторов или накоплением загрязнения на проводах и изоляторах. Вообще, эти дефекты должны устраняться для того, чтобы ЛЭП могла работать надлежащим образом, вне зависимости от того, являются ли они источниками радиопомех. Периодическое появление помех, вызванных этими дефектами, дает возможность обнаружить места повреждения ЛЭП.

Источники локальных радиопомех могут быть найдены различными приборами, такими как измерители радиопомех, телевизионные приемники, ультразвуковые и оптические фиксаторы. Отыскание источников помех происходит легче, когда создаются помехи телевизионному приему, так как при очень высоких частотах продольное затухание помех вдоль линии очень сильное. Когда создаются помехи только радиовещанию на низких и средних частотах, для отыскания источника помех может требоваться измерение продольного затухания поля радиопомех с применением при этом еще и оптического или ультразвукового приборов, как отмечено в разд. 3.

2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БАЗИСНОГО УРОВНЯ РАДИОПОМЕХ ОТ ЛЭП

Конкретный метод прогнозирования, который должен использоваться в случае конкретной проектируемой линии, будет зависеть от того, являются ли источниками помех корона на проводах или изоляторы и арматура, т.е. должны ли провода работать при градиенте напряжения более, чем 14 кВ/см* или менее, чем 12 кВ/см**. Для градиентов напряжения между этими величинами как провода, так и изоляторы могут вносить вклад в уровень помех проектируемой линии.

2.1. **Методы, связанные с помехами от проводов**

В РД 50—723 приведен обзор расчетных методов прогнозирования, как аналитических и полуэмпирических, так и эмпирических или сравнительных. Аналитический метод основывается на результатах измерений, проведенных на коротком образце провода в опытной клетке, и включает очень сложный анализ. Короткий провод можно испытать при любом желаемом состоянии поверхности, а напряжение радиопомех измеряется с помощью схемы, приведенной в РД 50—725. Однако надежное прогнозирование базисного уровня помех от ЛЭП за счет короны на проводах может быть получено только в результате испытаний при влажных условиях, так как в этом случае число отдельных источников короны на единицу длины достаточно высокое для удовлетворитель-

* Соответствует амплитудному значению 20 кВ/см.
** Соответствует амплитудному значению 17 кВ/см.

ной статистической выборки. Для линии постоянного тока для расчета уровня помех необходимо пользоваться рекомендациями, приведенными в РД 50—723.

Простые сравнительные формулы, на которые делается ссылка в РД 50—723, основываются на результатах измерений напряженности поля радиопомех, проведенных на действующей линии аналогичной конструкции. Эти формулы учитывают влияние различия между базисной и проектируемой линиями, такого как разница в рабочем градиенте напряжения или диаметре провода. Если конструкция базисной и проектируемой линии аналогична и эксплуатационные условия, такие как загрязнение воздуха, метеоусловия и т. д., также аналогичны, то можно получить довольно точный прогноз уровня радиопомех, который можно ожидать от проектируемой линии за счет короны на проводе. Влияние погодных условий может быть определено путем проведения измерений на базисной линии при ряде погодных условий.

В РД 50—723 приведен каталог профилей полей радиопомех, создаваемых короной на проводах, для некоторых конструкций одноцепных ЛЭП. Эти профили справедливы, когда величины градиента напряжения у поверхности проводов линии достаточно высоки, чтобы создавать радиопомехи. Величины напряженности поля на частоте измерения 500 кГц даются как для сильного дождя, так и средних хороших погодных условий, при которых напряженность поля помех ниже на 17—25 дБ, чем при сильном дожде. Профили демонстрируют затухание поля помех с расстоянием, перпендикулярным к линии, для расстояний до 150 м.

2.2. **Методы, связанные с помехами от изоляторов и арматуры**

В РД 50—725 приводится корреляция между напряжением радиопомех, создаваемых арматурой и изоляторами линии, измеренным в соответствии с процедурой, приведенной в РД 50—725 и уровнем создаваемого электрического поля. Эта корреляция применима там, где имеется одиночный источник помех, например, разбитый изолятор, или где многочисленные источники распределены равномерно вдоль линии. Метод, который включает полуэмпирическую формулу, практически пригоден там, где провода проектируемой линии должны работать при низком градиенте у поверхности проводов, т. е. не создавать помех от короны, и требуется прогнозирование уровня радиопомех, который должен ожидаться от изоляторов линии. Процедура измерения радиопомех, приведенная в РД 50—725, обычно применяется к изоляторам в чистом и сухом состоянии. Однако испытания могут быть проведены также и на специально загрязненных образцах изоляторов в увлажненном и мокром состоянии, а результаты этих испытаний могут использоваться в формуле для прогнозирования уровня радиопомех проектируемой линии.

