



Основные виды помех, опасных для электронной аппаратуры, и их характеристики

Автор: Матвеев М.В.

1. Помехи от высоковольтного и силового оборудования

1.1 Потенциалы на заземляющих устройствах при коротких замыканиях

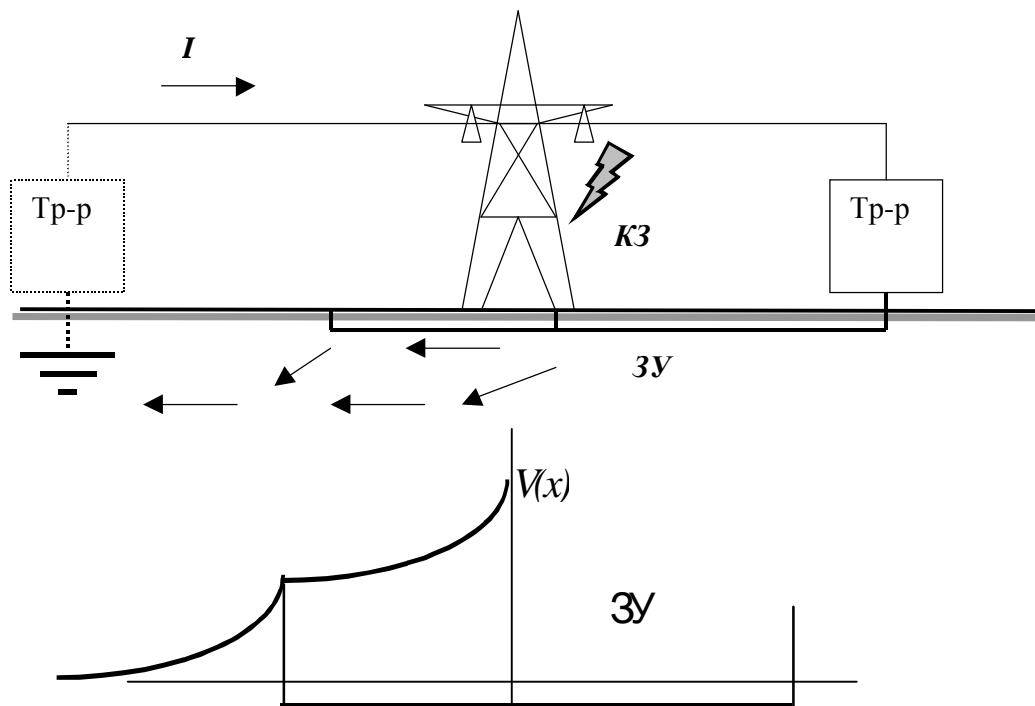


Рисунок 1

Амплитуда: до 5—10 кВ, обычно — 2—3 кВ.

Действие на аппаратуру:

- Повреждение интерфейсов цепей и оболочек кабелей, связывающих аппаратуру на объекте с удаленной аппаратурой.
- Если цепи питания выходят за пределы объекта — повреждение блоков питания.

Испытания аппаратуры: Проверка электрической прочности изоляции по различным входам.

Диагностика: Проверка сопротивления растеканию объекта



e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

$R_{рас} < 0,5 \text{ Ом}$

Методы борьбы: Прокладка дополнительных заземлителей; защита цепей с помощью разделительных трансформаторов, оптических вставок и т.п.

