

УДК 621.316

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

АФАНОВ Р.Р.

Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия

Подземные нефтегазопроводы являются конструкциями, долго морально и технически не стареющими, а сроки их практической эксплуатации определяются надежной работой электрической защиты, в основном, в зонах влияния блуждающих токов, наводимых электротехническими установками постоянного и переменного токов, а также электроустановок, работающих по принципу «провод-земля».

Сравнения схем расположения магистральных нефтегазопроводов, высоковольтных линий электропередач постоянного и переменного токов, показывает, что в большинстве случаев эти трубопроводы проходят на небольшом расстоянии друг от друга, что значительно усиливает воздействия блуждающих токов на эти сооружения. Для надежной и бесперебойной работы дорогостоящих подземных металлических трубопроводов, необходимо защищать последние от воздействия окружающей трубопровод среды, а также от блуждающих токов.

Инженерные расчеты по защите подземных нефтегазопроводов от блуждающих токов катодными станциями, могут быть значительно упрощены и уточнены, если использовать решение дифференциального уравнения Лапласа для проводящего полупространства.

Проведенные исследования показали, что на базе новых подходов можно улучшить технико-экономические показатели электрической защиты трубопроводов, находящихся в зонах влияния блуждающих токов.

Решение указанных вопросов возможно, если для уложенного в землю металлического трубопровода известны:

- потенциал сооружения относительно близкой земли, обусловленный блуждающими токами $U_{с-з}^0$;

- нормальная составляющая напряженности электрического поля у сооружения E_n ;

- расстояние по нормам между сооружением и контуром анодного заземления r_0 ;

- удельное сопротивление земли ρ_{r_0} , как функция расстояния между контуром анодного заземления и точкой на сооружении, из которой восстановлена нормаль к контуру;

- характер изменения удельного сопротивления ρ_{r_i} между контуром анодного заземления и любой точкой на трубопроводе, как функция расстояния r_i ;

- характер изменения напряженности поля блуждающих токов, как во времени, так и вдоль трубопровода.

Для неуложенного в землю сооружения эта задача может быть решена, если будет найдено аналитическое выражение потенциала «сооружение-близкая земля» к нормальной составляющей напряженности электрического поля у сооружения, выраженное через параметры сооружения и объемного проводника и данные, перечисленные выше.

Поставленная задача решается на основе решения уравнения Лапласа для неоднородного проводящего полупространства с горизонтальными границами раздела и введения коэффициента связи параметров K , который определяется следующим образом.

Условие потенциальности на границе раздела «объемный проводник (земля)-изолированное сооружение (трубопровод)» (рис.1,2) описывается уравнениями [2]:

$$\oint \bar{E}^0 \cdot d\ell = \bar{E}_{1n}^0 - \bar{E}_{2n}^0 \cdot d\ell = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\varepsilon_0} \oint \bar{D} \cdot d\bar{S} = \varepsilon_2 E_{2n}^0 \cdot d\bar{S} - \varepsilon_1 E_{1n}^0 \cdot d\bar{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \cdot j_s \cdot d\bar{S} \quad (2)$$

где \bar{E}^0 - вектор напряженности поля блуждающих токов;

\bar{E}_{1n}^0 и \bar{E}_{2n}^0 - нормальные слагающие вектора \bar{E}^0 в первой и второй средах;

