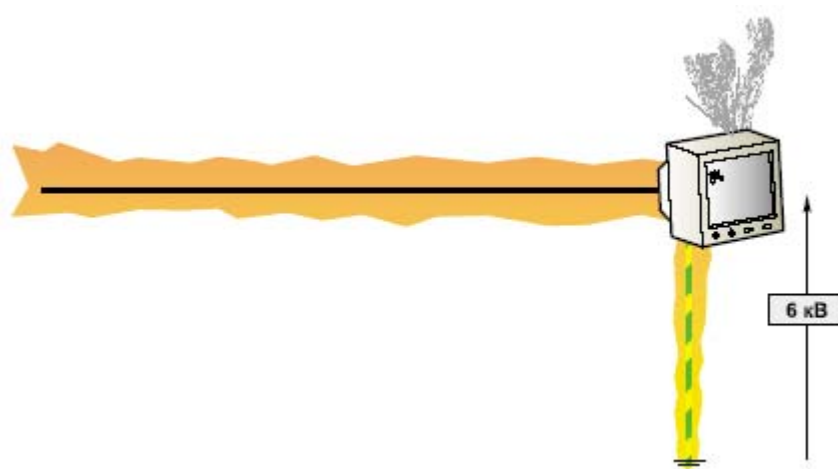


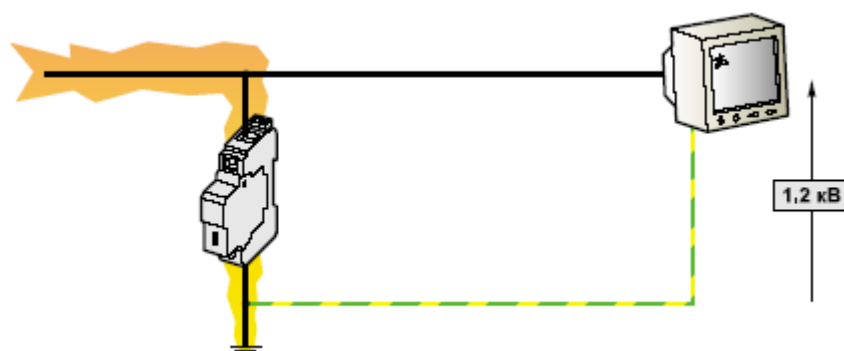
Защита от перенапряжений

Перенапряжение - это кратковременный пик напряжения (меньше миллисекунды), амплитуда которого может в 20 раз превысить номинальное напряжение.

Без устройства защиты от перенапряжений повышенное напряжение достигает электрооборудования. Импульс тока протекает через оборудование и выводит его из строя.



Устройства защиты от перенапряжений ограничивают импульсные перенапряжения и отводят импульсы тока в землю.



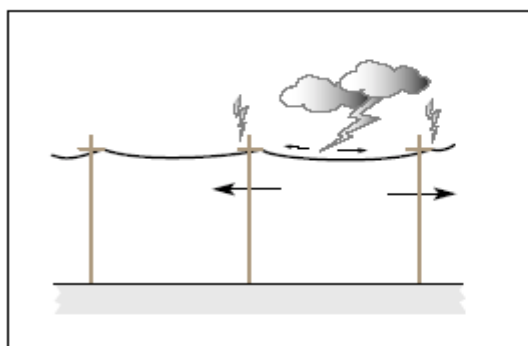
Устройство защиты от перенапряжений:

- при нормальной работе действуют как разомкнутая цепь.
- при возникновении перенапряжения устройство ведет себя, как замкнутая цепь.

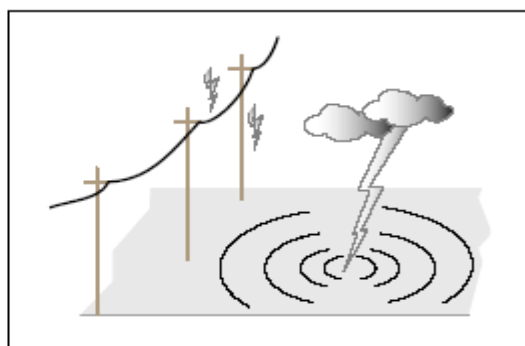
Основные причины импульсных перенапряжений

1. Удары молний

- Удары молний могут оказывать разрушающее воздействие или вызывать нарушения в работе электроустановок, расположенных в нескольких километрах от фактического места удара молнии.
- Во время грозы кабели могут передавать напряжения, вызываемые ударом молнии, на электроустановки расположенные внутри зданий.
- Средства молниезащиты (такие как молниеотводы или клетки Фарадея), установленные на зданиях с целью их защиты от возможных прямых ударов молний (и возгораний), могут увеличить риск повреждения электрооборудования, подключенного к основной сети электропитания вблизи или внутри здания.

