Задача 1

Определить мощность и число УКЗ магистрального трубопровода диаметром *Dн*, мм, с толщиной стенки *δ*, мм, протяженностью *Lобщ* км. Трубопровод проложен на местности с удельным электросопротивлением *ρг*, Ом⋅м. Анодное заземление проектируется выполнить из вертикальных упакованных электродов, дренажную линию - из алюминиевого провода уложенного в траншею.

Начальное переходное сопротивление «трубопровод-грунт» *Rпн*, Ом⋅м2.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | *Dн*, мм | *δ*, мм | *Lобщ*,км | *ρг*, Ом⋅м | Маркаэлектрода | Типдренажнойлинии | Тип изоляции  |  Количествоэлектродов  |
| 1 | 720 | 10 | 800 | 10 | АК-1 | А16 в траншее  | Нормальная, мастичная  |  5 |
| 2 | 820 | 10 | 900 | 20 | АК-3 | А16 в траншее  | Усиленная, полимерно-битумная  | 5  |
| 3 | 1020 | 10 | 1000 | 30 | АК-1 |  А16 в траншее | Усиленная, на основе термоусаживающихся материалов  | 10  |
| 4 | 1220 | 11 | 1200 | 40 | АК-3 |  А16 в траншее | Нормальная, на основе термоусаживающихся материалов | 10  |
| 5 | 720 | 9 | 1300 | 10 | АК-3  |  А16 в траншее | Нормальная, мастичная  |  5  |
| 6 | 820 | 11 | 1400 | 5 | АК-3  |  А16 в траншее | Усиленная, полимерно-битумная  |  5 |
| 7 | 1020 | 11 | 1500 | 10 | АК-3  | А16 в траншее  | Усиленная, на основе термоусаживающихся материалов  | 10  |
| 8 | 1220 | 12 | 1600 | 15 | АК-1 |  А16 в траншее | Нормальная, на основе термоусаживающихся материалов  | 15  |
| 9 | 720 | 8 | 1700 | 20 | АК-3 |  А16 в траншее | Нормальная, мастичная  |  5 |
| 10 | 820 | 9 | 1800 | 25 | АК-1 |  А16 в траншее | Нормальная, мастичная  |  10 |

Задача 2

Требуется определить протяженность защитной зоны протекторной установки и срок службы протекторов, подключенных к магистральному трубопроводу диаметром D, мм, уложенному в грунт с удельным сопротивлением *ρг*, Ом⋅м. Трубопровод имеет изоляционное покрытие с переходным сопротивлением *Rпн*, Ом⋅м2.

Протекторы установлены на глубине *h* = 2 м до верха протектора.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вари-ант |  *D*,мм | *ρг*, Ом⋅м | *Rпн*, Ом⋅м2 | N, штук число протекторов |  а, м, расстояние между протекторами | Маркапротектора |
| 1 | 530 | 50 | 5⋅103 | 3 | а=2 | ПМ-10У |
| 2 | 630 | 40 | 6⋅103 | 4 |  а=3 | ПМ-10У |
| 3 | 720 | 30 | 7⋅103 | 3 | а=4 | ПМ-10У |
| 4 | 820 | 20 | 8⋅103 | 4 | а=2 | ПМ-10У |
| 5 | 920 | 10 | 9⋅103 | 5 | а=3 | ПМ-10У |
| 6 | 1020 | 15 | 10⋅103 | 4 | а=4 | ПМ-10У |
| 7 | 1220 | 20 | 9⋅103 | 5 | а=2 | ПМ-10У |
| 8 | 1420 | 30 | 8⋅103 | 6 | а=3 | ПМ-10У |
| 9 | 530 | 40 | 7⋅103 | 5 | а=4 | ПМ-10У |
| 10 | 630 | 50 | 5⋅103 | 3 | а=2 | ПМ-10У |

Техническая характеристика протекторов, применяемых для защиты сооружения от коррозии, приведена в табл. 3.

Таблица 3 Техническая характеристика комплексных протекторов ПМ-У

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Типпротектора | Размеры, мм | Масса, кг |
|  протектор без активатора |  протектор с активатором | протектор без активатора  | протектор с активатором  |
| высота без активатора | условный диаметр без активатора | *lпр*,высота | *dпр*,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 |

Катодная защита магистрального нефтепровода

Мощность СКЗ определяется



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

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

Общее число СКЗ



где *Lобщ* – общая длина трубопровода, км;

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

Расчетную длину защищаемого участка трубопровода можно определить по формуле

.

