

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамм И.Е. Основы теории электричество. — М.: Наука, 1976.
2. Калашников С.Г. Электричество. — М.: Наука, 1970.
3. Каменецкий С.Е., Пустильник И.Г. Электродинамика в курсе физики средней школы. — М.: Просвещение, 1978.
4. Меерович Э.А. Методы релятивистской электродинамики в электротехнике. — М.; Л.: Энергия, 1966.
5. Порль Р.В. Учение об электричестве. — М.: Физматгиз, 1962.
6. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм. — М.: Наука, 1970.
7. Иванов-Смоленский А.В. Комментарий к статье Родина А.Л. «О неизвестных опытах по электромагнитной индукции». — Электричество, 1994, № 7.
8. Базанов В.П. О неизвестных опытах по электромагнитной индукции. — Электричество, 1996, № 11.
9. Шаталов Н.С. О неизвестных опытах по электромагнитной индукции. — Электричество, 1995, № 11.
10. Родин А.Л. О неизвестных опытах по электромагнитной индукции. — Электричество, 1994, № 7.
11. Сердюков О. Туман над магнитным полем. — Изобретатель и рационализатор, 1982, № 2.
12. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. — Л.: Госэнергоиздат, 1960.
13. Попов В.С. Теоретическая электротехника. — М.: Энергия, 1975.
14. Бертинов А.И., Алиевский Б.Л., Троицкий С.Р. Униполярные машины. — М.; Л.: Энергия, 1966.
15. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. — М.: Высшая школа, 1991.
16. Космическое оружие: дилемма безопасности/Под ред. Е.П. Велихова, Р.З. Сагдеева, А.А. Кокошина. — М.: Мир, 1986.

[08.11.11]

Авторы: Лупарев Владимир Васильевич окончил радиотехнический факультет Уральского государственного политехнического института (УПИ) в 1972 г. Кандидатскую диссертацию защитил в 1987 г. в ЦНИИ химического машиностроения. Доцент кафедры специального машиностроения, начальник отдела ФКП «Нижнетагильский институт испытания металлов».

Харитонов Василий Иванович окончил приборостроительный факультет Ленинградского военно-механического института (ныне Балтийский государственный технический университет) в 1961 г. Кандидатскую диссертацию защитил в 1972 г. в НИИ технологии машиностроения по специальности «Ультразвуковая техника и технология». Ученый секретарь Научно-технического совета ФКП «Нижнетагильский институт испытания металлов».

* * *

Аналитический расчет импульсного сопротивления железобетонной стойки опоры ВЛ

АННЕНКОВ В.З.

Заземлители опор ВЛ часто выполняются в виде железобетонных стоек, арматура которых используется в качестве естественного заземлителя. Попытка подсчитать импульсное сопротивление стойки была предпринята в [1]. Однако ошибка при этом составила 100%. Ошибка была прежде всего в способе определения удельного электрического сопротивления γ по стационарному сопротивлению стойки R_0 .

Стойка заменяется ее арматурой в виде шести прутков (диаметром 6 мм каждый и длиной $L = 2$ м), расположенных по окружности диаметром 30 см. В настоящее время установлено, что в электрическом смысле бетон может быть заменен окружающей его землей.

В данном случае импульсное сопротивление определяется следующим образом.

1. По известной формуле находится эквивалентный радиус системы из шести прутков:

$$r_{\text{экв0}} = \sqrt[6]{(r_0 D_1 D_2 D_3 D_4 D_5)}, \quad (1)$$

где r_0 — радиус одного из прутков; $D_1 - D_5$ — расстояния до других прутков.

2. По другой известной формуле определяется удельное электрическое сопротивление грунта, как эквивалентное неоднородной структуры,

$$r = R_0 2\rho L / \ln(2L / r_{\text{экв0}}). \quad (2)$$

3. Определяется фиктивный (эквивалентный по сопротивлению) радиус зоны искрообразования вокруг каждого прутка [2]:

$$r_{\text{экв}} = \sqrt[3]{(1/2 + M) + \sqrt[3]{(1/2 - M) / r_T}}; \quad (3)$$

$$M = \sqrt{(1/4) + (1/27)(L / r_T)^6}; \quad (4)$$

$$r_T = \sqrt[3]{((1/r_0)(r I / 2\rho E_{\text{пр}})^2)}. \quad (5)$$

4. В формуле (1) заменяем r_0 на $r_{\text{экв}}$:

$$r_{\text{экв.ф}} = \sqrt[6]{(r_{\text{экв}} / r_0)}. \quad (6)$$

5. Определяется импульсное сопротивление:

$$R_{и} = (r/2\rho L) \ln(1 + \sqrt{(1 + (r_{э.кв.ф}/L)^2}) / (r_{э.кв.ф}/L). \quad (7)$$

Результаты расчетов по формулам (1)–(7) сравниваются с данными натурных полевых испытаний стойки [3]:

Значение тока (при импульсных испытаниях), кА	35,0	22,8
Измеренное значение R_0 (при 50 Гц), Ом	4,9	4,9
Импульсное сопротивление $R_{оп}$ (при испытаниях), Ом	1,59	1,60
Удельное сопротивление грунта (расчет), Омж	15	15
Импульсное сопротивление $R_{и}$ (расчет), Ом	1,46	1,58
Погрешность $(R_{и} - R_{оп}) / R_{оп}$, %	-8,2	-1,2

Результаты расчетов практически совпадают с данными полевых испытаний при токах, близких к реальным токам молнии через одну сваю. Им-

пульсная прочность грунта в однородном электрическом поле в расчетах принята по [5] – 12 кВ/см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Анненков В.З.** Расчет импульсного сопротивления железобетонного подножника опоры ВЛ. – Электричество, 2010, № 4.
2. **Анненков В.З.** Метод расчета импульсного сопротивления стержневого заземлителя в песчаном грунте. – Электричество, 1995, № 6.
3. **Гуль В.И., Нижевский В.И.** Экспериментальное определение электрических параметров импульсного режима для заземлителей в естественных условиях. – Вестник Харьковского политехнического института «Электроэнергетика и автоматизация энергоустановок», 1981, вып. 9, № 176.
4. **Berger K.** Le comportement des prises de terre sous courants de choc de grande intensite. – CIGRE, 1946, rap. 215.

[04.08.11]

Автор: Анненков Виктор Захарович окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института (МЭИ) в 1959 г. В 1975 г. в МЭИ защитил кандидатскую диссертацию «Исследование протяженных заземлителей грозозащиты линий электропередачи в плохо проводящих грунтах. В настоящее время пенсионер.