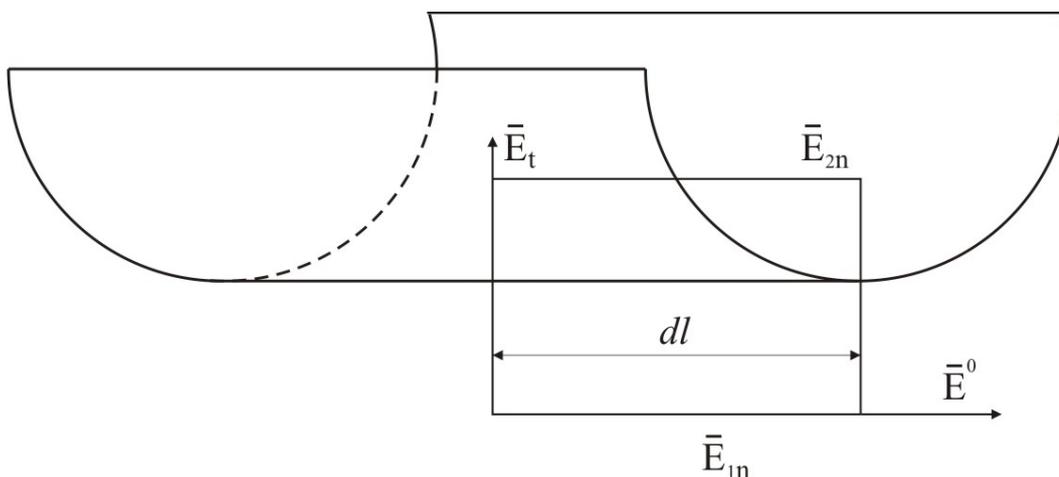


Рис.1. Условие потенциальности на границе раздела «сооружение-земля» (сооружение и вектор напряженности электрического поля параллельны).

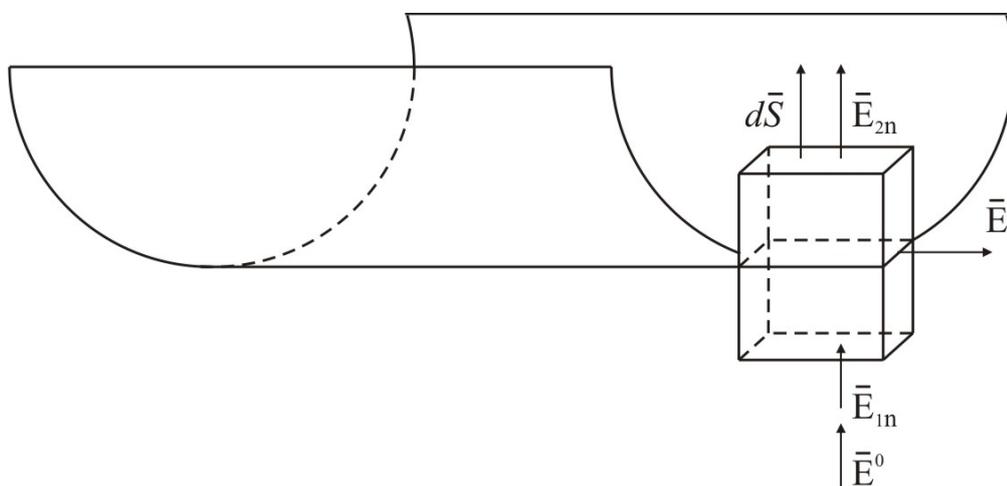


Рис.2. Условие потенциальности на границе раздела «сооружение-земля» (сооружение и вектор напряженности электрического поля взаимно перпендикулярны).

\bar{D} - вектор электрического смещения или электрической индукции;

$d\bar{S}$ - элементарная площадка;

$d\ell$ - элементарный контур;

$\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ - диэлектрические проницаемости соответствующих сред;

j_s - поверхностная плотность заряда на трубопроводе.

В случае, когда вектор напряженности поля блуждающих токов \vec{E}^0 совпадает по направлению с трубопроводом бесконечной длины, разность потенциалов «сооружение-земля», которая измеряется в данном случае между точками, находящимися на одной эквипотенциальной поверхности с тангенциальной составляющей вектора напряженности поля блуждающих токов \vec{E}^0 , равна нулю. Когда этот вектор перпендикулярен к сооружению, нормальная составляющая \vec{E}_{1n}^0 в проводнике отсутствует (в противном случае существовала бы нормальная слагающая плотности тока и к поверхности раздела подводился бы заряд, вследствие чего на поверхности происходило бы накопление заряда, не способного стекать через изоляцию, или, наоборот натекал через нее), в изоляции \vec{E}_{2n}^0 - на основании теоремы Гаусса, примененной к замкнутой поверхности, - равна $\frac{1}{\epsilon_0} j_s \cdot dS$. По-

тенциал «сооружение-земля» в этом случае обязан градиенту \vec{E}_{2n}^0 вектора \vec{E}^0 .

