

Застосована математична модель для розрахунку електричних параметрів складного ЗУ. Наведені результати дослідження ЗУ підстанції шляхом математичного моделювання. Отримані результати підтверджують доцільність модернізації ЗУ підстанцій замість існуючої реконструкції

Ключові слова: підстанція, заземлюючий пристрій, математичне моделювання, дослідження, модернізація, реконструкція

Применена математическая модель для расчета электрических параметров сложного ЗУ. Приведены результаты исследования ЗУ подстанции путем математического моделирования. Полученные результаты подтверждают целесообразность модернизации ЗУ подстанций вместо существующей реконструкции

Ключевые слова: подстанция, заземляющее устройство, математическое моделирование, исследование, модернизация, реконструкция

A mathematic model used for calculation of electric parameters of complicated grounding device. The results of research of substation's grounding device using method of math modeling are shown. Empirical results confirm an advisability of modernization of substation's grounding device instead existent reconstruction

Key words: substation, grounding device, mathematical (math) modeling, research, modernization, reconstruction

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПОДСТАНЦИИ НА ЕГО СОПРОТИВЛЕНИЕ РАСТЕКАНИЮ

И. В. Нижевский

Инженер-конструктор
АО "СКБ "Электрощит"
ул. Примакова, 46, г. Харьков, Украина, 61002
Контактный тел.: (057) 752-10-21

В. И. Нижевский

Кандидат технических наук, доцент, старший научный
сотрудник
Кафедра передачи электрической энергии*
Контактный тел.: (057) 707-69-77

В. Е. Сердюк*

*Национальный технический университет "Харьковский
политехнический институт"
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Известно, что заземляющее устройство (ЗУ) является неотъемлемой частью любой электроустановки, а тем более подстанции.

Согласно ПУЭ [1], ЗУ предназначено для обеспечения безопасности людей при замыкании токоведущих частей на землю (защитное заземление), для обеспечения нормального функционирования установки (рабочее заземление), для защиты электрооборудования от перенапряжений и молниезащиты зданий и сооружений (молниезащитное заземление) и должно выполнять следующие функции:

- защита персонала от напряжения прикосновения и шага при нарушении изоляции или при коротком замыкании;
- действие релейных защит от замыкания на землю;
- действие защит от перенапряжений;
- отвод в грунт токов молнии;
- отвод в грунт рабочих токов (токов несимметрии и т.д.);

- защиту изоляции низковольтных цепей и оборудования;
- снижение электромагнитных влияний на вторичные цепи;
- защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок;
- стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества;
- обеспечения взрыво- и пожаробезопасности.

Основными параметрами, характеризующими состояние ЗУ, являются:

- сопротивление растеканию (для электроустановок подстанций, электростанций и опор ВЛ);
- напряжение на ЗУ при стекании с него тока замыкания на землю;
- напряжение прикосновения (для электроустановок выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью, кроме опор ВЛ).

В связи с этим к конструкции ЗУ предъявляются определенные требования, которые диктуются, в том числе и геологическими условиями места расположения подстанции.

Целью данной работы является обоснование с помощью математической модели целесообразности преимущественного применения вертикальных электродов по периметру ЗУ подстанций при обеспечении заданного сопротивления растеканию.

Для этого рассмотрим результаты исследования электрических параметров ЗУ на конкретном примере подстанции, ЗУ которой представим в виде квадратной сетки с вертикальными электродами, расположенными равномерно по её периметру. При этом будем варьировать число вертикальных элементов (n_v) и их длину (l_v), число горизонтальных элементов (n_g) и их длину (l_g), а также удельное сопротивление грунта, который представлен в виде двухслойной модели. Удельное сопротивление верхнего слоя грунта ρ_1 и нижнего ρ_2 . Соотношение ρ_1/ρ_2 примем в диапазоне 0,2...5, что характерно на практике в большинстве случаев.

Согласно работе [2] отметим, что в методах расчета сложных заземлителей принято положение, согласно которому действительный сложный заземлитель с примерно регулярным размещением проводников (электродов) можно заменить квадратной расчетной моделью при условии равенства их площадей S , общей длины L_r горизонтальных проводников и глубины их заложения t , числа n_v и длины l_v вертикальных электродов и глубины t заложения заземлителя.

