

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	5
2 ГРОЗА.....	6
2.1 Возникновение гроз	6
2.2 Параметры молний.....	8
2.3 Карта грозовой активности.....	10
3 КОНЦЕПЦИЯ ГРОЗОЗАЩИТЫ	11
3.1 Структура концепции грозозащиты	13
3.2 Пример реализации Концепции грозозащиты для устройств ЖАТ	15
3.3 Распределение сигнального кабеля по зонам грозозащиты	18
3.4 Строительные рекомендации по архитектурному решению зданий	19
3.4.1 Здания	19
3.4.2 Электроснабжение зданий	24
4 ПОСЛЕДСТВИЯ УДАРОВ МОЛНИИ	24
4.1 Удар 1-ой степени.....	24
4.1.1 Удар 1-ой степени в здание ПЦ.....	25
4.1.2 Удар 1-ой степени по напольному оборудованию	27
4.2 Удар 2-ой степени.....	28
4.2.1 Удар 2-ой степени в здание ПЦ.....	28
4.2.2 Удар второй степени в напольное оборудование	32
4.3 Отдаленные удары молнии.....	33
4.3.1 Воздействия отдаленных ударов молнии	34
4.3.2 Воздействия на здания ПЦ	34
4.3.3 Воздействие на напольное оборудование.....	35
5 ВНЕШНЯЯ ГРОЗОЗАЩИТА.....	36
5.1 Грозозащитное заземляющее устройство.....	36
5.2 Отводчики	39
5.3 Улавливающие устройства	44
6 ВНУТРЕННЯЯ ГРОЗОЗАЩИТА.....	47
6.1 Грозозащитное выравнивание потенциалов	48
6.2 Разделение потенциалов	54
6.3 Экранирование кабеля.....	55
6.4 Схемы защиты.....	56
6.4.1 Схема защиты для питания сети.....	58
6.4.2 Защита от выходного напряжения с основного источника электроснабжения	64
6.4.3 Защита от перенапряжения для линий сигнализации	65
6.5 Особые условия	67
7 ОСНОВЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ.....	67
7.1 Защитные элементы для сетей подачи энергии	68
7.2 Защитные элементы для линейных цепей и сетей передачи данных	68

7.3 Защитные элементы для напольной кабельной сети в технике ЖАТ	69
7.4 Принцип действия защитных элементов	71
8 ПРИМЕНЯЕМЫЕ БЛОКИ СХЕМНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ	74
8.1 Децентрализованная (индивидуальная) система, в данном случае защиты, органов управления (DSTT-система) для клемм WAGO при длительном напряжении влияния до 250 V	74
8.1.1 Конструкция системы	74
8.1.2 Сфера применения	75
8.1.3 Предпосылки для применения	77
8.1.4 Составляющие блоков схемной защиты от перенапряжения	78
8.1.5 Описание функций	81
8.1.6 Указания по проектированию	81
8.2 Защита от перенапряжения на основном источнике электроснабжения	81
8.2.1 Подача энергии от основного источника электроснабжения	81
8.2.2 Применение отводчиков перенапряжения	83
8.2.3 Сфера применения	84
8.2.4 Предпосылки для применения	85
8.2.5 Составные элементы	85
8.2.6 Функциональное описание	85
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	86
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	88
ЗАРУБЕЖНАЯ ЛИТЕРАТУРА	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОАО «РЖД»	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А	96

1 Введение

Целью настоящей Концепции системы защиты устройств инфраструктуры железнодорожного транспорта от грозовых и коммутационных перенапряжений является адаптирование Концепции грозозащиты компании Сименс АГ (Германия) к условиям и техническим требованиям, действующим в ОАО «РЖД».

Концепция разработана Сименс АГ (Германия) и ЗАО «Форатек АТ» (Россия) в целях реализации Приложения В Меморандума о взаимопонимании между ОАО «Российские железные дороги» и Сименс АГ (Германия), на основании Протоколов совещаний совместной рабочей группы по адаптации и применению в ОАО «РЖД» технических средств защиты инфраструктуры железнодорожного транспорта от атмосферных и коммутационных перенапряжений фирмы Сименс АГ.

Применение настоящей Концепции не должны противоречить действующим требованиям нормативно-технической документации по вопросам защиты обслуживающего и эксплуатационного персонала, а также защиты линейно-кабельных и служебно-технических сооружений от воздействия атмосферных перенапряжений, воздействия тягового напряжения и тока, а также по обеспечению противопожарной безопасности служебно-технических зданий и других сооружений инфраструктуры ОАО «РЖД».

Работа выполнена по заказу ОАО «РЖД».

Грозовые явления, приводящие к образованию молнии, а также токи, возникающие при режиме короткого замыкания или заземления контактного или высоковольтного провода, коммутационные процессы в силовых цепях и т.п. имеют электрическую природу. Учитывая, что влияние этих событий на факты повреждения и возгорания служебно-технических зданий и сооружений и технических средств, находящихся в этих помещениях, имеют сходный характер, в настоящем документе в качестве источника перенапряжений рассматриваются явления грозового характера, а предлагаемые меры защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений объединены.

2 Гроза



Рис. 1 Удар молнии (Werkfoto Fa. Dehn)

2.1 Возникновение гроз

Грозы возникают в результате разделения в облаках электрических зарядов. При построении модели, достаточной для проектирования устройств грозозащиты инфраструктуры железнодорожного транспорта, исходят из того, что в результате подъема водяного пара в воздухе происходит разделение зарядов и таким образом возникают области облаков с положительным и отрицательным зарядами.

Тем самым становится возможным образование электрического поля между облаками и землей (см. рис 2). Если при этом возникающая электрическая напряженность поля будет настолько сильной, что она превзойдет устойчивость воздуха на пробой, то расширяется канал для разрядки по направлению к земле. Данный канал для разрядки нарастает поэтапно по направлению к поверхности земли, поскольку напряженности поля, возникшей из-за имеющегося заряда, достаточно только для ионизации определенного участка. По причине индуктивности молнии для заряда необходимо определенное время, чтобы он достиг головы молнии. С приближением головы молнии к земле плотность поля возрастает в защищенных местах, особенно это относится к башням, выступающим краям зданий; сооружений. Плотность ионизации поля и улавливающий разряд увеличиваются навстречу голове молнии. При встрече обоих разрядов ток молнии идет в землю. Заряд из облака отводится в землю, проходит по земле и снова отводится к

облаку на основе «емкости “земля-облако”». Поскольку подводящий проводник (канал молнии) и обратный проводник («емкость “ЗЕМЛЯ-ОБЛАКО”») расположены далеко друг от друга, то в зоне канала молнии возникает большое магнитное поле, которое согласно закону электромагнитной индукции индуцирует напряжение во всех проводящих структурах (токопроводящие петли (участки), провода кабельной сети и т.п.).

В целом в данном явлении выравнивания потенциалов задействована территория радиусом около 500м, причем, собственно канал молнии занимает несколько сантиметров. Канал молнии из-за большой величины тока нагревается настолько, что взрывается находящийся там воздух. Этот взрыв воспринимается как гром.

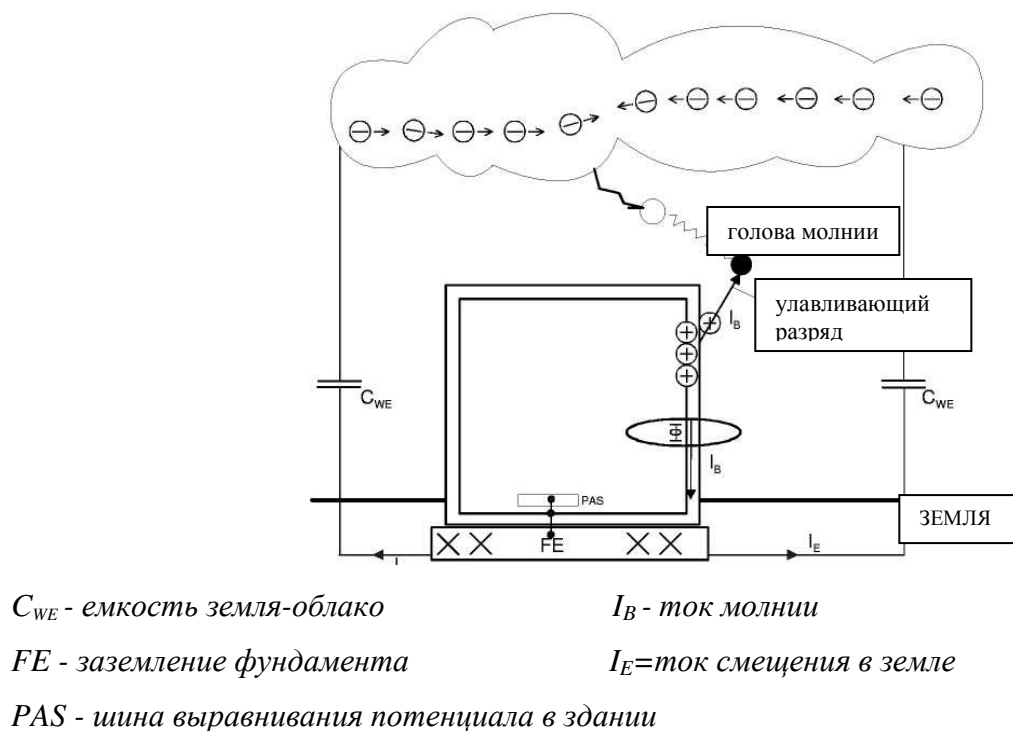


Рис. 2 Возникновение и удар молнии

С первой молнией электрический заряд облака не разряжается полностью. Поэтому, спустя несколько миллисекунд, последующие носители зарядов могут снова вызывать молнии.

Описанное здесь явление дано в упрощенном виде. Так не упоминается о том, например, что между облаками также происходят разряды (молнии “облако-облако”). Также имеют место разряды между высокими башнями и строениями и

облаками (молния “земля-облако”) и многое другое. Однако это несущественно для дальнейшего изложения материала.

2.2 Параметры молний

Величина параметров молнии и протекание грозового разряда зависят от многих обстоятельств, таких как геометрия облаков, путь молнии и др. Надежные замеры значений были получены и статистически обработаны в ходе исследований в 50-х и 60-х годах прошлого столетия. Эти параметры образуют основу для расчетов, связанных с ударами молнии.

Для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), а также для планирования внутренней и внешней грозозащиты далее приводятся некоторые их ориентировочные значения. Для учета особых свойств устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) намного важнее оценка последствий повреждений, причиняемых ударами молнии, а также опыт производителей аппаратуры. Для вновь разрабатываемых, модернизируемых и импортируемых систем ЖАТ на ОАО «РЖД» действуют Временные нормы импульсных воздействий, утвержденных Департаментом Автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» 22.03.2007г., в дальнейшем «Временные нормы».

В следующем абзаце представлены параметры грозовых разрядов, учитываемых компанией Сименс АГ для устройств ЖАТ, которые не противоречат упомянутым нормам, действующих в ОАО «РЖД».

Молнии представляют собой импульсы тока, которые за время в несколько миллисекунд могут достичь максимальных значений порядка $I_B = 200 \text{ кА}$ и «затухнуть» за время порядка 100 мкс . Оценка ударов молнии «службой информирования о молниях» [1] показывает в Германии и Скандинавии, что обычными здесь являются значения от 20 кА до 60 кА (подвержены большим колебаниям). Данные параметры рекомендуются учитывать при оценке величины потенциала зданий при разрядах молнии первой и второй степени (см. раздел 4). В обоснованных случаях следует учитывать значение $I_B = 100 \text{ кА}$.

Возникающие при грозовых разрядах быстро протекающие сильные изменения силы тока ведут к изменениям магнитного поля, которые индуцируют на-

пряжение в соседних проводящих структурах. Если имеется много проводящих структур (например, кабельные линии, рельсовые цепи на территории станции и т.п.), то во всех этих структурах индуцируется напряжение. Индуцируемое напряжение посредством кабельных жил прикладывается к их точкам подключения, вызывая этим значительное увеличение входного напряжения на клеммах входных приборов, электронных плат и т.д. Через общие источники питания эти перенапряжения воздействуют и на другие электрические приборы. В то же время, следует учитывать и, по возможности, использовать так называемые токи выравнивания. Токи выравнивания возникают, например, при нахождении в достаточной близости от защищаемых устройств «пассивных» токопроводящих структур (металлические петли, листы железа и т.п.), в которых, при воздействии внешнего магнитного поля, начинают протекать уравнивающие токи. Произведенное ими (уравнивающими токами) встречно вращающееся магнитное поле уменьшает действующее значение общего магнитного поля и тем самым уменьшается наводимое напряжение. Наиболее эффективным является метод выравнивания потенциалов на входе защищаемых устройств и создание обходных путей утечки токов, возникающих от наведенного напряжения. В конечном счете, рассматриваемые индуцированные импульсные напряжения, при использовании мер защиты, имеют величину порядка нескольких киловольт.

Для оценки состояния изоляционных свойств защищаемых устройств используются следующие величины измерительных (испытательных) напряжений:

в зданиях постов централизации (ПЦ) следует принимать во внимание измерительное импульсное напряжение:

- U_{Ni} - 2,2 kV для обычной изоляции и
- U_{Ni} - 3,6 kV для усиленной изоляции или на места важных разъединений (клеммы, развязки и т.п.) [11];

на внешних устройствах, где индуцированное повышенное напряжение не так сильно подавляется проводящими структурами, следует учитывать следующее измерительное импульсное напряжение:

- U_{Ni} - 3,1 kV основной изоляции ,

- UNi - 5 kВ для усиленной изоляции или на важных местах разъединения.
- Требования к характеристикам импульсных воздействий на устройства ЖАТ приведены в документе «Защита систем железнодорожной автоматики и телемеханики от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Характеристики импульсных воздействий на системы ЖАТ. Временные нормы», утвержденные ЦШ 22.03.2007г.

2.3 Карта грозовой активности

Для того чтобы иметь возможность оценить вероятность угрозы возникновения гроз на проектируемом участке (железнодорожной станции), используются статистические данные о грозовой активности территориальных Центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (РОСГИДРОМЕТ). На основании указанных статистических данных на карте местности соединяются области (места) с равным числом грозовых дней. Таким образом, полученные соединительные линии могут использоваться в качестве статистических показателей для определения вероятной частоты и плотности попаданий молний.

В качестве примера, в Приложении А приведены статистические данные о грозовой активности Федерального государственного учреждения Тамбовской области Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГУ «Тамбовский ЦГМС») Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (РОСГИДРОМЕТ) за период 2007-2009 г.г. в районе железнодорожной станции Турмасово Юго-Восточной железной дороги, расположенной на территории Мичуринского района Тамбовской области.

Для получения расчетных показателей, по которым можно сделать выводы о вероятной частоте и плотности попаданий молний, согласно стандарту ЕС «Грозазащита строительных сооружений» (ENV 61 024-1) [9], рекомендованы следующие расчетные формулы:

$$N_g = 0,04 / \text{km}^2 \times T_d^{1,25},$$

N_g - вероятная плотность попадания молний на квадратный километр (n/km^2)

Td - количество грозových дней в году согласно карте грозовой активности.

Более точные данные, где представлены также локальные точки повышенной грозоопасности, могут быть получены путем адаптации соответствующих карт РОСГИДРОМЕТ к местам расположения защищаемых объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

3 Концепция грозозащиты

В рекомендациях МЭК IEC 1312-1 [10] приводится информация для проектирования и установки защитных систем для внешней и внутренней грозозащиты. Поскольку в этом стандарте напрямую не рассматривается системное оборудование (в данном случае устройства техники ЖАТ, связи, и т.п.), а также не освещаются особые условия эксплуатации железной дороги, в этой главе на основе IEC 1312-1 приводится система внешней и внутренней грозозащиты, используемая Сименс АГ для микропроцессорных устройств ЖАТ. Упомянутая система внешней и внутренней грозозащиты, в случаях, не противоречащих соответствующим нормативам ОАО «РЖД», может быть рекомендована для проектирования электронных систем ЖАТ, связи и т.д.

Основой для этой системы служит концепция комплексного подхода к выбору средств грозозащиты, которая далее может адаптироваться к устройствам техники ЖАТ, связи, энергоснабжения и т.д..

Комплексный подход к решению проблемы заключается в том, что независимо от ведомственной принадлежности оборудования и служебно-технических зданий и сооружений, рассматриваются все возможные пути проникновения перенапряжений с выдачей соответствующих решений или рекомендаций. К защищаемым устройствам относятся входящие/исходящие физические электрические цепи, в том числе относящиеся к СЦБ, связи, энергоснабжения, антенно-фидерных устройств, а так же газовые сети, сети водоснабжения и т.д. Рассматривается так же и непосредственное электромагнитное влияние на электронные изделия, находящиеся внутри помещений, от протекающих токов разряда молнии

или таких коммутационных процессов, как режим короткого замыкания высоковольтной или контактной сети и т. п.

Конкретные технические решения по комплексной защите дифференцированы, в зависимости от состояния защищаемого объекта начиная от нового строительства, модернизации устройств до отдельных мероприятий в процессе эксплуатации. В то же время технические решения разделены на две составляющие:

- решения, касающиеся общих составляющих системы защиты. К ним относятся решения по внешней защите зданий и сооружений (молниеотводы), по внутренней защите, в части требований по заземлениям этих сооружений, по вводу кабеля в служебно-технические здания, организации сборных шин зданий и помещений (шины выравнивания потенциалов), защите от внешнего влияния электромагнитного поля (образование «ячеистых структур»), способам снижения потенциалов на защищаемых сетях и приборах.
- решения, относящиеся к конкретным защищаемым сетям, линиям и приборам, так называемая «тонкая защита». «Тонкая защита» строится в соответствии с такими же общими требованиями как обеспечение отвода токов возникающих от перенапряжений на «землю» и/или снижения потенциала между защищаемыми проводами за счет применения приборов с нелинейным сопротивлением. Вариант использования только выравнивателя применим в случаях, когда защищаемая схема или прибор критичны к появлению «земли», например, рельсовые цепи. В отличие от общих составляющих систем защиты, при «тонкой защите» необходимо учитывать специфические требования каждой защищаемой цепи или прибора. В устройствах СЦБ это, прежде всего необходимость выдержать требования по обеспечению безопасности движения поездов. Имеется в виду, что применение приборов защиты, при их повреждении, не должно создавать обходных электрических цепей, в том числе за счет возможных заземлений поврежденных элементов защиты, способных опасно преобразовать информацию о состоянии контролируемых объектов или реализовать несанкционированную команду. В устройствах связи необходимо учитывать большое разнообразие физиче-

ских цепей, отличающихся от цепей ЖАТ и энергоснабжения повышенными частотами, требованиями, связанными с наличием профессионально (с точки зрения электричества) не подготовленных пользователей (абонентов), использованием различного рода преобразователей тока (модемами) и т.п. Отдельные меры по системе внешней и внутренней грозозащиты описаны в гл. 5 и 6.

3.1 Структура концепции грозозащиты

Концепция грозозащиты разрабатывалась как методика, позволяющая рассматривать проблему в «целом» и далее на этой основе произвести интеграцию всех отдельных мер, а также дает возможность четкого структурирования подлежащих защите устройств (комплексов).

С этой целью пространственное расположение защищаемых устройств разделено на несколько зон грозозащиты (ЗГЗ). В каждой зоне (ЗГЗ) преобладают аналогичные воздействия перенапряжения и магнитного поля. Разные зоны защиты отделены друг от друга посредством расстояний, экранирования кабеля, корпусов, разделением помещений и т.п.

Причем, в основном утвердилось такое разделение, когда с увеличением номера ЗГЗ уменьшается опасность для технических устройств из-за воздействия молнии:

Зона грозозащиты θ_A (ЗГЗ- θ_A)

- Внешняя сфера, возможны удары молнии 1-ой степени, не происходит ослабления магнитного поля. Электромагнитное поле может иметь максимальное значение.

Примеры: Такие напольные компоненты как: сигналы, стрелки, отдельно стоящие антенны, служебно-технические здания и сооружения без внешней грозозащиты и т.д.

Зона грозозащиты θ_B (ЗГЗ θ_B)

- Внешняя сфера, удары молнии 1-ой степени предотвращаются с помощью защитных зон, устройств улавливания молний и других мер грозозащиты. Не

происходит ослабления магнитного поля.

Примеры: Напольные компоненты (сигнал) под контактной сетью, здания с внешним грозозащитником.

Зона грозозащиты 1 (ЗГЗ 1)

- Так же как и зона грозозащиты O_B , но дополнительно: ослабляется магнитное поле с помощью внешних стен зданий, экранирования кабелей, параллельно лежащих рельсов железнодорожного пути и пространственных промежутков.
- Провода из зоны грозозащиты O_A и O_B подключаются с разрядниками.
- Для того чтобы избежать различий потенциалов внутри устройств, применяется локальное выравнивание потенциалов.

Примеры: пространство помещений; внутреннее пространство шкафов, устанавливаемых вне помещений; сигнальный кабель, проложенный в земле вблизи пути (см. раздел 3.3).

Зона грозозащиты 2 (ЗГЗ 2)

- Так же как и зона грозозащиты 1, но дополнительно, из-за металлических конструкций рамы узлов (блочных каркасов), еще больше ослабляется магнитное поле.
- Идущее по проводам перенапряжение подавляется с помощью экранированных, и заземленных оболочек кабелей, специальных фильтров и т.д.

Пример: Рамы узлов, металлические корпуса приборов в шкафах

Зона грозозащиты 3 (ЗГЗ 3)

- Так же как и зона грозозащиты 2, но дополнительно идущее по проводам перенапряжение гасится с помощью схем «тонкой» защиты от перенапряжения мест разделения потенциалов, конструктивных элементов (емкость, индуктивность, сопротивление) или фильтров.

Пример: электронные платы управления объектами ЖАТ, абонентские платы связи, передачи данных и т.п., имеющие выходы в зоны грозозащиты O_A и O_B .

Общий пример разделения объекта на зоны угрозы, а также размещение элементов и защитных устройств в каждой из зон представлен на рис .3.