2.3. Методы, относящиеся к совместным помехам от проводов, изоляторов и арматуры

В РД 50—723 приведена информация об использовании опытных линий. Если конструкция проектируемой линии сильно отличается от конструкции действующих линий, то радиопомехи должны исследоваться на относительно короткой опытной линии. Такие исследования на опытной линии особенно полезны, когда проектируется ЛЭП более высокого класса напряжения, чем находящиеся в эксплуатации. Радиопомехи экспериментальной ЛЭП определяют в различных погодных и атмосферных условиях с тем, чтобы радиопомехи проектируемой ЛЭП могли быть оценены при условиях, в которых она будет находиться при эксплуатации. При этом может быть учтено также влияние загрязнения изоляторов. На опытной линии одновременно могут быть получены и другие важные данные, такие как потери на корону и акустические помехи.

В РД 50—725 приведен метод, с помощью которого может быть установлен уровень радиопомех от ЛЭП, при котором будет обеспечена заданная напряженность сигнала вещания на данном расстоянии от линии для 80 % времени с 80 % вероятностью.

2.4. Формула СИГРЭ* для расчета помех от проводов

Эта формула, имеющая эмпирическую основу, дает наиболее вероятный уровень, который ожидается от состаренных проводов в сухую погоду на расстоянии 20 м от крайнего провода линии на частоте измерения 500 кГц, при высоте антенны над землей 2 м. Формула получена для линий, работающих при напряжениях от 200 до 765 кВ и при максимальных градиентах 12—20 кВ/см**. Формула СИГРЭ для однофазной линии с одиночным или расщепленным проводом имеет вид

$$E = 3{,}5 g_{max} + 12r - 30^{***},$$

где E — напряженность поля радиопомех на расстоянии 20 м от ближайшей фазы проектируемой линии, дБ/1 мкВ/м;

g_{max} — максимальное эффективное значение градиента напряжения на поверхности проводов, кВ/см;

r — радиус провода, см.

Рекомендуется точный расчет максимального градиента напряжения на поверхности провода из-за его значительного влияния на уровень помех. Метод расчета предлагается в приложении 1 РД 50—723.

---

* Международная конференция по большим электрическим системам.

** Соответствует амплитудным значениям от 17 до 28 кВ/см.

*** В отечественной практике используются максимальные амплитудные значения градиента, и формула принимает вид

$$E = 2{,}5 g_{max} + 12r - 30$$

Для одноцепных трехфазных линий формула может быть разложена на:

$$E_1 = 3{,}5g_{max1} + 12r_1 - 33\lg D_1/20 - 30$$

$$E_2 = 3{,}5g_{max2} + 12r_2 - 33\lg D_2/20 - 30$$

$$E_3 = 3{,}5g_{max3} + 12r_a - 33\lg D_3/20 - 30,$$

где D_1, D_2 и D_3 — расстояния по прямой от проводов фаз до антенны измерительного прибора, м.

Эти формулы могут также использоваться для определения напряженности поля радиопомех на любом расстоянии от линии приблизительно до 100 м.

Суммирование этих полей осуществляется следующим образом: если одно из полей по меньшей мере на 3 дБ больше, чем два других, то этими двумя полями пренебрегают Если это условие не выполняется, суммарная напряженность поля помех определяется по формуле

$$E = \frac{E_a + E_b}{2} + 1{,}5,$$

где E_a и E_b — две наибольшие величины из трех указанных выше величин, дБ/1 мкВ/м.

Для двухцепной линии после радиопомех, создаваемое каждым из шести проводов, рассчитывается, как указано выше. Поля, создаваемые соответствующими фазами, складываются квадратично, а три результирующие поля суммируют, как указано выше.

Для получения уровня радиопомех на частоте, отличной от 500 кГц, следует использовать поправку, приведенную в приложении 2 РД 50—723.

Если необходимо выполнить расчеты для расстояний, отличающихся от 20 м, то следует использовать формулу приведенную в РД 50—725.

Уровень радиопомех для погодных условий, отличных от средней сухой хорошей погоды, может оцениваться по приложению 2 РД 50—725.

Влияние высоты над уровнем моря на уровень радиопомех может быть учтено, исходя из формулы

$$E_h = E_0 + \frac{A - A_0}{300},$$

где E_0 — напряженность поля радиопомех, дБ/1 мкВ/м, на высоте A_0, м;

E_h — напряженность поля радиопомех, дБ/1 мкВ/м на высоте A, м.

