

УДК 621.316.9

ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Товстюк А.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Дерюгина Е.А.

Удар молнии в электротехнические объекты может нанести значительный ущерб, как выход из строя электрооборудования, так и его возгорание. Таким образом, молниезащита представляет комплекс мероприятий, направленных на защиту от прямых ударов молнии и индуцированных перенапряжений.

В случае удара молнии в линию электропередачи (ЛЭП) или вблизи нее на проводах возникает перенапряжение, под воздействием которого изоляция может перекрыться. При заданном номинальном напряжении вероятность возникновения дуги (P_d) приблизительно обратно пропорциональна длине пути перекрытия и определяется по формуле

$$P_d = (1,59E - 6) \times 10^{-2}, \quad (1)$$

где $E = \frac{U_\phi}{l}$ - средняя напряженность электрического поля вдоль пути перекрытия;

U_ϕ - фазное напряжение сети;

l - длина пути перекрытия, м.

Поэтому за счет увеличения l можно снизить вероятность установления силовой дуги и, следовательно, сократить число отключений линии.

К мероприятиям, увеличивающим грозоупорность воздушных линий (ВЛ) 6–35 кВ, относятся использование:

- изолированной, компенсированной или резистивно-заземленной нейтрали;
- автоматическое повторное включение (АПВ);
- изоляционных траверс из пластических материалов

Применение молниезащитного троса на ВЛ 6-35 кВ малоэффективно из-за низкой импульсной прочности линейной изоляции и высокой вероятности обратного перекрытия при ударе молнии в опору и трос. Только на ВЛ 35 кВ на подходе к подстанциям подвешивается молниезащитный трос для защиты подстанционного оборудования от набегающих волн перенапряжений с ВЛ.

На ВЛ 6-35 кВ для защиты ослабленных мест устанавливаются ограничители перенапряжений (ОПН). К таким местам относятся:

- пересечения ВЛ между собой и с линиями связи;
- опоры ВЛ со сниженной импульсной прочностью изоляции;
- высокие переходные опоры;
- ответвления к подстанциям на отпайках и секционирующие разъединители на опорах.

Защита пересечения ВЛ вызвана необходимостью предотвратить тяжелые аварии в случае перекрытия в результате разряда молнии с верхней ВЛ на

нижнюю или на линию связи. Наибольшую опасность представляет удар молнии в пролет пересечения. Поэтому в пролете пересечения целесообразно снять трос с нижней ВЛ и выбрать точку пересечения дальше от середины пролета верхней ВЛ.

Эффективными методами защиты от прямых ударов молнии ВЛ 6-10 кВ являются:

- применение опор, обеспечивающих расположение проводов треугольнику;
- установка длинно-искровых разрядников (РДИ) параллельно изолятору;
- установка на верхнюю фазу РДИ с относительно небольшой длиной перекрытия (например, 1 м для ВЛ 10 кВ);
- установка на нижние фазы РДИ с длиной перекрытия по 2 м.

Установка РДИ обеспечит также защиту от индуктированных перенапряжений.

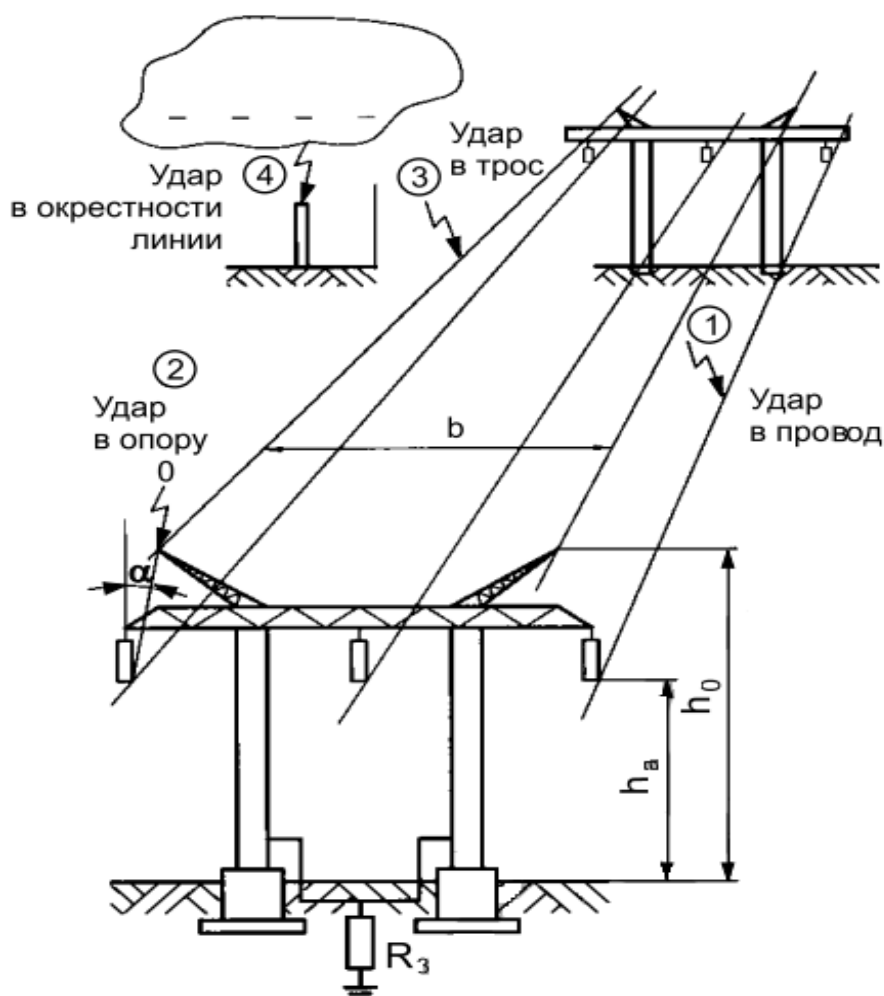
Критические значения тока молнии, приводящие к перекрытию линейной изоляции, при прорывах молнии на провода следующие: изоляция ВЛ 110-330 кВ перекрывается при амплитуде тока молнии от 3 кА и выше, для изоляции ВЛ 750 кВ опасен ток молнии от 15 до 35 кА. Практически каждый удар молнии в провод ВЛ 110 кВ вызывает перекрытие изоляции, опасным для ВЛ 750 кВ является 30-40 % разрядов молнии.

