Задача:

Определить необходимое число станций катодной защиты (СКЗ) и силу дренажного тока для обеспечения катодной защиты магистрального трубопровода длиной $L\_{т}=850+10\*6=910 км$, наружным диаметром $D\_{н}=1020 мм$, толщиной стенки труб $δ=10 мм$. Трубы изготовлены из стали 17ГС, имеющей удельное электросопротивление $ρ\_{т}=0,247\*10^{-6} Ом\*м$. Грунты по трассе трубопровода состоят из глин, песков и чернозема, на значительной части переувлажнены; удельное электросопротивление грунтов $ρ\_{г1}=10 Ом\*м$ характеризует 30 *%* трассы трубопровода, $ρ\_{г2}=20 Ом\*м$ - 20 %, $ρ\_{г3}=40 Ом\*м$ - 10 %, $ρ\_{г4}=70 Ом\*м$ - 20 *%,* $ρ\_{г5}=80 Ом\*м$ - 10 % и $ρ\_{г6}=170 Ом\*м$ - 10 *%* трассы трубопровода.

Решение:

1. Определим величину среднего удельного сопротивления грунта, по формуле:

$$ρ\_{г}=\sum\_{i=1}^{n}ρ\_{гi}\*\frac{l\_{i}}{L}, Ом\*м,$$

где $ρ\_{гi}$ - удельное сопротивление грунта на участке длиной $l\_{i}$, $Ом\*м$;

$\frac{l\_{i}}{L}$ - доля участка длиной $l\_{i}$ в общей протяженности трубопровода $L$.

$ρ\_{г}=10\*\frac{30}{100}+20\*\frac{20}{100}+40\*\frac{10}{100}+70\*\frac{20}{100}+80\*\frac{10}{100}+170\*\frac{10}{100}=50 Ом\*м$.

1. Определим продольное сопротивление трубопровода, по формуле:

$$R\_{т}=\frac{ρ\_{т}}{π\*δ\*\left(D\_{н}-δ\right)}, Ом/м,$$

где $ρ\_{т}$ - удельное электросопротивление трубной стали, $Ом\*мм$;

$δ$ - толщина стенки трубопровода, мм;

$D\_{н}$ - наружный диаметр трубопровода, мм.

$R\_{т}=\frac{0,247}{3,14\*10\*\left(1020-10\right)}=7,78\*10^{-6} Ом/м$.

1. Определим величину переходного сопротивления «трубопровод – грунт» к концу нормативного срока эксплуатации установок катодной защиты, по формуле:

$$R\_{пк}=R\_{пн}\*e^{-β\*τ}, Ом\*м^{2},$$

где $R\_{пн}$ - величина переходного сопротивления в начале эксплуатации, для расчетов принимаем $R\_{пн}=10^{4} Ом\*м^{2}$ - для изоляционных покрытий из полимерных липких лент;

$β$ - показатель скорости старения, для расчетов принимаем $β=0,125 1/год$;

$τ$ - время эксплуатации установок катодной защиты, нормальное время эксплуатации установок катодной защиты составляет $τ=9,5 лет$.

$R\_{пк}=10^{4}\*e^{-0,125\*9,5}=3049,8 Ом\*м^{2}$.

1. Определим среднее значение переходного сопротивления «трубопровод – грунт», по формуле:

$$R\_{п.ср}=\frac{R\_{пн}}{β\*τ}\*\left(1-e^{-β\*τ}\right), Ом\*м^{2}.$$

$R\_{п.ср}=\frac{10^{4}}{0,125\*9,5}\*\left(1-e^{-0,125\*9,5}\right)=8421,0 Ом\*м^{2}$.

1. Определим сопротивление единицы длины изоляционного покрытия к концу нормативного срока эксплуатации установок катодной защиты, по формуле:

$$R\_{из}\left(τ\_{нс}\right)=\frac{R\_{пк}}{π\*D\_{н}}, Ом\*м.$$

$R\_{из}\left(τ\_{нс}\right)=\frac{3049,8 }{3,14\*1,020}=951,8 Ом\*м$.