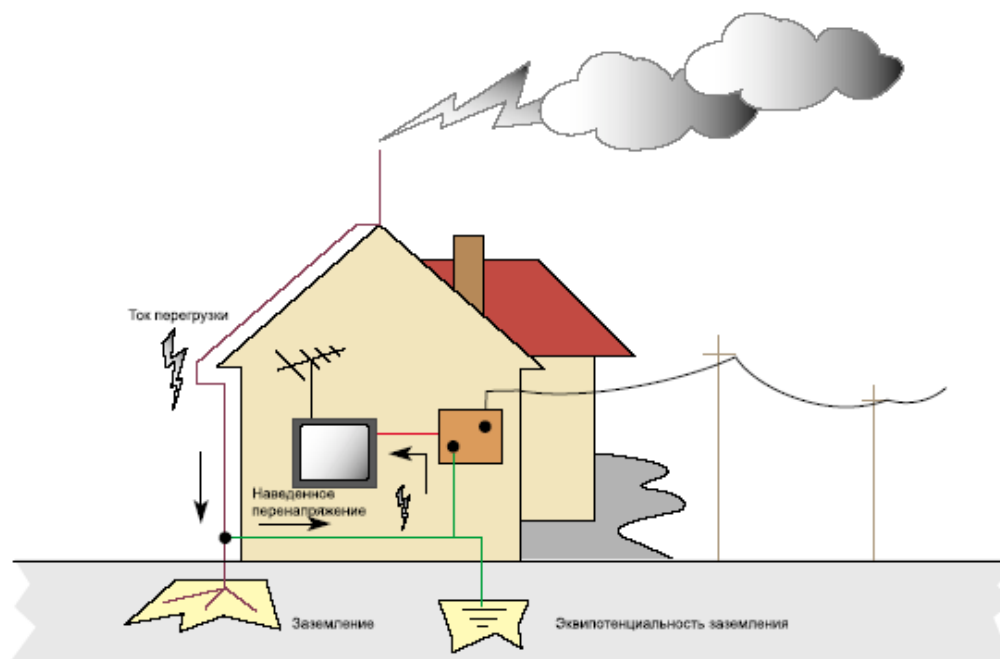


Прямой удар молнии в воздушную линию электропередачи



Непрямой удар молнии

Устройства защиты от разрядов молний закорачивают огромные токи разряда на землю, существенно повышая потенциал земли вблизи зданий, на которых они установлены. Это вызывает перенапряжение на электрическом оборудовании непосредственно через контур заземления, а также косвенно за счет наводок на подземных кабелях электропитания.



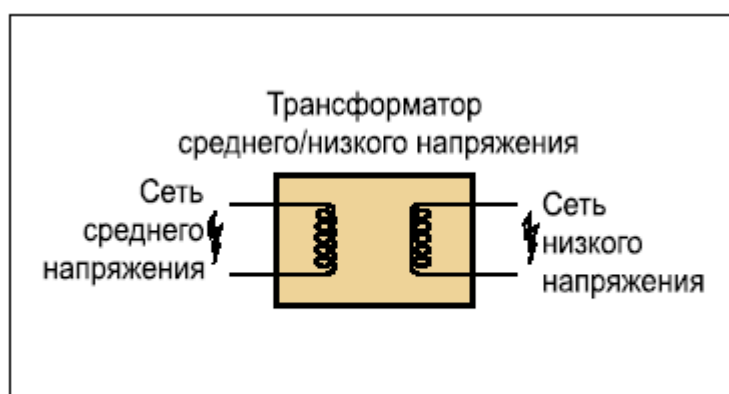
Удар молнии в молниеотвод

2. Процессы переключений в системе электропитания

Переключение трансформаторов, моторов или любых других индуктивностей, внезапные изменения нагрузки, отключение защитных автоматов или разъединителей (например, в распределительных шкафах) приводит к возникновению перенапряжений и их проникновению в здания потребителей.