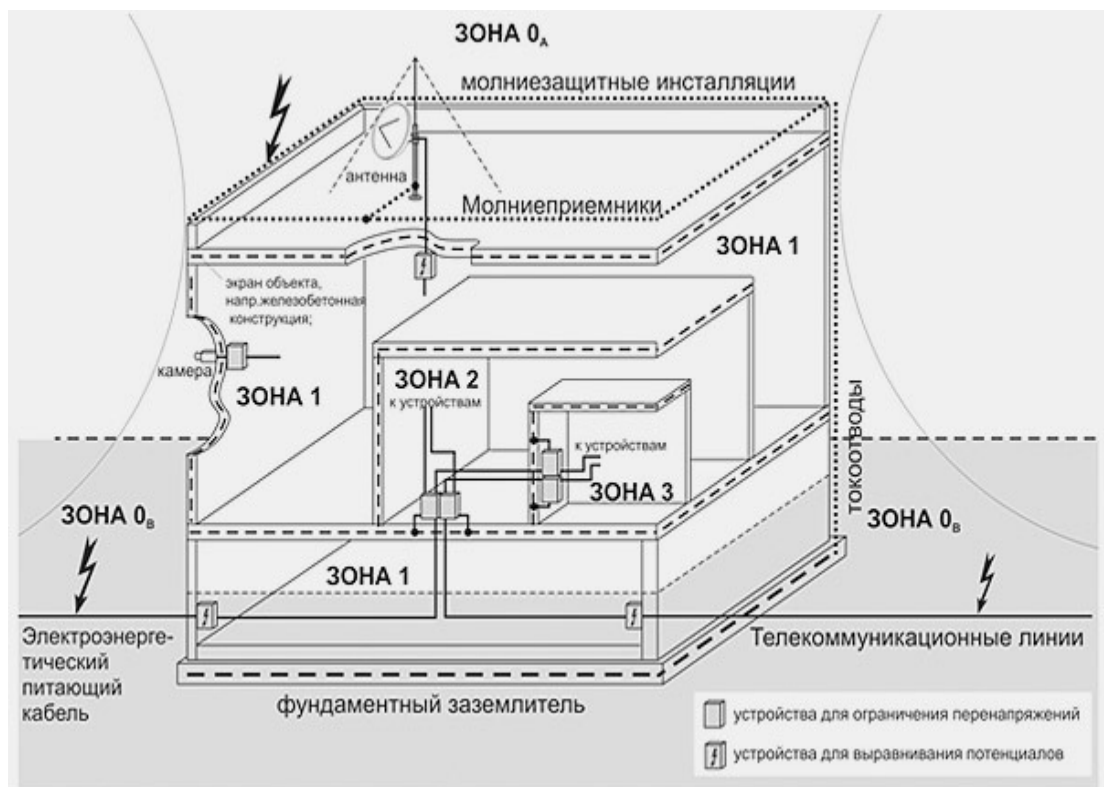
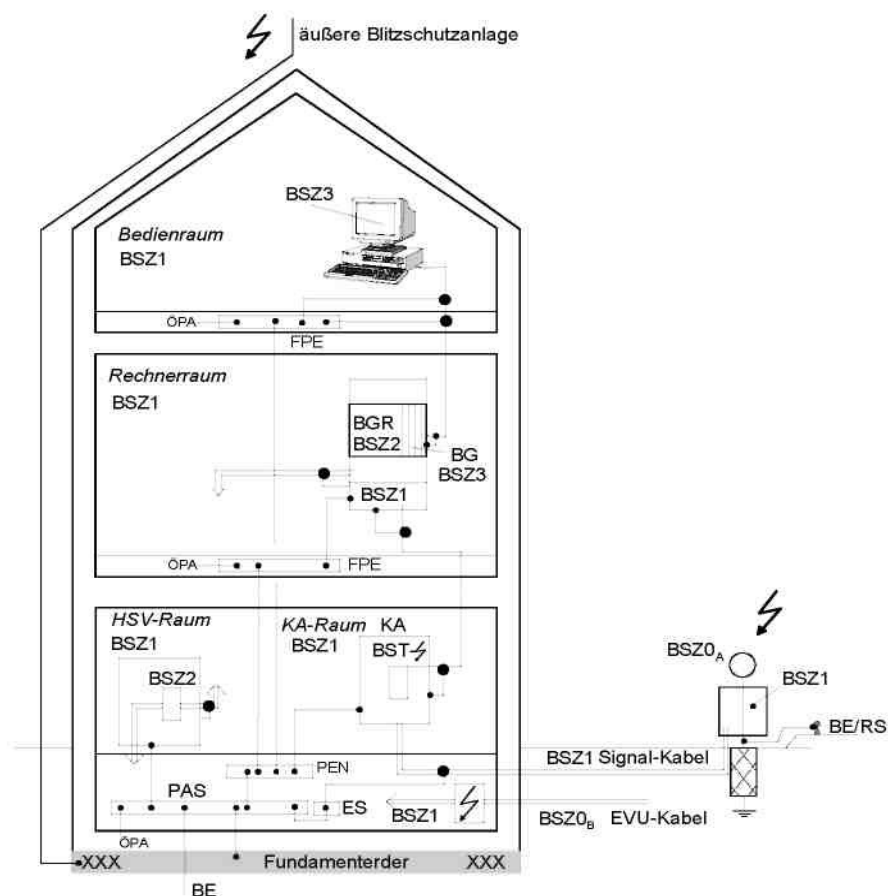


Рис 3. Разделение объекта на зоны и размещение защитных устройств

3.2 Пример реализации Концепции грозозащиты для устройств ЖАТ

В данном разделе, на примере ПЦ и внешнего шкафа, подробнее объясняется концепция грозозащиты, описанная в разделе 3.1.



Außere Blitzschutzanlage – внешнее устройство грозозащиты, BSZ – зона грозозащиты, Bedienraum - помещение пульта управления, Rechnerraum – помещение для компьютеров, HSV-Raum -помещение главного эл.снабжения ПЦ, KA-Raum – помещение кабельного кросса, Signal-Kabel – сигнальный кабель (кабель СЦБ), EVU-Kabel – кабель от поставщика эл. энергии, Fundamenterder – заземлитель фундамента

Рис. 4. Структурная схема грозозащиты (пример для здания ПЦ или транспортных модулей)

BE = «земля» на ж.д. перемен. тока

BG = узел

BGR = рама узлов

BSZ-⚡ = доп. защита от перенапр.

BSZ = зона грозозащиты

ES = шина заземления для внеш. кабеля

EVU = поставщик эл. энергии

FPE = функционально-защитное заземление

⇒ = электроснабжение

HSV= глав.эл.снабжение ПЦ

KA = кросс кабеля

ÖPA= местное выравнивание потенциалов

подвести здесь

PAS= шина выравнивания потенциалов

PEN= комбинированный провод: защита и нейтраль

RS = система возврата на ж.д. пост. тока

⚡ = закладка экрана кабеля

⚡ = разрядник тока молнии

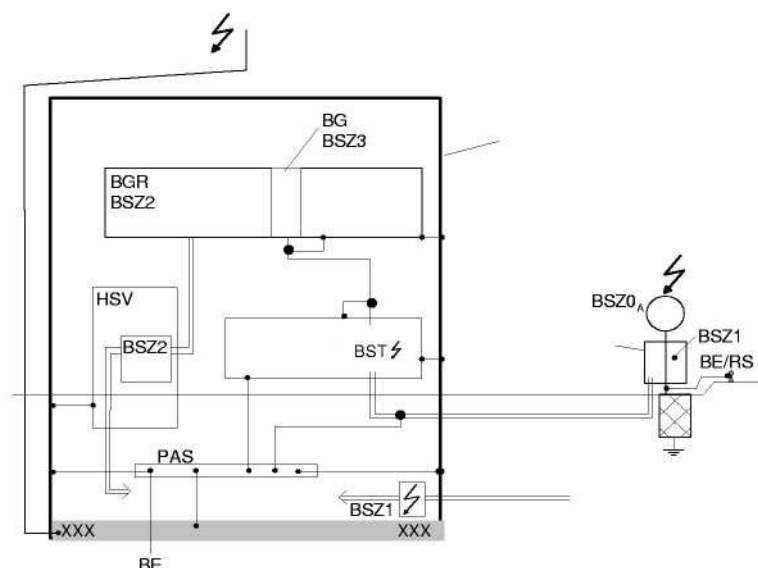


Рис. 5 Структурная схема грозозащиты, пример для внешнего шкафа

BE	- земля» на ж.д. перемен. тока
BG	- узел
BGR	- рама узлов
BST	- доп. защита от перенапр.
BSZ	- зона грозозащиты
EVU	- поставщик эл. энергии
HSV	- глав.эл.снабжение ПЦ
KA	- кросс кабеля
PAS	- шина выравнивания потенциалов
ÖPA	- местное выравнивание потенциалов
RS	- система возврата на ж.д. пост. тока
=>	- электроснабжение

Примечание: При выполнении выравнивания потенциалов следует принимать во внимание предписания эксплуатирующей стороны.

При разделении сигнального кабеля по защитным зонам следует принимать во внимание раздел 3.3. При соединении напольных компонентов с системой возврата тока (RS) на ж.д. с электрической тягой постоянного тока, напольные компоненты должны быть изолированы от земли. Подробнее см. [3].

Напольные элементы – это например, релейные шкафы, блоки переключения на сигналах и многое другое.

Внешняя грозозащита организуется в зависимости от важности защиты (см. раздел 5).

Внешние шкафы следует по возможности устанавливать внутри защитной зоны контактного провода (см. раздел 4). Тогда они защищены от ударов молнии 1-ой степени.

3.3 Распределение сигнального кабеля по зонам грозозащиты

Отнесение внешнего сигнального кабеля к зоне грозозащиты 1 (ЗГЗ 1) вытекает из норм измерительного импульсного напряжения в EN 50 124-1. Эти нормы действуют для сигнальных кабелей, проложенных вблизи рельсов, а также для IT-сетей (незаземленные электрические цепи) и принимают во внимание европейские средние величины

Для этого предполагается прокладка в защитной зоне контактного провода, либо рельса, по которому протекает обратный тяговый ток, а также используется редуцирующее (создание встречного магнитного поля для снижения влияния магнитного поля молнии) воздействие от рельсов и/или заземляющих проводов. Это положение верно для прокладки по ровной местности и ниже уровня рельсов при нижеследующих обстоятельствах:

Для сигнального кабеля на электрифицированных ж.д. :

Сигнальные кабели следует прокладывать на расстоянии $l = 30\text{м}$ от ближайшего рельса. Согласно этому, выведенному опытным путем, максимальному расстоянию, сигнальные кабели помещаются в зоне защиты контактной сети, относятся к зоне грозозащиты 1.

Для сигнального кабеля на не электрифицированных ж.д.:

Сигнальные кабели следует прокладывать на расстоянии $l=5\text{м}$ от ближайшего рельса. Тем самым рельсы по отношению к кабелям действуют как улавливающий проводник для молний. По этой причине сигнальные кабели, помещенные в защитной зоне рельсов, относятся к зоне грозозащиты 1.

Для сигнального кабеля на ж.д. вне 5-ти или 30-ти метровой защитной зоны:

- При прокладке в грунте правомерность отнесения к ЗГЗ 1 может быть достигнута путем прокладки дополнительного заземляющего провода поверх кабеля. Заземляющий провод при этом оказывает редуцирующее воздействие и влияет на распределение потенциалов. Если заземляющий провод не проложен, то кабель следует отнести к классу грозозащиты 0_B.

- При прокладке в кабельном канале (желобе) кабель следует отнести к классу грозозащиты 0_B .

3.4 Строительные рекомендации по архитектурному решению зданий

Наряду с четкой структуризацией системы целью концепции является также устранение зон с одинаковой интенсивностью повреждений. С той целью следует предпринять технические меры, которые сокращают количество повреждений или уменьшают возможность наложения повреждений (повреждения, вызванные первоначальным повреждением). Центральное значение, в этой связи, приобретают строительные рекомендации. Поскольку в последствии многие меры с технической стороны можно будет организовать только с большими затратами, очень важно все необходимые меры учесть еще на этапе планирования.

3.4.1 Здания

Служебно-технические здания и сооружения нельзя (не желательно) строить на незащищенном месте (на возвышенности) поскольку там ожидается большее число попаданий молний.

На новостройках следует делать заземление фундамента, поскольку оно обладает наилучшими свойствами для отвода тока молнии и является наиболее оправданным экономически.

При необходимости, заземление фундамента, возможно заменить глубинным заземлителем, в качестве которого, из-за коррозии, рекомендуется применять высококачественную сталь.

На действующих ПЦ, как альтернатива, прокладывается круговой заземлитель по периметру здания (на глубине 1 м; и на расстоянии 0,8 м от стен).

Начиная от заземлителя, следует устанавливать систему выравнивания потенциалов (РА-система), описанную в разделе 6.1. Система выравнивания потенциалов, при необходимости, выполняет функцию функционально-защитного заземления. При проектировании следует соблюдать предписания ОАО «РЖД».

Согласно ИЕС 1312-1 [10] РА-система имеет центральное значение для защиты от повреждений при ударах молнии и должна устанавливаться особенно

тщательно. При этом используется, как правило, РА-система-М (взаимосвязанное выравнивание потенциалов). Для этого применяется преимущественно защита здания, соединенная с петлеобразной цепью выравнивания потенциалов [13].

В такой РА-системе следует связать все металлические части здания, а также части защиты стен и пола, чтобы воспользоваться подавлением магнитного поля здания. Для этого нужно связать все защитные элементы (арматуру) на этапе подготовки здания (посредством перемычек, клемм, сварки). Защитные элементы стен и пола образуют тогда экран для внутреннего пространства здания и ослабляют проникающие магнитные поля при разрядах, когда молния попадает в устройство внешней грозозащиты здания. Защита (арматура) самым коротким путем соединяется с главной шиной и шиной выравнивания потенциалов в помещении.

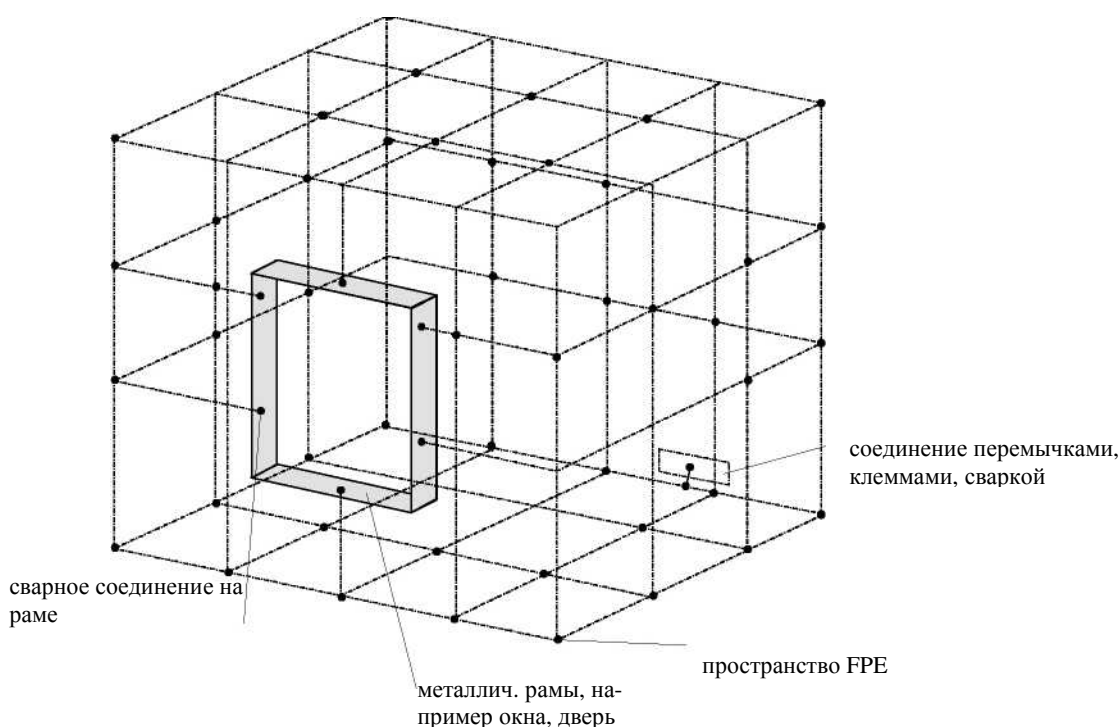


Рис. 6 Использование арматуры для экранирования здания

Поскольку, при известных условиях, железобетонная арматура здания используется также как отводчик, следует учитывать положения из гл. 5.

Данные меры могут быть предприняты только на строящихся зданиях, поэтому на других зданиях следует осуществлять дополнительные мероприятия согласно разделу 5.2.

Прокладка кабеля производится по кабельным трассам для того, чтобы избежать появления больших индуктивных витков, т.е. по возможности, следует избегать образования внутри трассы кабельных петель. В случае большой протяженности прокладки формируются категории кабелей для того, чтобы сводить вместе провода с одинаковой интенсивностью возмущений (т.е. кабели с большой интенсивностью возмущений отделяются от таких кабелей как каналы передачи данных, связи т.п.). Если все линии проводки выполнены в экранированном варианте и с двух сторон связаны с РА-системой (из соображений защиты персонала не допустимо экранирование кабеля между полностью заземленными зонами и зонами с изоляцией только мест расположения), то можно отказаться от отдельной прокладки кабелей. Для того чтобы предотвратить различные излучения на кабель и тем самым сократить перекрестные напряжения, следует все внешние кабели стремиться завести в здание в одной точке.

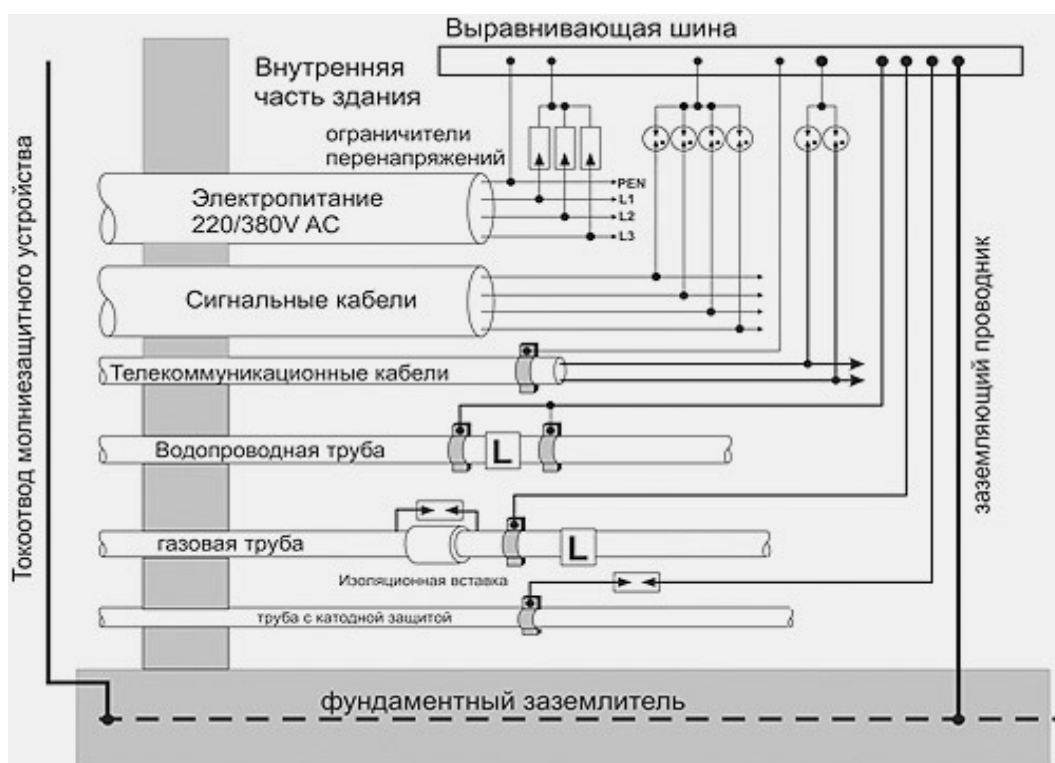


Рис. 7. Соединения проводников с шиной уравнивания потенциалов в месте их ввода в объект

Должны выполняться действующие в ОАО «РЖД» нормы по вводу кабелей в служебно-технические здания. Кабельные вводы в здания и сооружения должны быть доступны для технического обслуживания и защищены от несанкционированного доступа посторонних лиц.

В случаях принятия решения о разделении кабельных вводов по ведомственной принадлежности (СЦБ, связь, энергоснабжение и т.п.) в общие служебно-технические здания и сооружения наличие общей системы выравнивания потенциалов обязательно.

Если аппаратура находится в одном помещении, а ее части, соединенные общими кабельными коммуникациями, находятся в различных зданиях и сооружениях, следует соединить между собой системы заземления (общая система выравнивания потенциалов), чтобы при ударе молнии равномерно повышался потенциал всех зданий. Для соединения зданий преимущественно используется железная арматура подходящих кабельных каналов, в ином случае – обособленные соединительные линии.

Все служебно-технические здания и сооружения (посты ЭЦ, МПЦ, транспортабельные модули, отдельно стоящие антенно-мачтовые сооружения, усиленные пункты связи и др.) должны иметь контур защитного заземления, выполненный на основании проектно-сметной документации и удовлетворяющий требованиям нормативных документов.

Защитные контуры заземлений служебно-технических зданий, сооружений (посты ЭЦ, МПЦ, транспортабельные модули), расположенных на расстоянии ≤ 40 метров друг от друга, должны быть объединены в один общий контур заземления потенциаловывравнивающим проводником (стальной полосой сечением не менее $40 \times 4 \text{ мм}^2$).

В составе технической документации на служебно-технические здания и сооружения должны быть паспорта на заземляющие устройства, соответствующие проектам и фактическому исполнению контуров заземления. Держателем паспортов являются балансодержатели служебно-технических зданий и сооружений.

Бумажные и электронные (при их наличии) копии паспортов контуров заземлений служебно-технических зданий, сооружений и устройств в которых расположены оборудование и кабели, а так же результаты измерений их сопротивления должны храниться в составе технической документации на соответствующие устройства.

Порядок хранения указанных копий устанавливается ОАО «РЖД» в зависимости от ведомственной принадлежности защищаемых устройств.

Контур(ы) заземления служебно-технических зданий и сооружений должны иметь главную шину заземления с необходимыми приспособлениями, позволяющими производить электрические измерения параметров контуров заземления (болтовые соединения, места разъединения по сварке и др.).

Сопротивление защитного заземляющего устройства следует измерять, как правило, с главной шины заземления используя измерительные заземляющие устройства и заземляющий проводник, отключенный от главной шины заземления, идущий в сторону заземлителя. Допустимое значение сопротивления защитного

заземляющего устройства определяется в зависимости от электропроводности почвы и не должно превышать 10 Ом.

Исправное состояние контуров заземлений служебно-технических зданий, сооружений и устранение недостатков в их содержании должно обеспечиваться балансодержателем служебно-технического здания, сооружения или другим структурным подразделением, определенным ОАО «РЖД».

3.4.2 Электроснабжение зданий

Согласно источнику [19] для снабжения энергией зданий, характеризующихся значительным объемом средств обработки и передачи информации, не рекомендуются TN-C-системы [3]. Из-за возможных в TN-C-системах структурных токов могут произойти сбои (помехи) электронных приборов.

Для того чтобы избежать вышеописанный эффект, следует, согласно [19], принять к рассмотрению применение TN-S- системы уже с момента подводки электроснабжения к зданию, либо реализовать в здании центральную точку заземления (PEN-шина; см. также предписания по эксплуатации) для всех потребителей, питающихся от TN-C-системы. С точки зрения грозозащиты, данный вид подачи энергии к зданию считается предпочтительным.

Если в качестве подачи энергии к зданию используется TN-C-система, следует к каждому случаю отдельно проверять воздействие структурных токов.

4 Последствия ударов молнии

Последствия ударов молнии решающим образом зависят от расстояния между защищаемыми устройствами и местом удара.

В данном документе различаются удары 1-ой, 2-ой степени и удаленные удары.

4.1 Удар 1-ой степени

Если молния попадает непосредственно в служебно-техническое здание без внешней грозозащиты или в корпус напольного компонента техники ЖАТ, идет речь об ударе 1-ой степени. При этом ток молнии может легко попасть внутрь здания. Воздействие молнии на сигнально-технические и другие устройства про-

является в этом случае, как механическое воздействие тока молнии (при протекании по электропроводке) или как гальваническое воздействие (пробой изоляции), например, как обусловленное током молнии выравнивание потенциалов на сопротивлении заземления, либо напольного компонента.

При ударах 1-ой степени не представляется возможность исключить повреждения устройств техники посредством только внутренней грозозащиты.

4.1.1 Удар 1-ой степени в здание ПЦ

В случае удара 1-ой степени по зданию ПЦ без внешней грозозащиты следует учитывать то, что в здание проникнет большая часть заряда молнии. Ток молнии может идти по проводящим элементам конструкции (водопровод и т.д.), по элементам электропроводки (сети электроснабжения, ЖАТ, связи и передачи данных) к шине выравнивания потенциалов (PAS), и далее уходить в землю. По причине большого токового импульса с высокой силой тока появляется воздействие механических сил, которые могут разорвать линии и разрушить изоляцию.