1. Определим среднее сопротивление единицы длины изоляционного покрытия, по формуле:

$$R\_{из.ср}=\frac{R\_{п.ср}}{π\*D\_{н}}, Ом\*м.$$

$R\_{из.ср}=\frac{8421,0}{3,14\*1,020}=2627,9 Ом\*м$.

1. Определим среднее значение входного сопротивления трубопровода за нормативный срок эксплуатации катодных установок, по формуле:

$$Z\_{ср}=0,5\*\sqrt{R\_{т}\*R\_{из.ср}}, Ом.$$

$$Z\_{ср}=0,5\*\sqrt{7,78\*10^{-6}\*2627,9}=71,5\*10^{-3} Ом.$$

1. Определим среднее значение входного сопротивления трубопровода к концу нормативного срока эксплуатации катодных установок, по формуле:

$$Z\_{к}=0,5\*\sqrt{R\_{т}\*R\_{из}\left(τ\_{нс}\right)}, Ом.$$

$Z\_{к}=0,5\*\sqrt{7,78\*10^{-6}\*951,8}=43,0\*10^{-3} Ом$.

1. Определим постоянную распределения токов и потенциалов вдоль трубопровода к концу нормативного срока эксплуатации катодных установок, по формуле:

$$α=\sqrt{\frac{R\_{т}}{R\_{из}\left(τ\_{нс}\right)}}, 1/м.$$

$α=\sqrt{\frac{7,78\*10^{-6}}{951,8}}=90,4\*10^{-6} 1/м$.

1. Определим параметр $θ$, по формуле:

$$θ=\frac{ρ\_{г}}{2\*π\*Z\_{к}\*y},$$

где $y=350 м.$ - удаление анодного заземления от трубопровода.

$θ=\frac{50}{2\*3,14\*43,0\*10^{-3}\*350}=0,528$.

1. Определим коэффициент взаимного влияния СКЗ, по формуле:

$$K\_{в}=\frac{1}{1+\sqrt{1-\left(\frac{E\_{min}}{E\_{max}}\right)^{2}\*\left(1+θ\right)}},$$

где $E\_{min}=0,30 В$, $E\_{max}=0,55 В$ - предельные значения наложенного потенциала, для стального изолированного трубопровода.

$K\_{в}=\frac{1}{1+\sqrt{1-\left(\frac{0,30}{0,55}\right)^{2}\*\left(1+0,528\right)}}=0,575$.

1. Определим расстояние между СКЗ, по формуле:

$$L=\frac{2}{α}\*ln\left[\frac{E\_{max}}{K\_{в}\*E\_{min}\*\left(1+θ\right)}\right], м.$$

$L=\frac{2}{90,4\*10^{-6}}\*ln\left[\frac{0,55}{0,575\*0,30\*\left(1+0,528\right)}\right]=16253,7 м$.

1. Определим необходимое число СКЗ, по формуле:

$$N=\frac{L\_{т}}{L}.$$

$N=\frac{910\*10^{3}}{16253,7}=55,9$.

Округляем до ближайшего целого $N=56$.

1. Определим силу дренажного тока в среднем за нормальный срок службы, по формуле:

$$I\_{др.ср}=\frac{E\_{max}}{Z\_{ср}\*\left(1+2\*e^{-α\*L}+θ\right)}, А.$$

$I\_{др.ср}=\frac{0,55}{71,5\*10^{-3}\*\left(1+2\*e^{-90,4\*10^{-6}\*16253,7}+0,528\right)}=3,87 А$.

Список используемой литературы:

1. Новоселов В.Ф., Коршак А.А., Димитров В.Н. Типовые расчеты противокоррозионной защиты металлических сооружений нефтегазопроводов и нефтебаз: Учебное пособие.- Уфа: Изд. Уфим. Нефт. Ин-та, 1989.- 98 с.