

Надежность развивающихся систем энергетики

КОРРОЗИЯ МАТЕРИАЛА ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ГРУНТАХ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Драко М.А., РУП “Белэнергосетьпроект”, м.т.н., аспирант БНТУ

Иркутск,
01-07.07.2018 г.



В РБ установлены два подхода к проектированию и выполнению ЗУ электроустановок:

- 1. По норме на допустимое сопротивление растеканию;*
- 2. По норме на допустимое напряжение прикосновения.*

Применительно к проектируемым ЗУ, заземляющие проводники выбираются исходя из требований, предъявленных к их ***механической прочности, коррозионной и термической стойкости***, а сечение вертикальных электродов заземлителей – в зависимости от их механической прочности и ***коррозионной стойкости***.



Коррозионная агрессивность грунта (почвенно-грунтовых вод)
по отношению к углеродистой и низколегированной стали

Коррозионная агрессивность грунта	Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом м	Средняя плотность катодного тока, А/м ²
Согласно ГОСТ 9.602-2016		
Низкая	Свыше 50	До 0,05 включительно
Средняя	Свыше 20 до 50 включительно	Свыше 0,05 до 0,2 включительно
Высокая	До 20 включительно	Свыше 0,2
Согласно СТП 09110.47.203-07, СТП 09110.47.203-07		
Весьма высокая	до 5	-
Высокая	5-10	-
Повышенная	10-20	-
Средняя	20-100	-
Низкая	более 100	-



Сечение стальных заземлителей и заземляющих проводников в зависимости от агрессивности грунтов

Коррозионная активность грунта по отношению к стали	Рекомендуемый диаметр заземлителей	Допустимые к применению заземлители
Стальные вертикальные заземлители		
Весьма высокая	Сталь круглая Ø 16	–
Высокая	То же	–
Повышенная, средняя	Для мягких грунтов сталь круглая Ø12	Сталь угловая 63×63×6 мм
Низкая	Для грунтов средней твердости сталь круглая Ø16 мм	Для мягких грунтов сталь угловая 50×50×5 мм, для грунтов средней твердости сталь угловая 63×63×6 мм
Стальные горизонтальные заземлители и заземляющие проводники		
-	Сталь круглая	Стальная полоса
Весьма высокая	Ø16 мм	20×10, 30×10, 40×10 мм
Высокая	Ø14 мм	20×8, 30×8, 40×8 мм
Повышенная, средняя	Ø12 мм	20×6, 30×6, 40×6 мм
Низкая	Ø10-12 мм	20×4, 30×4, 40×4 мм



В случае опасности коррозии заземлителей возможно выполнение одного из следующих мероприятий:

- 1) Увеличение сечения заземлителей с учетом расчетного срока их службы;
- 2) Применение оцинкованных или омеденных заземлителей (кроме кислых почв, а также в почв, содержащих нитраты и сульфаты);
- 3) Применение электрической защиты;
- 4) Выполнение гидроизоляции заземлителя на 0,2 м в обе стороны от границы грунта посредством обмотки заземлителя хлопчатобумажной лентой, пропитанной горячим битумом;
- 5) Засыпка дна траншеи однородным грунтом слоем толщиной 10-15 см с последующей укладкой на него заземлителя и покрытие его тем же однородным грунтом слоем той же толщины.



Надежность развивающихся систем энергетики

Разъедание электрода ржавчиной пропорционально площади поверхности электрода, соприкасающегося с грунтом.

Уменьшение сечения проводника в процессе коррозии за расчетный срок службы заземлителя, мм²

$$\begin{aligned} S_{кор} &= \pi R^2 - \pi r^2 = \pi(R^2 - r^2) = \pi(R-r)(R+r) = \pi\delta_{cp}(R+r) = \\ &= \pi\delta_{cp}(R + (R - \delta_{cp})) = \pi\delta_{cp}(d - \delta_{cp}), \end{aligned} \quad (1)$$

средняя глубина коррозии:

$$\delta_{cp} = a_3 (\ln T)^3 + a_2 (\ln T)^2 + a_1 \ln T + a_0, \quad (2)$$

T – расчетный срок службы заземлителя, 600 мес.;

a₀-a₃ — коэффициенты, зависящие от агрессивности грунтовых условий по отношению к стали.



Надежность развивающихся систем энергетики

Зависимость средней глубины и площади коррозии от коррозионной агрессивности грунта

Коррозионная агрессивность грунта	$\delta_{ср}$, мм	$S_{кор}$, мм ² , для круглого проводника диаметром, мм / площадью сечения, мм ²			
		10 / 78,54	12 / 113,09	14 / 153,93	16 / 201,06
Весьма высокая	4,278	76,9	103,78	130,66	157,54
Высокая	2,338	56,28	70,97	85,66	100,35
Повышенная	1,621	42,67	52,85	63,04	73,22
Средняя	1,011	28,55	34,9	41,25	47,61
Низкая	0,464	13,9	16,82	19,73	22,65



Расчетное значение удельного сопротивления грунта, учитывающего сезонные изменения состояния грунта и, следовательно, увеличения его сопротивления, а также состояние земли во время проведения измерения, вычисляется по выражению:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho k_{\text{сез}} k_{\text{зем}}, \quad (3)$$

$k_{\text{сез}}$ – сезонный повышающий коэффициент, учитывающий промерзание или высыхание земли;

$k_{\text{зем}}$ – коэффициент, учитывающий состояние земли во время проведения измерений ее удельного сопротивления.