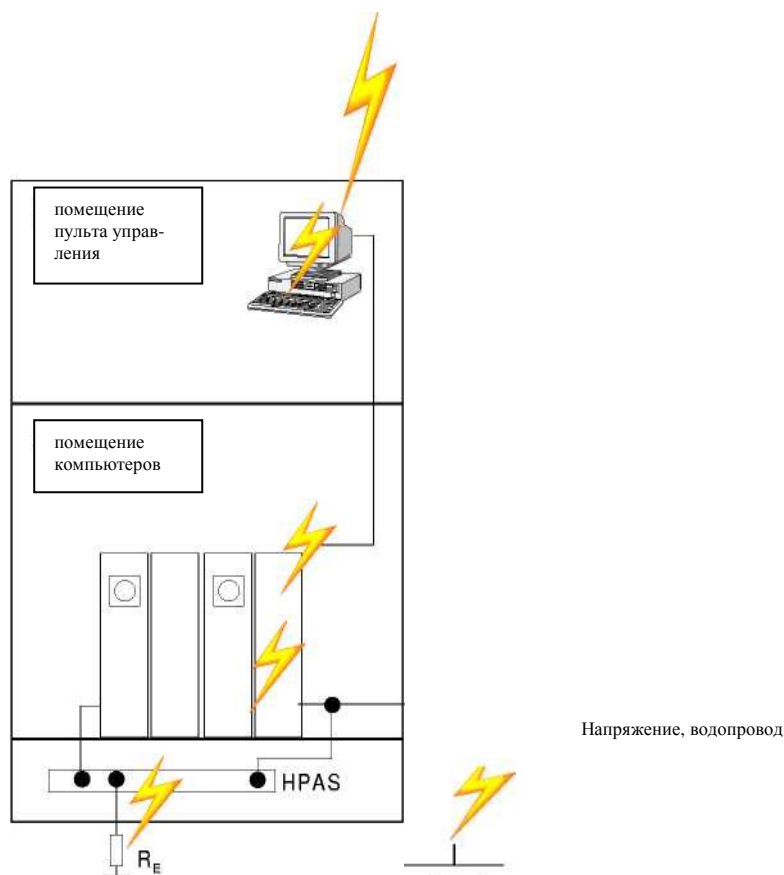


Рис. 8 Удар по зданию ПЦ без внешней грозозащиты

Ток молнии может также попасть в землю под зданием через главную шину выравнивания потенциалов (НПАС) и тем самым повысить общий потенциал здания. Часть тока молнии утекает в «удаленную» землю по проводящим коммуникациям (напр. водопровод).

Благодаря выравниванию потенциалов предотвращается разница потенциалов внутри здания, однако большая разница остается по отношению к напольному оборудованию, что может привести к разрушению (пробою) изоляции на узлах органов управления. Что касается напольного оборудования, то следует принимать во внимание воздействия как при ударе молнии 2-ой степени.

Из-за падения напряжения на заземлителе здания, заземлителе фундамента, глубинном или кольцевом заземлителях (Концепция заземления и защиты модулей постового оборудования [3]) вызывается повышение потенциала здания. Последнее может быть предотвращено путем изготовления низкоомных заземлителей. При этом следует учитывать импульсное сопротивление заземления. Оно содержит наряду с омическим сопротивлением собственно заземлителя, также и свои собственные индуктивные составляющие, и индуктивные составляющие подводящей линии. Поэтому плоскостные системы заземления (напр., заземлитель фундамента) подходят лучше, чем глубинные заземлители или ленточные заземлители.

С экономической и технической точек зрения оптимальным считается заземлитель фундамента (подробности см. [3]), связанный с арматурной сеткой фундаментной плиты или ленточного фундамента.

Если вблизи (до 40м) здания ПЦ стоят другие здания, имеющие общие с ПЦ кабельные коммуникации или другие токопроводящие линии, то их заземлители должны быть соединены для выравнивания потенциалов. Для этого следует применять петлеобразные соединительные системы. Например, для этого также хорошо подходит стальное армирование каналов прокладки кабелей и подачи энергии.

4.1.2 Удар 1-ой степени по напольному оборудованию

При ударе 1-ой степени в напольное оборудование следует принимать в расчет возможность повреждения оборудования. Поскольку в случае повреждений на напольном оборудовании затрагиваются только небольшие устройства, то вызываются только незначительные неисправности. Тем самым в Европе опасность удара 1-ой степени в напольное оборудование лежит в пределах допустимого. Однако благодаря распределению напольных устройств на местности (напр., светофор под мостом) или выбору места расположения (напр., в защитной зоне воздушного контактного провода) можно очень эффективно защитить напольное оборудование от ударов 1-ой степени.

В европейских условиях нерентабельным выглядит специальное устройство для улавливания молний (напр., для светофоров).

На ж.д. магистралях с высокими требованиями к надежности при известных условиях рекомендуется строительство внешней грозозащиты для компонентов напольного оборудования. Последняя может быть выполнена экономичным способом, напр., если светофор можно установить в защитной зоне контактного провода или имеющегося троса заземления. Здесь можно провести зону под углом около 60° (табл. 3 в [9]) от контактного провода или имеющегося троса заземления, все компоненты светофора распределяются внутри данной защитной зоны (см. рис. 9).

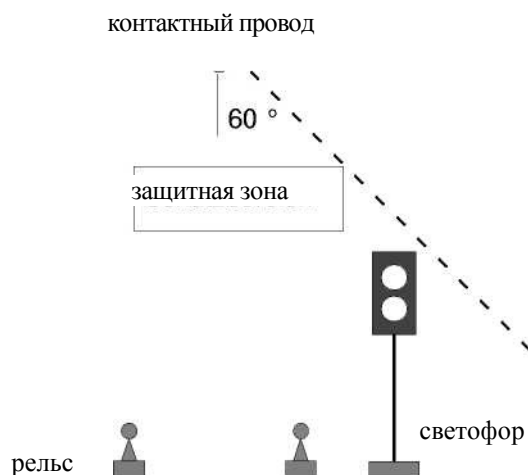


Рис. 9 Контактный провод как устройство отвода молний для напольного оборудования

Если отсутствует контактный провод, следует разместить тросы для отвода молний или молниеотводные мачты. Эти сооружения нужно связать с заземлителем в зависимости от местных условий (сопротивление земли, заземлитель) и пространственных возможностей.

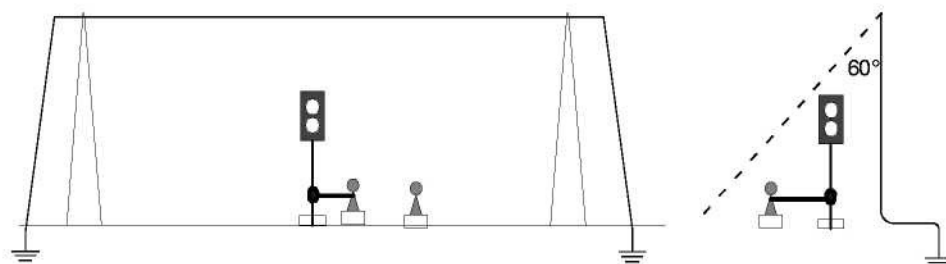


Рис. 10. Трос для отвода молний для напольного оборудования

Для оборудования типа внешних шкафов со съемными электронными установками (компонентами) необходимо время от времени проверять необходимость грозозащитного оборудования (см. гл. 6).

4.2 Удар 2-ой степени

4.2.1 Удар 2-ой степени в здание ПЦ

В данном разделе идет речь об ударе 2-ой степени в том случае, если молния попадает в устройство внешней грозозащиты здания ПЦ или в соседнее здание. Воздействие молнии на сигнально-технические устройства проявляется, в этом случае, как механические воздействия тока молнии (при протекании по электропроводке) или как гальваническое воздействие, например, как обусловленное током молнии выравнивание потенциалов на сопротивлении заземления либо напольного компонента.

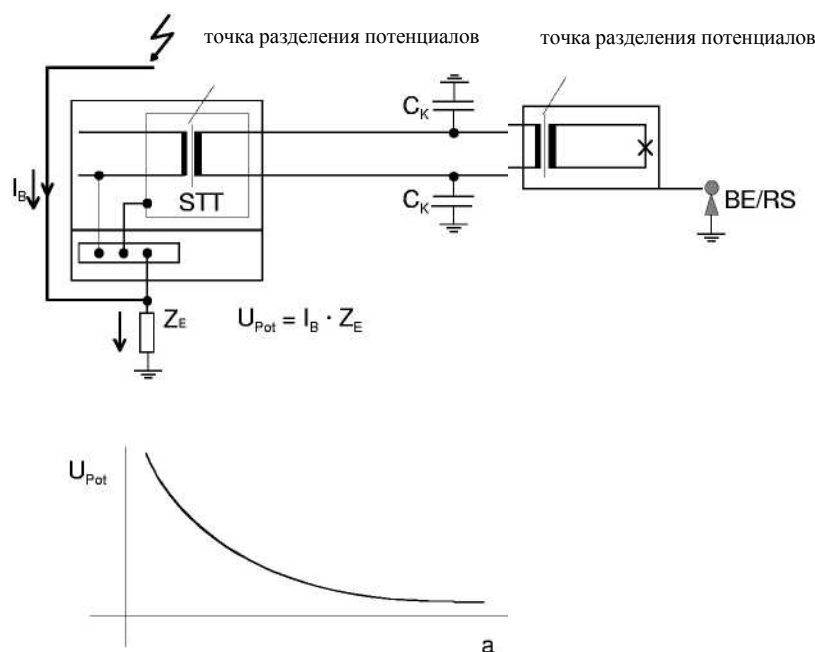
В этом случае следует отличать гальваническое излучение от перенапряжения по заземлителю здания (повышение потенциала) от индуктивного излучения от магнитного поля тока молнии

При попадании в устройство внешней грозозащиты здания ток молнии от молниеотводных сооружений здания отводится в землю по токоотводящим спускам (рис.17). Из-за большой силы тока при разряде молнии происходит падение

напряжения на заземлителе здания Z_E и повышение потенциала U_{Pot} всего здания по отношению к отдаленной земле.

Благодаря плоскостной конструкции заземлителя здания (см. раздел 5.1) и хорошему выравниванию потенциала здания (см. раздел 6.1) предотвращается разница потенциалов внутри здания.

Повреждения случаются на сооружениях, имеющих проводящее соединение с напольным оборудованием. Таким образом, благодаря точкам разделения потенциалов и емкости кабеля объединяется повышенный потенциал здания U_{Pot} с нейтральным потенциалом напольного оборудования. По этому соединению нейтральный потенциал напольного оборудования передается в здание, по крайней мере, посредством емкости кабеля и точек разделения потенциалов на органах управления.



a = расстояние от здания

BE/RS= «земля» в тяговой установке на ж.д. с перемен. током. /система обратной связи на ж.д. с пост. током

C_K = емкость кабеля

I_B = ток молнии

STT= символ для точки разделения на органах управления

U_{Pot} = протекание потенциала в зависимости от расстояния от здания

Z_E = индуктивная и омическая часть переходного сопротивления заземления (присуще зданию))

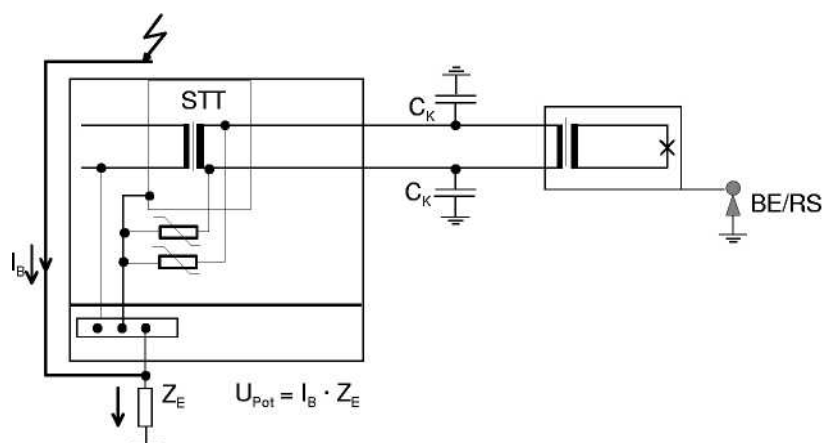
Рис. 11 Повышение потенциала здания U_{Pot} при ударе молнии

В нашем примере повысившийся потенциал нагружает точки разделения потенциалов на органах управления постового оборудования (напр., сигнальный трансформатор в органе управления, рис 11).

Если потенциал здания превышает (ди)электрическую [пробивную] прочность точек разделения, то это главным образом приводит к повреждению точек разделения потенциалов на узлах электронных плат (органов управления). Тогда при ударе 2-ой степени могут быть затронуты и точки разделения потенциалов на многих других узлах электронных плат (органов управления), имеющие соединительные линии с напольным оборудованием.

Важнейшие защитные меры против повреждений из-за гальванического излучения (повышение потенциала зданий) заключаются в эффективном выравнивании потенциалов в здании и низкоомной конструкции для заземления здания.

Блоки схемной защиты от перенапряжения на всех внешних кабельных жилах могут предотвратить повреждения на электронных платах (органах управления), т.к. они вызывают выравнивание потенциалов с напольным оборудованием. При этом в принципе используется следующая функция (рис.12): посредством выравнивания потенциалов здания повышенный потенциал здания проводится на первичную сторону трансформатора и на корпус органа управления.



BE/RS= «земля» в тяговой установке на ж.д. с перемен. током. /система обратной связи на ж.д. с пост. током

C_K = емкость кабеля

I_B = ток молнии

STT= символ для точки разделения на органах управления

U_{Pot} = протекание потенциала в зависимости от расстояния от здания

Z_E = индуктивная и омическая часть переходного сопротивления заземлению (присуще зданию)

Рис.12 Принцип применения защитных модулей

Если при этом разница потенциалов между потенциалом здания и потенциалом за точками разделения (внешний кабель) превышает напряжение реагирования модулей защиты, то последние становятся проводниками и передают энергию на напольное оборудование. Тем самым сокращается разница потенциалов и нагрузка по напряжению на точках разделения.

При ударе молнии во внешнее защитное сооружение данного здания или в защиту соседнего здания при наличии внешнего отводчика молнии и арматуры (защита) здания внутри помещения не наводятся магнитные поля прямого действия (клетка Фарадея).

Однако, из-за высоких амплитудных колебаний и малой длительности фронта (импульса) тока молнии индуцируется напряжение во все параллельные проводящие шлейфы.

Рис. 13 представляет схематическую конструкцию таких проводящих шлейфов и повреждения на конечном устройстве, где из-за пробоя замкнулся проводящий шлейф.



Рис. 13 Образование проводящих шлейфов по проводке сети и передачи данных

С экономической точки зрения наиболее выгодным способом для сокращения повреждений от излучений электромагнитных полей при ударе 2-ой степени является соответствующая конструкция (строительство) зданий (см. раздел 3.4.1)

и размещение внешней грозозащиты. Так, ток от внешних защитных устройств должен отводиться в землю по многочисленным каналам утечки, чтобы обеспечить разделение тока на множество отдельных цепей (см. гл. 7). Тем самым значительно сокращаются магнитные поля внутри здания. Следует избегать протяженных линий, параллельных токоотводящим спускам от внешних защитных конструкций. Кабельные шахты между этажами здания ПЦ нужно по возможности прокладывать в центре здания (см. раздел 6.1).

Следующая профилактическая мера заключается в прокладке всех чувствительных линий передачи данных и электроэнергии с помощью экранированного кабеля (массивный плетеный экран (оплетка)). Экран эффективен для уменьшения влияния перенапряжения, связанного с электромагнитными наводками, и с другими источниками ЭМ-помех. Экран кабеля внутри помещения должен быть обязательно соединен с двух сторон линии с местными линиями выравнивания потенциалов, соединение должно быть низкоиндуктивным.

При повреждениях от ударов 2-ой степени часто речь идет о пробоях в местах разделения потенциалов (или органов управления) к напольному оборудованию. Преобразующаяся при этом энергия в любом случае не так велика, как при ударе 1-ой степени, а повреждения носят локальный характер и затрагивают несколько элементов конструкции или токопроводящих дорожек.

4.2.2 Удар второй степени в напольное оборудование

В данном разделе под этим понимаются удары вблизи напольных устройств, которые (удары) настолько поднимают потенциал напольного оборудования, что возникает большая разница между потенциалом напольного устройства и потенциалом, подводимым по кабелю от постового оборудования.

Если при этом превышает (ди)электрическая [пробивная] прочность техники ЖАТ, то это приводит к пробоям между корпусом и электронными конструктивными элементами и узлами.

Поскольку преобразование энергии на местах повреждений ограничено, применяют защиту от перенапряжения или схемы, которые в случае удара 2-ой

степени соединяют токоподводящий кабель с местным потенциалом напольного устройства и таким образом разгружают точки разделения потенциалов.

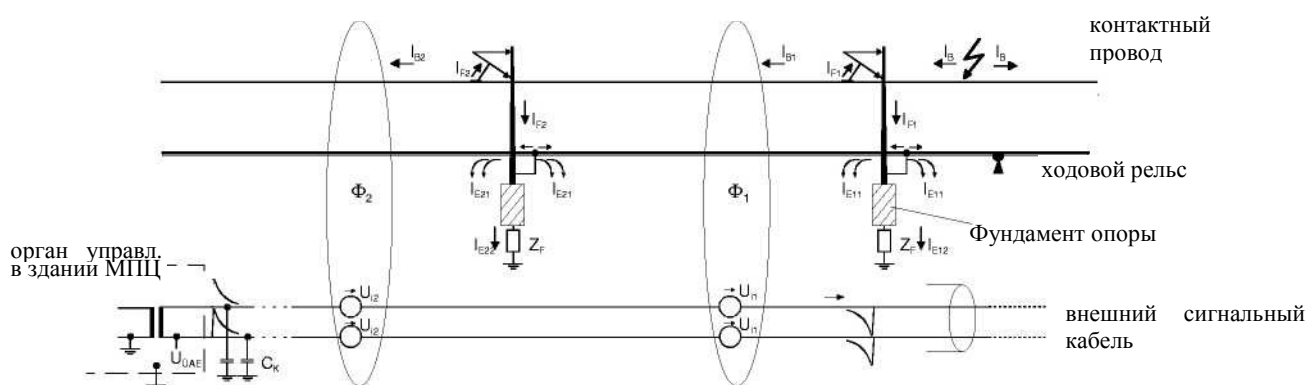
Благодаря соответствующей прокладке сигнального кабеля представляется возможным избежать попаданий молний в него, и тем самым сократить проникновение напряжения во внешние жилы. Указания по теме объединены в разделе 3.3.

4.3 Отдаленные удары молнии

Большинство повреждений устройств техники ЖАТ обусловлено отдаленными ударами молнии.

В данном документе речь об отдаленных ударах идет в том случае, если не было влияния на местный потенциал здания и ЭМ-окружение здания, либо на напольные устройства техники ЖАТ.

При отдаленных ударах напряжение индуцируется в кабельную сеть напольного оборудования. Из-за большой протяженности такой кабельной сети даже весьма отдаленные удары молнии могут индуцировать напряжение. Этим объясняется относительно большое число повреждений из-за ударов молнии. Надлежащие меры в отношении воздействий отдаленных ударов изложены в разделе 6.3.



C_K - емкость кабеля

Z_F - сопротивление заземления фундамента опоры

Рис. 14 Воздействие отдаленного удара на внешний кабель

4.3.1 Воздействия отдаленных ударов молнии

При ударе молний в контактный провод, в навешенные на опоре воздушной электропроводки тросы обратного провода или в рельсы по этим проводящим системам на определенном отрезке течет ток молнии I_b параллельно внешнему сигнальному кабелю (рис. 14). На каждой опоре контактной сети (после пробоя изолятора контактного напряжения на контактной сети) часть I_F тока молнии I_b отводится в землю по сопротивлению заземления Z_F фундамента опоры, а также по рельсам («земля» в тяговой установке в случае ж.д. с переменным током и пробой на землю в случае ж.д. с постоянным током). Данное явление повторяется на каждой следующей опоре контактной сети до тех пор, пока ток молнии в значительной мере не уйдет в грунт. Поскольку обратный ток молнии на большом расстоянии течет назад к облакам, то вокруг проводящей системы (контактная сеть) возникает очень большое магнитное поле. Это приводит к тому, что во все окрестные проводящие структуры, включая местный сигнальный кабель, индуцируется напряжение U_i .

Через емкость C_k линии внешнего сигнального кабеля электрическая цепь замыкается на землю. В начале и в конце внешнего сигнального кабеля может быть измерен импульс напряжения $U_{i\text{ае}}$ по отношению к земле. Если импульс напряжения во внешнем или во внутреннем оборудовании превышает пробивную прочность расположенного в этом месте устройства, то это приводит к пробоем по отношению к земле или к чувствительной к земле части.

Из-за свойства кабеля иметь активное и реактивное сопротивление он выступает в качестве фильтра нижних частот. В следствие чего, на соответствующем расстоянии (около 1км-2км) становится заметным затухание импульса перенапряжения в сигнальном кабеле, поэтому часто до органа управления либо napольного оборудования доходит не вся сила импульса напряжения.

4.3.2 Воздействия на здания ПЦ

Индукцированное во внешний кабель напряжение передается к органам управления по жилам кабеля и по стойкам кроссов кабеля.

Если в стойку кабельного кросса встроен блок схемной защиты от перенапряжения, то последний после превышения напряжения реагирования начинает проводить ток и импульс перенапряжения может уйти в землю. Сохраняющийся остаточный импульс больше не превышает пробивную прочность органа управления (см. рис. 45).

Если в стойку кабельного кросса не встроен блок схемной защиты от перенапряжения, то импульс перенапряжения достигает узлов ураганов управления. Если импульс перенапряжения превышает пробивную прочность органов управления, происходит пробой по отношению к заземленной или чувствительной к земле части (из-за емкости земли ИТ –сети также становятся чувствительными к земле). Данное обстоятельство, или следующий после пробоя импульс тока, может привести к разрушениям конструктивных элементов и тонких токопроводящих дорожек на органах управления.

Поскольку из-за удара молнии во всех жилах внешнего сигнального кабеля индуцируется напряжение, могут выйти из строя сразу несколько органов управления одновременно.

4.3.3 Воздействие на напольное оборудование

Механизмы проникновения аналогичны механизмам, касающимся постового оборудования. Поскольку элементы напольного оборудования соединяются индивидуальными/объектными кабелями, которые снабжают только отдельные элементы напольного оборудования или группы элементов (светофор, шкаф и т.п.), то введенное напряжение влияет лишь на небольшое количество жил. Повреждения случаются, поэтому, только на единичных или на немногочисленных компонентах напольного оборудования. При вводе в предыдущие магистральные или групповые кабели имеет место затухание импульса напряжения из-за того, что кабель ведет себя как фильтр низких частот. В этом случае на напольный компонент попадает уменьшившийся из-за затухания импульс напряжения.

При наличии в напольном компоненте электронных элементов, имеющих прочность изоляции ниже нормируемой, должна применяться внутренняя схема защиты и/или указанный чувствительный элемент должен быть заменен.

5 Внешняя грозозащита

Если в результате оценки защитной ценности зданий с устройствами техники ЖАТ, связи и т.п. (здание МПЦ, здание ПЦ модульной конструкции, усиленные пункты связи и т.д.), или исходя из требований заказчика, выявилась потребность в устройствах внешней грозозащиты, то таковые следует проектировать и воздвигать согласно ENV 61 024-1 .

Внешняя установка грозозащиты в основном собирается из:

- грозозащитного заземляющего устройства;
- отводчика;
- улавливающего сооружения.

5.1 Грозозащитное заземляющее устройство

Заземляющее устройство представляет собой соединение всех искусственных и естественных заземлителей. Его задача в том, чтобы проводить в землю ток молнии, отводимый от устройств. Далее этот ток может распределяться и возвращаться в грозовые облака. Здания, для которых по различным причинам нужно заземляющее устройство (напр., защитные меры по HD 384 (VDE 0100), грозозащита, функциональное заземление и т. д.) следует оснащать устройством общего заземления, которое выполняет все требования.