1.2 Разности потенциалов между различными частями ЗУ

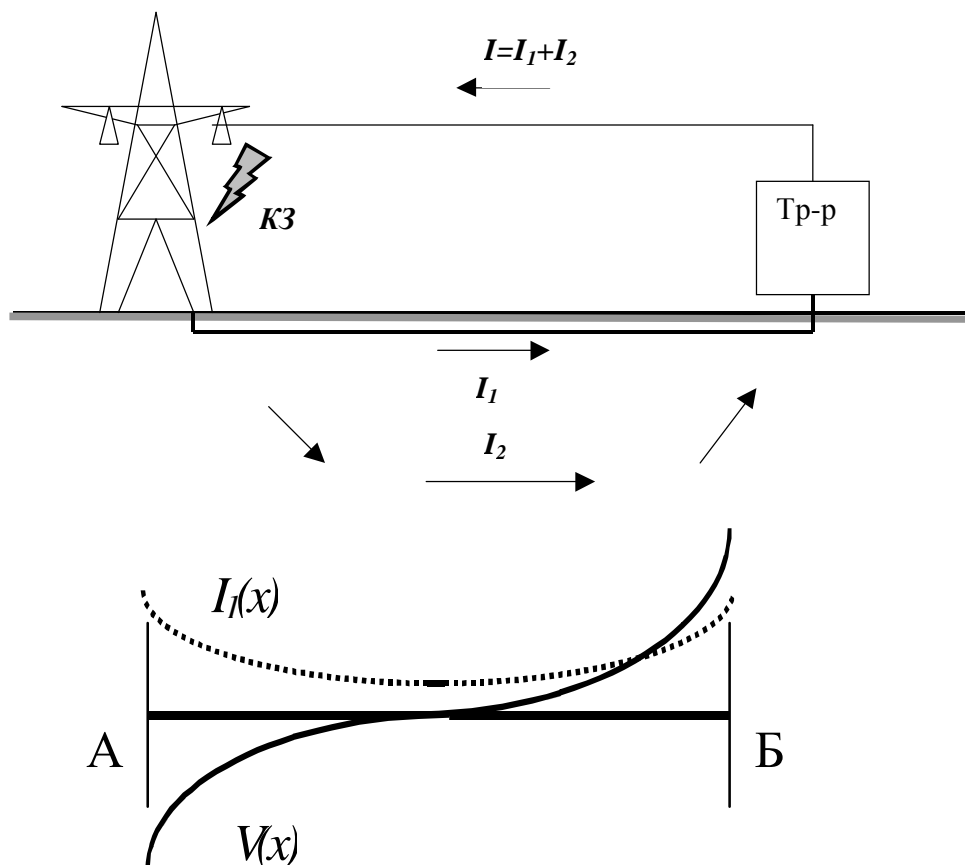


Рисунок 2

Амплитуда: до 1–2 кВ при отсутствии дефектов ЗУ, до нескольких десятков кВ при наличии дефектов.

Действие на аппаратуру:

- Повреждение интерфейсных элементов аппаратуры и оболочек кабелей, не выходящих за пределы объекта.



ЭЗ ОП - Электроэнергетика, Защита От Помех

e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

- Если заземление нейтрали питающего трансформатора оказалось в пределах зоны подъема потенциала возможно повреждение блоков питания.

Испытания аппаратуры: Проверка электрической прочности изоляции по входам питания и информационных цепей.

Диагностика: Проверка сопротивлений оснований силовых аппаратов и размещенного рядом оборудования: $R_{осн} < 0,1 \text{ Ом}$

Методы борьбы: Прокладка дополнительных заземлителей, соединяющих «оторвавшиеся» аппараты с основным ЗУ; защита цепей с помощью разделительных трансформаторов, оптических вставок и т.п.

1.3 Особенности существующих ЗУ

- Стальные заземлители подвержены коррозии
- Часто встречаются значительные отклонения от проектной документации
- Общее заземляющее устройство для силового и информационного оборудования
- Возможен вынос потенциала по цепям питания.
- Трассы кабелей управления и связи часто проходят вблизи от заземления высоковольтных электроаппаратов.

1.4 Импульсные помехи и поля при коммутациях силовых цепей

Механизм генерации: Коммутации силового оборудования разъединителями и выключателями приводят к возникновению многократного пробоя воздушного промежутка с образованием дуги и протеканием значительных импульсных токов. Аналогичные помехи – электротранспорт, промышленное оборудование, печи.



e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

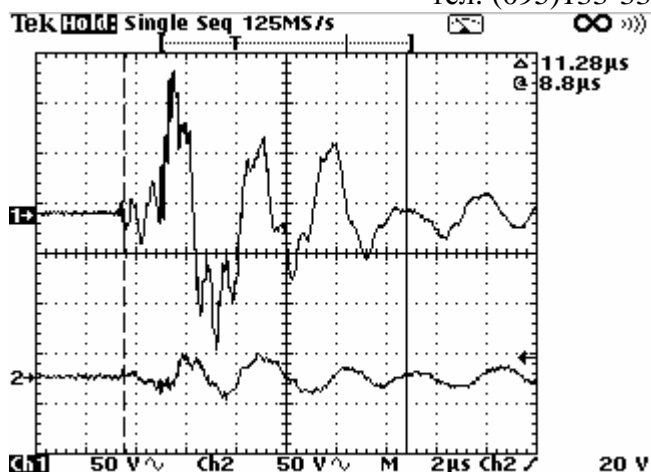


Рисунок 3. Коммутационная помеха на ПС КС-220 (газовая компрессорная станция под Смоленском)

Амплитуда: обычно сотни вольт, но фиксируются величины до 5 кВ.