Важно отметить, что чем ближе здание расположено к электростанции или подстанции, тем выше могут быть перенапряжения.

Следует также учитывать эффект взаимной индукции между линией высоковольтного электропитания и воздушными участками линий низковольтного электропитания, а также возможность непосредственного контакта между линиями с разными напряжениями, вызванного случайным обрывом проводов.



Возмущения в линии средневольтного напряжения, передаваемые в линию низковольтного напряжения

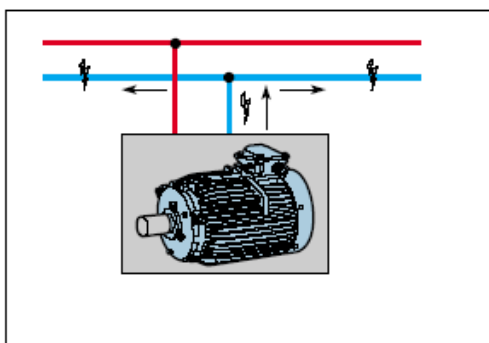
3. Паразитные наводки

Это неустойчивые наводки с неопределенными амплитудами и частотами, которые привносятся в сеть электропитания самим пользователем или его оборудованием.

Паразитные наводки могут, например, быть следствием работы:

- Дуговых печей
- Контактторов
- Сварочных аппаратов
- Тиристорных устройств
- Защитных автоматов
- Пуска моторов

Эти наводки имеют малую энергию, однако их кратковременность, крутой фронт волны и пиковое значение (которое может достигать нескольких киловольт) могут иметь болезненное воздействие на правильность работы чувствительного оборудования, вызывая его пробой или полное разрушение.



Возмущения, создаваемые пользователем

Устройство защиты от перенапряжений

Определение параметров

Предназначение защиты

Устройства защиты от перенапряжений используются для предотвращения протекания через сети импульсов тока путем их безопасного замыкания на землю. Они также ограничивают перенапряжения до значений, совместимых с характеристиками подсоединенных устройств или оборудования.

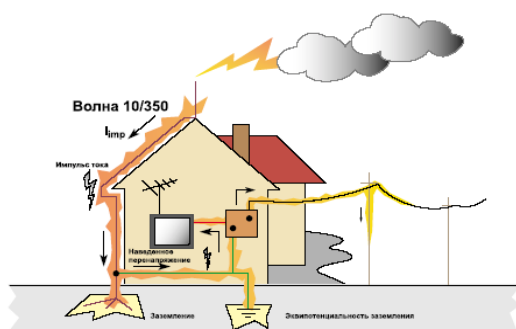
Параметры защиты

Как следует из вышесказанного, основными параметрами устройства защиты от перенапряжений являются его способность замыкать большие токи на землю (т.е. рассеивать значительное количество энергии) и ограничивать напряжение на минимально возможном уровне.

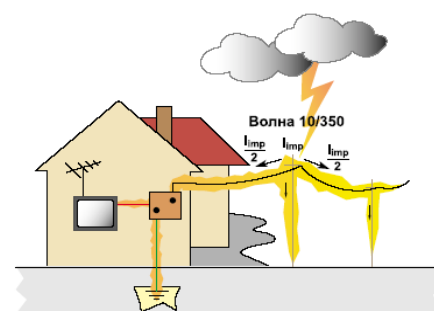
Распространение форм волны 10/350 и 8/20.

Для описания токов разряда молнии используют два типа форм волны:

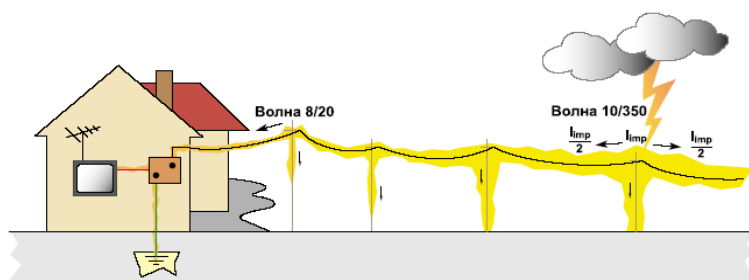
- длинная волна (10/350 мксек), которая соответствует прямому удару молнии,
- короткая волна (8/20 мксек), которая соответствует затухающему непрямому удару молнии.



