

Применение метода сеток при расчете заземляющих устройств

Герасимович Д.А., Дерюгина Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В докладе представлен метод расчета параметров электромагнитного поля уединенного бесконечно длинного стержневого заземлителя трубчатого сечения при стекании в землю переменного тока промышленной частоты, применяя метод сеток.

Дифференциальные уравнения поля можно разрешить относительно любой из компонент поля. Для цилиндрической системы координат, с учетом симметрии системы относительно угловой координаты, уравнения поля сводятся к уравнению относительно плотности тока

$$\frac{1}{r} \frac{\partial \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial z^2} = \alpha^2 \dot{\sigma}_m(r, z). \quad (1)$$

Для разностной сетки первые и вторые производные по осям r и z в (1) аппроксимируются центральными разностными соотношениями и уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{1}{r_l} \frac{\dot{\sigma}_{ml+1,k} - \dot{\sigma}_{ml-1,k}}{2\Delta r} + \frac{\dot{\sigma}_{ml+1,k} - 2\dot{\sigma}_{ml,k} + \dot{\sigma}_{ml-1,k}}{\Delta r^2} + \frac{\dot{\sigma}_{ml,k+1} - 2\dot{\sigma}_{ml,k} + \dot{\sigma}_{ml,k-1}}{\Delta z^2} = \alpha^2 \dot{\sigma}_{ml,k} \quad (2)$$

Для нахождения плотности тока $\dot{\sigma}_{ml,k}$ приведем (2) к виду

$$a_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k-1} + c_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k} + b_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k+1} = d_{l,k} \dot{\sigma}_{ml-1,k} + f_{l,k} \dot{\sigma}_{ml+1,k}. \quad (3)$$

Очевидно, что уравнение (3) удовлетворяет условиям хорошей обусловленности относительно $\dot{\sigma}_{ml,k-1}$, $\dot{\sigma}_{ml,k}$ и $\dot{\sigma}_{ml,k+1}$, т.е.

$$|a_{l,k}| + |b_{l,k}| \leq |c_{l,k}|, \quad (4)$$

при любых соотношениях между шагами Δr и Δz .

Решение (3) осуществляется методом прогонки в сочетании с методом итераций. Прогоночные коэффициенты определяются выражениями:

$$L_{l,k} = \frac{-b_{l,k}}{c_{l,k} + a_{l,k} L_{l-1,k}}; K_{l,k} = \frac{F_{l,k} - a_{l,k} K_{l-1,k}}{c_{l,k} + a_{l,k} L_{l-1,k}}, \quad (5)$$

где $F_{l,k} = d_{l,k} \dot{\sigma}_{ml-1,k} + f_{l,k} \dot{\sigma}_{ml+1,k}$.

По известным прогоночным коэффициентам (5) рассчитываются величины плотности тока в узлах расчетной сетки:

$$\dot{\sigma}_{ml,k} = L_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k+1} + K_{l,k}.$$