

УДК 621.316.99

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ И РАСЧЕТА ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ПРИ СТЕКАНИИ ТОКОВ МОЛНИИ

Дунченко Д.А.

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

Заземлением какой-либо части электрической установки называется преднамеренное соединение ее с заземляющим устройством с целью сохранения на ней достаточно низкого потенциала и обеспечения нормальной работы системы или ее элементов. Различают три вида заземлений: рабочее заземление, защитное заземление для безопасности людей и заземление грозозащиты.

К частям, подлежащим заземлению, относятся металлические части оборудования, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при перекрытии или пробое изоляции.

Для заземляющего устройства станций и подстанций в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители. Естественными заземлителями являются металлические элементы, проложенные в земле для других целей, но которые могут быть использованы в качестве электродов заземлителя подстанции. Такими естественными заземлителями в первую очередь являются металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций, имеющие соединение с землей. К естественным заземлителям можно отнести и систему трос – опоры, т. е. грозозащитные заземления опор линий высокого напряжения, соединенные с заземлителем подстанции грозозащитным тросом.

Для защитного заземления станций и подстанций всех напряжений используется общее заземляющее устройство. Общий заземлитель используется также и для рабочего заземления.

Искусственный заземлитель станции и подстанции состоит из вертикальных электродов, расположенных по контуру, охватывающему всю установку (открытое и закрытое распределительные устройства, машинный зал, котельную), и горизонтальных полос. Металлический забор, ограничивающий территорию станции и подстанции, заземляться не должен во избежание выноса потенциала за территорию.

В связи с повреждением большого количества железобетонных опор и возникновением опасных значений напряжений прикосновения и шага при длительных однофазных замыканиях на ВЛ 3–35 кВ внесена рекомендация о заземлении всех типов опор ВЛ 3–35 кВ. Для линий напряжением 110 кВ и выше с металлическими и железобетонными опорами, проходящими в местах с глинистыми, суглинистыми, супесчаными и подобными грунтами и не содержащих агрессивных вод, допустимое значение сопротивления заземления может быть обеспечено использованием естественных заземлителей – железобетонных подножников опор или же их сочетанием с искусственными заземлителями.

Для искусственных заземлителей используются вертикальные и горизонтальные электроды, уложенные на глубине 0,5–1 м от поверхности земли. В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы, угловая и круглая (прутковая) сталь длиной $L = 2 \div 10$ м. Наименьшие поперечные размеры допускаются следующие: у круглых электродов диаметр $d_0 = 6$ мм, толщина полок угловой стали $b = 4$ мм и толщина стенок стальных труб $b = 3,5$ мм.

Наименьшие поперечные размеры электродов диктуются необходимостью надежной работы заземлителя при коррозии и могут быть увеличены из условий достаточной прочности при погружении их в грунт.

Горизонтальные полосовые заземлители в виде лучей, колец или контуров используются как самостоятельные заземлители или как элементы сложного заземлителя из горизонтальных и вертикальных электродов. Для горизонтальных заземлителей применяется

полосовая сталь сечением не менее 48 мм^2 и толщиной 4 мм и круглая сталь с диаметром не менее 10 мм.

Для анализа грозоупорности подстанции и сопоставления потенциала на заземлителе с импульсным испытательным напряжением изоляции оборудования имеют значение как напряжение на заземлителе u_I в момент максимума импульса тока I с заданной длительностью фронта τ_ϕ , так и максимальное напряжение на заземлителе U с фронтом импульса напряжения τ_U , длительность которого меньше τ_ϕ .

При протекании импульсного тока по заземлителю в первые моменты времени после начала его протекания индуктивность препятствует проникновению тока к удаленным участкам заземлителя, и они слабо участвуют в отводе тока в землю. Постепенно распределение напряжения вдоль заземлителя выравнивается и сопротивление его уменьшается, стремясь к своему предельному значению $R = 1 / g \cdot l$.

Различают стационарное сопротивление R , характерное для рабочих и защитных заземлений, отводящих ток 50 Гц, когда индуктивность, емкость, а также искровые процессы в земле не имеют существенного значения, импульсное сопротивление заземлителя $Z_{и}$, характерное для заземлителей грозозащиты, которое определяется как импульсным характером тока, так и физико-химическими процессами и искрообразованием в грунте. Импульсное сопротивление заземлителя подстанции определяется отношением напряжения на заземлителе к току, стекающему с него, и изменяется во времени с момента протекания тока.

Эффективной мерой по снижению $Z_{и}$ рассматриваемого контура является уменьшение его индуктивности путем увеличения параллельных путей для растекания тока от места подсоединения к контуру молниеотвода, например при прокладке пересекающих контур полос или лучей вне контура.

Импульсное сопротивление заземлителя с сеткой зависит от места ввода тока. Заземлитель ОРУ подстанции из сетки с вертикальными электродами по контуру или без них при вводе тока в центре или на стороне контура приближенно можно рассматривать как сложный протяженный заземлитель из ряда параллельных горизонтальных полос.

Импульсное сопротивление при вводе тока в центре заземлителя будет меньше, чем при вводе тока на его стороне вследствие уменьшения индуктивности. Благодаря этому уменьшается длительность переходного процесса. Вследствие этого предпочтительнее расположение и подсоединение молниеотвода ближе к центру заземлителя или, по крайней мере, в тех местах, где обеспечено растекание тока по трем, четырем горизонтальным магистралям.

Импульсные сопротивления при вводе тока в угол или на стороне сетки увеличиваются по сравнению с вводом тока в центр сетки при уменьшении ρ и l вследствие усиления влияния индуктивности при ослаблении искровых процессов. Стационарное сопротивление заземлителя не зависит от места ввода тока, поэтому отношение импульсных сопротивлений равняется отношению импульсных коэффициентов заземлителя при различном месте ввода тока.

Литература

Рябкова Е. Я. Заземления в установках высокого напряжения. – М.: Энергия, 1978 г. – 224 с.