Вышеприведенные потенциалы связаны между собой выражением



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 (3.4), 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

,

где *α* - постоянная распространения тока вдоль трубопровода

,

где *RТ* – продольное сопротивление трубопровода вычисляют по формуле

,

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

,

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

Θ - коэффициент работы анодного заземления определяется по формуле

,

где *ρГ* – удельное электросопротивление грунта

,

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

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

Рассмотрим принципиальную электрическую схему катодной защиты (рис. 3.3). Как следует из этой схемы, для наиболее простого случая катодной защиты общее сопротивление цепи можно представить как ряд последовательно соединенных отдельных сопротивлений: *R1* и *R5* - сопротивления соединительных проводов; *R2* - сопротивление растеканию тока с анодного заземления в окружающую почву; *R3* - сопротивление почвы между анодным заземлением и защищаемым сооружением; *R4* - общее сопротивление тока на пути «почва - металл защищаемого сооружения - точка дренажа».



Рис.3.3. Электрическая схема катодной защиты для расчета мощности СКЗ

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

****

где *Ra = R2* сопротивление растеканию тока с анодного заземления; *Rпр = R1 + R5* - сопротивление соединительных проводов;

*Rк = R4* - сопротивление собственно защиты.

Таким образом,



где 

Силу тока в точке дренажа определяют по формуле



где *Zвх* – входное сопротивление трубопровода, Ом;



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*)

,

где *d, da, la* – соответственно диаметр электрода, диаметр и длина засыпки (табл. 3.4); протекторный анодный заземлитель трубопровод

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

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

Оптимальное число электродов анодного заземления



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. 3.5).

Таблица 3.4 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 3.5 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



Оптимальная плотность тока в дренажной линии



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

*С1* – стоимость прокладки дренажной линии.

Оптимальное сечение дренажного провода



Сопротивление дренажной линии



Проводник стали



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



где *G* – общий вес рабочих электродов заземления, кг;

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

*q* – электрохимический эквивалент материала электродов, кг/а год.

**Расчет числа СКЗ**









Где Rп – переходное сопротивление «трубопровод-грунт»

Rп.н – начальное переходное сопротивление «трубопровод-грунт», не задано, принимаем равным 104 Ом⋅м2

β - показатель скорости старения покрытия, 0,116-0,133 1/год, принимаем равным 0,125 1/год

tн.с – нормативный срок эксплуатации устройств катодной защиты



 - норма амортизационных отчислений, идущая на полное восстановление основных фондов, принимается равным 10,5 %/год

лет

 Ом⋅м2

 Ом⋅м

1/м



*Emax* = -1,1 - (- 0,55) = -0,55 В,

*Emin* = - 0,85 - (- 0,55) = - 0,30 В









Значение у не задано, принимаем 350 м.

Ом





м





принимаем 71 станция

м



А

Сечение проводника принимаем *Sпр* = 16 мм2 по условию, h принимаем 2 м







Ом

Ом

В



Ом

В

В

В



Вт



года

Протекторная защита магистральных трубопроводов

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



**, **

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

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

*ϕпр* – потенциал протектора до подключения его к трубопроводу, В; для магниевых протекторов *ϕпр* = - 1,6 В по МЭС;

*ϕ * - минимальный защитный потенциал.

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

,

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

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

 *dпр*, *lпр* – соответственно диаметр и высота столба протектора с активатором, окружающего протектор;

*d* – 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



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

*qпр*– теоретический электрохимический эквивалент материала протектора, кг/ (А год);

*Jпр* – сила тока в цепи протекторной установки, А;

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

*ηпр* – КПД протектора (*ηпр* = 0,5).

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



Произведем расчет для протектора с активатором

Для определения *ηв* воспользуемся рисунком 1

Принимаем *ηв* = 0,83

Ом

Ом

Для трубопроводов с полимерной изоляцией *ϕ * = -1,15 В.

Тогда

м

Если не имеется точных данных о величине естественного потенциала стали в рассматриваемом грунте, то рекомендуется принимать *ϕест* = -0,55 В по МЭС.

Тогда

А

*qпр*– теоретический электрохимический эквивалент материала протектора, для магниевых протекторов *qпр* = 3,95 кг/ (А год);

**года**



Рис. 1. Зависимость коэффициента экранирования вертикальных протекторов от числа при различных отношениях ,

а – без активатора б – с активатором

Размещено на Allbest.ru