

НОВ МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ СТЕПЕНТА НА КОРОЗИЯ НА СТОМАНЕНИ ЗАЗЕМИТЕЛИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНДУКТИВНИ ДАТЧИЦИ

Петър Петров ¹, Георги Велев ²

¹ Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, petrov_p_tu@abv.bg

² Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, g_velev@tugab.bg; g_velev@gmail.com

РЕЗЮМЕ. При наличие на интензивна корозия, сечението на стоманените заземителни електроди намалява. Това води до несъответствие с изискванията на нормативните уредби за минимално сечение. Всичко това показва актуалността на проблема за следене на развитието на процеса на корозия в електродите на заземителните уредби. В тази статия е показан метод за следене степента на корозията, чрез използване на индуктивни датчици. Изведени са аналитични зависимости за определяне дълбочината на корозия, чрез следене индуктивността на предлагания датчик. Предлагания метод не изисква големи финансови разходи и е реализуем за всички заземителни устройства изпълнени със стоманени електроди.

A NEW METHOD FOR DETERMINATION OF THE RATE OF CORROSION FOR STEEL GROUNDING ELECTRODES BY MEANS OF INDUCTIVE SENSORS

Petar Petrov ¹, Georgi Velev ²

¹ Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, petrov_p_tu@abv.bg

² Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, g_velev@tugab.bg; g_velev@gmail.com

ABSTRACT. In cases of intensive corrosion in soil the steel grounding electrodes' cross-section area decreases. This results in discrepancy with the grounding grid regulations for minimal cross-section area of the single electrodes. That makes topical the problem for the uninterrupted monitoring of grounding electrodes' corrosion rate in exploitation conditions. The paper presented inhere describes a new method for corrosion rate monitoring by means of inductive sensors. Analytical expressions for calculation of the corrosion depth have been deduced. The method suggested in the present paper doesn't require high financial investments and it is applicable for all the types of grounding installations constructed with steel electrodes.

Въведение

При изпълнение на заземителни уредби се използват изкуствени заземители. Те са изработени от стомана, покрита с цинково покритие, предпазващо от корозия. При монтаж на вертикални заземители, вероятността за нарушаване на покритието е голяма и това води до бързо развитие на корозия върху материала. Като резултат, параметрите на заземителната уредба се влошават, а експлоатационния период на заземителите рязко намалява.

В заземителни уредби с големи токове на земно съединение е възможно загряване на почвата, изпаряване на влагата в нея и като следствие, повишаване на съпротивлението на заземяване. Това налага заземителните уредби с големи токове на земно съединение да се проверяват на термична устойчивост, като общата повърхност на заземителите трябва да удовлетворява следното условие:

$$S \geq 12 \cdot 10^{-7} \cdot I_3 \cdot \sqrt{\rho_{II} \cdot t_{\phi}}, \text{ m}^2 \quad (1)$$

където: I_3 - изчислителен ток на земно съединение, А;

ρ_{II} - специфично съпротивление на почвата, $\Omega \cdot \text{m}$;

t_{ϕ} - продължителност на земното съединение, s.

При големи токове на земно съединение на проверка подлежи и термичната устойчивост на съединителните проводници, свързващи вертикалните заземители (за напрежение над 1000 V). Сечението на стоманените шини трябва да удовлетворява условието:

$$S \geq I_3 \cdot \frac{\sqrt{t_{\phi}}}{K}, \text{ mm}^2 \quad (2)$$

където: K - коефициент на материала. За стомана $K = 74$

От изрази (1) и (2) се вижда, че е необходимо сечението на заземителите и съединителните шини при уредби с големи токове на земно съединение да удовлетворяват определени изисквания. Корозирането на същите намалява тяхното сечение, което от своя страна води до нарушаване на условия (1) и (2).