Для зданий с устройствами электронной техники, в том числе ЖАТ, нужно поддерживать на низком уровне возникающее увеличение потенциала с помощью создания низкого сопротивления грунта растеканию тока. Многочисленные соединения в кабельных линиях и напольном оборудовании, подключаемом к оборудованию служебно-технических зданий и сооружений, формируют соединения с удаленным потенциалом. При ударе молнии повышенный потенциал здания создает (нагружает) на узлах электронных плат (для МПЦ органах управления, например, стрелками и светофорами, для связи абонентских плат и т.п.) точки разделения потенциалов с напольным оборудованием.

Необходимо использовать заземляющее устройство с низким полным сопротивлением. Для чего применяется низкоомный заземлитель здания с максимально

возможным ограничением индуктивных компонентов (короткие соединения) и соединением главной шины выравнивания потенциалов (ГШВП) со всеми проводящими и чувствительными к земле деталями окружения. Пояснения по теме сделаны в документе [3]. В зависимости от выбранного класса грозозащиты, далее выдвигаются, согласно [9], требования к длине или протяженности заземлителей.

Далее следует присоединить заземляющие устройства соседних зданий не имеющих общих кабельных коммуникаций если дистанция между заземляющими устройствами зданий меньше 20 м. Если заземляющие устройства зданий удалены более чем на 20 м друг от друга, надо проверить, не нужно ли их соединить. Так при расстояниях более 20 м. не нужно включать в заземляющее устройство заземлители высоких башен или других уязвимых для ударов молнии зданий, если с этими зданиями нет электрических соединений.

Особенно выгодное и экономичное заземляющее устройство представляет собой заземлитель фундамента [15]. Для этого в фундамент здания помещается оцинкованное железо (преимущественно полосовое железо). Благодаря бетону оно защищается от коррозии и тем самым имеет почти безграничный жизненный цикл. «Уши» для подсоединения выводятся в требуемых местах для ГШВП (НРАС) и для подключения отводчиков громоотвода. Их нужно надежно защитить от коррозии с помощью конструкций из высокосортной стали, цинкового покрытия, антикоррозийной ленты [8]. Далее заземлитель фундамента (по возможности) усовершенствуется путем соединения со всей арматурной сеткой, благодаря чему его в этом случае можно рассматривать как заземлитель по площади/плоскости. При соединении арматурной сетки с помощью стыковых соединений [18] надо учитывать, что в среднем только каждое третье такое соединение является электропроводным. Поэтому нужно соответственно увеличить число таких соединений или заменить соединением клеммами.

Далее нужно учесть, что на ГШВП и на отводчиках внешней грозозащиты применяются различные соединительные уши заземлителя. ГШВП и отводчики должны иметь отдельные уши.

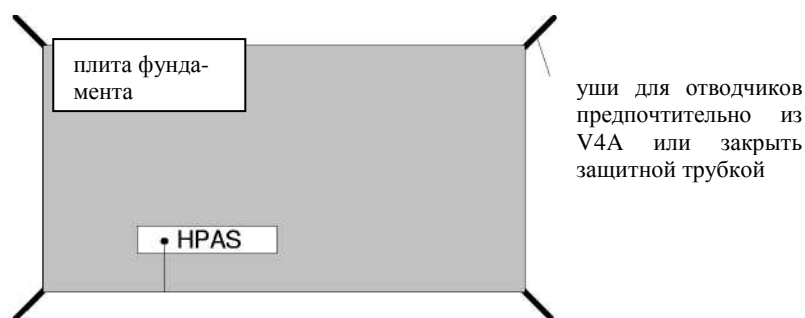


Рис. 15 Вид сверху на фундаментную плиту с ушами для отводчиков и ГШВП.



Рис. 16 Пример прокладки заземлителя фундамента (Werkfoto Fa. Dehn)

Если не представляется возможным применить заземлитель фундамента, нужно проложить вокруг здания кольцевой заземлитель – предпочтительно, из нержавеющей стали или согласно EN 10 088 (напр., V4A) или из оцинкованной стали. Он прокладывается на расстоянии 0.8м. от здания на глубине 1м. Если заземлитель выполнен из оцинкованной стали, то его можно соединять с заземлителем фундамента или другими благородными заземляющими материалами только при соблюдении условий [8].

Альтернативу представляют глубинные заземлители, которые должны соединяться друг с другом (например, внутри здания) при соблюдении [8].

5.2 Отводчики

Отводчики – это проводящие соединения между улавливающим устройством и устройством заземления.

Для улучшения отвода для зданий с электронными устройствами рекомендуется вовлечение арматуры всех стен и полов, иначе нужно разместить на внешней стороне здания отводящие устройства специально для отвода тока молнии.

При этом надо учитывать минимальное допустимое расстояние между устройствами отвода с одной стороны и электронными устройствами либо металлическими частями с другой.

Минимальное число отводчиков на внешней стороне зависит от величины здания и защитного класса, приписанного зданию (см. разд. 5.1). Число отводчиков и применяемые материалы и сечения см. по нормам [9].

Применение арматуры как отводчиков

Высокоэффективной грозозащиты можно достичь при использовании арматуры железобетонных строений. Здесь арматура бетона применяется для отвода токов молнии к заземлению.

Примечание: Для предварительно напряжённого бетона необходимо согласие на применение арматуры от специалиста по статике сооружений.

Когда по обычным отводчикам, размещенным на внешней стене, течет ток к заземлению вокруг отводчика возникает сильное магнитное поле, которое проникает внутрь здания и индуцирует напряжение в токопроводящие дорожки. (рис. 18).



Рис.17 Отводчик с вводом в землю и антикоррозийной обмоткой
(Werkfoto Fa. Dehn)

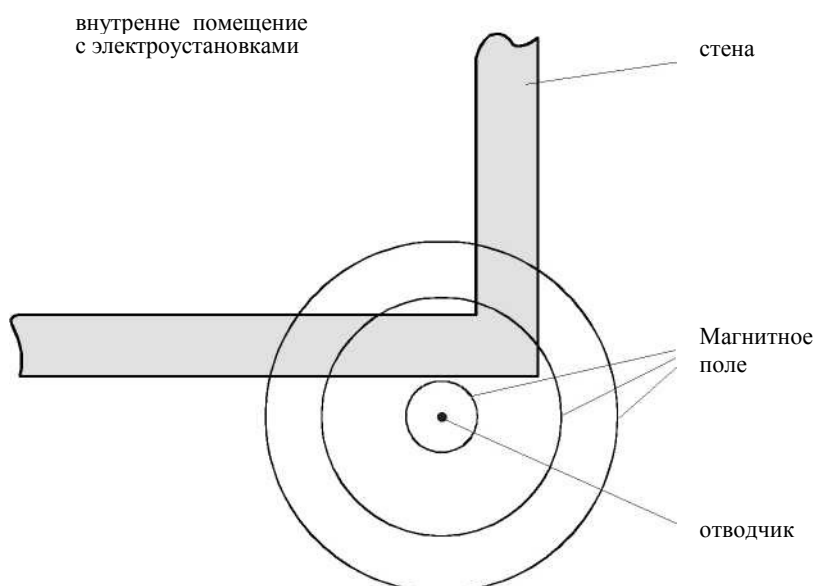


Рис. 18 Отвод тока молнии по отводчикам на внешней стене

При применении арматуры как отводчика ток молнии быстро распределяется по металлу арматуры. Из-за распределения молнии по многим отдельным деталям отдельные магнитные поля становятся меньше и, в идеальном случае, накладываются, как показано на рис 18. Проникающие в здание магнитные поля заметно ослабляются.

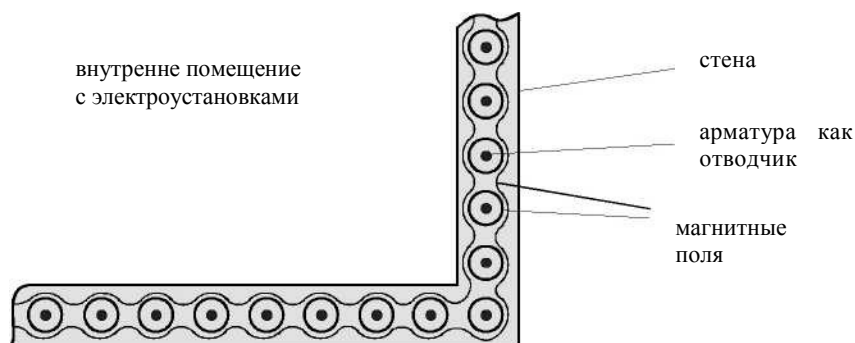


Рис. 19 Отвод тока молнии по арматуре в стенах

Возможное использование арматуры в зданиях с модульной конструкцией показано на рис 20. Здесь через опорные точки заземления улавливающее устройство замыкается на горизонтальный проводник (стержень подсоединения). К нему подсоединяются вертикальные стержни арматуры, которые проводят ток вниз. Там снова происходит замыкание на горизонтальный металл арматуры, который посредством опорных точек заземления обеспечивает соединение с заземляющим устройством. Все вышеназванные соединения выполняются так, чтобы они были способными нести ток молнии.

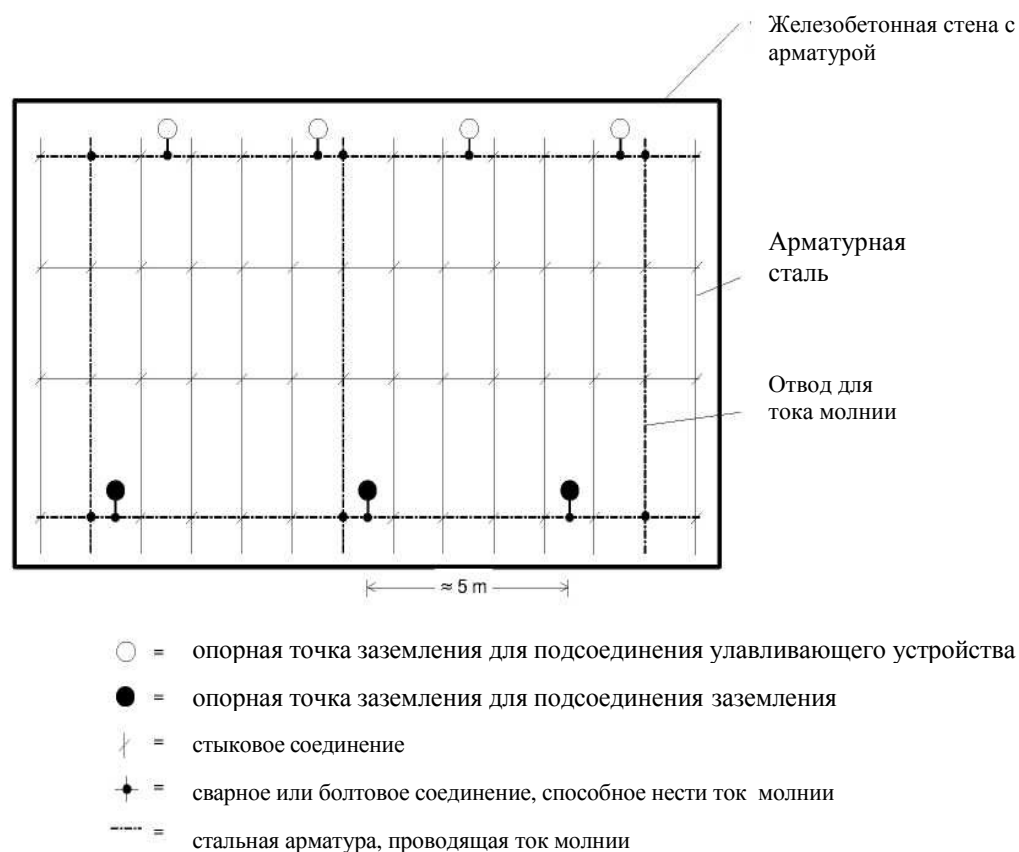


Рис.20 Использование арматуры бетона железобетонной стены как отводчик тока молнии

Чтобы распределить ток молнии дальше по стальной (несущей) арматуре, нужно максимально часто связать (состыковать) арматуру, необходимую для отвода тока молнии, с другой арматурой (скрепить проволочными петлями). Из-за распределения тока по многим отводчикам уменьшается сброс тока между улавливающим устройством и грозозащитным заземлением, поэтому нет необходимости соблюдать минимальные интервалы.



Рис. 21 Подсоединение к арматуре по опорной точке заземления.
(Werkfoto Fa. Dehn)

Поскольку после заливки бетона не представляется возможным проверить надлежащее выполнение грозозащитного сооружения, доказательство должно осуществляться описанным ниже способом.

При использовании монолитного бетона производится приемная проверка арматуры, применяемой как грозозащитное сооружение. Только после приемки специалистом деталей, которые затем будут залиты бетоном, можно начинать работы по бетонированию.

Современные здания с устройствами техники ЖАТ возводятся из серийных готовых модулей (сборные элементы). Здесь невозможен описанный выше метод, поэтому следует поступать так. Сертифицированный изготовитель сборных модулей направляет в ходе утверждения грозозащиты планы с залитыми в бетон деталями грозозащитного сооружения заказчику или определенному ведомству (напр., ОАО «РЖД»). После проверки, для этой залитой в бетон части, выдается соответствующее утверждение. Соответствие исполнения с плановой документацией подтверждает заводская проверка со стороны контроля продукции, при соответствии выдается Протокол подтверждения соответствия требованиям для грозозащитного сооружения.

Этот Протокол соответствия служит документом для доказательства надлежащего выполнения частей/элементов при приемной проверке устройства грозозащиты.

Если производитель сборных строительных элементов не имеет контролируемой сертификационными службами системы контроля качества, то соответствие исполнения и плановой документации удостоверяется не независимыми специалистами или изготовителями совместно с представителями заказчика.

5.3 Улавливающие устройства

Улавливающие устройства на здании следует располагать так, чтобы молния попадала в них, а не в здание. Улавливающие устройства передают уловленную молнию на отводчики.

Расположение и количество уловителей определяется габаритными размерами здания, его величиной и защитным классом. Для зданий с простой конструкцией достаточно уловителей на вершине (коньке) и по наклонным краям крыши. (рис. 22).

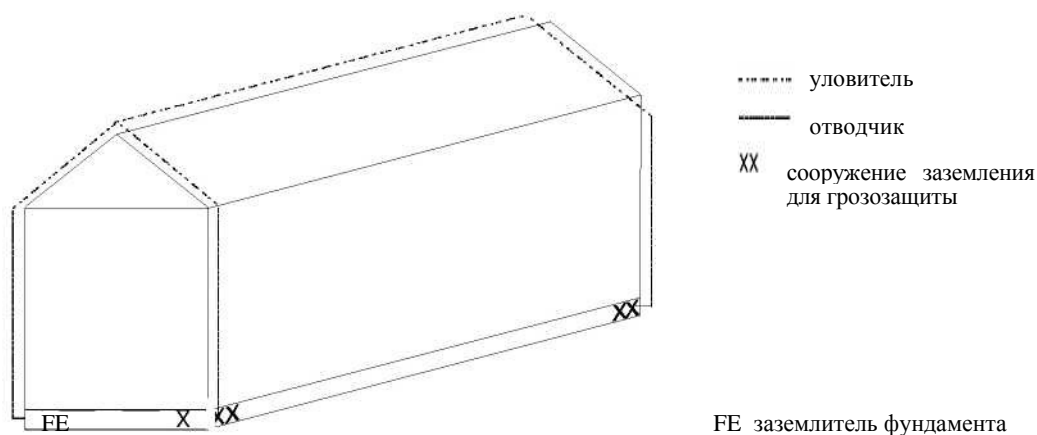


Рис. 22 Внешнее сооружение заземления для грозозащиты для малых зданий

Для зданий с плоскими крышами обычно используется уловитель ячеистой формы (сетка) (Рис. 23). Дальнейшие детали по дистанциям для уловителей, ширине их ячеек, материалам и сечениям смотри по нормам {9}.

улавливающая сетка из много-
контурной замкнутой сети

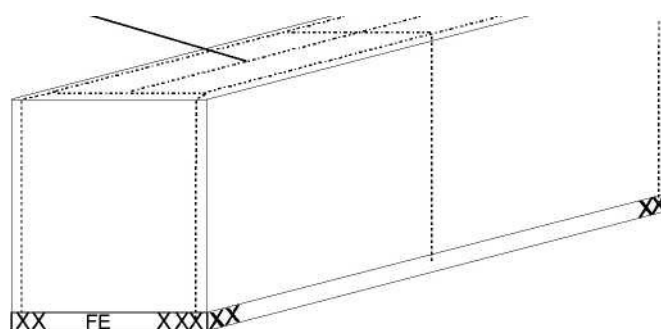


Рис. 23 Улавливатель из многоконтурной замкнутой сети на здании с плоской крышей

Если на крыше или на чердаке находятся электрические устройства (антенны поездной радиосвязи, телевидения, вентилятор, лифтовое оборудование, освещение, устройства контроля климата и т.д.), следует предотвратить возможность неконтролируемого проникновения по этим устройствам тока внутрь здания в случае ударов молнии. Для этого нужно эти устройства также защитить от ударов молнии.

Для защиты имеются различные возможности. Если речь идет об устройствах небольших размеров, например, прожектор на крыше (см. рис. 24), то в этом случае рядом с прожектором часто устанавливается молниеотводная деревянная мачта с заземлённым металлическим остриём. Таким образом, прожектор находится внутри защитного конуса штанги и защищен от прямого попадания молнии.

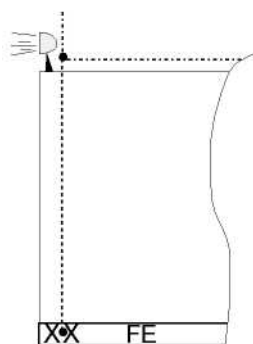


Рис. 24 Надстройки на крыше, защищенные улавливающей мачтой.

В случае значительных размеров надстроек на крыше применяется частично изолированный молниеулавливатель. Последний имеет ячеистую форму и возвышается над надстройками, защищая их от ударов молнии (см. рис. 25 и рис. 26). По этой теме детали также можно найти в нормах [9].

Примечание: в конструкции улавливателя, устанавливаемого изолированно, следует учитывать соблюдение дистанции до надстроек на крыше.



Рис. 25. Надстройки на крыше с улавливателем, устанавливаемым изолированно



Рис. 26. Пример улавливающей конструкции, установленной изолированно (Werkfoto Fa. Dehn)

В обоснованных случаях, для внешней защиты служебно-технических зданий и сооружений могут применяться улавливатели, устанавливаемые на отдельно стоящих мачтах. Рекомендации по установке мачт изложены в соответствующих строительных нормах.

Использование мачт с молниеулавливателем в качестве антенны и/или опоры энергоснабжения, подвески кабеля и т.п. не допускается.

6 Внутренняя грозозащита

С помощью внешней грозозащиты можно уменьшить проникновение больших токов молнии и снизить поля помех внутри зданий. Однако этого во всех случаях недостаточно для защиты устройств техники с их электронными компонентами. Для их защиты следует принимать меры, получившие названия внутренней грозозащиты. Не всегда возможно сделать точное разделение внутренней грозозащиты с другими мерами, как то защита персонала, электромагнитная совместимость, функциональные мероприятия. Поэтому представленные ниже меры могут служить и для других целей.

В рамках внутренней грозозащиты различают:

- стандартные меры, применяемые всегда, например, выравнивание потенциалов, экранирование кабеля;
- дополнительные меры, которые рекомендуются при определенных условиях, чтобы обеспечить высокую надежность сигнально-технического оборудования на установках, подверженных воздействиям молний.

Различаются следующие меры:

- Грозозащитное выравнивание потенциалов (раздел 6.1);
- Разделение потенциалов (раздел 6.2);
- Экранирование кабеля (раздел 6.3);
- Защитные схемы (раздел 6.4).

6.1 Грозозащитное выравнивание потенциалов

В помещениях ПЦ необходимо выравнивание потенциалов. В том числе оно выполняет следующие задачи:

- Улучшение защиты против воздействий молний [9], [13]
- Гарантия защиты персонала [3]
- Организация ЭМС [12]

Поскольку грозозащита - это часть ЭМС, меры разделяются следующим образом:

- подавление высокочастотных передатчиков помех;
- выравнивание кратковременной разницы потенциалов при наводках, вызванных молнией;
- уменьшение возможности влияния со стороны разрядов молнии и перенапряжения.

Здесь можно выбрать один из двух принципиальных способов:

- выравнивание потенциалов в форме звезды,
- замкнутое выравнивание потенциалов.

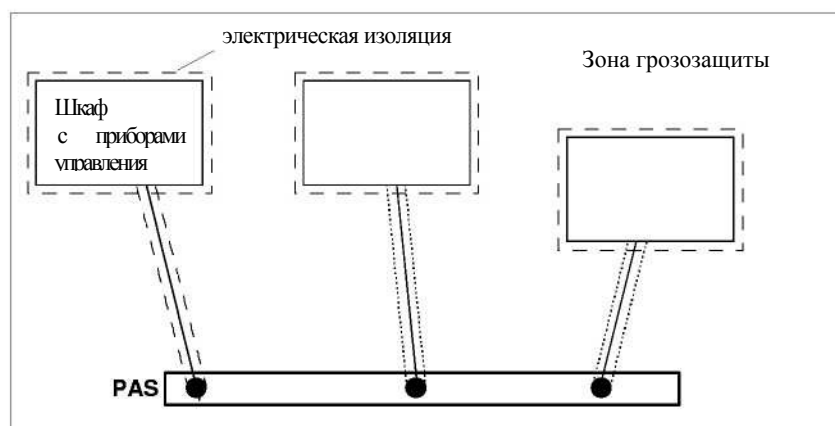


Рис.27 Выравнивание потенциалов в форме звезды в зоне грозозащиты

В случае выравнивания в форме звезды (см. рис. 27) все шкафы соединяются с шиной выравнивания внутри зоны грозозащиты (например, помещение), а друг от друга и по отношению к окружающей среде шкафы изолируются. Благодаря звездообразной форме уменьшаются низкочастотные омические токи в петле

(напр., структурные токи, которые появляются в TN-C-сетях). Эта система должна периодически проверяться, поскольку из-за случайного соединения разрушается конструкция звездообразной системы. Так же недопустимо многократное наложение экранов соединительных кабелей между приборами.

В случае петлеобразного выравнивания (тип М согласно [13] см. рис. 28) шкафы соединяются друг с другом, с шиной выравнивания потенциалов (отчасти с шиной выравнивания функциональных потенциалов [13]) и с проводящими частями зоны грозозащиты (например, помещение). Соединение осуществляется посредством многочисленных коротких проводов, винтовых соединений, экранов, случайных соединений и т.д.