Таким образом, если потенциал сооружения относительно близкой земли не равен нулю, то не равна нулю и нормальная составляющая напряженности электрического поля E_n^0 и, исходя из этого, можно записать:

$$U_{c-3} = k \cdot E_n \quad \text{или} \quad k = \frac{U_{c-3}}{E_n}, \quad (3)$$

где k - коэффициент пропорциональности или коэффициент связи параметров.

Потенциал сооружения относительно близкой земли является линейной функцией плотности тока и сопротивления изоляции, т.е.

$$U_{c-3} = j_1 \cdot R_{из}, \quad (4)$$

где j_1 - плотность тока утечки с сооружения на границе раздела «сооружение - земля»;

$R_{из}$ - сопротивление изоляции трубопровода.

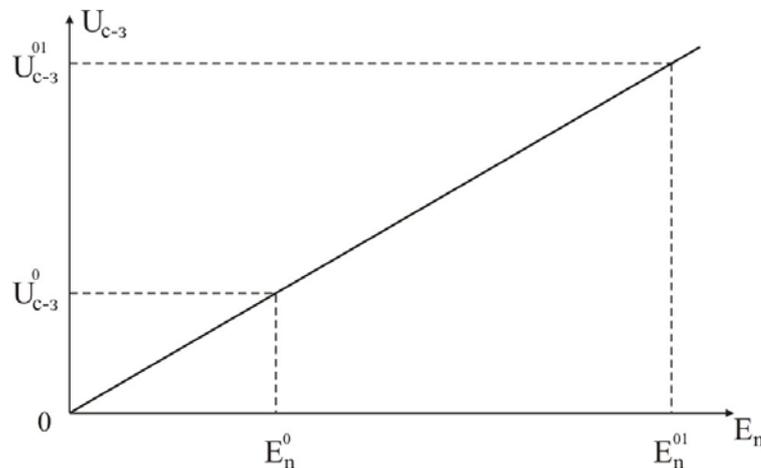


Рис.3. К определению коэффициента связи параметров.

Нормальная составляющая напряженности электрического поля является тоже линейной функцией того же источника тока, что и j_1 ,

$$E_n = f\left(a, \frac{I \cdot \rho}{2\pi}\right) \quad (5)$$

или

$$E_n = j_2 \cdot \rho_{AB} \quad (6)$$

где : I – сила тока,

a – коэффициент пропорциональности, определяемый из условий взаимоположений питающей и приемной линии, значение которого будет дано ниже;

j_2 – плотность тока утечки в земле на некотором расстоянии от сооружения,

ρ_{AB} - удельное сопротивление на глубине укладки сооружения в землю.

Таким образом, коэффициент пропорциональности k , который будем называть коэффициентом связи параметров блуждающих токов, имеет также линейную зависимость (рис.3). Из этого следует, что для данной точки сооружения коэффициент связи при изменении тока внешнего источника остается постоянным.

1. *Котельников А.В.* Блуждающие токи электрифицированного транспорта. М., Транспорт, 1986 г.

2. *Стрижевский И.В.* Теория и расчет дренажной и катодной защиты магистральных трубопроводов от коррозии блуждающими токами. М. ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1993 г.

3. *Остапенко В.Н., Лукович В.В., Колесник Т.В., Кохановский И.Н.* Методы расчета катодной защиты металлических сооружений. К., Наукова Думка, 1966 г.

4. *Стрижевский И.В., Дмитриев В.И.* Теория и расчет влияния электрифицированной железной дороги на подземные металлические сооружения. М., Стройиздат, 1997 г.

AZMIŞ CƏRƏYANLARIN PARAMETRLƏRİNİN ƏLAQƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

AFANOV R.R.

Məqalədə yeraltı boru xəttinin yaxın yerə nəzərən potensialının və boru xəttindəki elektrik sahə gərginliyinin normal mürəkkəbəsinin qarşılıqlı əlaqəsi tədqiq olunur (araşdırılır, göstərilir) ki, bu da elektrik mühafizəsi vasitələrini seçərkən mühəndis hesabatını sadələşdirməyə imkan verir.

OBTAINING OF COUPLING COEFFICIENT FOR CIRCULATING CURRENTS PARAMETERS

AFANOV R.R.

The paper analyses interrelation of potentials of buried pipeline in relation to near earth and normal component of electrostatic intensity at pipeline that allows simplifying engineering calculations when selecting electrical protection devices.