2.5. **Определение 80%-ного уровня радиопомех от ЛЭП**

80%-ный уровень радиопомех для проектируемых линий может быть определен путем расчета, а на действующей линии — при помощи измерений с высокой вероятностью.

2.5.1. Для действующей линии 80%-ный уровень радиопомех можно определить с высокой вероятностью из интегральной кривой распределения радиопомех для всех видов погоды, полученной с помощью измерений, сделанных за год.

2.5.2. Если нет интегральной кривой распределения радиопомех для всех видов погоды для действующей линии или в случае проектируемой линии, используют результаты измерений, сделанных на линии аналогичной конструкции при аналогичных климатических условиях и загрязнении окружающей среды.

2.5.3. Как показали обширные исследования на действующих ЛЭП, в среднем 80%-ный уровень радиопомех для линии на 10 дБ выше, чем 50%-ный уровень. Следовательно, если известен 50%-ный уровень радиопомех, то можно оценить 80%-ный уровень, прибавляя к 50%-ному уровню радиопомех 10 дБ.

2.5.4. 80%-ный уровень радиопомех может быть получен увеличением уровня радиопомех в хорошую погоду, вычисленного по формуле, приведенной в п. 2.4, на 5—15 дБ в зависимости от климатических условий.

3. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СВЕДЕНИЯ К МИНИМУМУ РАДИОПОМЕХ, СОЗДАВАЕМЫХ ПЛОХИМИ КОНТАКТАМИ, ИХ ОБНАРУЖЕНИЕ И НАХОЖДЕНИЕ МЕСТА ИСТОЧНИКА РАДИОПОМЕХ

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

3.1. **Профилактические и эксплуатационные мероприятия**

При сооружении высоковольтного линейного оборудования важно:

гарантировать, что все крепежные болты надежно затянуты;

соединить проводящие элементы насколько возможно либо с землей, либо с потенциалом провода.

На распределительных линиях важно соединение соседних металлических поверхностей, но для подавления искры не требуется соединение с потенциалом земли или провода. Соседние проводящие элементы должны иметь хороший контакт, а весь узел должен быть хорошо изолирован от других металлических частей оборудования. Следует помнить, что даже когда оборудование новое, гальванизированные металлические детали могут иметь коррозионный слой окиси цинка. Когда поверхность выветрена, могут при-

сутствовать 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.

Эффективными являются следующие профилактические и эксплуатационные мероприятия:

3.1.1. *Проводящая смазка и паста*

Быстрым и экономичным методом является применение проводящей смазки в зоне гнезда и проушины изоляторов. Это средство действует ограниченное время, и необходимо периодически возобновлять смазку. Использование медной пасты вместо проводящей смазки обещает быть более долговечным средством. При этом необходимо предотвратить попадание смазки или пасты на изолирующие поверхности.

Непроводящая смазка, примененная для новых оцинкованных поверхностей, обычно препятствует коррозии.

3.1.2. *Соединительная щетка*

Применение соединительной щетки с проволоками из нержавеющей стали является временным средством, действующим в течение 3—5 лет, обеспечивая контакт между металлическими частями в зоне стержня и проушины или пестика и гнезда.

3.1.3. *Соединительный зажим*

Там, где используют подвесные изоляторы, имеющие соединения «палец—проушина», могут быть установлены соединительные зажимы в месте соединения пальца и проушины. Особенно важно, чтобы они были установлены на соединении поддерживающего зажима на проводе со стержнем изолятора со стороны высокого напряжения линии. Имеется несколько типов зажимов, пригодных для вставки между пальцем и проушиной, которые сохраняют достаточное давление в контактах соединения для разрушения оксидной пленки.

3.1.4. *Постоянное соединение*

Вероятно, наилучшие результаты получаются при постоянном гибком соединении через каждое отдельное металлическое звено гирлянды изоляторов совместно со связями от изолятора заземленного конца к траверсе и от зажима провода к изолятору со стороны линии. Связи должны состоять из многожильного кабеля из нержавеющей стали или меди и могут либо привариваться, либо прикрепляться винтами. Кабель должен иметь пластиковое покрытие для предотвращения запутывания птиц в поломанных жилах.

3.1.5. *Металлические грузы (балласты)*

Они применяются для гирлянд изоляторов с недостаточной механической нагрузкой.

Для того чтобы гарантировать хороший контакт между шапкой и стержнем соседних изоляторов, гирлянда должна быть на-

гружена металлическими грузами, которые должны иметь хорошо скругленные формы для предотвращения разрядов короны.

