

Математическая модель грозовых перенапряжений в условиях многолетней мерзлоты.

Артемяева Елена Семеновна
студент

Якутский государственный университет, Физический факультет, Якутск, Россия

В условиях многолетней мерзлоты имеет особую актуальность проблема защиты линий передач от ударов молний. Существующие методы защиты линий передач от прямых ударов молний неэффективно работают в условиях плохого заземления. Кроме этого заслуживают внимания индуцированные перенапряжения, возникающие при разрядах молнии вблизи линии передачи. Существующие методы расчета таких перенапряжений основаны на интегрировании уравнений Максвелла при различных предположениях. В данной работе предлагается другой метод расчета индуцированных перенапряжений, основанный на анализе явления, названного «волна тока и напряжения».

Грозовое облако моделируется точечным зарядом Q , расположенным на высоте h над проводником (рис.1) и на высоте $h+l$ над проводящим полупространством. Ось x направлена вдоль проводника, диэлектрик толщиной l моделирует многолетнюю мерзлоту. Следовательно, линия находится в поле разряда Q и его электростатического изображения $-Q$.

Проводник, моделирующий линию передач, считается заземленным в бесконечно удаленной точке, потенциал Земли $\phi = 0$. В момент времени $t=0$ заряд Q мгновенно исчезает (облако разряжается), тогда вдоль линии при $t>0$ пойдет волна тока и напряжения (ВТН) – «разбегание» индуцированных зарядов, которая описывается системой телеграфных уравнений:

$$\begin{cases} U_x + Li_t + Ri = 0, \\ i_x + CU_t + GU = 0 & -\infty < x < \infty, \\ i(x,0) = 0 & t > 0 \\ U(x,0) = f(x) \end{cases} \quad (1)$$

Начальная функция $f(x)$ – это потенциал, который до момента $t=0$ компенсировал потенциал зарядов Q и $-Q$, второе начальное условие $i(x,0)=0$ очевидно.

Получено аналитическое решение задачи Коши (1) в виде:

$$U(x,t) = \frac{e^{-\lambda t}}{2} \left(f(x+at) + f(x-at) + \int_{x-at}^{x+at} \frac{\mu \cdot t}{2a} \frac{I_1 \left(\mu \sqrt{t^2 - \frac{(x-t)^2}{a^2}} \right)}{\sqrt{t^2 - \frac{(x-y)^2}{a^2}}} - \frac{\lambda}{2a} I_0 \left(\mu \sqrt{t^2 - \frac{(x-y)^2}{a^2}} \right) f(y) dy \right),$$

$$i(x,t) = \sqrt{\frac{C}{L}} \frac{e^{-\lambda t}}{2} \int_{x-at}^{x+at} I_0 \left(\mu \sqrt{t^2 - \frac{\beta^2}{a^2}} \right) f(y) dy$$

С помощью пакета *Mathematica 5.1* проведены численные расчеты величин (ВТН) для двух случаев. В первом рассмотрен случай разряда молнии в землю, во втором – разряд молнии между двумя облаками. Исследовано поведение ВТН в зависимости от геометрического расположения облаков.