**Практическая работа**

**ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

***1. Расчет катодной защиты***

Мощность СКЗ определяется

 (1)

где *Iдр –* ток СКЗ в точке дренажа, а;

*Δϕ -* напряжение на зажимах источника постоянного тока, В.

Общее число СКЗ

 (2)

где *Lобщ* – общая длина трубопровода, км;

*L* – расчетная длина защищаемого участка трубопровода, км.

Расчетную длину защищаемого участка трубопровода можно определить по формуле

. (3)

Вышеприведенные потенциалы связаны между собой выражением

 (4)

Величины потенциалов при защите подземных металлических сооружений от коррозии измеряют по отношению к медно-сульфатному электроду сравнения (МЭС).

Многочисленными сравнениями установлено, что величина естественного потенциала подземных металлических сооружений колеблется в интервале от – 0,23 до – 0,72 В, причем практический диапазон изменения *Еест* составляет от – 0,45 до – 0,60 В. Поэтому, если не имеется точных данных о величине естественного потенциала стали в данном грунте, принято считать *Еест* = - 0,55 В (по МЭС).

Отсюда, пользуясь формулой (4), легко получить предельные значения наложенного потенциала для стального изолированного трубопровода:

*Emax* = -1,1 - (- 0,55) = -0,55 В, *Emin* = - 0,85 - (- 0,55) = - 0,30 В,

где *кв* - коэффициент, учитывающий влияние смежной СКЗ

, (5)

где *α* - постоянная распространения тока вдоль трубопровода

, (6)

где *RТ* – продольное сопротивление трубопровода вычисляют по формуле

, (7)

где *ρТ* – удельное электросопротивление трубной стали, *ρТ*≈ 0,245 Ом⋅мм2/м; *D, δ* - наружный диаметр трубопровода и толщина стенки;

*Rиз –* сопротивление единицы длины изоляции

, (8)

где *Rиз(τнс)* – сопротивление изоляционного покрытия.

Θ - коэффициент работы анодного заземления определяется по формуле

, (9)

где *ρГ* – удельное электросопротивление грунта

, (10)

где *ρri* - удельное электросопротивление грунта на участке длиной *Li*;

 - доля участка длиной *Li* в обшей протяженности трубопровода *L*.

Если пренебречь относительно малой величиной сопротивления К3 (из-за большого сечения почвенного проводника), то общее сопротивление цепи катодной защиты

**** (11)

где *Ra = R2* сопротивление растеканию тока с анодного заземления;

*Rпр = R1 + R5* - сопротивление соединительных проводов;

*Rк = R4* - сопротивление собственно защиты.

Таким образом,

 (12)

где 

Силу тока в точке дренажа определяют по формуле

 (13)

где *Zвх* – входное сопротивление трубопровода, Ом;

 (14)

где *ρ* - удельное электрическое сопротивление грунта, Ом⋅м; *у* – расстояние от трубопровода до анодного заземления, м, *у* = 50 … 500 м;

Сопротивление растеканию тока одиночного вертикального электрода в коксовой засыпке (при *lа<< 4h*: *da<< 2la*)

, (15)

где *d, da, la* – соответственно диаметр электрода, диаметр и длина засыпки (табл. 14.4);

*h* – расстояние от поверхности земли до середины электрода;

*ρa* – удельное сопротивление засыпки Ом⋅м; *ρa* = 0,2 Ом⋅м.

Оптимальное число электродов анодного заземления

 (16)

где *Сэ* – стоимость электроэнергии, руб/кВт;

*ηu* – коэффициент использования электрода;

*ηu*= 0,95; *τ* - время работы СКЗ в году;

*(ε + σ)* – норма амортизированных отчислений;

*Са* – стоимость установки одного электрода, руб.;

*η* - КПД катодной установки;

*η*= 0,7;

*ηв*– коэффициент экранирования электродов при выбранном расстоянии между ними (табл. 5).

Таблица.4

Техническая характеристика комплектных анодных заземлителей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Материал электрода | Размеры, мм | | | | Масса, кг | | Эл. хим. эквивалент кг/А∙год |
| электрод | | общие | | электр. | общая |
| диаметр | длина | диаметр | длина |
| АК-1 | сталь | 50 | 1400 | 185 | 1420 | 21 | 60 | 1,0 |
| АК-3 | железокрем. | 40 | 1400 | 185 | 1420 | 12 | 53 | 0,12 |
| АК-1 Г |  | 68 | 1400 | 225 | 1700 | 41 | 90 | 0,12 |
| АК-2Г |  | 40 | 1400 | 150 | 1700 | 12 | 60 | 0,12 |
| ЗЖК-12-КА | ... | 30 | 1400 | 185 | 1425 | 80 | 40 | 0,12 |
| ЗЖК-41п-КА |  | 68 | 1400 | 240 | 1700 | 41 | 100 | 0,12 |
| АКЦ | сталь | 50 | 1700 | 150 | - | 26 | - | 1,0 |

