**Тема 5.1. Меры защиты от перенапряжений**

**1.5.1. Виды атмосферных перенапряжений**

**Домашнее задание:**

Ответьте на следующие вопросы:

1. Приведите классификацию атмосферных перенапряжений.

2. В каких случаях возникают наиболее опасные грозовые перенапряжения?

3. Что понимается под перенапряжением от прямого удара молнии и каким образом осуществляется защита линий электропередачи. 4. Что понимается под индуктированными перенапряжениями?

**Литература:**

1. А.В. Илларионова, О.Г. Ройзен, А.А. Алексеев Безопасность работ при эксплуатации и ремонте оборудования устройств электроснабжения: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 210с., стр.155 -160.

2. Б.Г. Южаков технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения: Учебник для техникумов и коллеждей ж.-д. транспорта. - М.: Маршрут, 2004. -275 с.

**Срок предоставления домашнего задания до 21.12.2020г.**

**Информацию предоставить на электронную почту:**

**GN-59@yandex.ru**

**1.5.1. Виды атмосферных перенапряжений**

Безопасность персонала, обслуживающего электроустановки, во многом зависит и от состояния изоляции эксплуатируемого обо­рудования. В процессе работы электроустановки подвергаются воз­действию ряда негативных факторов, в результате чего могут вый­ти из строя. Одним из таких факторов являются перенапряжения.

Перенапряжение — это любое напряжение, превышающее по ам­плитуде или максимальному значению наибольшее рабочее напря­жение на изоляции и элементах электрической цепи.

По источникам возникновения перенапряжения принято под­разделять на внешние, или атмосферные, вызванные природными явлениями, и внутренние, или коммутационные.

Атмосферные перенапряжения по причине своего возникнове­ния делятся на прямые (при прямом ударе молнии в поражаемый объект) и индуктированные (при ударе молнии в непосредствен­ной близости от объекта).

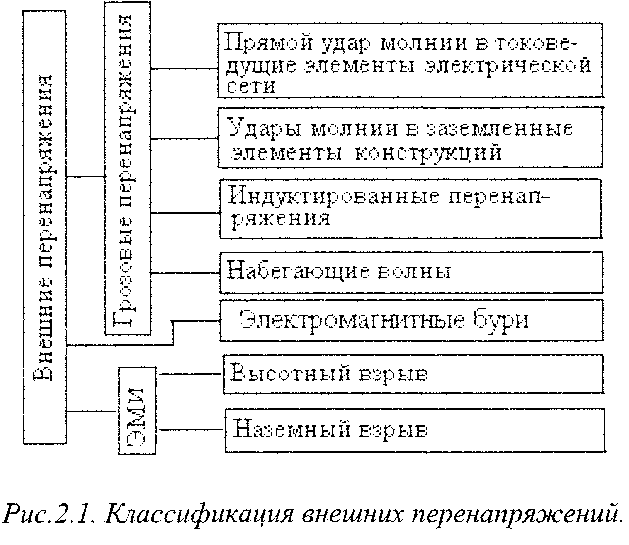
Коммутационные перенапряжения могут быть вызваны различ­ными причинами:

* включением или отключением электрических цепей;
* изменением параметров электрических цепей;
* горением перемежающейся дуги при неотключенных одно­фазных замыканиях на землю;
* резонансными явлениями в электроустановках.

**1. Виды атмосферных перенапряжений**

Главным источником внешних перенапряжений в высоковольтных электрических сетях являются грозовые разряды. Возможно, также появление внешних перенапряжений от электромагнитных бурь и ядерных взрывов (рис.2.1).

Наиболее опасные грозовые перенапряжения возникают при прямом ударе молнии (ПУМ) в токоведущие элементы электрической сети. Ток молнии может превышать 100 кА. Молния с таким током приводит к возникновению в точке удара импульса напряжения до десятков мегавольт, достаточного для перекрытия изоляции любого, вплоть до наиболее высокого, класса напряжения. Поэтому желательно обеспечить надежную защиту проводов линии и оборудования подстанций от прямых ударов молнии с помощью стержневых и тросовых молниеотводов.



(Электромагнитный импульс - ЭМИ).

Удар молнии в заземленные элементы конструкции приводит к возникновению на них кратковременных перенапряжений, которые могут вызвать обратные перекрытия с заземленных элементов на токоведущие. Для защиты от обратных перекрытий необходимо обеспечить малое сопротивление заземления опор, корпусов электрооборудования и молниеотводов на линиях и подстанциях.

**2. Природа атмосферных перенапряжений**

Атмосферные перена­пряжения возникают в электроустановках при грозовых разрядах и делятся, как уже было сказано, на индуктированные и прямо­го удара молнии.

Причина атмосферных перенапряжений — это протекание че­рез пораженный объект больших токов молнии и, как следствие, возникновение на нем высоких потенциалов.

Потенциалы облаков могут достигать десятков миллионов вольт. Разряд облака на землю может быть как положительным, так и от­рицательным, но более 70 % из них отрицательные. Разряд начи­нается с облака и протекает следующим образом (рис. 5.1). До­пустим, что в какой-то момент времени напряженность электри­ческого поля достигает значения пробивной. Это вызывает удар­ную ионизацию воздуха. К земле движется канал-лидер ступенями по 40—50 м с паузами между ними по 30—90 мкс (из-за большо­го сопротивления облака при нарастании тока в лидере потенциал на его фронте уменьшается и разряд затормаживается). Канал ли­дера обладает высокой проводимостью и заполнен зарядами оди­накового с облаком знака. При достижении лидером земли на ее поверхности индуцируются заряды, имеющие полярность, противоположную полярности облака. Между землей и облаком: обра­зуется канал, подготовленный лидером. При этом нейтрализация зарядов в канале лидера развивается от земли к облаку, и возни­кает главный разряд, сопровождаемый основным током молнии и ярким свечением.