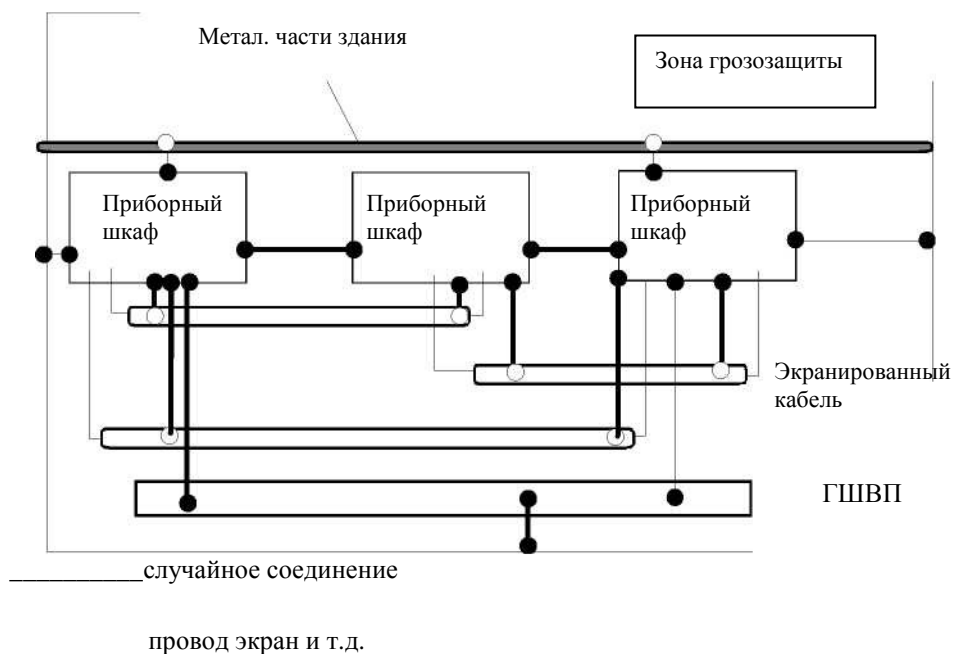


Рис. 28 Петлеобразное (решетчатая форма) выравнивание потенциалов в зоне грозозащиты

На МПЦ имеется много петлеобразных соединений между приборными шкафами. Особенно это связано с двусторонне наложенными экранами сигнальных кабелей и кабелей передачи данных. Из-за этих соединений с низким полным сопротивлением омические и наведенные уравнительные токи разделяются по многим линиям. Петли короткого замыкания, образуемые по причине выравнивания потенциалов, действуют как магнитные редуccionные петли, которые проти-

воздействуют влияющему полю и ослабляют его. Тем самым в проводящих петлях эффективно снижается индукционное напряжение, обусловленное петлеобразованием в проводах.

Петлеобразное выравнивание потенциалов поддерживается сетью петлевых решёток согласно [13]. Возникающие в результате токов молнии магнитные поля наводят напряжение на эту сеть решеток, уравнивающие токи этого напряжения образуют противоположное поле и тем самым ослабляют проникающие магнитные поля. Сеть петлевых решеток образуется преимущественно с помощью железной арматуры здания. Реализация осуществляется посредством проводящего соединения частей арматуры между собой и их соединения с системой выравнивания потенциалов (см. раздел 3.4.1).

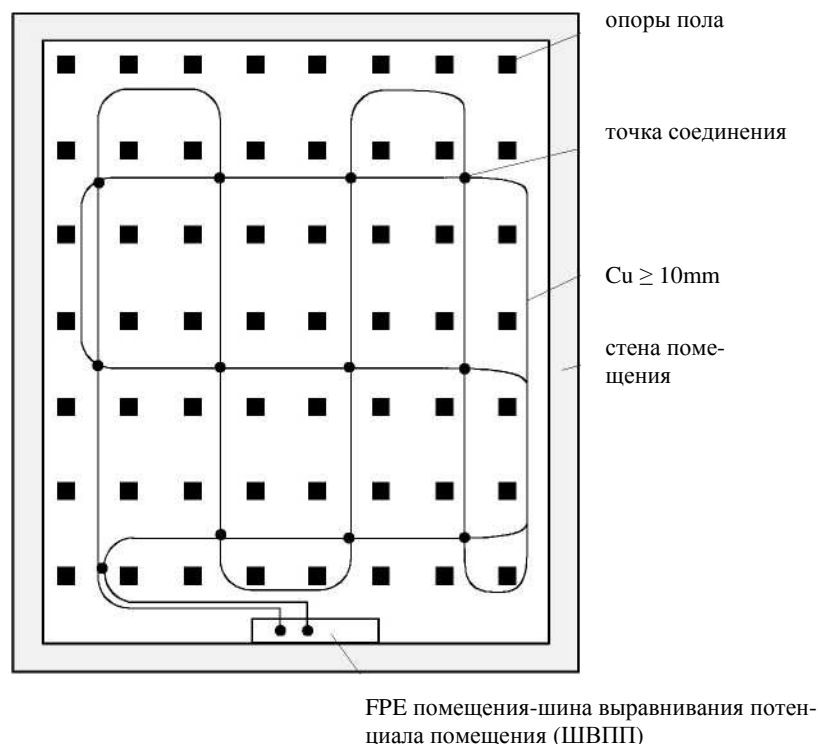
В большинстве случаев конструкция не позволяет включить арматуру в петлеобразное выравнивание потенциалов, т.к., например, в здании не применялся железобетон, либо арматура не связана между собой, либо отсутствуют места подсоединения. Тогда в качестве дополнительной меры следует преобразовать несущий каркас фальшпола в помещениях для компьютеров в петлеобразную сеть решеток, чем можно добиться похожего эффекта (см. рис. 29 и 30).

Для этого нужно обеспечить хорошо проводящие соединения опор опорного каркаса (динамическая связка болтами, клиновое соединение и т.д.) с профилированными деталями, чтобы сформировалась хорошо проводящая решетчатая структура. Опорный каркас следует кратчайшим путем связать с ШВП здания.



Рис. 29 Опорный каркас фальшпола как решетчатая структура; увеличенное фото: свинчивание в точке пересечения (нижняя сторона)

Другой альтернативой формированию решетчатой сети является прокладка решетчатой сети из медных тросов или лент ($A(\varnothing) \geq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$) под фальшполами и соединение тросов или лент на всех точках пересечения (см. рис. 30). Это можно сделать на выбор: с помощью пайки или клемм. Обычно достаточной считается решетчатая структура при $l(\text{длина}) \leq 1,2 \text{ m}$. Эту решетчатую структуру надо соединить с опорами пола для отвода статических зарядов (англ. ESD)



FPE-функциональное и защитное заземление

Рис. 30 Петлеобразная медная решетчатая сеть под фальшполом

В отдельных помещениях без электрических устройств (например, помещения подключения кабелей к кроссу) можно отказаться от петлеобразной решетчатой сети.

Для систем выравнивания потенциалов типа М [13] не предъявляются требования по изоляции для шкафов с приборами управления и линий выравнивания потенциалов, поэтому выпадают также и проверки петлеобразной системы выравнивания потенциалов (СВП) (для решения определенных задач необходимы элементы СВП, например, защита персонала).

По многим причинам на системах техники ЖАТ предпочтение отдается более экономичной и более отказоустойчивой петлеобразной СВП. В эту системы без больших проблем можно интегрировать и другие требования, а именно: требования по защите персонала, по ЭМВ и функциональному заземлению. Кроме того, не требуется дополнительных изменений, переделок помещений или изменения в размещении сигнальных устройств в помещениях. Облегчается также интеграция стандартных приборов.

В многоэтажных зданиях следует уделять особое внимание кабельным соединениям (вертикальным) между этажами. Поскольку ток молнии преимущественно распространяется в вертикальном направлении, в эти кабельные соединения может наводиться большое напряжение. Вертикальные кабельные каналы следует прокладывать преимущественно в середине здания. Если невозможно избежать прокладки по стене здания, следует поместить шахту посередине между двумя отводчиками (расстояние 5 м) (см. рис. 31). Если и это не представляется возможным, то шахта должна на всем протяжении закрываться жестяными пластинами, прикрученными токопроводящими материалами. Пластины должны с двух сторон подключаться к выравниванию потенциалов.

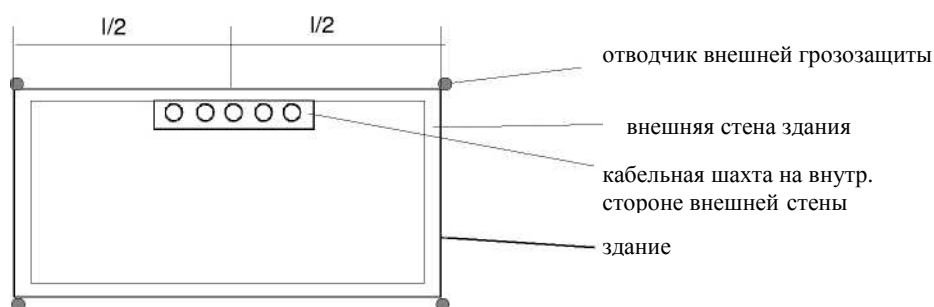
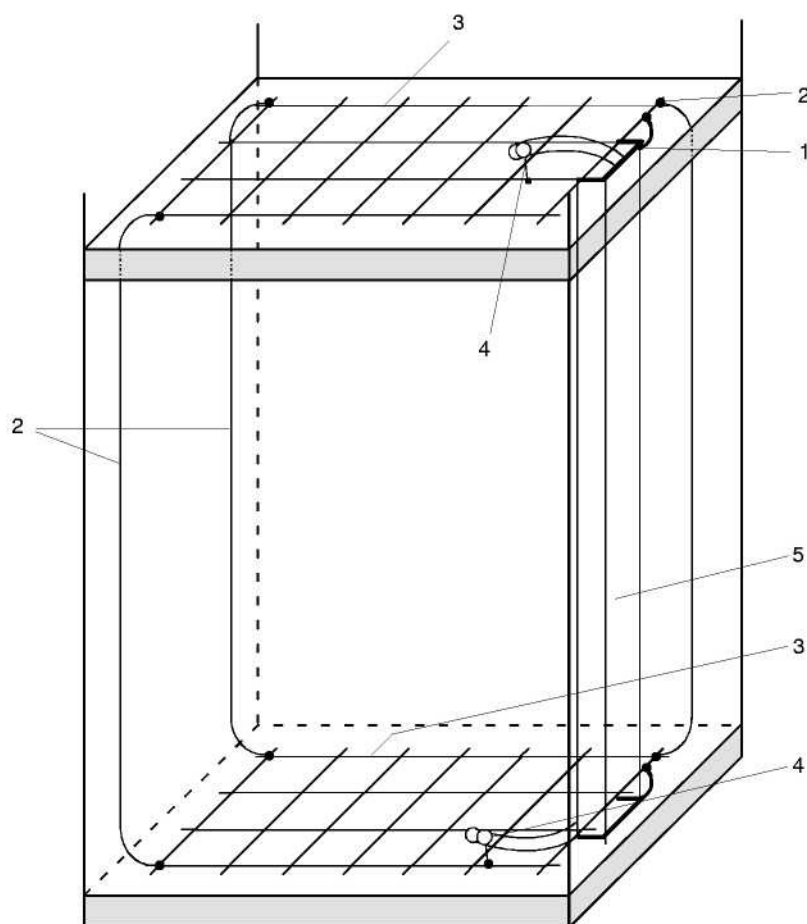


Рис. 31 Вид сверху здания с кабельной шахтой

В дальнейшем предпочтительно использование арматуры стен (например, контейнер, железобетонное здание) для соединения выравнивания потенциалов по этажам. В зданиях, где нет арматуры в стенах или она недоступна (например, старые постройки), следует соединять этажные сетки выравнивания потенциалов между собой, для этого используются проводники для выравнивания потенциалов (50 mm^2) и/или другие металлические детали. Соединения должны быть многократными (более 2-х) и в нескольких различных местах (рис. 31).

Экраны вертикальных кабельных соединений должны на обоих концах соединяться с усиленным выравниванием потенциалов (см. раздел 6.3).



- 1 отдельный проводник для выравнивания потенциалов или металлический связанный заземленный канал кабеля, по возможности на внутренних стенах
- 2 выравнивание потенциалов (ВП) между этажами: следует стремиться использовать арматуру стен, иначе многочисленные отдельные вертикальные проводники для выравнивания потенциалов
- 3 петлеобразная сеть ВП на этаже/в помещении (арматура пола, несущий каркас фальшпола или решетчатая сеть из медных тросов) или
- 4 двусторонний заземленный экран
- 5 канал кабеля

Рис. 32 ВП в многоэтажном доме

6.2 Разделение потенциалов

Высокие пики напряжения наводятся на напольные кабельные линии не только при ударах молнии. При коротком замыкании на землю или по отношению к системе обратной связи тягового электроснабжения, в кабель также наводится высокое кратковременное перенапряжение. Эти кратковременные превышения имеют частоту тягового напряжения и максимальную продолжительность воздействия $t \leq 0,5$ сек. (VDE 0228 T1). Поскольку промышленные схемы защиты от перенапряжения не могут без повреждений противодействовать этим сравнительно долго сохраняющимся коротким перенапряжениям, то для разделения перенапря-

жений применяется система разделения потенциалов (РП) (напр., оптрон, трансформаторы, реле и т.д.), что также служит для подавления изменяющихся перенапряжений (превышения из-за переключений или из-за влияния молнии). Это можно приравнять к тонкой грозозащите.

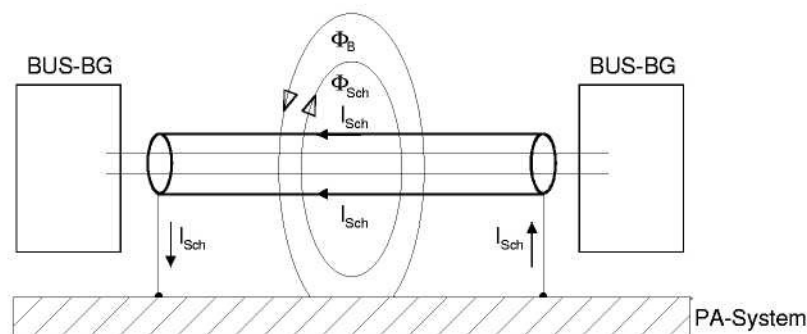
Пробивная прочность изоляции согласно EN 50 124-1 устанавливается в таких высоких значениях, чтобы противостоять ожидаемым кратковременным напряжениям влияния и импульсам перенапряжения.

Таким образом, схемы электронных плат (органов управления для МПЦ) с незаземленным напряжением для управления напольным оборудованием с помощью точек разделения потенциалов конструируются как «свободно плавающие», поэтому на всех точках незаземленной системы напряжения преобладают равные потенциалы. Только после пробоев изоляция в точках разделения потенциалов (ТРП) снижается проникшее напряжение. При этом возникает большая разница потенциалов в незаземленной системе, и проходят токи разряда. Из-за токов разрядки могут произойти разрушения в органах управления.

Справиться с такими большими перенапряжениями, которые превышают параметры ТРП, помогают схемы защиты от перенапряжения, которые безопасным способом отводят перенапряжение в землю (см. раздел 7.4).

6.3 Экранирование кабеля

Экран кабеля (здесь подразумеваются плетеные или массивные экраны, а не пленочные) является специальной формой экранирования, при которой активные жилы в кабеле плотно охватываются экраном. По причине большого значения экранирования кабеля для уменьшения вводов перенапряжения следует подробнее представить способ действия экрана. При двухстороннем наложении кабельного экрана образуется замкнутая петля в системе выравнивания потенциалов. Из-за магнитного поля, наведенного при ударе молнии, или из-за магнитных полей от соседних кабелей, в эту петлю и в жилы кабеля индуцируется напряжение, которое вызывает возникновение тока в экране кабеля. Его магнитное поле вращается навстречу внешнему магнитному полю помехи и уменьшает последнее (см. рис. 33).



I_{sch} = ток на экране кабеля

Φ_B = магнитное поля из-за воздействия молнии

Φ_{sch} = магнитное встречно вращающееся поле от экрана кабеля

(BUS BG - Узел шины, PA-System – система выравнивания потенциала)

Рис. 33 Действие экрана кабеля

Для обеспечения этого редуцирующего действия следует с двух сторон связать экраны кабеля (имеют низкое сопротивление) с СВП (двустороннее окончание экрана).

В технике ЖАТ всегда допускается двустороннее заземление экрана, только если с обоих концов кабеля применяется одинаковая СВП. Если конец кабеля заходит в зону с защитной мерой «Защита посредством непроводящих пространств (изоляции, незаземленная зона)», то там ни в коем случае нельзя подсоединять экран кабеля. В любом случае его (экран) нужно изолировать, учитывая окружающие условия.

Дополнительно следует упомянуть, что экраны кабеля также снижают разницу потенциалов между конечными точками кабеля и тем самым значительно улучшают выравнивание потенциалов в устройствах техники ЖАТ.

В документе [3] даются справки по условиям заземления на экранах внешнего кабеля и на бронировании кабеля.

6.4 Схемы защиты

Схемы защиты служат для отвода перенапряжения на СВП или непосредственно на установки заземления. Тем самым достигается выравнивание зарядов

между линиями, проводящими перенапряжение, и потенциалом приборов (принцип см. рис. 35). При этом различаются отводчики тока молнии и отводчики перенапряжения:

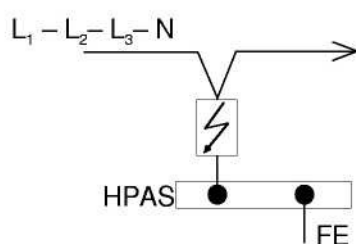
Отводчики тока молнии могут без повреждений отводить ток значительной части молнии в землю или на СВП. Отводчикам тока молнии отдается предпочтение на границе зон грозозащиты 0 и 1 (ЗГЗ 0 – ЗГЗ 1).

Отводчики перенапряжения в состоянии отводить перенапряжения с меньшей энергией в землю или на СВП. Отводчики перенапряжения применяются на границе зон грозозащиты 1 и 2 (ЗГЗ 1 – ЗГЗ 2) или выше.

Схемы защиты состоят из сопротивлений, зависящих от напряжения, и, смотря по обстоятельствам, из конструктивных элементов, формирующих импульсы (напр., катушка индуктивности). Напряжение, которое сопровождает отвод номинального тока через схему защиты, обозначается как защитный диапазон.

Эффективность схемы защиты определяется не только защитным диапазоном, также на эффективность существенно влияет длина соединений с подводящими линиями.

Особое внимание следует уделять низкоиндуктивным (коротким) подключениям при установке отводчиков тока молнии, поскольку из-за индуктивного сопротивления линии импульс тока молнии вызывает сильное падение напряжения в этой линии. Особое внимание следует уделить тому, чтобы линия до ШВП была короткой. Если это невозможно сделать, нужно подвести линии к сети с помощью отводчиков тока молнии к ШВП.



(HPAS – ГШВП – главная шина выравнивания потенциала, FE – заземлитель фундамента)

Рис 34 Указания по монтажу проводов для низкоиндуктивного подключения

6.4.1 Схема защиты для питания сети

6.4.1.1 Установки с грозозащитой зданий

На установках с внешней грозозащитой зданий (необходимость см. 5.1) электроснабжение от основного источника должно быть защищено как от ударов 1 степени, так и ударов 2 степени, а также от удаленных ударов. При увязке схем защиты следует обращать внимание на длину кабелей между сетевым питанием (напр., поставщик электроэнергии, дизельный генератор и т.д.) с отводчиками тока молнии и местом расположения основного источника электроснабжения (ОИЭС). Если ОИЭС и подача сетевого питания с отводчиками (рис.35) расположены не далее чем в 15 м друг от друга (длина кабеля), не устанавливаются другие отводчики перенапряжения.

При удаленных ударах молнии в кабели энергоснабжения индуцируется напряжение, либо в случае электроснабжения по воздушной линии, при ударах молнии происходит непосредственное попадание токов молнии в эти провода. Электроснабжение от основного источника также получает повреждения из-за индуцированного напряжения и из-за токов молнии, которые попадают по кабелям подачи электроэнергии. Высота (амплитуда) токов молний или волны перенапряжения, попадающие на питающий кабель, ограничиваются отводчиками токов молнии.

К другим повреждениям, обуславливающим необходимость установки отводчиков, относятся токи молнии 1-ой и 2-ой степени. При этом за счет падения напряжения на заземлителе здания поднимается потенциал самого здания. Этот потенциал передается к ГШВП и к отводчикам, что может привести к появлению дуги (вспышки) на отводчиках (рис. 37) и к тому, что от потенциала здания «подпитывается» подводящая проводка.-

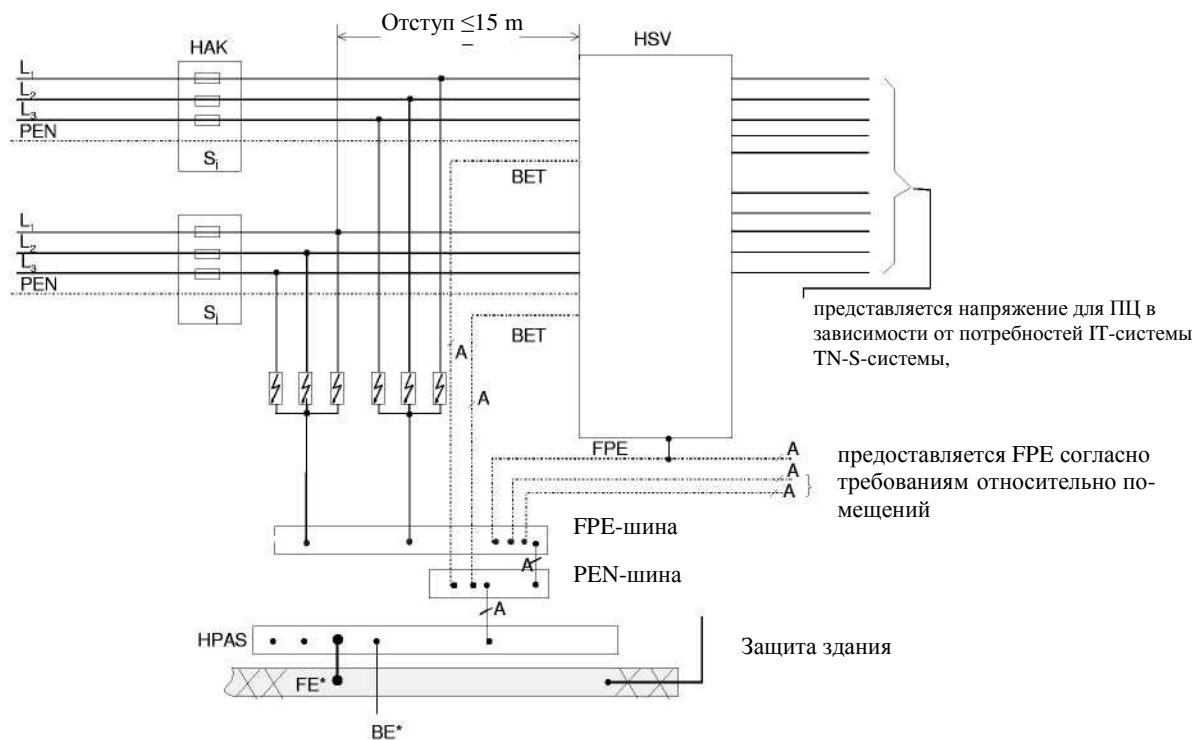
Из-за этого явления сокращается разница потенциалов между потенциалом здания и удаленной землей сетевого питания. Тем самым от потенциала здания защищается линия главного электроснабжения со своими местами изоляции.

При номинальном токе отвода применяемые отводчики тока молнии ограничивают напряжение на уровне защиты в $U_p \leq 4 \text{ kV}$. Этот уровень меньше макси-

мальной (ди)электрической [пробивной] прочности точек изоляции на основном источнике электроснабжения.

Если соединительная линия между ОИЭС и питанием сети с отводчиками тока молнии более длинная, при разрядах 1-ой и 2-ой степеней из-за магнитного поля может произойти наводка большого импульса индуцируемого напряжения U_{ind} на участке соединительной линии между отводчиком и ОИЭС (см. рис. 37). Этот индуцированный импульс напряжения суммируется с уровнем защиты U_p отводчика и нагружает изоляционные линии основного источника электроснабжения. В результате мы имеем принцип действия, представленный на рис. 37. Для того, чтобы сумма $U_p + U_{ind}$ не вызвала повреждений ОИЭС, за входными клеммами дополнительно устанавливается защита от перенапряжения.

Обычно рекомендуется этот элемент защиты предусмотреть также как защиту от перенапряжения (носит обозначение промежуточной защиты), если длина проводки между отводчиком и ОИЭС составляет более 15 м. Данная промежуточная защита обеспечивает уровень защиты $U_p \leq 2,5 \text{ kV}$ при номинальном токе отвода.