На ВЛ 110-750 кВ, защищенных тросом, возможны отключения из-за ударов молнии в опору или трос и прорыва молнии на провод (рис.1). При ударе в опору появляются обратные перекрытия линейной изоляции из-за перенапряжений, возникающих при протекании тока молнии по опоре. По последствиям для изоляции к этой категории относятся также удары в прилегающие к опоре участки троса.

При ударе молнии в трос в середине пролета возникают перенапряжения трос-провод и после пробега по пролету и стекания тока молнии по опоре - на линейной изоляции. Расстояние между тросом и проводом в середине пролета нормируется ПУЭ по условиям молниезащиты в зависимости от длины пролета: до и после прихода в точку удара волны перенапряжений, отраженной от опоры с противоположным знаком, напряжение на воздушном промежутке не должно достичь его пробивного значения.

Обратные перекрытия возникают при больших амплитудах тока молнии. При удалении точки удара молнии от опоры к середине пролета вероятность обратного перекрытия уменьшается из-за распределения тока молнии между двумя опорами, снижения крутизны тока за счет потерь на импульсную корону.

Вероятность прорыва молнии через тросовую защиту на провода зависит от числа и расположения тросов относительно проводов (угла защиты α и превышения троса над проводом Δh) и высоты опоры $h_{оп}$. Эффективность тросовой защиты от прорывов возрастает с уменьшением $h_{оп}$ и угла α и с увеличением Δh .



- 1 - удар молнии в провод с последующим перекрытием с провода на опору или между проводами;
- 2- удар молнии в вершину опоры с последующим перекрытием с опоры на провод;
- 3- удар молнии в пролет троса с последующим перекрытием с троса на провод или на землю;
- 4 - удар молнии вблизи ВЛ, сопровождающийся появлением перекрытий вследствие индуктированных перенапряжений

Рисунок 1 – Расчетные случаи поражения молнией линии с тросами

Переход к отрицательным защитным углам α , смещение тросов за пределы расположения проводов существенно снижают вероятность прорыва молнии сверху на средний провод. Оптимальной является величина $\alpha = 20^\circ - 30^\circ$.

В качестве основных средств молниезащиты на ВЛ 110-750 кВ используются:

- подвеска заземленных тросов;
- снижение сопротивления заземления опор;
- повышение импульсной прочности линейной изоляции;
- защита отдельных опор и участков с ослабленной изоляцией;
- ОПН.

Дополнительным средством повышения надежности и бесперебойности работы ВЛ является АПВ, в особенности быстродействующее.

Подвеска заземленных тросов позволяет уменьшить число ударов молнии в провода, представляющих наибольшую опасность для ВЛ. Значительно

повышают грозоупорность ВЛ опоры, имеющие горизонтальное расположение фаз (например, порталного типа); на порталных опорах для уменьшения угла α применяются два грозозащитных троса.

Литература

1. ТКП 336-2011 (02230). Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. – Введ. 01.11.2011. – Минск : Министерство энергетики РБ: Филиал «Информационно-издательский центр» ОАО «Экономэнергo», 2011, 116 с.
2. Степанчук К.Ф., Тиняков Н.А. Техника высоких напряжений. – 2-е изд. -Минск: Вышш. школа, 1982.