Длительность фронта: от сотен нс до нескольких мкс, на элегазовых объектах – десятки нс

Действие на аппаратуру:

- Ложные срабатывания, сбои и «зависания» цифровой аппаратуры.
- Кратковременное ухудшение качества каналов связи.
- Повреждение интерфейсов цепей, проходящих вблизи от места коммутации.

Испытания аппаратуры: Устойчивость к затухающим синусоидальным колебаниям по ГОСТ 29280, устойчивость к наносекундным импульсным помехам – НИП, ГОСТ 29156 (ГОСТ Р 51317.4.4-99, МЭК 1000-4-4-95), устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии – МИП, ГОСТ Р 50007 (ГОСТ Р 51317.4.5-99, МЭК 1000-4-5-95).

Диагностика: Измерение помех осциллографом с запоминанием или использование автономных импульсных регистраторов (АИР).

Методы борьбы: Установка фильтров, варисторов и полупроводниковых ограничителей на входах цепей; экранирование кабелей, улучшение заземления

1.5 Поля промышленной частоты

Электрическое поле — десятки кВ/м, но легко экранируется

Магнитное поле — до 100 А/м

При КЗ значение магнитного поля возрастает до нескольких сотен А/м



e-mail: ezop@ezop.ru
тел. (095)133-33-18

Действие на аппаратуру:

- Искажение изображения на дисплеях (ЭЛТ)
- Низкочастотные помехи в каналах связи.

Опасность для персонала: Есть данные о канцерогенности, влиянии на нервную и сердечно-сосудистую системы

Испытания аппаратуры: Устойчивость к магнитным полям промышленной частоты по ГОСТ Р 50648 (ГОСТ Р 51317.4.8-99, МЭК 1000-4-8-93).

Диагностика: Измерение специальными приборами, при КЗ – расчет.

Методы борьбы: Изменение трасс кабелей и мест размещения аппаратуры, экранирование (малоэффективно для магнитного поля)

2. Грозовые разряды

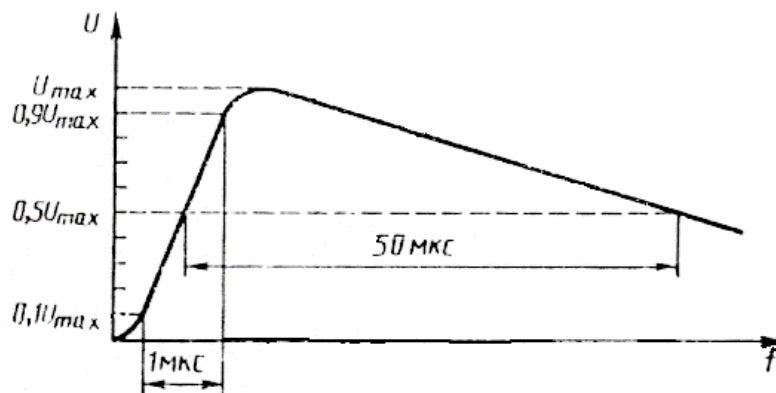


Рисунок 4. Стандартный грозовой импульс 1,2/50 по МЭК

Длительность фронта: единицы мкс.

2.1 Грозовые потенциалы на элементах ЗУ

Механизм генерации: Прямой удар молнии по территории объекта или вблизи трассы кабелей.

Ситуация – примерно как при КЗ на территории объекта с возвратом тока к удаленному источнику

Особенность: Значительные перепады импульсного потенциала в пределах большого ЗУ. Причина — повышенное сопротивление элементов ЗУ на высокой частоте.