Ожидаемое увеличение $\rho_{расч}$ (с учётом $k_{сез}$ и $k_{зем}$) относительно ρ

Конструктивное исполнение заземлителя	$k_{сез} \cdot k_{зем}$ при сезонных изменениях			Усредненное значение $k_{сез} \cdot k_{зем}$ в годовом разрезе
	Нормальная влажность грунта	Влажный грунт	Сухой грунт	
Вертикальные электроды 5 м	1,5	1,65	1,43	1,53
Горизонтальные электроды длиной 10 м	2,5	4,25	1,88	2,88
Горизонтальные электроды длиной 50 м	2	3,2	1,6	2,27



Надежность развивающихся систем энергетики

Пусть протекание коррозионных процессов приводит к изменению во времени значения начального сопротивления заземляющего устройства $R_{зaz.0}$. Момент t ремонта или можно считать отказа наступит при достижении параметром своего предельного допустимого значения. Тогда вероятность безотказной работы определится по формуле:

$$P(y) = 0,5 + \Phi \left(\frac{R_{зaz.0}^{доп.} + \bar{R}_{зaz.0} + \overline{\gamma(t)}t}{\sqrt{\sigma_{R_{зaz.0}}^2 + \sigma_{\gamma(t)}^2 t^2}} \right), \quad (4)$$

Φ – нормированная функция Лапласа;

$\gamma(t) = \frac{dR_{зaz}}{dt}$ - скорость изменения параметра $R_{зaz.0}$ во времени t ;

$\sigma_{R_{зaz.0}}^2, \sigma_{\gamma(t)}^2$ - дисперсии нормального распределения значений.



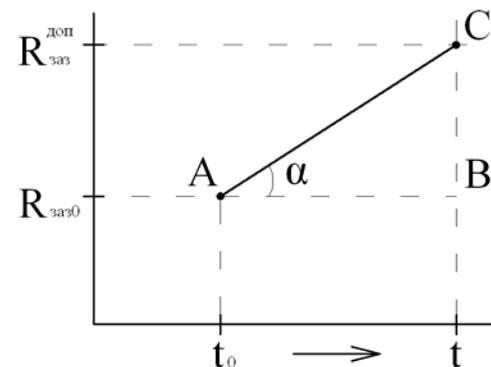
Надежность развивающихся систем энергетики

Достижение контролируемым параметром допустимого значения и необходимости ремонта или замены заземляющего устройства:

$$t = t_0 + AB = t_0 + R_{\text{заз}0} \left(\frac{R_{\text{заз}}^{\text{доп}}}{R_{\text{заз}0}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\text{tg}\alpha}; \quad (5)$$

$$\frac{AB}{CB} = \text{ctg}\alpha \rightarrow AB = CB \text{ctg}\alpha = (R_{\text{заз}}^{\text{доп}} - R_{\text{заз}0}) \text{ctg}\alpha =$$

$$= \frac{(R_{\text{заз}}^{\text{доп}} - R_{\text{заз}0})}{\text{tg}\alpha} = \frac{R_{\text{заз}0} \left(\frac{R_{\text{заз}}^{\text{доп}}}{R_{\text{заз}0}} - 1 \right)}{\text{tg}\alpha} = \frac{CB}{AB} = \text{tg}\alpha = \gamma(t). \quad (6)$$



Изменение сопротивления ЗУ во времени



Выводы

1. Для Республики Беларусь несвойственны грунты с высокой и повышенной коррозионной активностью. Значения удельного сопротивления идентичных типов грунтов для всех областей отличаются незначительно и могут быть приняты усредненными.
2. За исключением песка в других грунтах ожидаемое удельное электрическое сопротивление не превышает 600 Ом·м.
3. При проектировании электроустановок в торфе с агрессивными водами заземляющие устройства должны рассчитываться по условиям работы в грунтах средней коррозионной активности.



Надежность развивающихся систем энергетики

4. При размещении заземлителей в суглинках, суглинках с агрессивными водами, супесях, супесях мокрых, песке всех видов ожидается низкая коррозионная активность (характерно для всех областей Республики Беларусь).
5. В сухих грунтах (влажностью до 5 %) коррозия не ожидается из-за отсутствия электролита.
6. Учет сезонных изменений состояния грунта при рассмотрении вопроса выбора заземлителя по условию коррозионной активности приводит к увеличению удельного электрического сопротивления грунта в 1,53-2,27 раз.
7. Необходим пересмотр рекомендуемых диаметров заземлителей для электроустановок, располагаемых в грунтах с высокой и весьма высокой коррозионной активностью.



Спасибо за внимание!

Иркутск,
01-07.07.2018 г.