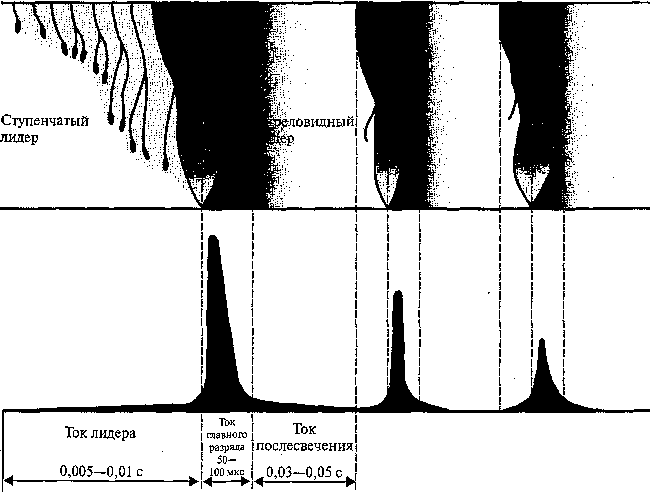


Рис. 5.1. Развитие разряда молнии

Иногда с земли возникает встречный лидер, предшествующий главному разряду. За один разряд нейтрализуется только часть об­лака, и через 0,03—0,05 с процесс повторяется — до 40 отдельных разрядов. При повторных разрядах лидер уже не ступенчатый, а стреловидный и движется со значительной скоростью.

**3. Перенапряжения прямого удара молнии**

К электрическим параметрам молнии относятся:

- полярность заряда (в 70 – 90 % случаев заряд отрицательный);

- амплитуда тока молнии, которая может измениться в пределах от 1-2 до 220 кА.

- форма волны тока молнии;

- крутизна тока молнии или скорость нарастания тока, которая определяется как отношение приращения тока молнии за промежуток времени. Максимальное значение скорости нарастания тока молнии достигает значения 50 кА/ мкс;

- волновое сопротивление канала молнии – 300 Ом.

Наибольшую опасность представляет собой прямые удары молнии в линию электропередачи или оборудование подстанции.

При прямом ударе молнии в ВЛ, контактную сеть и т.д. возникают очень высокие напряжения, так как ток молнии весьма значителен.

Для защиты линий электропередачи на напряжение выше 35 кВ применяются грозозащитные тросы, подлежащие заземлению. На линиях 35 кВ защита тросами не требуется, но все металлические и железобетонные

опоры должны быть заземлены.

Перенапряжения от атмосферных явлений составляют от десятков киловольт при разрядах на значительном расстоянии от электроустановок до тысяч киловольт при прямом ударе молнии в провода или опоры воздушных линий. Ток молнии стремительно возрастает и максимальное значение тока молнии может достигать сотни килоампер, а время действия – микросекунды.

При прямом ударе молнии возникают волны перенапряжения и пробивают практически любую изоляцию. Набегающая волна перенапряжений распространяется по ЛЭП и достигает оборудование подстанций. На оборудовании происходят вторичные разряды на заземленные конструкции. Внутри зданий возникает опасность для жизни людей. Защита подстанций от волн атмосферных перенапряжений, набегающих с линий электропередачи, осуществляется защитой подходов воздушных линий грозозащитными тросами и вентильными разрядниками, подлежащими заземлению.

Это обеспечивает отвод большей части тока молнии в землю на подходе линии к подстанции. Повышение надежности грозозащиты подстанции достигается установкой молниеотводов, применением разрядников с увеличением их количества и уменьшением расстояния между ними и оборудованием подстанции.

**4. Индуктированные перенапряжения**

Индуктированные перенапряжения - результат взаимной магнитной (индуктивной) и электрической (емкостной) связи канала молнии с токоведущими и заземленными элементами электрической сети. Они имеют значительно умеренную величину по сравнению с перенапряжениями при ударах в токоведущие и заземленные части электроустановки. Индуктированные перенапряжения представляют главную опасность для

изоляции сетей низких и средних классов напряжения. Электрооборудование 110 кВ и выше имеет более высокую импульсную прочность изоляции, и удары молнии в стороне от линии опасности для него, как правило, не представляют. Однако при ПУМ индуктивная и емкостная связь молнии с линией способствует дополнительному увеличению грозового перенапряжения.

Импульсы перенапряжений могут также оказывать влияние на изоляцию подстанций, расположенных на значительном удалении от места удара на линии, так как они распространяются по линии на значительные расстояния с малым затуханием. Эти перенапряжения называются набегающими волнами. Они могут представлять опасность для электрооборудования подстанций, которое имеет меньшие запасы электрической прочности с линейной изоляцией. Кроме того, возникающие на подстанции перенапряжения, как правило, превышают напряжение набегающей волны за счет волновых процессов на ошиновке и в электрооборудовании. Распределяясь по обмоткам машин и трансформаторов, волны могут воздействовать на их главную и витковую изоляцию, а проходя через трансформатор на изоляцию электрооборудования, подключенного к другим их обмоткам.