Потенциал $V(x)$



e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

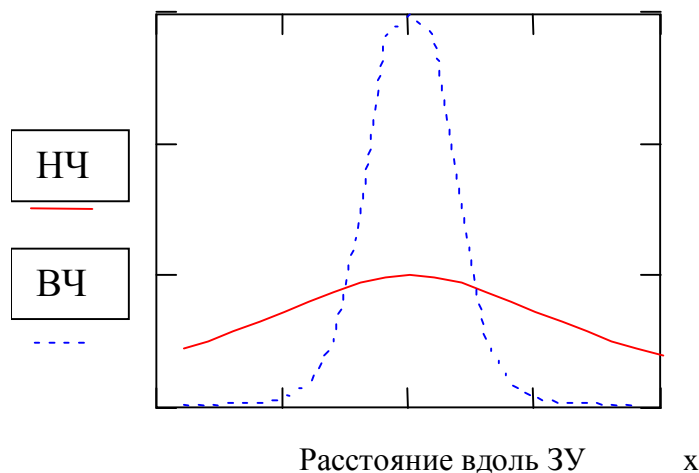


Рисунок 5

Амплитуда: До 10 кВ, обычно – до 4 кВ. По ГОСТ в цепях питания – до 6 кВ!

Действие на аппаратуру:

- Повреждение интерфейсов цепей и оболочек кабелей (как выходящих, так и не выходящих за пределы объекта).
- Повреждение блоков питания.

Испытания аппаратуры: Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии – МИП, ГОСТ Р 50007 (ГОСТ Р 51317.4.5-99, МЭК 1000-4-5-95).

Диагностика: Использование специальных генераторов (неточно), экспериментально-расчетный метод.

Методы борьбы: Изменение трасс кабелей и мест размещения аппаратуры, установка разрядников, варисторов, специальных комбинированных сетевых фильтров и т.п.; улучшение заземления элементов грозозащиты.

2.2 Поля и наводки от грозовых разрядов

Наводки в цепях кабелей – действуют примерно так же, как и помехи из-за грозовых потенциалов. Возможно непосредственное воздействие полей на аппаратуру (в основном – устройства на базе ЭЛТ)

Испытания аппаратуры: Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии – МИП, ГОСТ Р 50007 (ГОСТ Р 51317.4.5-99, МЭК 1000-4-5-95), устойчивость к импульсным полям – ГОСТ Р 50649 (ГОСТ Р 51317.4.9-99, МЭК 1000-4-9-93).

Диагностика: Анализ схем грозозащиты с последующим расчетом наводок.



ЭЗ ОП - Электроэнергетика, Защита От Помех

e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

Методы борьбы: Изменение трасс кабелей и мест размещения аппаратуры, установка разрядников, варисторов, специальных комбинированных сетевых фильтров и т.п.; улучшение заземления элементов грозозащиты, экранирование кабелей и аппаратуры.

2.3 Особенности существующих объектов, влияющие на уровень помех при грозовых разрядах

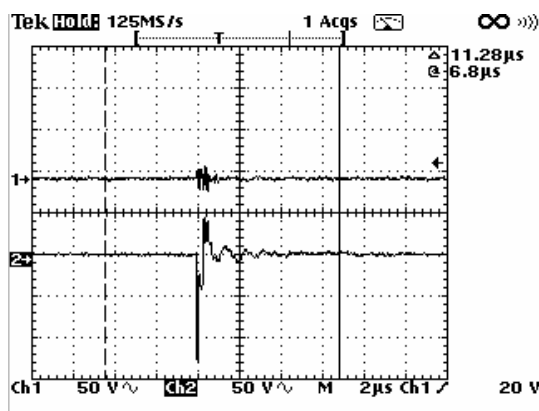
- Заземление молниеотводов вблизи от трасс кабелей
- Плохое заземление молниеотводов
- Возможен вынос потенциала по цепям питания.

3. Помехи от низковольтного оборудования

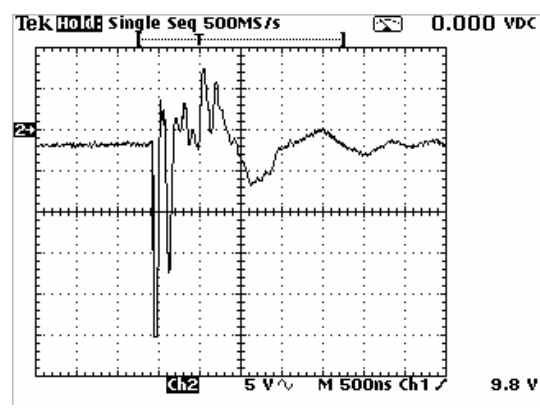
3.1 Помехи при коммутации реле и работе щеточных двигателей

Механизм генерации: Коммутация реактивной нагрузки с малой емкостью и индуктивностью.