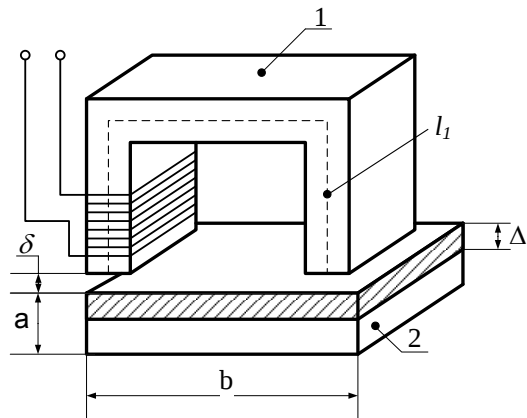
От всичко това се вижда, че е особено актуално периодично да се следи степента на корозия както на заземители така и на съединителни шини. Това налага разработването на датчици и метод, позволяващи отчитане на степента на корозия по време на експлоатационния период на заземителната уредба.

Предложените в тази статия принципи и методи за непрекъснат контрол на степента на корозия могат да

бъдат приложени и за диагностика корозирането на стоманени тръбопроводи пренасящи вода и други флуиди.

Обосновка на възможността за използване на индуктивни датчици за отчитане на степента на корозия

На фиг. 1 е показана принципната схема на такъв датчик.



Фиг. 1. Принципна схема на индуктивен датчик за отчитане на степента на корозия: 1 – “П” образен магнитопровод; 2 – стоманена плоска шина, използвана като свързващ проводник между вертикалните заземители; Δ - дълбочина на корозията; δ - въздушна междина между магнитопровода на датчика и стоманената шина.

Индуктивността на бобината L може да се определи от израза:

$$L = \frac{w \cdot \Phi}{I}, \text{ H} \quad (3)$$

където: w - брой навивки; I - големина на тока, протичащ през бобината; Φ - създаден магнитен поток.

Като се използва, че $I = \frac{H \cdot l}{w}$ и се замести в (3) се получава:

$$L = \frac{w^2 \cdot \Phi}{H \cdot l} = \frac{w^2}{R_{\mu}}, \text{ H} \quad (4)$$

$$R_{\mu} = \frac{H \cdot l}{\Phi} - \text{магнитно съпротивление}$$

Геометричните размери на „П” образния магнитопровод са по-малки от размерите на шината или винкеловия заземител ($a \times b$). Това ни дава основание да пренебрегнем разсеяния магнитен поток. В този случай магнитното съпротивление ще бъде сума от:

$$R_{\mu} = R_{\mu 1} + 2R_{\mu \delta} + R_{\mu 2} \quad (5)$$

където: $R_{\mu 1}$ - магнитно съпротивление на „П”-образния

магнитопровод ($R_{\mu 1} = \frac{l_1}{\mu_1 \cdot S} = \text{const}$); $R_{\mu \delta}$ - магнитно съпротивление на въздушната междина

$$R_{\mu \delta} = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot S} = \text{const}; R_{\mu 2} - \text{магнитно съпротивление на}$$

стоманената шина.

Магнитното съпротивление $R_{\mu 2}$ на стоманената шина варира в зависимост от дебелината на образуващия се корозионен слой. За конкретизиране на задачата се допуска, че се е образувал корозионен слой с дебелина „ Δ ”, а размерите на шината са съответно $a \times b$. В този случай магнитното съпротивление $R_{\mu 2}$ ще се получи като еквивалентно на две паралелно свързани съпротивления:

$$R_{\mu 2} = \frac{R'_{\mu 2} \cdot R''_{\mu 2}}{R'_{\mu 2} + R''_{\mu 2}} \quad (6)$$

където: $R'_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_2(a - \Delta) \cdot b}$ - магнитно съпротивление на некорозиралата част;

$$R''_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b} - \text{магнитно съпротивление на}$$

корозиралата част от шината;

μ_3 - магнитно съпротивление на корозирания материал.