В качестве расчетной принята двухслойная модель неоднородной земли с удельными сопротивлениями слоев – верхнего ρ_1 толщиной h_1 и нижнего ρ_2 . При этом неоднородная двухслойная модель с удельными сопротивлениями ρ_1 и ρ_2 приравнивается однородной с эквивалентным сопротивлением ρ_3 , при котором сопротивление или напряжение прикосновения заземлителя имеет ту же величину, что и в реальной неоднородной земле. Таким образом, моделью заземлителя служит квадратная сетка из взаимопересекающихся полос с вертикальными электродами, площадью S , стороной квадрата \sqrt{S} и эквивалентным сопротивлением ρ_3 .

Сопротивление ЗУ в виде сетки из горизонтальных электродов, в однородной земле с достаточным приближением определялось по формуле Оллендорфа – Лорана

$$R_3 = \frac{\rho}{4g} + \frac{\rho}{L_r} = 0,444 \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{L_r}, \text{ Ом}, \tag{1}$$

где g – радиус площади (S, m^2), занимаемый заземлителем, m ; ρ – удельное сопротивление земли (расчетное), Ом·м.

В выражении (1) первый член дает сопротивление заземлителя в виде сплошной пластины, второй учитывает разницу между сплошной пластиной и сеткой из горизонтальных электродов (полос) общей длиной L_r, m . Первый член определяет также минимальное сопротивление заземлителя, которое может быть достигнуто на данной площади S с помощью только горизонтальных электродов.

В случае сложных заземлителей, содержащих горизонтальные и вертикальные электроды, и с учетом неоднородности удельного сопротивления земли (двухслойная модель) формула (1) видоизменяется:

$$R_3 = A \frac{\rho_M}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_M}{L_r + L_v}, \text{ Ом}, \tag{2}$$

где

$$A = \left(0,444 - 0,84 \frac{l_v + t}{\sqrt{S}} \right) \text{ при } 0 \leq \frac{l_v + t}{\sqrt{S}} < 0,1; \tag{3}$$

$$A = \left(0,385 - 0,25 \frac{l_v + t}{\sqrt{S}} \right) \text{ при } 0,1 \leq \frac{l_v + t}{\sqrt{S}} \leq 0,5; \tag{4}$$

ρ_3 – эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м, зависящее от параметров электрической структуры земли (ρ_1/ρ_2 и ρ_2) и от конструктивных параметров заземлителя, m : толщины верхнего слоя h_1 , глубины заложения заземлителя t и длины вертикального электрода l_v .

Эквивалентное удельное сопротивление земли определялось по равенству

$$\rho_3 = \rho_2 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^\alpha; \tag{5}$$

$$\alpha = 0,19 \left(1 + \lg \frac{4,8h_1}{l_v} \right) \text{ при } 0,1 \leq \frac{\rho_1}{\rho_2} < 1; \tag{6}$$

$$\alpha = 0,43 \frac{h_1 - t}{l_v} + 0,27 \lg \frac{a}{l_v} \text{ при } 1 \leq \frac{\rho_1}{\rho_2} \leq 10; \tag{7}$$

Представленный алгоритм был реализован в виде программы в оболочке Mathcad, что позволило выполнить исследования зависимости сопротивления растеканию заземлителя от суммарной длины вначале горизонтальных электродов $L_{r\Sigma}$, затем вертикальных электродов $L_{v\Sigma}$, а затем от суммарной длины совместно горизонтальных и вертикальных электродов ($L_{r\Sigma} + L_{v\Sigma}$).

Отдельные результаты массовых расчетов электрических характеристик моделей ЗУ подстанций приведены на рис. 1 и рис. 2.