Примеры:



А)



Б)

Импульсные помехи от внутренних источников: А) – работа реле при включении масляного выключателя на ПС «КС-220 кВ» Смоленскэнерго, Б) – работа реле охлаждения на ПС «Выборгская - 400 кВ».

Рисунок 6.

Амплитуда: обычно 100–200 В, но фиксируются величины до 1 кВ.

Длительность фронта: десятки нс

Действие на аппаратуру:

- Ложные срабатывания, сбои и «зависания» цифровой аппаратуры.



- Кратковременное ухудшение качества каналов связи.

Испытания аппаратуры: Устойчивость к наносекундным импульсным помехам – НИП, ГОСТ 29156 (ГОСТ Р 51317.4.4-99, МЭК 1000-4-4-95).

Диагностика: Измерение помех осциллографом с запоминанием в наносекундном диапазоне.

Методы борьбы: Установка полупроводниковых ограничителей на входах цепей; экранирование кабелей и аппаратуры.

3.2 Низкое качество и прерывания напряжения питания

Основные источники низкочастотных возмущений в цепях питания:

1. Резкие колебания нагрузки.

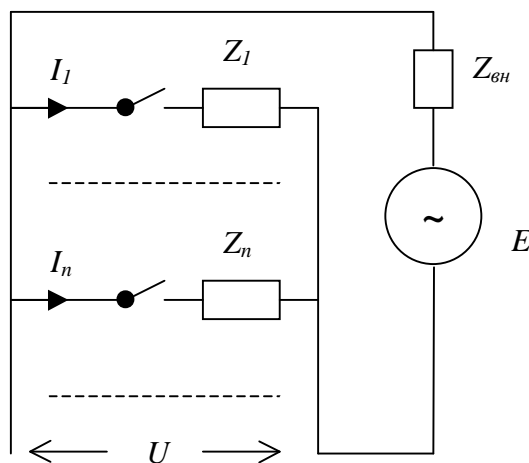


Рисунок 7. Влияние резкого изменения нагрузки на остальных потребителей.

2. Нештатные режимы работы энергосистем.

Вследствие тех или иных неполадок в работе энергосистемы параметры напряжения питания (действующее значение и частота) могут значительно отличаться от номинальных величин 220 В и 50 Гц. Короткие замыкания и другие аварии могут приводить к полному исчезновению напряжения питания длительностью от десятков миллисекунд до нескольких часов. В некоторых случаях могут возникать кратковременные перенапряжения, когда в течение нескольких периодов напряжение питания в 1,5 – 2 раза превышает номинальное.

3. Нелинейные элементы в сетях электропитания.

Наличие в сети питания нелинейных элементов способно значительно исказить формы кривых тока и напряжения. К таким элементам относятся сердечники трансформаторов, работающие в режиме, близком к насыщению, импульсные блоки питания аппаратуры, силовые полупроводниковые преобразователи и т.п.



e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

Нужно учитывать, что искажение формы кривой тока отражается на форме кривой напряжения за счет внутреннего сопротивления источника.

Воздействие указанных факторов на аппаратуру проявляется как воздействие низкочастотных кондуктивных помех по цепям питания.

4. Другие источники помех

4.1 Радиосредства

В зависимости от диапазона частот, электромагнитные поля принято делить на низкочастотные и радиочастотные. Граница между ними по-разному определяется различными стандартами, но обычно в качестве граничной рассматривается частота 150 кГц.

Рассмотрим влияние радиочастотного излучения функциональных источников. К таким источникам относятся, в первую очередь, радио- и телевизионные передатчики различного назначения и радары. Кроме того, к ним можно отнести микроволновые печи бытового и промышленного назначения, различные экспериментальные и испытательные установки и т.п. В некоторых случаях помехи, аналогичные помехам со стороны функциональных источников, могут создаваться и линиями проводной связи, работающими на высокой частоте.

Иногда существенный вклад в общий уровень помех в радиочастотном диапазоне вносят атмосферные и космические радиощумы, шумы от короны, а также радиочастотные шумы, создаваемые при работе блоков питания аппаратуры.