3.1.6. *Упругие и пластические шайбы*

Если используются деревянные опоры, некоторый положительный эффект дает применение упругих или пластических шайб. Упругие шайбы способны предотвратить ослабление креплений арматуры на опорах и траверсах за счет усадки дерева. Пластические шайбы из ацетата или нейлона также улучшают затяжку гаек. Там, где используются эти «защищенные от вибраций» гайки или пластические шайбы, следует позаботиться о гарантии отсутствия изолирующих зазоров между металлическими частями. Такие шайбы обычно используются только между гайками и деталями деревянной стойки или траверсы опоры.

3.1.7. *Одиночный изолятор*

Использование одиночного изолятора дает преимущество в связи с меньшим числом возможных источников радиопомех.

3.1.8. *Штыревые изоляторы с проводящей глазурью*

При штыревых изоляторах искрение может возникать там, где провод лежит в верхнем пазу и у вязки или хомутов в боковом пазу изолятора. Эта проблема может быть решена путем использования проводящих красок или металлизации поверхности изолятора в зоне контакта. Эти металлизирующие средства эффективны только, если применяются вместе с глазурью при изготовлении изолятора. В случае штыревых изоляторов, если стержень вкручивается непосредственно в резьбовое отверстие в фарфоре, резьба в фарфоре должна обрабатываться проводящей краской. В качестве варианта может использоваться металлическая вставка с нарезкой, которая цементируется в отверстии для стержня, хотя наилучшим решением являются изоляторы с отверстием для стержня, покрытым глазурью при изготовлении.

Если используется провод с полихлорвиниловой изоляцией, возможно возникновение местных разрядов на опорных изоляторах. Этих разрядов можно избежать, обматывая полихлорвиниловое покрытие провода полупроводящей лентой. Для линии 11 кВ длина участка, покрытого лентой, должна быть не менее 600 мм с каждой стороны изолятора.

3.1.9. *Пластмассовые крепления и изолированные скобы*

Использование пластмассовых креплений или изолированных скоб для крепления заземляющего троса к деревянной опоре будет помогать избегать искрение.

3.2. Методы обнаружения и поиск места плохих контактов

Когда плохие контакты имеются на ЛЭП или подстанции, обнаружение и точное нахождение места источника (источников) радиопомех более важно, чем определение уровня помех от источников. Практические методы обнаружения и нахождения источни-

ка этих плохих контактов описываются ниже. Измерения и наблюдения обычно производят в сухую погоду.

ЛЭП и связанное с ними оборудование часто являются источниками различных радиочастотных полей. Перым шагом в исследовании является получение звуковой и (или) визуальной индикации радиопомех путем использования громкоговорителя или головных телефонов, осциллографа или телевизионного приемника. При обнаружении источника радиопомех за счет плохих контактов лучше измерять помехи на более высоких частотах из-за их более быстрого затухания вдоль линии. Предпочтительно, чтобы аппаратура, используемая для обнаружения, охватывала бы весь частотный диапазон радиопомех. Имеется несколько приборов, которые охватывают этот спектр. Было специально разработано несколько приборов для нахождения мест источников радиопомех.

3.2.1. *Аппаратура для поиска места плохих контактов*

3 2 1.1. Обычный широковещательный приемник с амплитудной модуляшией с диапазоном частот от 500 кГц до 18 МГц.

3.2.1.2. Измеритель напряженности поля в диапазоне частот 30—1000 МГц, снабженный двухэлементной широкодиапазонной антенной и предварительным усилителем очень высоких частот. Звуковой выход должен усиливаться до уровня, достаточного для подачи сигнала на громкоговоритель и осциллограф.

3.2.1.3. Осциллограф с достаточной интенсивностью свечения при полном дневном свете, когда применяется затеняющий козырек, с частотой развертки приблизительно 500 Гц.

3.2.1.4. Измеритель напряженности поля в диапазоне частот 300—1000 Мгц, оборудованный двумя взаимозаменяемыми антеннами Яги: одна антенна для 500 МГц, другая — для 800 МГц. Для громкоговорителя требуется звуковой выход с умеренным уровнем. Требуется предварительное усиление радиочастот и желательно регулирование усиления промежуточных частот. Весь комплект должен быть пригоден для переноски одним человеком.

3.2.1.5. Детектор радиочастот, охватывающий частотный диапазон от средних частот до очень высоких частот, без автоматического регулирования усиления.