A - попереч. сечение согласно HD 384.4.41,
но $A > 10 \text{ mm}^2$

BE - «земля» в тяговой установке

BET - эксплуатационное заземление согласно концепции заземления

FE - заземлитель фундамента

FPE - функциональный, защитный провод и провод заземления с функцией выравнивания потенциалов

HAK - шкаф подключения здания к эл.сети

HPAS - ГШВП – главная шина выравнивания потенциала

HSV - главное электроснабжение

PEN - комбинированный провод: нейтраль и защита

Si - сетевые предохранители по необходимости

TK - телекоммуникация

*- заземление здания согласно концепту заземления



- отводчик тока молнии каждого внешнего питания сети как часть монтажа здания

Рис. 35 Сетевая защита ОИЭС вблизи от подачи питания (напр., при двух линиях подачи питания)

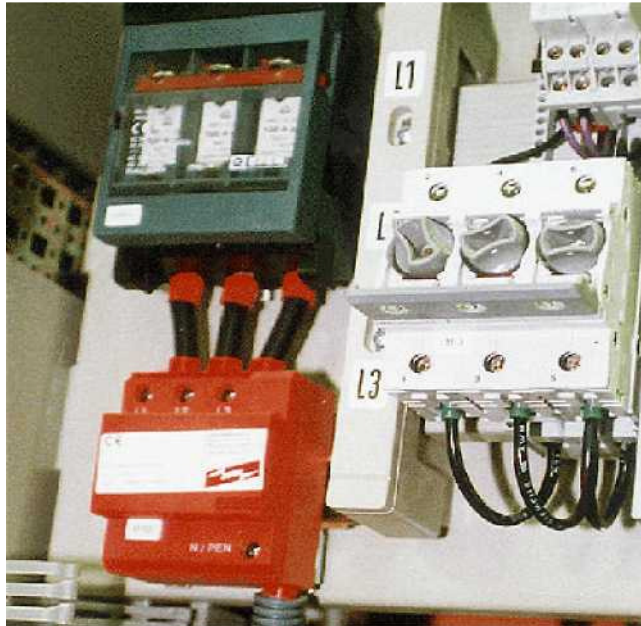
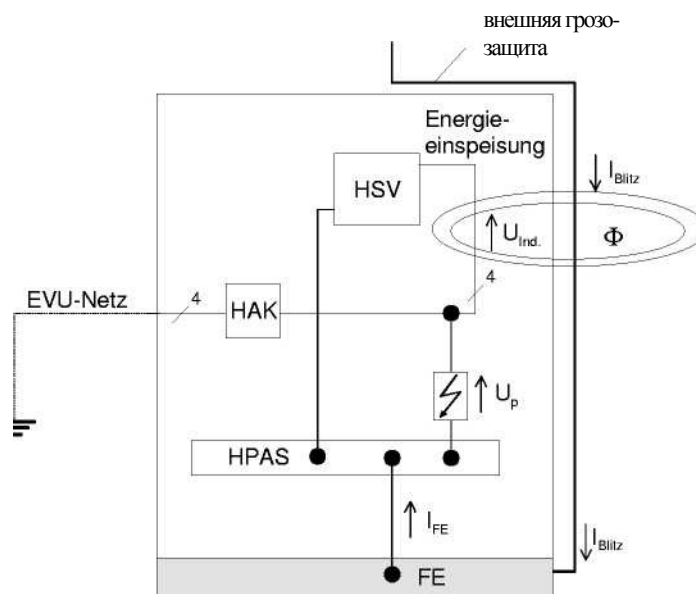


Рис.36 Отводчик тока молнии на месте подвода линии в здание
(Werkfoto Fa. Dehn)



EVU - поставщик электроэнергии
FE - заземлитель фундамента
HAK = шкафы подключения здания к эл.сети
HPAS = ГШВП
HSV = главное электроснабжение

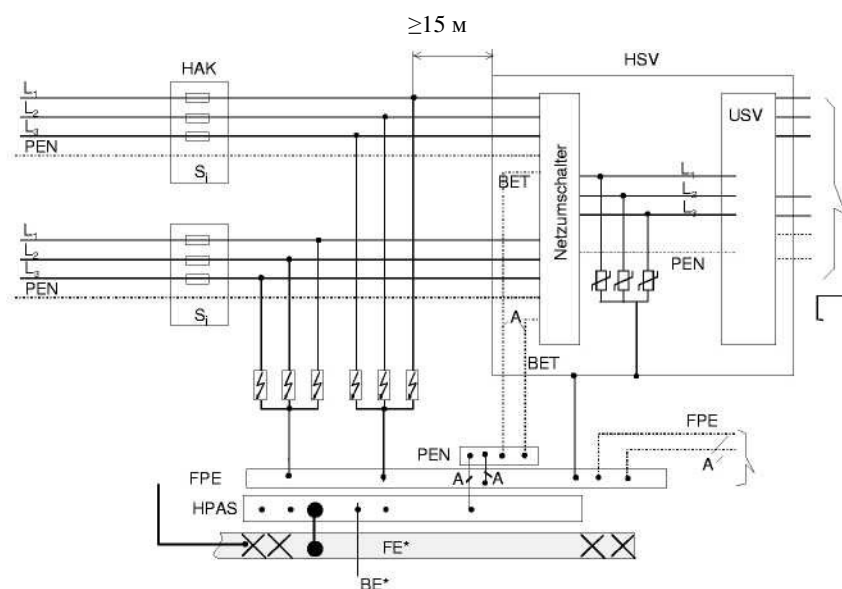
I_{Blitz} : ток молнии
 I_{FE} : ток из заземлителя фундамента
 $U_{Ind.}$: напряжение, индуцированное из-за магнит. поля
 U_P : повышения потенциала из-за молнии
 Φ : магнитное поле из-за т ока молнии

Energieeinspeisung – подача энергии

Рис. 37 Индукция напряжения в питающую линию при ударах 1-ой или 2-ой степеней.

Об особых условиях идет речь, если питание от ОИЭС может подключаться к различным линиям подачи тока. При этом между отводчиком перенапряжения и отводчиком тока молнии возможны кабельные участки различной длины. Если при каком-либо состоянии коммутационного аппарата длина кабельного соединения между отводчиком тока молнии и отводчиком перенапряжения составляет менее 15 м, следует в этот отрезок линии включить дополнительный развязывающий элемент. Также это должно быть сделано, если установки основного источника электроснабжения возведены без учета строительных требований.

Общая конструкция защитных схем дана на рис. 38.



A - поперч. сечение по HD 384.5.54, но $A > 10$ кв.мм

BE - «земля» в тяговой установке

BET - эксплуатационное заземление согласно концепции заземления

FE - заземлитель фундамента

FPE - функциональный, защитный провод и провод заземления с функцией выравнивания потенциалов

HAK - шкаф подключения здания к эл. сети

HPAS - ГШВП

HSV - ОИЭС

PEN - комбинированный провод: нейтраль и защита

Si - сетевые предохранители по необходимости

TK - телекоммуникация

USV = источник бесперебойного питания



- отводчик тока молнии каждого внешнего питания сети как часть монтажа здания



- отводчик тока молнии каждого внешнего питания сети как часть монтажа здания

* - заземление здания согласно концепту заземления

Рис.38 Сетевая защита основного источника электроснабжения при расстоянии до отводчика тока молнии $l = 15$ м.

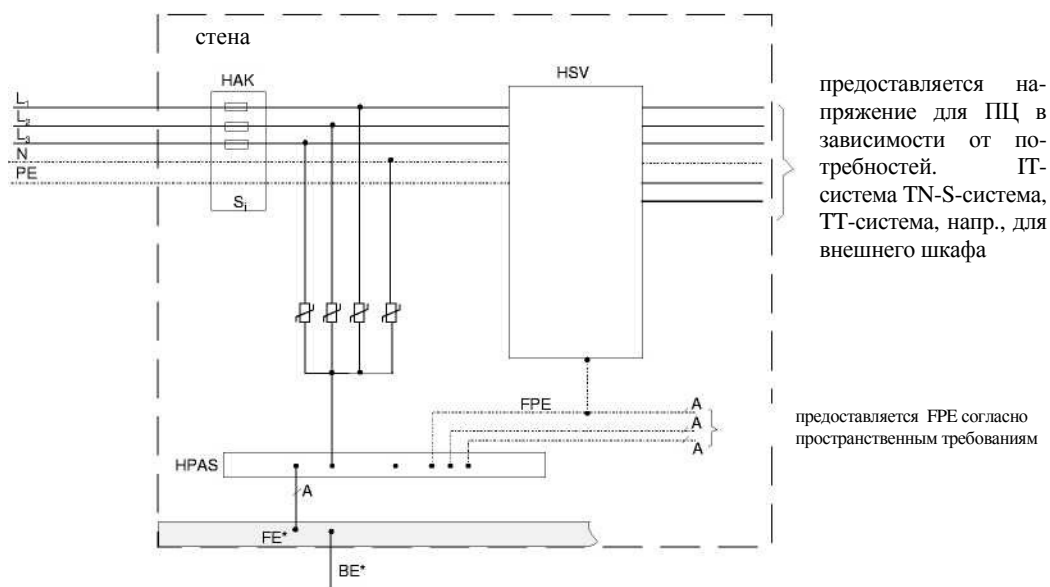
6.4.1.2 Установки без грозозащиты здания

На установках, где нет необходимости внешней грозозащиты зданий (см. раздел 5.1), не нужно защищать основной источник электроснабжения от ударов 1-ой степени. Защита основного источника электроснабжения должна устанавливаться в сеть поставщика электроэнергии.

При удаленных ударах молнии в кабели энергоснабжения индуцируется напряжение, либо в случае электроснабжения по воздушной линии при ударах молнии происходит непосредственное попадание токов молнии в эти провода. Основным источником электроснабжения также получает повреждения из-за индуцированного напряжения и из-за токов молнии, которые попадают по кабелям подачи электроэнергии.

По этой причине вблизи места подачи электроэнергии в здание следует установить отводчик тока молнии. При этом действуют условия как на рис. 35, причем отпадает требование по соблюдению расстояния $l < 15$ м между отводчиком тока молнии и основным источником электроснабжения. На линии энергоснабжения следует установить отводчик вблизи места подвода к зданию.

Другие условия действуют, если подача питания осуществляется по более длинным кабелям с меньшим поперечным сечением (поперечное сечение жилы $A < 10 \text{ mm}^2$). В этом случае не предполагается наводка больших токов молнии на кабель. Здесь достаточно установить отводчик перенапряжения позади питающего конца подачи энергии (см. рис.39).



A = попереч. сечение согласно HD 384.5.54, но $A > 10 \text{ mm}^2$

BE= «земля» в тяговой установке

FE = заземлитель фундамента

FPE= функциональный, защитный провод и провод заземления с функцией выравнивания потенциалов

K= шкаф подключения здания к эл.сети

HPAS= ГШВП

N = провод нейтрали

PE = защитный провод

Si = сетевые предохранители по необходимости

*= заземление здания согласно концепту заземления,



- Отводчик перенапряжения

Рис. 39 Подача энергии по кабельной линии для зданий без грозозащиты

6.4.2 Защита от выходного напряжения с основного источника электропитания

Сети электроснабжения, необходимые в технике ЖАТ, связи и т.п. обеспечиваются от основного источника электроснабжения.

Сети электроснабжения разделяются на:

сети электроснабжения внутри здания (обычно TN-S-системы);

- ведущие в поле сети электроснабжения для напольных устройств централизации (обычно IT-системы).

Для постового оборудования предпочтение отдается сетям электроснабжения с экранированными кабелями, по возможности экран накладывается двусторонне. В результате таких мер эффективно снижается индукция от перенапряжения при ударах 2-ой степени. К тому же улучшается электромагнитная совместимость между проводами с различными уровнями напряжения. И поэтому можно

отказаться от сложно достижимого на больших установках разделения кабельных сетей.

В случае с сетями электроснабжения, которые проводятся к напольным устройствам, следует принимать в расчет влияние системы напряжений при близких и дальних ударах молнии.

При дальних ударах нужно учитывать наводки напряжения как в EN 50 124-1 [11]. Хотя это напряжение воздействует на землю, оно также может частично появиться между жилами проводов, несимметричных земле, как это обычно применяется в технике сигнализации.

Если сети электроснабжения для напольных устройств включаются через трансформаторы с высокой (ди)электрической [пробивной] прочностью, не требуются никакие другие защитные меры на основном источнике электроснабжения.

Если для подготовки сетей электроснабжения применяются полупроводники (выпрямительный диод, регулирующие устройства), следует прибегнуть к мерам защиты от слишком высокого напряжения. Таковым может быть как слишком высокое напряжение между жилами, так и слишком высокое напряжение между жилой и землей.

6.4.3 Защита от перенапряжения для линий сигнализации

На интерфейсах к напольному устройству (орган управления) в МПЦ благодаря сильным точкам изоляции (требуются согласно EN 50 124-1) предотвращаются повреждения из-за ударов молнии.

В случае особенно высоких требований по надежности или при неблагоприятных окружающих условиях эта защита может быть улучшена с помощью дополнительных схем защиты от перенапряжения («тонкая» защита от перенапряжения).

Устройства защиты от перенапряжения для органов управления МПЦ, электронных плат связи и т.п. устанавливаются на стойке подключения кабеля (кросс) за местом ввода сигнальных проводов на постовое оборудование.

6.4.3.1 Защита от перенапряжения для напольного оборудования МПЦ

Меры по защите от перенапряжения служат для защиты органов управления, соответствующие устройства устанавливаются на внешних жилах ПЦ в стойке подключения кабелей (кросс) (либо в шкафу подключения кабелей). Только если на малых ПЦ или на наружных шкафах отсутствует стойка подключения кабелей (КА-кросс), то, как запасной вариант, подобные устройства монтируются на клеммах на вводе в шкаф.

Рекомендации по необходимости защитных мер от перенапряжения для органов управления даются в разделе 6.3.

При ударах 1-ой и 2-ой степеней в здание ПЦ схемы защиты от перенапряжения обеспечивают выравнивание потенциалов между постовым и напольным оборудованием и тем самым разгружают точки разделения потенциалов на органах управления. В этом случае можно рассчитывать на сокращение повреждений на узлах органов управления.

Как ранее было сказано, любой монтаж безопасных сигнальных устройств должен входить в доказательство безопасности. Применение допустимо только после доказательства безопасности.

Не для всех технологий централизации, особенно это касается старых технологий, допускается монтаж устройств защиты от перенапряжения.

Поскольку применяются различные технологии централизации, то используются разные адаптированные технологии защиты, имеющие определенные ограничения по использованию.

Общим для всех технологий защиты является то, что отводится напряжение между землей и жилой, индуцированное при ударе молнии. При необходимости имеются также конструкционные элементы для ограничения напряжения между жилами.

6.4.3.2 Защита от перенапряжения в компонентах напольного оборудования

По причине низкой концентрации объектов и меньшего влияния на общую работоспособность, с точки зрения экономической целесообразности обычно не рекомендуется применение защиты от перенапряжения на компонентах напольно-

го оборудования. Поэтому только для компонентов напольного оборудования с большой долей электроники, в непосредственной близости от путей, или в других неблагоприятных окружающих условиях сохраняется защита от перенапряжения. Конструкция этих защитных устройств, главным образом, ориентирована на существующие конструкции и технические требования. Поэтому применяются решения, адаптированные к конкретной технологии.

Действуют те же требования, что и для схем защиты постового оборудования. Поэтому многие климатические и механические требования определяются на месте установки напольного элемента.

6.5 Особые условия

Устройства техники ЖАТ разрабатываются согласно действующим техническим правилам (преимущественно EN-стандарты CENELEC и аналогичные нормативные документы ОАО «РЖД»). Представленные там требования отражают нормальные окружающие условия для Европы и России. Для устройств, работающих в особенно неблагоприятных условиях, описанные там требования могут быть недостаточными. В этих случаях рекомендуется (особенно это относится к тропическим регионам) выяснить необходимость установок грозозащиты и схем защиты от перенапряжения с помощью правил, указанных в главе 5 и 6.

Также нужно согласие заказчика, когда при поставках в грозоактивные регионы нужно настаивать на установке защиты от перенапряжения.

7 Основы элементов защиты

Для элементов защиты различаются три сферы применения на сигнальных устройствах. К этим сферам выдвигаются различные требования:

- защитные элементы для сетей подачи энергии;
- защитные элементы для сетей передачи данных;
- защитные элементы для напольной кабельной сети.

7.1 Защитные элементы для сетей подачи энергии

Питание основного источника электроснабжения (HSV) осуществляется от внутренней распределительной сети железной дороги и в качестве резерва может использоваться местный поставщик энергии.

Для подводящей сети переменного тока (большое поперечное сечение) устанавливается зона грозозащиты 0, поэтому следует отводить токи влияния. Соответственно предусматривается отводчик класса В [17].

Для подводящей однофазной сети (230 V) предусматривается более длинное кабельное соединение посредством подземного кабеля (незначительное поперечное сечение), либо отводчики тока молнии от эксплуатирующей организации, с тем, чтобы на входе основного источника электроснабжения использовались отводчики напряжения класса С.

Если напряжение, исходящее от блока основного источника электроснабжения, подается к напольному оборудованию без разделения посредством трансформаторов, то и это напряжение подключается через отводчики перенапряжения класса С. Дело в том, что для этого напряжения предусмотрена прокладка подземного кабеля (зона грозозащиты 0_В).

Для описанных здесь защитных схем, применяемых на сетевых системах, существуют подходящие устройства для встраивания в приборы и в распределители, которые используются в основном источнике электроснабжения. Эти системы понижают поступающее напряжение до значений, лежащих ниже границы (ди)электрической [пробивной] прочности основного источника электроснабжения.

7.2 Защитные элементы для линейных цепей и сетей передачи данных

Кабельные сети линейных цепей органов управления и передачи данных в устройствах техники ЖАТ выполняются с помощью экранированных проводов, чей экран внутри помещений с обеих сторон соединяется с выравниванием потенциалов и удовлетворяет требованиям по ЭМС. Благодаря этой защитной системе становятся лишними защитные схемы для проводов внутри здания.

Если провода выходят из здания, предусматриваются дополнительные защитные меры. Они могут состоять из промежуточного включения точек разделения потенциалов (напр., перенос с высокой пробивной прочностью) или защитных схем.

Защитные схемы зависят от эксплуатации и формируются из предлагаемых производителем блоков схемной защиты для измерительных, управляющих и регулирующих устройств. По причине разнообразных условий, выдвигаемых к передаче данных и применяемой конструкции и т.д., происходит многократное ориентирование на стадии проектирования в соответствии с местными условиями.

7.3 Защитные элементы для напольной кабельной сети в технике ЖАТ

Под напольной (внешней) кабельной сетью в этом разделе понимаются кабельные соединения от кросса подключения кабелей (КА кросс) к компонентам напольного оборудования. Данные кабельные соединения являются частью установки централизации стрелок и светофоров и должны выполнять нормы безопасности для техники ЖАТ. Для этого следует также включать элементы защиты в доказательство безопасности или раскрывать возможности отказов защитных схем при рассмотрении неисправностей в доказательствах безопасности.

Если вышесказанное отсутствует, то в кабельные соединения от органов управления к компонентам напольного оборудования не должны включаться защитные элементы.

В основном элементы защиты от перенапряжения должны устанавливаться на месте ввода проводов в здание ПЦ. Благодаря такому расположению перенапряжение на этих жилах отводится сразу в систему заземления за местом ввода проводов, а не проводится в зоны грозозащиты 1 и 2 (см. гл. 6). Т.е максимальная защита достигается, если элементы защиты располагаются в стойке подключения кабелей. Сименс АГ для этих целей предлагает элементы защиты, которые без затрат на дополнительную проводку можно вставить в разъединительные контактные клеммы, тем самым устанавливается соединение с напольными кабельными соединениями. В случае технологической необходимости подключение наполь-

ных кабелей может быть произведено через кроссовый статив. В этом случае изоляция токоведущих конструкций кроссового статива должна быть повышенной.

Имеется большой выбор элементов защиты от перенапряжения для различных ПЦ, линейных цепей, систем рельсовых цепей и т.д.

При разработке элементов защиты для сигнально-технических проводных соединений следует учитывать, наряду с обычными условиями работы, также и особенности техники централизации и эксплуатации электрифицированных ж.д.

Если при неэлектрической тяге и на ж.д. с электрической тягой постоянного тока не нужно обращать внимание на напряжения влияния, появляющиеся из-за индукции вследствие тягового тока, то на ж.д. с электрической тягой переменного тока такие напряжения влияния выступают как важный параметр. Поэтому при определении рабочего напряжения для защитных схем следует суммировать имеющееся рабочее напряжение и максимальное имеющееся напряжение влияния.

Далее, при появлении кратковременных напряжений влияния защитные схемы должны срабатывать, но не выходить из строя. Соответственно высоким должен быть защитный диапазон срабатывания, при превышении которого элементы обеспечивают защиту от появившегося перенапряжения, обусловленного ударом молнии. Защиту электронных компонентов (органов управления для МПЦ) можно обеспечить только в том случае, если они (органы управления) обладают большей пробивной устойчивостью, чем диапазон защитных схем.

Поскольку стандарт EN 50 124-1 настаивает в основном на высокой пробивной устойчивости к непостоянному перенапряжению, а органы управления также должны выдерживать кратковременные напряжения влияния, то необходимо разрабатывать элементы защиты от перенапряжения согласно вышеназванным требованиям. Из-за, как правило, высокой пробивной устойчивости органов управления нет необходимости в других устройствах тонкой защиты.

Поскольку неисправные варисторы представляют опасность в плане воспламенения, следует принять соответствующие меры. Существуют различные концепции. Они основываются на отключении варисторов вплоть до соединения

варисторов с газоотводчиками и конструированием варисторов в негорючей оболочке.

Распознавание неисправных варисторов затруднено и требует много времени. Поскольку в защитных схемах не применяются изнашиваемые детали, рекомендуется следующее: если при грозе устанавливается дефект органа управления, наряду с органом управления заменяются и подвергаются проверке также устройства задействованных защитных схем. В случае с варисторами речь обычно идет о мощных цинкооксидных варисторах, которые в нормальных рабочих условиях имеют сопротивление, измеряемое в мегаОмах. Поскольку на больших МПЦ при определенных обстоятельствах к сетям ПЦ может быть параллельно подключено большое количество этих конструктивных элементов, до нежелательных размеров может понизиться изоляционное сопротивление центральной незаземленной сети ПЦ (ИТ-системы). По этой причине предпочитают последовательные соединения из варисторов и газоотводчиков. Газоотводные трубки в нормальных рабочих условиях имеют значения сопротивления, измеряемые в гига-Омах, поэтому не проявляется заметного снижения изоляционного сопротивления больших сетей ПЦ.

7.4 Принцип действия защитных элементов

Принцип действия поясняется на примере защитного элемента для кабельных соединений в технике сигнализации (см.рис 40).