Таблица 5

Коэффициент экранирования вертикальных трубчатых заземлителей,

размещенных в ряд (*ηв*)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число труб | Отношение расстояния между трубами к длине трубы | | |
|  |  |  |
| 2 | 0,84 - 0,87 | 0,9 - 0,92 | 0,93 - 0,95 |
| 3 | 0,76 - 0,8 | 0,85 - 0,88 | 0,9 - 0,92 |
| 5 | 0,67 - 0,72 | 0,79 - 083 | 0,85 - 0,88 |
| 10 | 0,56 - 0,62 | 0,72 - 0,77 | 0,79 - 0,83 |
| 15 | 0,51 - 0,56 | 0,66 - 0,73 | 0,76 - 0,80 |
| 20 | 0,41 - 0,5 | 0,65 - 0,7 | 0,74 - 0,79 |
| 50 | 0,38 - 0,43 | 0,56 - 0,63 | 0,68 - 0,74 |

Сопротивление растеканию тока с анодного заземления

 (17)

Оптимальная плотность тока в дренажной линии

 А/м2 (18)

где *ρпр* - удельное сопротивление металла проводов, принимаемое *ρпр* = 0,029 м⋅м2/м;

*С1* – стоимость прокладки дренажной линии.

Оптимальное сечение дренажного провода

 (19)

Сопротивление дренажной линии

 (20)

Проводник стали

 (21)

где *ρпр* - удельное сопротивление металла проводов, принимаемое *ρпр* = 0,029⋅10-6 Ом⋅м;

*Sпр* = 16 мм2;

*lпр* = длина проводника.

Среднее значение потребляемой мощности СКЗ *ρ = Iдр⋅Δϕ*.

В зависимости от величины *Δϕ* подбирается соответствующая марка СКЗ.

На основании закона Фарадея срок анодного заземления (в годах), установленного в грунт, определяется по формуле

 (22)

где *G* – общий вес рабочих электродов заземления, кг; *ηи* – коэффициент использования электродов; (*ηи* = 0,95); *q* – электрохимический эквивалент материала электродов, кг/а год.

**2. Протекторная защита трубопроводов и резервуаров**

Применение протекторов в проектах электрохимической защиты магистральных трубопроводов допускается только в групповых установках и грунтах с удельным электрическим сопротивлением не более 50 Ом⋅м.

Расчет протекторной защиты трубопроводов сводится к определению длины защищаемого участка трубопровода *L* и срока службы протекторов *Т*.

Длину зоны действия защиты на изолированном трубопроводе можно определить с достаточной для инженерных расчетов точностью по следующей формуле

 (23)

где *Rиз* – сопротивления изоляции трубопровода на единице длины, Ом⋅м;

*Rп* – сопротивление растеканию тока с протектора, Ом;

*ϕп* – потенциал протектора до подключения его к трубопроводу, В;

для магниевых протекторов *ϕп* = - 1,6 В по МЭС;

- минимальный защитный потенциал.

Сопротивление растеканию тока групповой протекторной установки при *h>>la/4* и *la>>da/2* определяется по формуле

, (24)

где *ρгр* – удельное сопротивление грунта, окружающего протектор Ом⋅м;

*ρа* – удельное сопротивление активатора, Ом⋅м; 0,2 Ом⋅м ≥*ρа*;

*da*, *la* – соответственно диаметр и высота столба активатора, окружающего протектор;

*da* – диаметр протектора;

*h* – глубина установки протектора от поверхности земли до середины протектора;

*N* – число протекторов в грунте;

*ηв* – коэффициент, учитывающий взаимное экранирование вертикальных протекторов в группе.

При защите трубопровода одиночными протекторами *N* = 1 и *ηв* = 1.

Срок службы протекторной установки вычисляется по формуле

 (25)

где *G* – вес протекторной установки, кг.;

*q* – теоретический электрохимический эквивалент материала протектора, кг/а год;

*Jп* – сила тока в цепи протекторной установки, а;

*ηи* – коэффициент использования протектора (*ηи* = 0,95);

*ηп* – КПД протектора (определяется в зависимости от анодной плотности тока).

Анодная плотность тока определяется по формуле

 (26)

Здесь размеры тока протектора *dп* и *lп* подставляются в дм.

Сила тока в цепи протекторной установки при подключении ее к трубопроводу определяется зависимостью

 (27)

Техническая характеристика протекторов, применяемых для защиты сооружения от коррозии, приведена в табл. 14.6.

Таблица 6

Техническая характеристика комплексных протекторов ПМ-У

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  протектора | Размеры, мм | | | | Масса, кг | |
| электрода | | общие | | электрода | общий |
| высота | условный диаметр | высота | диаметр |
| ПМ-5У | 500 | 95 | 580 | 165 | 5 | 16 |
| ПМ-10У | 600 | 100 | 700 | 200 | 10 | 30 |
| ПМ-20У | 610 | 150 | 710 | 270 | 20 | 60 |