3.2.1.6. Радиоприемник для приема вещания с амплитудной модуляцией без ручного или автоматического регулирования усиления. Приемник имеет металлический корпус. Антенна приемника может быть либо телескопической, позволяющей изменять чувствительность к радиочастотам, т. е осуществлять регулирование усиления радиочастот, или, предпочтительно, ферритовой штыревой. Приемник располагается вблизи источника помех и при соблюдении осторожности может использоваться даже тогда, когда радиопомехи создаются высоковольтным оборудованием.

3.2.1.7. Чувствительный ультразвуковой детектор с параболическим отражателем. В ситуациях, где источники помех многочисленны и близки друг к другу, например, на подстанциях, это может быть исключительно полезный прибор, но он может использоваться только в сухую погоду. Следует помнить, что этот прибор также чувствителен к источникам короны.

3.2.2. *Методика поиска мест источника или источников радиопомех, создаваемых плохими контактами*

3.2.2.1. Используя исследовательскую аппаратуру, получают звуковую и (или) визуальную индикацию сигнала помех на приемнике, подвергающемся воздействию помех. Определяется частотный диапазон помех с помощью развертки соответствующей части радиочастотного спектра.

3.2.2.2. Если появляются помехи в широком диапазоне частот, используют для слежения наиболее высокую возможную частоту. Если при движении вдоль линии передачи обнаруживается, что помехи появляются на все возрастающих частотах, то значит приближаемся к источнику помех. В непосредственной близости к источнику сигнал помех должен обнаруживаться в большинстве частотных диапазонов вещания. Когда более высокие частоты начинают ослабевать, то источник остался позади. Вдоль линии передачи в некоторых местах и на некоторых частотах могут иметь место нулевые значения напряженности поля помех из-за стоячих волн. Для линий с деревянными опорами можно использовать кувалду. Если по основанию опоры ударять кувалдой, помехи за счет плохих контактов на этой конкретной опоре могут либо резко увеличиться, либо временно исчезнуть. Этот прием позволяет определить опору, являющуюся источником помех.

Другим методом нахождения места плохих контактов, особенно на подстанции, где может быть несколько соединений, является подача тонкой струи воды на каждое сомнительное металлическое соединение по очереди. Для обеспечения высокой степени изоляции небольшой объем воды в пластиковом контейнере располагается на конце длинного шеста из изолирующего материала. Две трубки входят в контейнер, одна из которых заканчивается соплом для обеспечения тонкой струи воды, а другая несет сжатый воздух через клапан с земли. Оператор на земле регулирует струю воды с помощью сжатого воздуха. Аналогичное устройство часто используется для внесения смазки соответствующей консистенции в дефектное соединение.

3.2.2.3. Если помехи обнаруживаются в узком диапазоне частот, лучше всего использовать триангуляцию. В месте нахождения источника помехи от искрения будут обнаруживаться в широком диапазоне частот до 100 МГц. Помехи в узком диапазоне частот могут возникать в результате разряда в зазоре.

3.2.2.4. Если существует более одного сигнала помех, может быть использован осциллограф для распознавания источников. Для установления типа источника помех может использоваться следующая информация:

осциллографические или телевизионные изображения дают четкие указания относительно источника помех;

помехи выше 30 МГц в хорошую погоду вызываются искрением;

если помехи имеют место только в хорошую погоду, то, вероятно, они вызываются искрением;

на линиях ниже 70 кВ помехи за счет искрения преобладают над помехами от короны.

3.2.2.5. Если исследования указывают, что источник помех находится на подстанции, то следует использовать радиочастотный детектор или небольшой портативный радиоприемник с амплитудной модуляцией без автоматического регулирования усиления.

3.2.2.6. В случае, когда на ЛЭП обнаружена опора с источником помех, должен использоваться измерительный прибор для получения дальнейших подтверждений. Опора должна быть обследована с использованием как вертикальной, так и горизонтальной поляризации антенны для установления наличия на ней источника помех. Если не обнаруживается никакого поля помех, то дальнейшую проверку осуществляют настройкой на частоту приблизительно на 10 МГц вниз и вверх от частоты измерения (на отдельных частотах может возникнуть нуль).

3.2.2.7. Для обследования изоляторов либо на опорах, либо на подстанции, чтобы доказать, что они не дают помех, должен использоваться радиоприемник для приема вещания с амплитудной модуляцией без регулирования усиления.

3.2.2.8. Акустический шум с низким уровнем частот связан с искрением и разрядами в зазоре. Для отыскания места источника помех может использоваться чувствительный ультразвуковой детектор, оборудованный параболическим отражателем.

gost.e-ecolog.ru