

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЧИСЛА ГРОЗОВЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

к.т.н. А.И. Акимов, Ю.А. Акимова
(представил д.т.н., проф. Б.Т. Кононов)

Рассмотрен метод определения удельного числа грозовых отключений кабельных линий.

Обычно считают, что кабельные линии (КЛ) общепромышленного назначения напряжением 10 (6) кВ, имеющие защиту ослабленных участков изоляции, вполне устойчивы к атмосферным перенапряжениям [1].

Иначе обстоит дело в системах электроснабжения специальных объектов, использующих такие же линии. Наличие протяженных КЛ, проложенных зачастую в полностью открытой местности, не экранированной зданиями, сооружениями, деревьями и т.п., создает опасность их грозового поражения.

Из-за отсутствия в литературе статистического материала по влиянию тока молнии на кабель трудно судить о характере повреждений кабеля при ударах молнии и делать какие-либо обобщения. Однако ввиду того, что ток молнии, как правило, превышает защитный уровень КЛ, можно утверждать, что при грозовом поражении КЛ произойдет пробой ее изоляции с переходом искрового разряда в силовую дугу, что вызовет отключение линии релейной защитой.

Это создает проблемы в обеспечении бесперебойного электроснабжения ответственных электроприемников. Поэтому определение удельного числа грозовых отключений КЛ имеет большое значение при определении специальных мер для уменьшения числа или предотвращения таких отключений.

Вероятность повреждения изоляции вообще и высоковольтной в частности может быть подсчитана по известным интегральным функциям распределения амплитуд перенапряжений и зависимости вероятности пробоя изоляции КЛ от амплитуды перенапряжения. Однако последняя зависимость обычно неизвестна.

Поэтому определение удельного числа грозовых отключений КЛ произведем исходя из тех физических процессов, которые имеют место в реальной линии.

При попадании токов молнии в кабель с металлическим защитным покровом из стальной брони и свинцовой (алюминиевой) оболочки возникают напряжения между оболочкой и жилами.

При распространении тока молнии, попавшего в кабель по цепи «оболочка – земля», возникают токи и напряжения в цепях «жила – земля» этого кабеля. Процесс распространения токов и напряжений в этих взаимосвязанных цепях приближенно описывается известными телеграфными уравнениями [2]. Решение и экспериментальная проверка их применительно к кабелям связи, сделанные в приведенном источнике, позволили сделать вывод, что при протекании тока по оболочке кабеля между оболочкой и жилами возникает напряжение, амплитуду которого можно найти по формуле

$$U_{\max} = 2,2 \cdot I_M R \sqrt{\rho_3}, \quad (1)$$

где I_M – амплитуда тока молнии;

R – погонное сопротивление оболочки кабеля;

ρ_3 – удельное сопротивление грунта.

Задаваясь допустимой разностью потенциалов для конкретного кабеля (пробивным напряжением $U_{\text{пр}}$ его изоляции), можно найти амплитуду тока молнии, приводящего к повреждению изоляции КЛ

$$I_M = U_{\text{пр}} / 2,2 \cdot R \sqrt{\rho_3}. \quad (2)$$

Вероятность того, что амплитуда тока молнии будет равна или больше значения I_M равна [1]

$$P = e^{-\frac{I_M}{26,1}} = e^{-\frac{U_{\text{пр}}}{2,2 \cdot R \sqrt{\rho_3}}}. \quad (3)$$

Если обозначить через q – число ударов молнии в единицу площади за один грозовой день, N – число грозовых дней в году, то число ударов молнии в полосу шириной dy и длиной l , приводящее к повреждениям КЛ, будет равно

$$dn = qN/Pdy. \quad (4)$$

Общее число повреждений кабеля

$$n = 2 \int_0^y q N P dy = 2q N \int_0^y P(I_M) dy, \quad (5)$$

где y – максимальное расстояние по одну сторону от трассы КЛ, с которого она «собирает» удары молнии.

При одном ударе молнии возможен ряд повреждений КЛ, поэтому термин «вероятное число повреждений» следует понимать как вероятное число ударов молнии, вызывающих повреждения КЛ.

Подставляя в (5) значения вероятности из (3), получим

$$n = 2q N e^{-\frac{U_{np}}{26,1 \cdot 2,2 \cdot R \sqrt{\rho_3}} y}. \quad (6)$$

Удельное число грозовых отключений КЛ, определенное таким образом, при наиболее неблагоприятных условиях колеблется в пределах от 6 до 12 раз за 10 лет, что является недопустимым и требует принятия специальных мер для уменьшения числа или предотвращения таких отключений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника высоких напряжений. / Под общ. ред. Д. В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 488с.
2. Михайлов М. И., Разумов Л. Д. Защита кабельных линий связи от влияния внешних электромагнитных полей. – М.: Связь, 1967. – 192с.