Использование радиочастотного спектра зарегистрированными передатчиками становится все более интенсивным (радиовещание, морские и авиационные радиосредства, радары и мобильные передатчики). Частота используемых передатчиков меняется от 10 кГц в длинноволновом диапазоне до гигагерц у радаров, мобильных телефонов и т.п. Напряженность создаваемого электрического и магнитного полей зависит от мощности передатчика и расстояния до него. Так, слабый близкорасположенный источник (например, сотовый телефон) может создавать большее поле, чем удаленный мощный передатчик (например, аэродромный радар).

Воздействие радиочастотных помех в первую очередь представляет опасность для радиоаппаратуры (особенно высокочувствительных приемников). Однако, благодаря усилиям соответствующих международных и государственных органов, случаи совпадения рабочих частот у различных радиосредств сравнительно редки. Гораздо чаще приходится иметь дело с ситуациями, когда внешнее излучение имеет спектр частот, пересекающийся с одним из «окон уязвимости», например – промежуточной частотой аппаратуры. Такая ситуация часто имеет место, например, когда одна и та же антенная мачта используется различными радиопередающими устройствами.



ЭЗ ОП - Электроэнергетика, Защита От Помех

e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

Сбои цифровой аппаратуры под действием радиочастотных полей часто связаны с неудовлетворительными экранирующими свойствами ее корпуса или неправильной схемой заземления аппаратуры и экранов кабелей.

Испытания: согласно ГОСТ Р 50008 (ГОСТ Р 51317.4.3-99, МЭК 1000-4-3-95). Испытания начинаются с минимальной уставки амплитуды РЭМП (1 В/м). Затем амплитуда ступенчато повышается до требуемой (с шагом, определяемым стандартизованными степенями жесткости испытаний). При появлении признаков нарушения нормального функционирования аппаратуры подачу МИП следует немедленно прекратить.

4.2 Электростатический разряд

Электростатический разряд (ЭСР) – довольно распространенное явление, и большинство людей имеет представление о его разрушительном воздействии на полупроводниковые схемы. По сути, ЭСР – просто перераспределение заряда между телами, имеющими различный электростатический потенциал. Накопление заряда происходит при обычной электризации трением; конкретные величины зарядов зависят от размеров, формы и электрических свойств взаимодействующих тел. Условия окружающей среды (особенно влажность) также заметно влияют на величину и время рассеивания заряда.

Основным механизмом воздействия является протекание тока по металлическим частям аппаратуры. Поскольку спектр импульса содержит очень высокие частоты (длительность фронта – около 1 нс, следовательно, частоты – порядка гигагерц), влияние через паразитные связи на внутренние узлы аппаратуры очень велико.

Действие на аппаратуру:

- сбои в работе высокоскоростных цифровых узлов, а также цифровых интерфейсных элементов;
- при подаче на разъемы, клавиатуры, элементы индикации и т.п. возможно физическое повреждение интерфейсных элементов.

Опасность для персонала:

Особенно опасно воздействие ЭСР на незащищенные узлы аппаратуры. Поэтому при любых ремонтных и наладочных работах нужно соблюдать требования электростатической безопасности. При профессиональной сборке аппаратуры используют антистатические браслеты (обеспечивающие стекание заряда на землю), антистатические покрытия и т.п. В условиях эксплуатации эти требования удастся выполнить не всегда. Однако минимальные меры предосторожности соблюдать все же стоит: например, перед прикосновением к узлам аппаратуры следует дотронуться до заземленных металлоконструкций, что позволит снять избыточный заряд.



ЭЗ ОП - Электроэнергетика, Защита От Помех

e-mail: ezop@ezop.ru

тел. (095)133-33-18

Испытания: согласно ГОСТ 29191-91 (ГОСТ Р 51317.4.2-99, МЭК 1000-4-2-95). Контактные разряды подаются на доступные прикосновению точки корпуса аппаратуры. Воздушные разряды подаются на индикаторы и незакрытые разъемы

Для каждой точки испытания начинаются с минимальной уставки амплитуды ЭСР: 2 кВ - контактной, 4 кВ - воздушной. Затем амплитуда ступенчато повышается до требуемой (с шагом, определяемым стандартизованными степенями жесткости испытаний). При появлении признаков нарушения нормального функционирования аппаратуры подачу ЭСР следует немедленно прекратить.