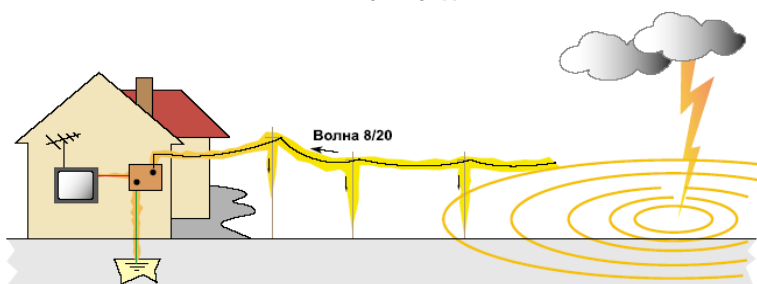
Прямой удар молнии в молниеотвод



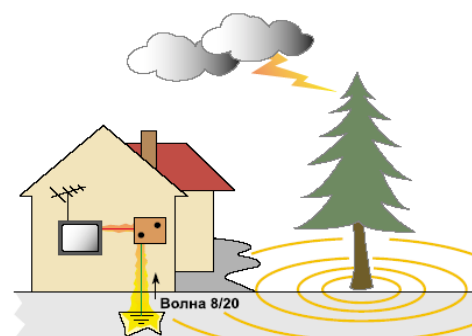
Близкий удар молнии в линию электропередачи



Удаленный удар молнии в линию электропередачи



Непрямой удар молнии

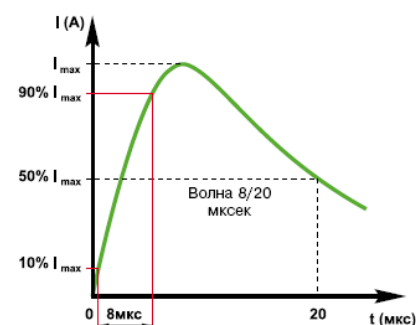
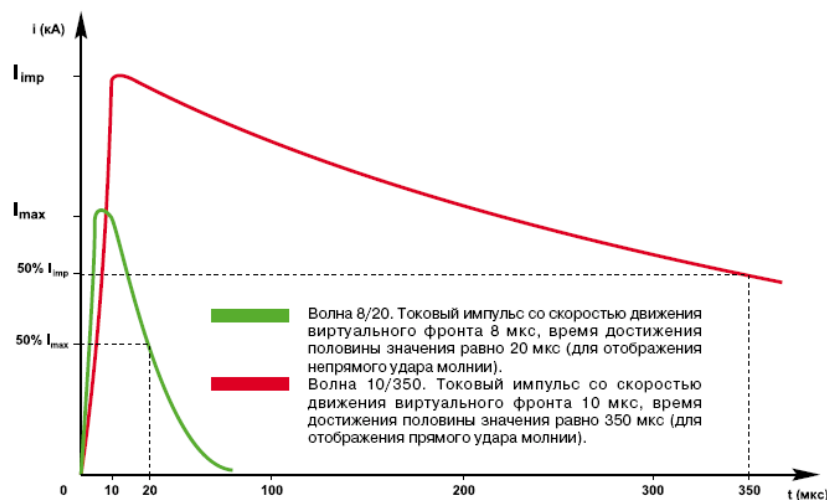


Непрямой удар молнии

• Максимальный ток I_{\max} или I_{imp} .

Это максимальное значение импульсного тока, который может коммутироваться устройством защиты от перенапряжений.

I_{\max} - это макс, значение тока с формой волны 8/20. I_{imp} - это макс, значение тока с формой волны 10/350.