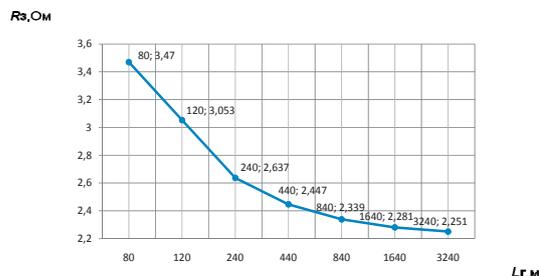


Рис. 1. График зависимости сопротивления растеканию ЗУ в виде сетки из горизонтальных электродов от их суммарной длины

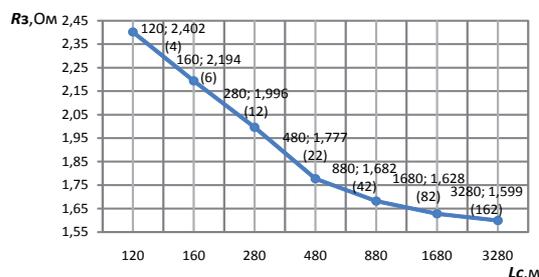


Рис. 2. График зависимости сопротивления растеканию ЗУ в виде сетки из горизонтальных и вертикальных электродов от их суммарной длины

Анализ полученных данных показывает, что одну и ту же величину сопротивления растеканию ЗУ подстанции можно обеспечить различными их конструкциями, которые отличаются расходом металла и трудозатрат.

Так, например, чтобы обеспечить величину сопротивления растеканию ЗУ в 2,4 Ом в грунте с эквивалентным удельным сопротивлением $\rho_{\text{э}}=100\text{Ом}\cdot\text{м}$, можно выполнить ЗУ в виде горизонтальной сетки, уложенной на глубине 0,7 м. При этом потребуются суммарная длина горизонтальных полос, которая составит 640 м (рис. 1). Эта же величина сопротивления растеканию ЗУ может быть обеспечена сложной конструкцией, состоящей из горизонтальных и размещенных по периметру вертикальных электродов. При тех же исходных параметрах для выполнения такой конструкции потребуются электроды суммарной длиной 120 м (рис. 2).

Представлена комп'ютерна програма для проектування ефективних теплообмінних апаратів трубчатого та спірального типів. Показана її апробація на прикладі розрахунку різних типів маслоохолоджувача для установки ГТЕ-115

Ключові слова: теплообмінний апарат, трубчатий спіральний, розрахунок тепловий, гідравлічний

Представлена компьютерная программа для проектирования эффективных теплообменных аппаратов трубчатого и спирального типов. Показана ее апробация на примере расчета различных типов маслоохладителей для установки ГТЭ-115

Ключевые слова: теплообменный аппарат, трубчатый, спиральный, расчет тепловой, гидравлический

The software for designing efficient heat exchangers of tubular and spiral types is presented. Shown testing program is performed on different types of oil coolers for the GTE-115

Keywords: heat exchanger, tubular, spiral, calculation of heat, hydraulic

1. Введение

Теплообменные аппараты находят применение во многих отраслях техники: теплоэнергетике, металлургии, химической промышленности и др. Рациональная конструкция теплообменника должна обеспечивать высокую интенсивность теплопередачи, приемлемые поверхность теплообмена, вес и габариты, и в то же

Вывод

Выполненные исследования показали, что нормируемую величину сопротивления ЗУ подстанций следует обеспечивать преимущественно применением вертикальных электродов по его периметру. При этом дополнительные горизонтальные электроды заземляющей сетки подстанции целесообразно применять в количестве, обеспечивающем нормируемую величину напряжения прикосновения.

Литература

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Текст]. – Х.: ИНДУСТРИЯ, 2007. – 416 с.
2. Найфельд М.Р. Заземление, Защитные меры электробезопасности [Текст]. М.: Энергия. – 1971. – 312 с.

УДК 536.2:004.021

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

О.А. Литвиненко

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.:(057) 97-24-60, 067-990-58-28
E-mail: dlitv@datasvit.net

Е.Ю. Пономаренко*

*Кафедра турбиностроения
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

время минимальное гидравлическое сопротивление. Для увеличения коэффициента теплопередачи необходимо предусматривать высокие скорости обтекания поверхностей теплообмена. С другой стороны, вместе с ростом скорости повышается гидравлическое сопротивление, которое приводит к увеличению расходов мощности на прокачку теплоносителей. Противоречивость требований к гидравлическим и тепловым