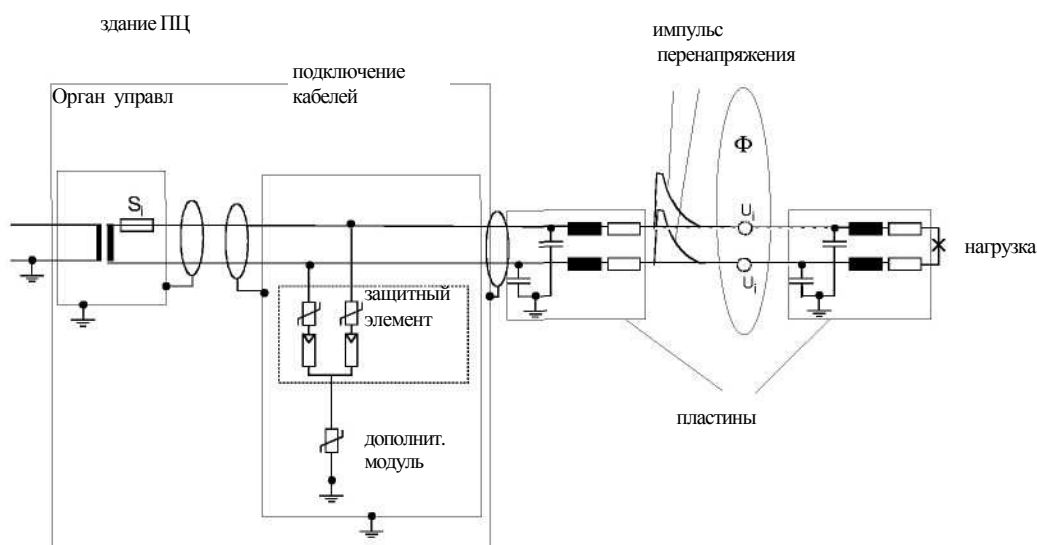


Рис. 40 Принцип действия схемы защиты от перенапряжения

Из-за удара молнии вблизи кабельных соединений, применяемых в технике сигнализации, вырабатывается большое магнитное поле Φ , которое согласно закону индукции индуцирует напряжение в каждую проводящую конструкцию ($U = dl/dt$). Тем самым в жилы напольного сигнального кабеля также индуцируется напряжение (см. рис. 40). Это напряжение по жилам напольного кабеля попадает к стойке подключения кабелей (КА-кросс) и к электронным компонентам (органам управления в МПЦ). Итак, в стойке подключения кабеля или в органах управления разделительные точки изоляции по отношению к земле или изоляция к заземленным системам напряжения попадают под повышенный потенциал, и если имеет место превышение допустимой нагрузки в точках изоляции, происходит пробой. Импульс перенапряжения вызывает прохождение тока. Тем самым замыкается цепь от точки индукции (U_i на рис. 40) через провода к точке пробоя (например, на органе управления) к земле и к емкости сигнального кабеля.

Если в компоновку как на рис. 40 интегрируется защитный элемент, его зависящие от напряжения сопротивления (варисторы) становятся проводящими после превышения определенного уровня импульса напряжения.

Сначала искрит газоотвод (газовый разрядник) в схемном устройстве, напряжение в нем падает до нескольких вольт. Варисторы сохраняют постоянное напряжение, зависящее от тока, и тем самым ограничивают ток. Таким образом предотвращается срабатывание предохранителей в защищаемых схемах и перегрузка защитной схемы при коротких замыканиях на ж.д. с электрической тягой переменного тока.

Поведение импульсов перенапряжения в проводах можно отследить, если перенапряжения соединяются с импульсным генератором, а токовая диаграмма/диаграмма напряжения отражается (записывается) на осциллографе. На рис. 41 показана подобная проверочная схема, а на рис. 42 даны типичные характеристики тока/напряжения.

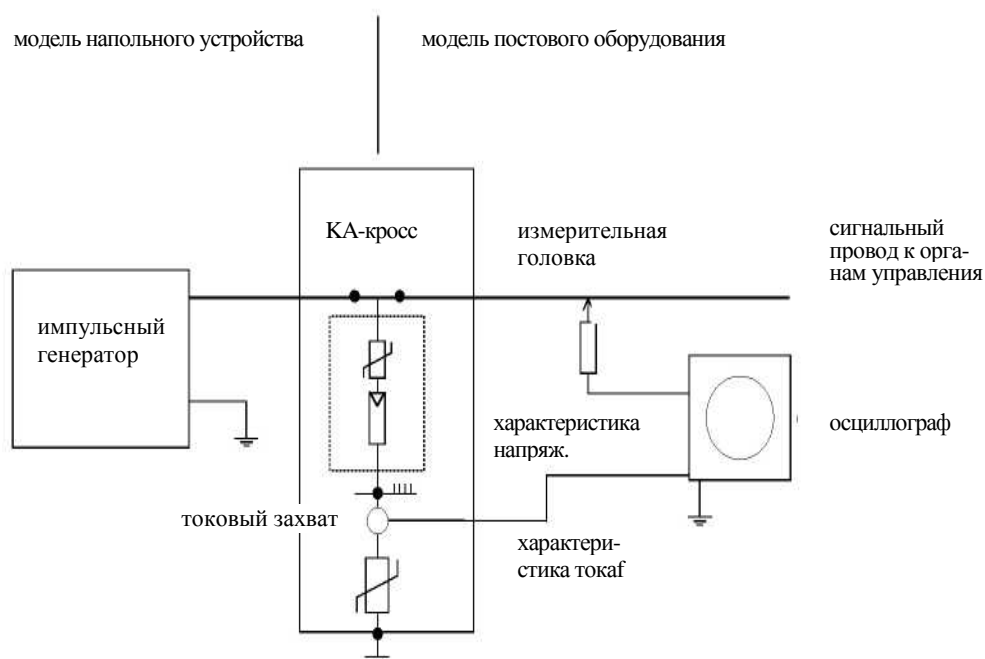


Рис.41 Измерительная схема для проверки элементов защиты

Снижение импульса перенапряжения с помощью блока схемной защиты представлено в табл. 1.

При этом видно, как на пластинах сопротивления и на индуктивных пластинах (рис. 42) происходит падение напряжения из-за импульса тока в защитной схеме. Величина импульса перенапряжения понижается с 4,4 kV до 2,9 kV.

Табл. 1 Измерительные значения измерительной схемы (пример)

Защита	U_i в kV ($1,2 \mu s/50 \mu s$)	I_i в А
без компонента защиты	4,4	-
с компонентом защиты	2,9	500

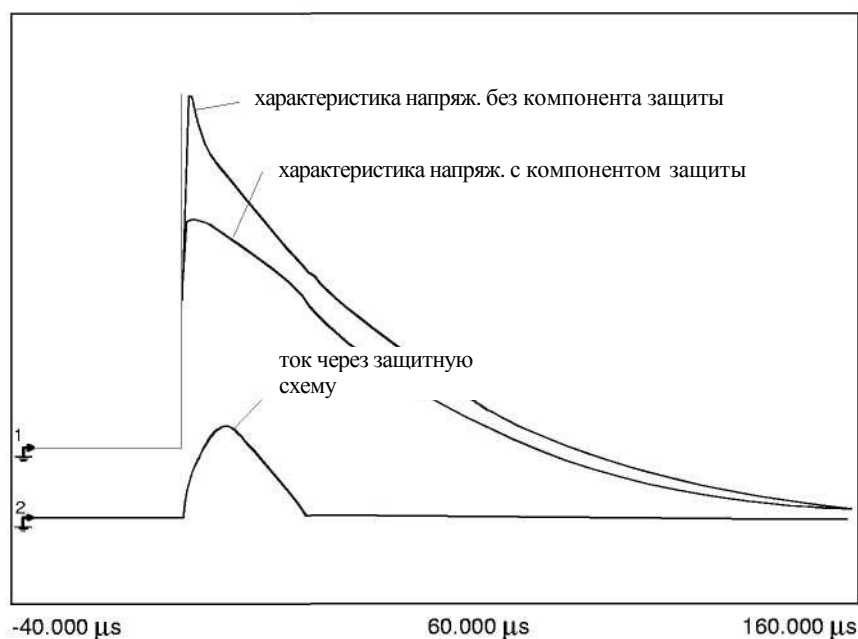


Рис. 42 Импульс тока и импульс напряжения при импульсной наводке

8 Применяемые блоки схемной защиты от перенапряжения

8.1 Децентрализованная (индивидуальная) система, в данном случае защиты, органов управления (DSTT-система) для клемм WAGO при длительном напряжении влияния до 250 V

8.1.1 Конструкция системы

Применяемая система защиты от перенапряжения DSTT задумана для широкого применения и используется в различных конструкционных формах на МПЦ. В качестве планки клемм в стойке подключения кабелей (кросс)/шкаф требуются WAGO-клеммы (см. рис. 49). На этих клеммах имеется возможность реализовать защиту от перенапряжения путем помещения модуля защиты от перенапряжения (см. рис. 43-45). Другой проводной монтаж не нужен на подготовленных стойках подключения кабелей/ шкафах подключения кабелей.

Система защиты от перенапряжения состоит из различных схем защиты от перенапряжения, которые согласно жесткому конструкционному правилу устанавливаются в собственном корпусе. Повышенное напряжение отводится к изо-

лированной, защищенной от прикосновений шине, а отсюда напряжение отводится через блок-варистор в землю.

Примечание: Благодаря применению негорючей пластмассы можно отказаться от термовыключателей для этих элементов защиты (см. раздел 6.2).

8.1.2 Сфера применения

Тип 1

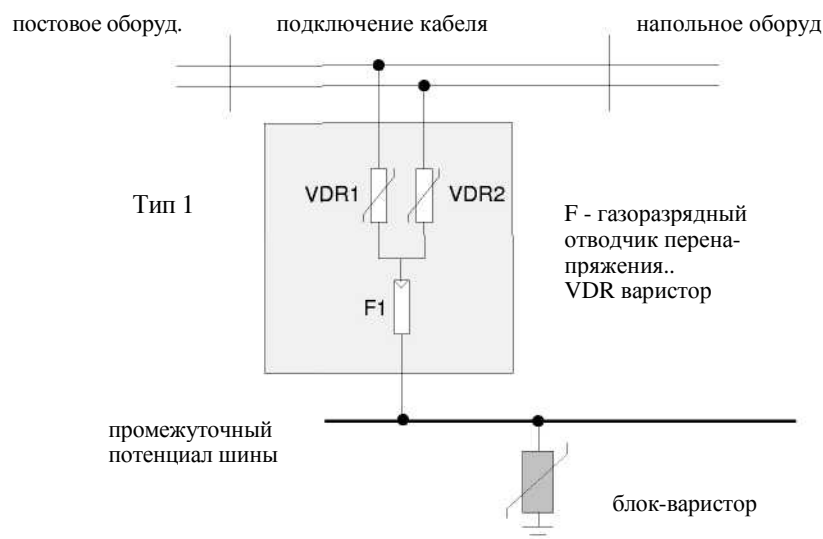


Рис. 43 Модуль защиты от перенапряжения тип 1 с центральным блок-варистором

технические данные:

рабочее напряжение на землю

≤ AC 250 V

рабочее напряжение между жилами
напряжение влияния

≤ AC 400 V

≤ AC 250 V (длительное влияние)

≤ AC 1.500 V (короткое влияние)

защитный диапазон от импульса

жила/жила

≤ 1.400 V* (1,2 μs/50 μs)

жила/земля

≤ 2.900 V (1,2 μs/50 μs)

ток утечки

≤ 8 kA (1,2 μs/50 μs)

температурный диапазон

-40 °C до +85 °C

поперечные сечения для подключения

≤ 2,5 mm²

вид защиты

IP20

Защитный диапазон действителен, если обе жилы проложены в одном кабеле.

Тип 2

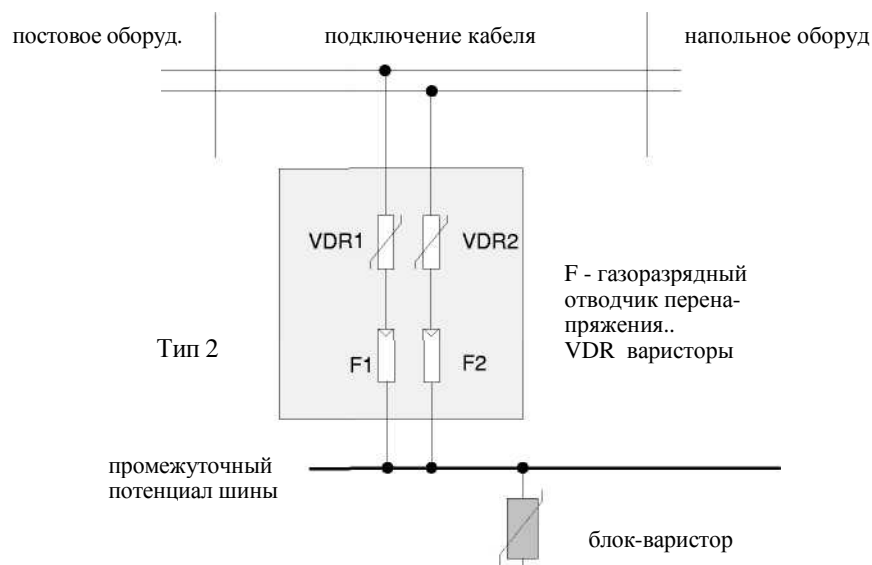


Рис. 44 Модуль защиты от перенапряжения тип 2 с центральным блок-варистором

технические данные:

рабочее напряжение на землю

≤ AC 250 V

рабочее напряжение между жилами
напряжение влияния

≤ AC 400 V

≤ AC 250 V (длительное влияние)

≤ AC 1.500 V (короткое влияние)

защитный диапазон от импульса

жила/жила

≤ 1.400 V* (1,2 μs/50 μs)

жила/земля

≤ 2.900 V (1,2 μs/50 μs)

ток утечки

≤ 8 kA (1,2 μs/50 μs)

температурный диапазон

-40 °C до +85 °C

поперечные сечения для подключения

≤ 2,5 mm²

вид защиты

IP20

Защитный диапазон действителен, если обе жилы проложены в одном кабеле.

Тип 4

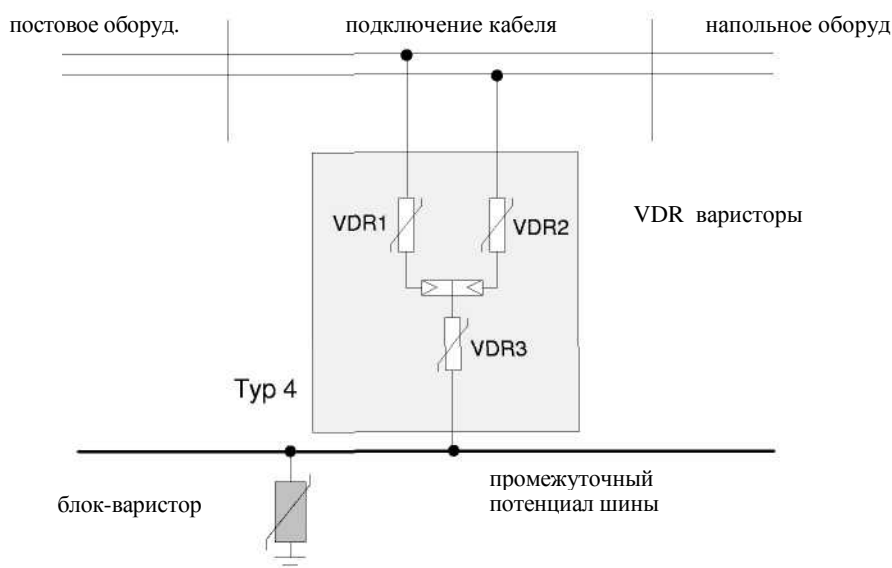


Рис. 45 Модуль защиты от перенапряжения тип 4 с центральным блок-варистором

технические данные:

рабочее напряжение на землю

≤ AC 250 V

рабочее напряжение между жилами
напряжение влияния

≤ AC 110 V

≤ AC 250 V (длительное влияние)

≤ AC 1.500 V (короткое влияние)

защитный диапазон от импульса

жила/жила

≤ 1.200 V* (1,2 μs/50 μs)

жила/земля

≤ 3.100 V (1,2 μs/50 μs)

ток утечки

≤ 8 kA (1,2 μs/50 μs)

температурный диапазон

-40 °C до +85 °C

поперечные сечения для подключения

≤ 2,5 mm²

вид защиты

IP20

8.1.3 Предпосылки для применения

Стойка подключения кабелей /-шкаф с клеммами WAGO, расположены соответствующим образом как на рис. 50.

Для системы защиты от перенапряжений подходят следующие стойки подключения кабелей /-шкафы:

- стойка подключения кабелей фирмы SCN Neumann GmbH;

- стойка подключения кабелей / щит переключений (кросс), VKM модель III;
- монтажная схема разрядник (отводчик) перенапряжения/заземление номер : SCN-Z-00-0439;
- стойка подключения кабелей Siemens S25131-G103-A110
- стойка подключения кабелей Siemens S25140-J212-A1

8.1.4 Составляющие блоков схемной защиты от перенапряжения

Компоненты схемной защиты от перенапряжения размещаются в приемнике конструктивных элементов WAGO C25104-Z8-C726. См. рис. 46,47 и 48

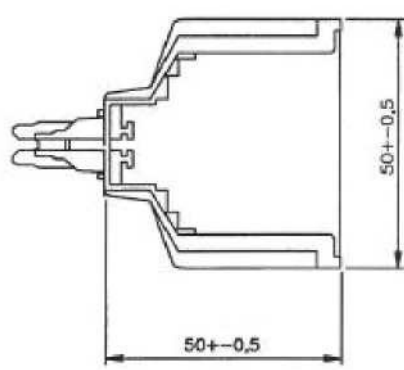


Рис. 46 Приемник конструктивных элементов WAGO

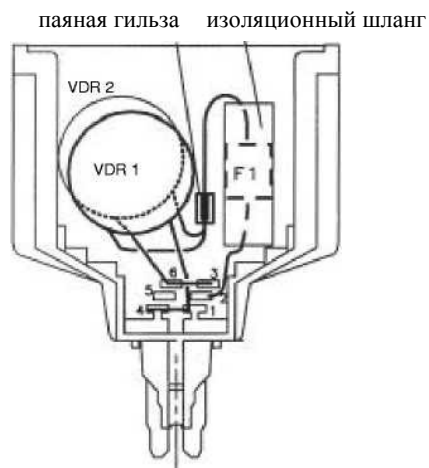


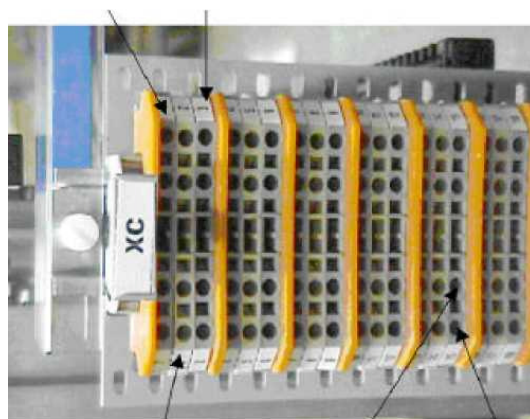
Рис. 47 Приемник конструктивных элементов с возможным оснащением



Рис. 48 DSTT-модуль

Приемник конструктивных элементов помещается в соответствующие клеммы WAGO. Для этого нужно предусмотреть блок из 3 клемм для каждого модуля в соответствии с рис. 49.

основные клеммы
C25104-Z8-C713 или
C25104-Z8-C765



клемма защитного
провода
C25104-Z8-C966

точка соединения

точка измерения

Рис. 49 Расположение клемм при подключении

Клемма защитного провода (посередине) с помощью фиксирующего приспособления связана с защищенной от прикосновения шиной (стыковая). Шины централизованно соединяются с варистором. Центральный варистор устанавливается один на шкаф или на стойку (рис.50).

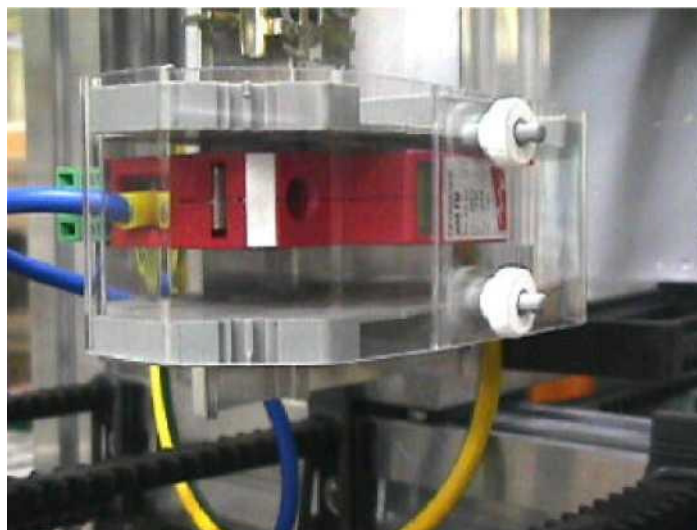


Рис. 50 Центральный блок-варистор

8.1.5 Описание функций

Повышенное напряжение, поступающее на напольные жилы, отводится с помощью защитной схемы на шину (стыковую), а затем через центральный блок-варистор отводится в землю.

8.1.6 Указания по проектированию

Следует учитывать, что при использовании основной клеммы C2510-Z8-C713 извлечение модуля грозозащиты означает разделение жил от напольного оборудования.

Если нет необходимости в модуле грозозащиты, для соединения жил нужно вставить перемычку (штекерный мостик) C25104-Z8-C971 в основные клеммы WAGO (серые клеммы). Средние, бежевые клеммы в таком случае не выполняют никаких функций и их можно не подключать.

Клеммы WAGO следует подключать таким образом, чтобы внешние точки клеммы оставались свободными для использования при проверках (использовать внутренние точки подключения).

Основная клемма C25104-Z8-C765 не выполняет разделительной функции; в ней вход и выход соединены внутренним мостиком.

Поскольку шины (стыковые) могут нести опасный для человека потенциал, их следует выполнять защищенными от прикосновения и изолированными (показано проверочное напряжение $U_{pr} > AC\ 2,5\ kV$). Данное условие выполняется для стоек подключения кабелей/ шкафов подключения кабелей (кросс-шкафов).

8.2 Защита от перенапряжения на основном источнике электроснабжения

8.2.1 Подача энергии от основного источника электроснабжения

Сферы применения: грубая грозозащита при подаче энергии от основного источника электроснабжения.

8.2.1.1 Конструкция системы

Применяемые отводчики тока молнии (грозоразрядники) выполняют задачу по отводу в землю токов молнии, наведенных по системе электроснабжения. При ударах 1-ой и 2-ой степеней энергия повысившегося потенциала здания (см. 6.4.1.1) передается на распределительную сеть электроснабжения. Установка грозозащиты собирается из покупных изделий, которые по техническим причинам размещаются вблизи ввода в здание сети подачи энергии. Если это невозможно, то допускается их размещение на основном источнике электроснабжения (HSV). Крепление конструктивных элементов осуществляется на шинах (стыковых). О необходимости применения см. 6.4.1.1.

Примечание: отводчики тока молнии, либо применяемые отводчики перенапряжения, должны отделяться проводом длиной 15 м. или с помощью развязывающих узлов.



Рис. 51. Грубая грозозащита для подачи энергии от основного источника питания

8.2.1.2 Технические данные

рабочее напряжение на землю	$\leq AC\ 250\ V$
возможность гашения сопровождающего тока	$\leq 3\ kA$
возможность отвода тока молнии	$\leq 50\ kA\ (10\ \mu s/350\ \mu s)$
защитный диапазон	$\leq 4\ kV\ (1,2\ \mu s/50\ \mu s)$
температурный диапазон	$-40\ ^\circ C\ до\ +85\ ^\circ C$
входной предохранитель	$\leq 160\ A\ (gL/gG)$
поперечные сечения для подключения	$\geq 10\ mm^2$ провод малого сечения $\leq 35\ mm^2$ провод малого сечения
вид защиты	IP20

8.2.1.3 Составные компоненты



Рис. 52 Пример отводчика тока молнии (Werkfoto Fa. Dehn)

Отводчик тока молний может состоять из отдельных элементов или из одного блока для переменного тока. Подключение N/PEN следует выполнять по короткому пути к ГШВП или непосредственно к заземлителю здания.

8.2.1.4 Функциональное описание

Попадающее на жилы сети перенапряжение приводит к возбуждению дуги скользящего искрового разряда (или тандемного искрового разрядника) и к отводу перенапряжения в систему заземления. То же самое происходит, когда по линии подачи энергии отводится слишком высокий потенциал здания.

8.2.2 Применение отводчиков перенапряжения

Сферы применения: промежуточная грозозащита на входе основного источника электроэнергии.

8.2.2.1 Конструкция системы

Применяемые отводчики устанавливаются вблизи основного источника электроснабжения. Они служат для отвода перенапряжения, наведенного на линии между отводчиками тока молнии или устройством резервирования сети и основным источником электроснабжения.