Согласно IEC 61643-1 § 7.6.5:

Изделия типа 1 (класс В) выдерживают 5 нарастающих ударов ($0.1 I_{\text{imp}}$, $0.25 I_{\text{imp}}$, $0.5 I_{\text{imp}}$, $0.75 I_{\text{imp}}$, I_{imp}) тока с формой волны 10/350.

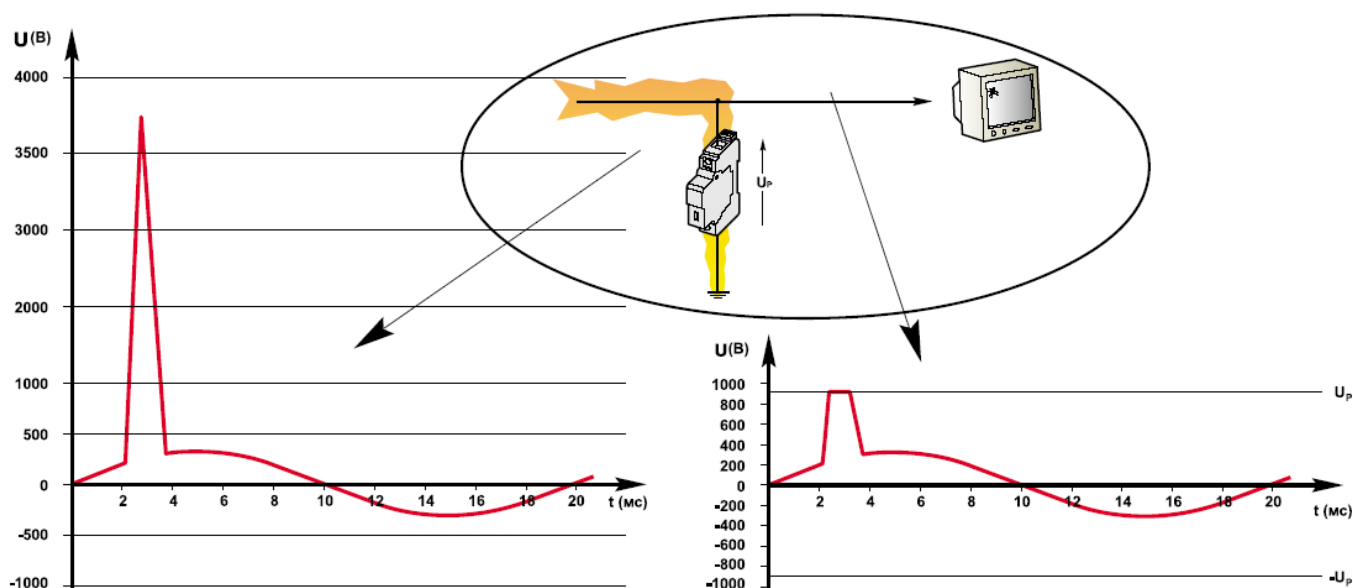
Изделия типа 2 (класс С) выдерживают 5 нарастающих ударов ($0.1 I_{\max}$, $0.25 I_{\max}$, $0.5 I_{\max}$, $0.75 I_{\max}$, I_{\max}) тока с формой волны 8/20.

Значения I_{\max} или I_{imp} должны выбираться исходя из вероятных токов разряда молнии.

• Уровень защитного напряжения U_p

Напряжение, сохраняющееся на устройстве защиты от перенапряжений во время замыкания импульса тока на землю.

U_p не должно превышать напряжения, которое может быть выдержано оборудованием, включенным в линию после устройства защиты



• Номинальный ток разряда I_n

Максимальное значение тока, протекающего через устройство защиты от перенапряжений, имеющего форму волны 8/20. Устройства защиты от перенапряжения типа 1 (класс В) и типа 2 (класс С) должны выдерживать 15 разрядов при токе I_n в соответствии с ИЕС 61643, параграф 7.6.4.

• Максимальное рабочее напряжение U_c

Макс, среднеквадратичное напряжение или напряжение постоянного тока в линии, к которой защитное устройство постоянно подключено. Равно номинальному напряжению. Следует учитывать как номинальное напряжение в электросети U_n , так и его возможные отклонения.

