

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЧИСЛА ГРОВОЗЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ВОЗДУШНО-КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

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

Рассмотрен метод определения удельного числа грозозых отключений воздушно - кабельных линий.

Высоковольтные линии электропередачи, входящие в состав электрических сетей систем электроснабжения объектов специального назначения, выполняются воздушными, кабельными или воздушно - кабельными. При этом вводы в распределительные устройства объектов в любом случае обязательно осуществляют с помощью кабелей, а соединение их с воздушными линиями производят на ближайшей к объекту анкерной опоре с помощью концевых кабельных муфт (воронок).

Методика определения удельного числа грозозых отключений воздушных линий приведена в [1], аналогичная методика для кабельных линий приведена в [2].

Определим удельное число грозозых отключений воздушно - кабельных линий. При этом рассмотрим наиболее тяжелый случай – прямой удар молнии в переход воздушной линии в кабельную. Воздушная линия не имеет тросовой защиты.

В этом случае максимальный потенциал на заземлении воронки при ударе молнии составляет

$$U_{\max} = I_m R_n + aL, \quad (1)$$

где  $I_m$  – ток молнии;

$R_n$  – импульсное сопротивление заземления воронки;

$a$  – средняя скорость (крутизна) нарастания тока молнии;

$L$  – индуктивность токоотвода (заземления), выражаемая через произведение погонной индуктивности (индуктивности единицы длины)  $L_0$  на его длину  $l$

$$L = L_0 l.$$

Допустимое напряжение для воронки может быть определено следующим образом:

$$U_{\text{доп}} \leq bE_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где  $\mathbf{b}$  – воздушный промежуток между выводами жил кабеля (между выводами жил и корпусом воронки);

$E_{\text{доп}}$  – допустимая напряженность электрического поля для воздуха, при которой невозможен пробой воздушного промежутка, обычно принимаемая равной 500 кВ/м.

Очевидно, для того, чтобы не было перекрытия изоляции воронки, прочность ее изоляции должна быть выше величины напряжения на токоотводе, т.е.

$$\mathbf{b}E_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}}R_{\text{н}} + \mathbf{a}L. \quad (3)$$

Из (3) можно определить величину тока молнии, приводящего в повреждению изоляции воронки

$$I_{\text{м}} \leq \frac{\mathbf{b}E_{\text{доп}} - \mathbf{a}L_0l}{R_{\text{н}}}. \quad (4)$$

Вероятность того, что амплитуда тока молнии будет равна данному значению  $I_{\text{м}}$  рассчитывается как [1]:

$$P = \exp\left\{-\frac{I_{\text{м}}}{26,1}\right\} = \exp\left\{-\frac{\mathbf{b}E_{\text{доп}} - \mathbf{a}L_0l}{26,1 \cdot R_{\text{н}}}\right\}. \quad (5)$$

Значение этой вероятности, определенное при следующих значениях входящих в (5) параметров:

$$\mathbf{b} = (0,2 - 0,4) \text{ м}; \quad l = (2,5 - 3,0) \text{ м}; \quad \mathbf{a} = (30 - 32) \text{ кА/мкс};$$

$$L_0 = 1,2 \text{ мкГн/м}; \quad R_{\text{н}} = (5 - 40) \text{ Ом},$$

колеблется от 0,55 до 0,91.

Теперь появляется возможность определить [1] число ударов молнии, отнесенное к 100 км длины такой линии за год (среднегодовая продолжительность гроз принята равной 80 часов):

$$\mathbf{n} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot I_{\text{л}} \cdot \mathbf{h}_{\text{ср}} \cdot N_{\text{гч}},$$

где  $I_{\text{л}}$  – длина линии;

$\mathbf{h}_{\text{ср}}$  – средняя высота подвеса проводов линии;

$N_{\text{гч}}$  – число грозных часов в год для данной местности.

Определенное таким образом удельное число ударов молнии составляет от 27  $\mathbf{h}_{\text{ср}}$  до 44  $\mathbf{h}_{\text{ср}}$  за год. Для воздушных линий рассматриваемого класса  $\mathbf{h}_{\text{ср}}$  лежит в пределах от 2,5 до 5 м. Поэтому значение  $\mathbf{n}$  колеблется в пределах от 66 до 218.

При определении  $n$  не учитывались статистическая связь величин амплитуды тока молнии и крутизны фронта, а также наличие быстрodeйствующего АПВ.

Регистрации тока молнии, описанные в [1], показывают, что крутизна имеет тенденцию возрастать при увеличении максимального значения тока молнии, однако эта тенденция выражена довольно слабо. Поэтому допустимо эти величины в первом приближении принимать независимыми.

Наличие устройств АПВ с относительным числом успешных срабатываний  $\beta$  уменьшает число отключений до значения  $N'_{\text{откл}}$  :

$$N'_{\text{откл}} = N_{\text{откл}} \cdot (1 - \beta), \quad (6)$$

где  $N_{\text{откл}}$  – число отключений при отсутствии устройств АПВ.

Если созданное ударом молнии напряжение на линии (воронке) превысит импульсную прочность ее изоляции, то произойдет перекрытие изоляции. Число грозовых отключений линии меньше числа перекрытий изоляции, поскольку отключение линии происходит только при переходе импульсного перекрытия в силовую дугу. Если принять согласно [1] вероятность такого перехода, равную 0,7, то и в этом случае получаем при наиболее неблагоприятных условиях удельное число грозовых отключений порядка 150 за год, что недопустимо.

Таким образом, нормальная эксплуатация таких линий невозможна без принятия специальных мер для уменьшения числа или предотвращения таких отключений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Техника высоких напряжений / Под общ. ред. Д.В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
2. Акимов А.И., Акимова Ю.А. Определение удельного числа грозовых отключений кабельных линий. // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – Вып. 1 (5). – 1999. – С. 85 - 87.

*Поступила в редколлегию 29.01.2001*