Монтаж питания основного источника электроснабжения осуществляется в зависимости от конструкции основного источника электроснабжения (с устройст-

вом резервирования сети и т.д.): либо как TN-C сеть (3-полюсная) или как TN-S сеть (4-полюсная). Все активные жилы следует соединять с блоками защиты от перенапряжения (L1, L2, L3, N). Провода, имеющие отношение к земле (PEN, PE), не подключаются.

Примечание: Сети от основных источников электроснабжения к потребителям (ПЦ, телекоммуникация и т.д.) выполняются в основном в виде систем TN-S или IT.

Защита от перенапряжения конструируется из покупных изделий, к которым подключаются все фазы и нулевой (нейтральный) провод.

Примечание: отводчики тока молнии либо применяемые отводчики перенапряжения должны отделяться проводом длиной 15м или с помощью развязывающих узлов.

8.2.3 Сфера применения

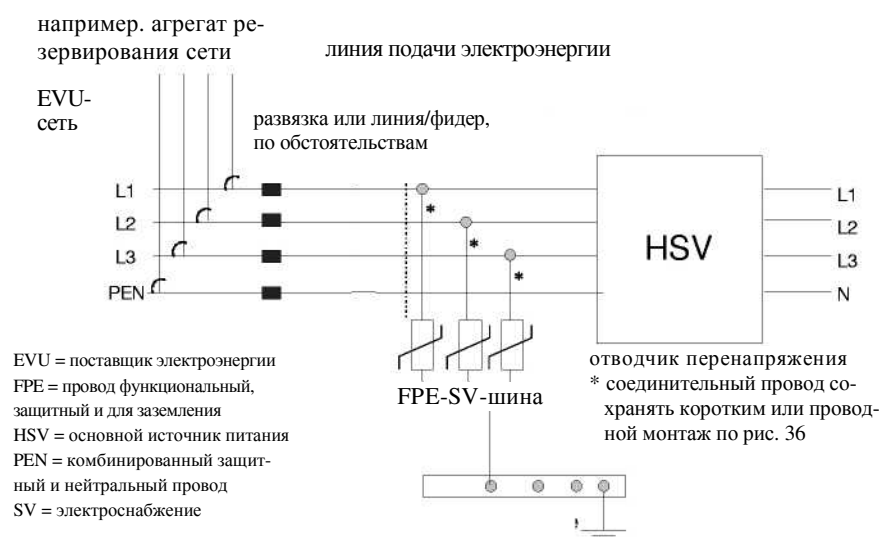


Рис. 53 Защита от перенапряжения для основного источника электроснабжения на примере TN-C-сети

О необходимости применения защиты от перенапряжения сказано см. 7.4.1.1

8.2.3.1 Технические данные

рабочее напряжение на землю
способность отвода тока молнии
защитный диапазон
температурный диапазон
входной предохранитель
поперечные сечения для подключения
вид защиты

≤ AC 275 V
≤ 20 kA (8 μs/20 μs)
≤ 1,5 kV (1,2 μs/50 μs)
-40 °C до +85 °C
≤ 125 A (gL/gG)
≥ 1,5 mm² провод малого сечения
≤ 25 mm² провод малого сечения
IP20

8.2.4 Предпосылки для применения

На основном источнике электроснабжения встречаются сеть поставщика энергии вместе с резервной сетью. Там, где длина кабельного соединения до этих сетей больше 15 м., следует установить защиту от перенапряжения.

8.2.5 Составные элементы

Подключение для контакта связи

Функциональный указатель



Рис. 54 Отводчик перенапряжения для TN-сетей (пример; Werkfoto Fa. Dehn)

Отводчик тока молний может состоять из отдельных элементов или из одного блока для переменного тока. РЕ -подключение отводчика перенапряжения следует выполнять по FPE- шине (одновременное выполнение функции защитного и функционального заземления), находящейся в помещении.

8.2.6 Функциональное описание

Появляющееся на жилах сети напряжение через варистор отводится в землю.

Индикация неисправного варистора происходит оптически. Далее, посредством связевого контакта, активируется сообщение о помехе.

Термины и определения

Термины	Определения
Отводчик	Во внутренней грозозащите: устройство для ограничения повышенного напряжения .
Отводящее устройство	Согласно ENV 61 024-1 во внешней грозозащите: соединительный провод между улавливающим устройством и грозозащитной установкой заземления.
Напольное оборудование	Устройства вне здания; интерфейс к постовому оборудованию расположен на стойке подключения кабелей.
Компоненты напольного оборудования	Компоненты техники сигнализации, работающие вне здания (сигнал, стрелка, привод шлагбаума и т.д.)
Напольное кабельное соединение	Кабельное соединение от стойки подключения кабелей до напольных устройств (сигналы, стрелки, и т.д.)
Внешняя грозозащита	Грозозащита зданий, состоящая из улавливающего устройства, отводящего устройства и заземляющего устройства
«Земля» в тяговой установке, обратный провод (рельс) тяговой установки	Согласно EN 50 122-1 - рабочие рельсы, используемые для обратной связи и намеренно связанные с землей. Понятие «Земля» в тяговой установке включает проводящие подсоединенные детали.
Заземление железнодорожного пути	Соединение между проводящими деталями и обратным проводом (рельсом) в тяговой установке
Ленточный заземлитель	Поверхностный заземлитель, проложенный горизонтально в верхнем слое на глубине мин. 0,5 м.
Пульт управления	Устройство управления МПЦ.
Характеристики тока молнии	Согласно ENV 61 024-1 максимальное значение тока молнии, полный заряд, импульсный заряд, специфичная энергия, средняя крутизна импульса тока молнии.
Специалист в области грозозащиты	Компетентные кадры с квалификацией, отвечают за меры по грозозащите
Концепция зонной грозозащиты	Здесь объединены области с одинаковой напряжённостью полей помех и одинаковой высотой перенапряжения (согласно IEC 1312).
Соединение, способное нести нагрузку тока молнии	Соединение, которое должно выдержать механические и термические нагрузки при ожидаемых токах молнии.
Удар 1-ой степени	Прямой удар в здание с проникновением тока молнии внутрь здания.
Удар 2-ой степени	Удар молнии в устройство внешней грозозащиты или в соседние здания.
Конечное устройство	Отдельный прибор на конце соединительного провода.
Удаленный удар молнии.	Удаленный удар молнии, с индуктивной наводкой повышенного напряжения из-за токов молнии в напольные кабельные сети без заметных изменений магнитного поля в здании, без изменения потенциала здания. <i>bäudepotenziales</i>
Заземлитель фундамента	Согласно ENV 61 024-1 – кольцевой заземлитель, помещенный в бетонный фундамент здания; модель согласно DIN 18 014
Функциональное и защитное заземление (FPE)	Заземление в электрических установках, служащее как функциональным (ЭМС и т.д.), так и защитным целям (выравнивание потенциалов, защитный провод)

Главная шина заземления (HES) ГШЗ	Заземленная шина, по которой проводится функциональное и защитное заземление от заземленных систем.
Главная шина выравнивания потенциалов (HPAS) ГШВП	Шина выравнивания потенциалов (ГШВП) в здании или в установке для подключения заземлителей, линий выравнивания потенциалов и т.д. С ней связаны все потенциалы в здании или в установке. Как правило, используется одновременно как главная шина заземления.
Постовое оборудование	Электрические устройства внутри ПЦ, включая стойку подключения кабелей.
Внутренняя грозозащита	Дополнительные меры внутри здания для сокращения воздействия электромагнитного тока молнии и для снижения повышенного напряжения, проникающего по внешним линиям.
Изоляционная координация	Выбор и распределение изоляции для электрических производственных материалов в соответствии с электрической нагрузкой и окружающими условиями.
Изолированное улавливающее устройство	Улавливающее устройство установки грозозащиты, удаленное минимум на безопасный интервал от проводящих надстроек на крыше.
Подключение кабеля	Шкаф/стойка подключения кабелей как интерфейс между напольным (внешним) и внутренним кабелями и для расположения по порядку внешних и внутренних кабелей.
Кабельный колодец	Шахта для прокладки кабелей и проводов.
Поверхностный заземлитель	Заземлитель, проложенный горизонтально в верхнем слое на глубине мин. 0,5 м, предпочтительно на глубине 1 м. (например, ленточный заземлитель, кольцевой заземлитель).
Дополнительная защита от перенапряжения	Защита от перенапряжения, которой при необходимости оснащается устройство техники сигнализации.
Внешний шкаф	Металлически или бетонный шкаф для размещения устройств техники сигнализации вне зданий.
Выравнивание потенциалов (ВП)	Согласно HD 384.2 или DIN VDE 0100 Часть 200 – электрическое соединение, которое приводит к равному или близкому потенциалу корпуса электрических производственных средств и иностранных проводящих объектов.
Кольцевой заземлитель	Заземлитель, проложенный в форме замкнутого круга вокруг постройки.
Элемент защиты	Устройство для целенаправленного отвода токов и/или для ограничения повышенного напряжения.
Орган управления	Устройство для управления и контроля светофорами, стрелками и т.д.
Глубинный заземлитель	Заземлитель, помещаемый в землю преимущественно в вертикальном положении и обеспечивающий заземление на большой глубине.
Место (точка) разъединения (на органе управления)	Гальваническая развязка систем под напряжением, например, развязка напольного оборудования и постового оборудования посредством оптопары, реле и т.п.
Перенапряжение	Постоянное или кратковременное превышение уровня (диапазона) напряжения, допустимого для определенной установки.
Скрепление зажимами	Соединение стальных стержней или пластин, заземлителей фундаментов, и т.д. посредством зажимов, хомутов.

Сертифицированный поставщик	Поставщик, имеющий систему управления качеством. Данный поставщик контролируется сертифицирующими органами. ualitätsmanagementsystem, der von Zertifizierungsstellen überwacht wird
-----------------------------	---

Список сокращений

Сокращение	Пояснение
АС	переменный ток
BE	«земля» в тяговой установке, обратный провод (рельс) тяговой установки (на ж.д. с переменным током)
BEEP	Германский экспериментальный центр по проблемам грозозащиты, ЭМС, заземления, защиты персонала в технике СИБ.
BET	Рабочее (эксплуатационное) заземление (согласно Концепции заземления [3]).
BG	Узел
BGR	Рама узлов
BLIDS	Служба информирования о грозовой активности Сименс
BST	Элемент (модуль)
BSZ	Зона грозозащиты
BUE	Система, обеспечивающая безопасность движения на переезде
CENELEC	Европейский комитет электротехнической стандартизации
DA	Цифровой выход
DC	Постоянный ток
DE	Цифровой вход
DIN	Зарегистрированное объединение Германский институт стандартизации
DSTT	Децентрализованная система органов управления
EMS	Электромагнитные помехи
EMV	ЭМС
EN	Европейский стандарт
ENV	Европейский предварительный (рекомендуемый) стандарт
ES	Шина заземления
ESD	Электростатический разряд
ESTT	Электрический орган управления
ESTW	МПИЦ
EVU	Поставщик электроэнергии
FE	Заземлитель фундамента
FI	Защитное устройство от тока утечки (аварийного тока)
FPE	Провод, выполняющий одновременно функции защитного провода и провода функционального заземления

НАК	Клеммовая коробка подключения здания
HD	Документ CENELEC о гармонизации
HdF	Обеспечение работоспособности
HF	Высокая частота
HPAS/HES	Главная шина выравнивания потенциалов / Главная шина
HSV	Электроснабжение от основного источника тока
IEC	Международная электротехническая комиссия
IT-сеть	Сеть, изолированная от земли, заземленная через достаточно высокое полное сопротивление (в технике сигнализации имеет также название незаземленная сеть) согласно HD 384.3 или DIN VDE 0100 Teil 300
KA	Подключение кабеля (место)
LPZ	Зона грозозащиты
N	Нулевой (нейтральный) провод согласно HD 384.2 или DIN VDE 0100 Teil 200
OE	Верхнее конечное положение
OZ	Верхнее конечное положение
ÖPA	Местное выравнивание потенциалов
PA	Выравнивание потенциалов
PAS	Шина выравнивания потенциалов
PE	Защитный провод согласно HD 384.2 или DIN VDE 0100
PEN	Комбинированный нулевой и защитный провод согласно HD 384.2 или DIN VDE 0100 часть 200
prEN	Европейский проект стандартизации
RCD	(см. FI)
RS	Система обратной связи для обратного тока на ж.д. с постоянным током
SIMIS	Безопасная микрокомпьютерная система Siemens
STT	Орган управления
SV	Электроснабжение
TK	Телекоммуникация
TN-C-System	TN-система согласно HD 384.3 или DIN VDE 0100 часть 300 с комбинированным нулевым и защитным проводом PEN
TN-S-System	TN- система согласно HD 384.3 или DIN VDE 0100 часть 300 с отдельными нулевым и защитным проводом PE
TT-System	TT- система согласно HD 384.3 или DIN VDE 0100 часть 300 (одна точка источника тока заземлена, части электрической установки заземлены независимо от этого)
VDR	варистор

WAGO	WAGO Kontakttechnik GmbH (поставщик контактного оборудования)
------	--

Зарубежная литература

[1] БЛИДС	Служба информирования о грозовой активности в Германии Сименс АГ I&S IT PS Khe Сименсallee 84 76181 Карлсруе Tel. 0721-595-6925 http://onweb.blids.de
BLIDS	Blitzinformationsdienst für Deutschland Siemens AG I&S IT PS Khe Siemensallee 4 76181 Karlsruhe Tel. 0721-595-6925 http://onweb.blids.de
[2] Хирте, Харальд	Рекомендации по защите от перенапряжения устройств СЦБ и связи. Дойче Бан АГ. Специальная служба по технике централизации и связи, декабрь 1994
Hirte, Harald	Empfehlungen für den Schutz von Signal- und Telekommunikationsanlagen gegen Überspannungen DB AG Fachdienst für Signal und Telekommunikationstechnik Dezember 1994
[3] Сименс, департамент Транспортные системы	Концепция мероприятий по защите и заземлению Постовое оборудование для ПЦ фирмы Сименс A25140-X56-A1-*-29
Siemens Transportation Systems	Konzept Erdungs- und Schutzmaßnahmen Innenanlage für Siemens Stellwerke A25140-X56-A1-*-29
	Концепция мероприятий по защите и заземлению Напольное оборудование железных дорог с переменным то- ком (AC) для ПЦ фирмы Сименс (AC) A25140-X56-A2-*-29
	Konzept Erdungs- und Schutzmaßnahmen Außenanlage von Wechselstrombahnen (AC) für Siemens Stellwerke A25140- X56-A2-*-29
	Концепция мероприятий по защите и заземлению Железная дорога с постоянным током (DC), с заземлением на систему обратной линии A25140-X56-A4-*-29
	Konzept Erdungs- und Schutzmaßnahmen Außenanlage von Gleichstrombahnen (DC) mit Bahnerdung am Rückleitungssystem (RS) A25140-X56-A4-*-29

	Концепция мероприятий по защите и заземлению Напольное оборудование железных дорог со смешанным режимом работы (переменный и постоянный ток на одной трассе) Для ПЦ фирмы Сименс A25140-X56-A5-*-29 Konzept Erdungs- und Schutzmaßnahmen Außenanlage von Mischbetrieb AC/DC (Wechsel-und Gleichstromtraktion auf einer Trasse) für Siemens Stellwerke A25140-X56-A5-*-29
	Концепция мероприятий по защите и заземлению Напольное оборудование не электрифицированных железных дорог для ПЦ фирмы Сименс A25140-X56-A6-*-29 Konzept Erdungs- und Schutzmaßnahmen in Außenanlagen von nicht elektrifizierten Bahnen (NEB) für Siemens Stellwerke A25140-X56-A6-*-29
[4] Пиглер, Франц Pigler, Franz	ЭМС и грозозащита токопроводящих систем Издательство: Siemens-Verlag 1990, ISBN 3-8009-1565-0 EMV und Blitzschutz leittechnischer Anlagen Siemens-Verlag 1990, ISBN 3-8009-1565-0
[5] Троммер, Вольфганг Хампе, Эрнст-Август Trommer, Wolfgang und Hampe, Ernst-August	Установки грозооащиты Издательство: Hüthig, 1994, ISBN 3-7785-2199-3 Blitzschutzanlagen Hüthig-Verlag 1994, ISBN 3-7785-2199-3
[6] Колинг, Антон Kohling, Anton	ЭМС зданий, установок и приборов Издательство: VDE, ISBN 3-8007-2261-5 EMV von Gebäuden, Anlagen und Geräten VDE-Verlag, ISBN 3-8007-2261-5
[7] Ден и сыновья Гмбх & Ко. КГ Dehn + Söhne GmbH & Co. KG	Защита от перенапряжения Главный каталог 2000 http://www.dehn.de Überspannungsschutz Hauptkatalog 2000 http://www.dehn.de
8] (временный стандарт ЕС) prEN 50 114 [93]	Классификация Союза немецких электротехников Е 0151 Материалы и минимальныт размеры заземлителей, применительно к коррозии

prEN 50 114 [93]	Klassifikation E VDE 0151 Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich Korrosion
[9] (предварительный стандарт ЕС) ENV 61 024-1 [95] ENV 61 024-1 [95]	Классификация Союза немецких электротехников V 0185 часть 100 Грозозащита строительных сооружений Часть 1: Общие правила Klassifikation VDE V 0185 Teil 100 Blitzschutz baulicher Anlagen Teil 1: Allgemeine Grundsätze
[10] МЭК 1312-1 [95] IEC 1312-1 [95]	Классификация Союза немецких электротехников V 0185 Часть 103 измененная Защита от электромагнитного импульса молний Часть 1: общие принципы Klassifikation VDE V 0185 Teil 103 modifiziert Schutz gegen elektromagnetischen Blitzimpuls Teil 1: allgemeine Grundsätze
[11] (временный стандарт ЕС) prEN 50 124-1 [99] prEN 50 124-1 [99]	Классификация Союза немецких электротехников 0115 T107 Применение на ж.д – Координация мер по изоляции Часть 1: Основополагающие требования – Воздушные зазо- ры и пути тока утечки для всего электронного и электриче- ского оборудования Klassifikation VDE 0115 T107 Bahnanwendungen - Isolationskoordination Teil 1: Grundlegende Anforderungen - Luft- und Kriechstrecken für alle elektrischen und elektronischen Betriebsmittel
[12] (Стандарт ЕС) EN 50 121-4 [9/00] EN 50 121-4 [9/00]	Классификация Союза немецких электротехников 0115 T121-4 Применение на ж.д - Электромагнитная совместимость Часть 4: Излучение помех и помехоустойчивость устройств СЦБ и связи Klassifikation VDE 0115 T121-4 Bahnanwendungen - Elektromagnetische Verträglichkeit Teil 4: Störaussendung und Störfestigkeit von Signal- und Telekommunikationseinrichtungen
[13] МЭК 60 364-5-548 [96]	Классификация Союза немецких электротехников V 0800 T2-548 [99] Электрические установки зданий Часть 5: Выбор и установка электрического оборудования Основной раздел 548: Заземление и выравнивание потенциа- ла для установок для передачи, обработки и отображения

IEC 60 364-5-548 [96]	информации Klassifikation VDE V 0800 T2-548 [99] Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Hauptabschnitt 548: Erdung und Potenzialausgleich für Anlagen der Informationstechnik
[14] (адаптация стандарта ФРГ к CENELEC) HD 384.5.54 HD 384.5.54	Классификация Союза немецких электротехников 0100 T 540 Возведение силовых установок с номинальным напряжением до 1000V Выбор и установка электрического оборудования Заземление, защитный провод, провод выравнивания потенциалов Klassifikation VDE 0100 T 540 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000V Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel Erdung, Schutzleiter, Potenzialausgleichsleiter
[15] (Промышленный стандарт ФРГ) DIN18 014 DIN18 014	Заземлитель фундамента Fundamenterder
[16] МЭК 60 364.5.534 [11/97] IEC 60 364.5.534 [11/97]	Классификация Союза нем. электротехников V 0100 T 534 Электрические установки зданий Часть 534: Выбор и установка электрического оборудования Устройства защиты от перенапряжения Klassifikation VDE V 0100 T 534 Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 534: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln Überspannungsschutzeinrichtungen
[17] (Союз немецких электротехников) VDE E 0675 Teil 6 [3/96] VDE E 0675 Teil 6 [3/96]	Отводчик (разрядник) перенапряжения О применении в цепях переменного тока с номинальным напряжением от 100 V до 1000 V Überspannungsableiter Zur Verwendung in Wechselspannungsnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V
[18] МЭК 61 024-1-2 [98]	Классификация Союза немецких электротехников V 0185 Часть 102 Грозазащита строительных установок Часть 1-2: Общие правила Инструкция для пользователя В: Проект, установка, ремонт, и контроль систем грозазащиты

IEC 61 024-1-2 [98]	Klassifikation VDE V 0185 Teil 102 Blitzschutz baulicher Anlagen Teil 1-2: Allgemeine Grundsätze Anwenderrichtlinie B: Entwurf, Errichtung, Instandsetzung und Überprüfung von Blitzschutzsystemen
[19] МЭК 60 364-4-444	Классификация VDE 0100 Часть 444 Электрические установки зданий Часть 4: Защитные меры Глава 444: Защита от электромаг- нитных помех (ЭМС) в установках, размещенных в здания
IEC 60 364-4-444	Klassifikation VDE 0100 Teil 444 Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 4: Schutzmaßnahmen Kapitel 444: Schutz gegen elektromagnetische Störungen (EMS) in den Anlagen von Gebäuden

Список использованной нормативной документации ОАО «РЖД»

1. Методические указания по защите полупроводниковых приборов СЦБ и связи от атмосферных и коммутационных перенапряжений. МПС СССР. М., Транспорт, 1985, 45 с.
 2. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств электро-снабжения сигнализации, централизации, блокировки и связи на федеральном железнодорожном транспорте. МПС РФ. 29.03.2002. (ЦЭ-881).
 3. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифициро-ванных железных дорогах. МПС РФ. 10.06.1993. (ЦЭ-191).
 4. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами. МПС РФ. 09.10.1997. (ЦЭ-518).
 5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. Минэнерго РФ. 12.10.1987. (РД 34.21.122-67).
 6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышлен-ных коммуникаций. Минэнерго РФ. 30.06.2003. (СО-153-34.21.122.-2003).
 7. Правила устройства электроустановок. Минэнерго РФ. 2002. Шестое издание. (ПУЭ).
- Евсеев И.Г. Защита устройств связи и СЦБ. М: Транспорт, 1982, 175 с.

8. Влияние импульсных помех тяговой сети постоянного тока на рельсовые пени и меры их защиты//Экспресс-информация ЦНИИТЭИ МПС. Вып. 2. М., 1981, 21с.
9. Руководящие указания по применению варисторов в устройствах связи и СЦБ МПС СССР. М.: Транспорт, 1976, 13 с.
10. Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. Защита от перенапряжений устройств автоблокировки и электрической централизации. ГТСС. 1999, (И-247-97)
11. Инструкция по монтажу и эксплуатации низковольтных вентильных разрядников РВН-0,5 и ГЗа-0,66/2,5/МПС СССР. М; Транспорт, 1980, 15 с.
12. Руководящие указания по защите от перенапряжений устройств СЦБ. МПС РФ. Транспорт, 1990, (РУ-90).
13. Защита систем железнодорожной автоматики и телемеханики от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Характеристики импульсных воздействий на системы ЖАТ. Временные нормы. Утверждены ЦШ 22.03.2007г.
14. Рекомендации по обеспечению противопожарной безопасности служебно-технических зданий сооружений с кабельными коммуникациями связи. Утверждены ЦСС 09.10.2008г.

Приложение А

«Статические данные о грозовой активности по станции Турмасово Юго-Восточной железной дороги Мичуринского района Тамбовской области»

(Приложения 1-5 по 1 стр. каждое)