• Временное перенапряжение U_T

Максимальное среднеквадратичное значение перенапряжения или перенапряжение постоянного тока, которое должно выдерживать устройство защиты в течение заданного времени. При наличии перенапряжения и при аварии устройства защиты от перенапряжений не должно создаваться опасности для персонала, оборудования или вспомогательных устройств.

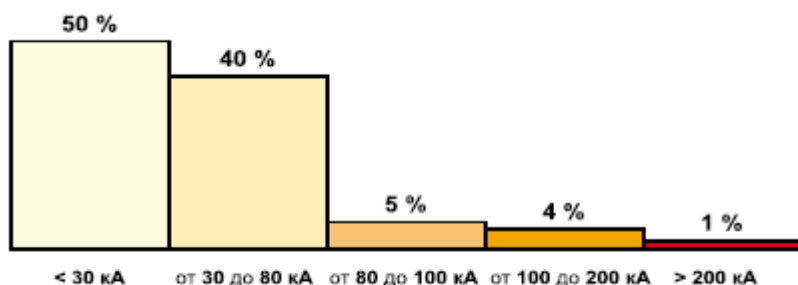
Выбор ограничителей перенапряжений

Определение нагрузки по току

Определение нагрузки по току для устройств защиты от перенапряжений, а также параметры устройства по рассеиванию энергии рассчитываются путем анализа риска.

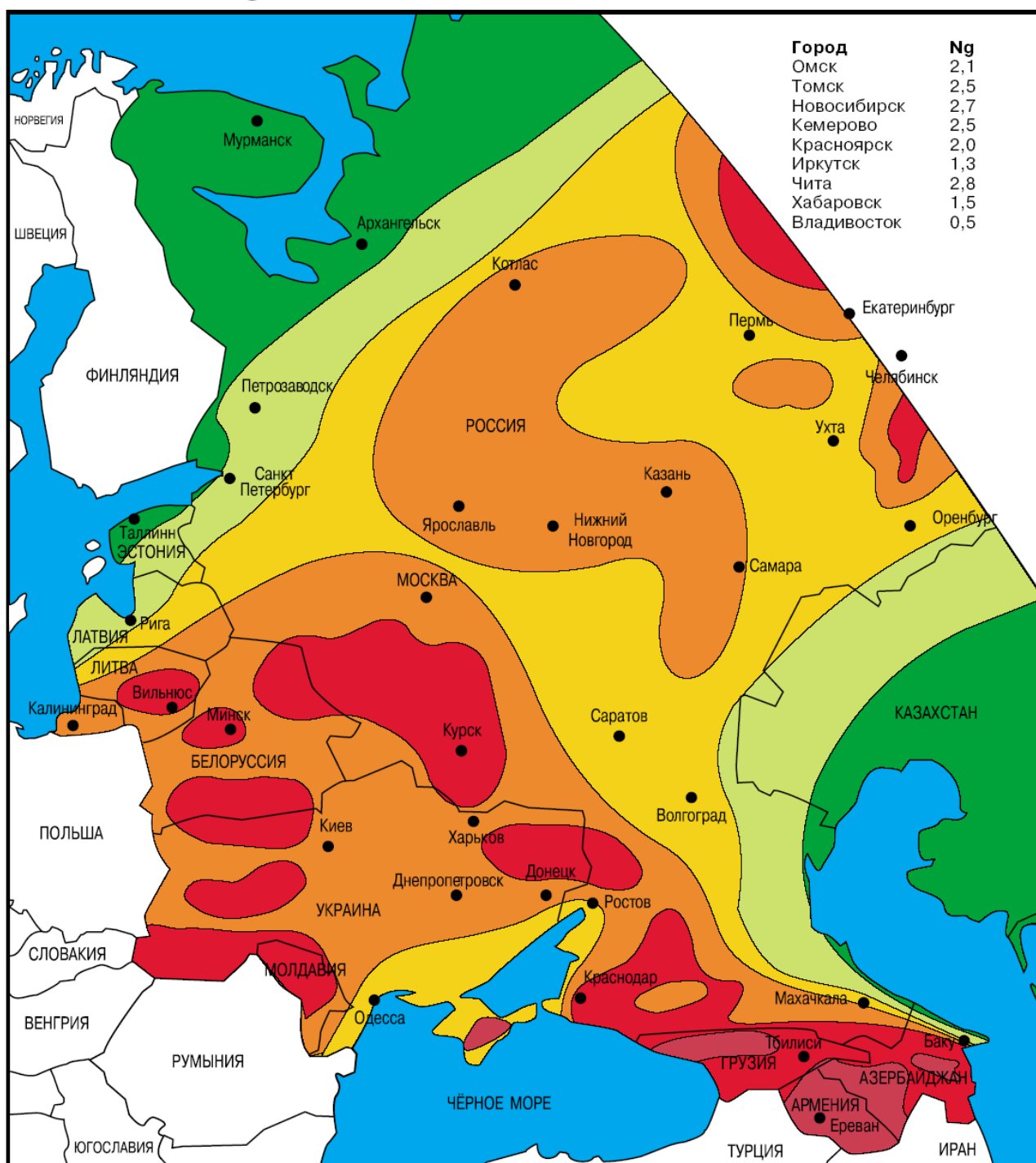
Анализ производится на основании трех групп параметров:

- Параметры окружающей среды: частота гроз, выраженная количеством разрядов молний в год на квадратный километр (N_g).
- Параметры электростанции и оборудования: наличие молниеотвода, способ подведения мощности к электроустановке (воздушная или подземная линия электропередачи), место размещения электроустановки и пр.
- Экономические параметры, показатели безопасности: стоимость ремонта и простоя защищаемого оборудования, риск для окружающей среды или жизни людей (нефтеперерабатывающие предприятия, стадионы и пр.)



Частота разрядов молний в зависимости от их амплитуды

Карта удельной плотности грозовых разрядов на землю N_g



Пример:

Необходимо выбрать I_{imp} для устройства защиты от перенапряжений типа 1 (класс В) при прямом попадании молнии и токе 100 кА (примерно 95% разрядов имеют ток менее 100 кА: см. IEC 61 024-1-1, Приложение А «Основные значения токов разряда молний»).

Согласно международному стандарту IEC 61 643-12, Приложение 1.1.2, можно предположить что 50% от общего тока разряда молнии уходит в линию заземления.

Остальные 50% распределяются по каналам, входящим внутрь конструкции (внешние проводящие элементы, такие как трубопроводы, электропроводка, линии связи и передачи данных).

Для обеспечения асчетной безопасности при выборе устройства защиты от перенапряжений для линий электропитания, считается, что эти оставшиеся 50% пройдут исключительно по линиям электропитания.

При TN-C-S & TT ток для каждой линии электропитания составляет 12,5 кА.

Определение уровня защитного напряжения (U_p)

Устройства защиты от перенапряжений должны обеспечивать уровень остаточного напряжения, совместимый с напряжением, которое может выдержать оборудование. Выдерживаемое напряжение зависит от типа оборудования и его чувствительности

Электротехническое оборудование



Требуемый уровень защиты U_p от 1,8 до 2,5 кВ.

Электрооборудование, содержащее малочувств. электронные устройства



Требуемый уровень защиты U_p от 1,5 до 1,8 кВ.

Чувствительное электронное оборудование



Требуемый уровень защиты U_p от 1 до 1,5 кВ.

Высокочувствительное оборудование



Требуемый уровень защиты U_p от 0,5 до 1 кВ.

Необходимость многоступенчатой защиты

В случае, если нет возможности подобрать устройство защиты от перенапряжений, которое одновременно обладает требуемым уровнем защиты и характеристиками по току, система защиты формируется из двух и более ступеней. При этом первое устройство, которое должно обеспечивать необходимые параметры по току, устанавливается на входе в электроустановку (т.е. ставится ближайшим к точке проникновения тока от разряда молнии), а второе устройство, которое должно обеспечить требуемое остаточное напряжение защиты, устанавливается как можно ближе к защищаемому оборудованию.

Расстояние между устройством защиты и защищаемым оборудованием должно быть менее 10 м. Если это не возможно (например, если оборудование находится слишком далеко от входного щита), то следует установить второе устройство защиты от перенапряжений.

Телекоммуникационные линии, входящие в установку, также должны быть защищены. Контуры заземления всех средств защиты должны иметь средства уравнивания потенциалов заземления.