Замествайки в израз (6) се получава:

$$R_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b + \mu_2(a - \Delta) \cdot b} \quad (7)$$

В зависимост (5) полагаме $R_{\mu 1} + 2R_{\mu \delta} = A = \text{const}$. За двата случая ще се получат изразите:

$$\text{- без корозия } R_{\mu} = A + \frac{b}{\mu_2 \cdot a \cdot b} = A + \frac{1}{\mu_2 \cdot a} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{- с корозия } R_{\mu K} &= A + \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b + \mu_2(a - \Delta)b} = \\ &= A + \frac{1}{\mu_3 \cdot \Delta + \mu_2(a - \Delta)} \end{aligned} \quad (9)$$

Изхождайки от (4) могат да бъдат определени съответно: L_1 - индуктивност без корозия и L_2 - индуктивност с корозия.

$$L_1 = \frac{w_2}{R_{\mu}}; L_2 = \frac{w_2}{R_{\mu K}} \quad (10)$$

Ако се направи отношението на тези две индуктивности, от него може да се изрази $R_{\mu K}$.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_{\mu K}}{R_{\mu}} \Rightarrow R_{\mu K} = \frac{L_1}{L_2} \cdot R_{\mu} \quad (11)$$

В израз (11) полагаме $L_1 \cdot R_{\mu} = B = \text{const}$. R_{μ} може да се определи от геометрията на веригата, а L_1 да се измери при монтажа на датчика върху стоманената шина.

$$B = L_1 \cdot R_\mu = L_1 \left(A + \frac{1}{\mu_2 \cdot a} \right) \quad (12)$$

При заместване в (11) се получава уравнението:

$$\Delta = \frac{\mu_2 \cdot a}{\mu_3 \cdot \Delta + \mu_2 (a - \Delta)} = \frac{B}{L_2} \quad (13)$$

Решавайки това уравнение относно дебелината на корозиращия слой Δ се получава:

$$\Delta = \frac{\mu_2 \cdot a}{\mu_2 - \mu_3} - \frac{L_2}{(\mu_2 - \mu_3)(B - L_2 \cdot A)} \quad (14)$$

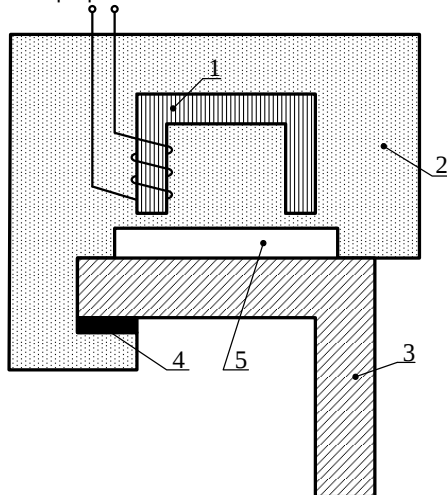
Полученият израз (14) дава възможност за определяне дебелината на корозията „ Δ “. При полагане в (14) - $L_1 = L_2$ се получава $\Delta = 0$ т.е. това съответства на случая, когато няма корозионен слой.

За конкретния вид датчик може да се построи зависимостта $\Delta = f(L_2)$, от която може без изчисления да се определи дебелината на корозиращия слой.

Отчитането на промяната на Δ през определен интервал от време дава възможност за построяване на зависимостта $\Delta = f(t)$. От нея може да се направи извод за скоростта на корозията в конкретния почвен слой и използван заземител.

Практическа реализация на индуктивен датчик за отчитане на степента на корозия

На фиг. 2. е показана универсална конструкция на индуктивен датчик с възможност за монтаж на шина или „Г“-образен профил на заземител.



Препоръчана за публикуване от катедра
„Електрификация на минното производство“, МЕМФ

Фиг. 2. Конструкция и монтаж на индуктивен датчик върху „Г“-образен профил на заземител, където: 1 – магнитопровод с намотка; 2 – залитка с изолационен материал; 3 – стоманен заземител; 4 – диелектрична подложка за уплътняване и стабилно закрепване.

Въздушната междина 5 е предвидена за да не се ограничава процеса на корозия при пряк контакт на двете повърхности. По този начин се гарантира реалната ситуация на въздействие на агресивна почвена среда. За всеки изработен датчик могат да бъдат определени базовите константи: A ; L_1 ; B . При известни параметри на материалите от (14) може да се построи зависимостта $\Delta = f(L_2)$ при изходни стойности $L_1 = L_2$. Извършвайки периодични измервания на L_2 от зависимостта $\Delta = f(L_2)$ може да се съди за степента на корозия.

Закljučения

Предложен е лесен за практическа реализация индуктивен датчик. На всеки заземител или по дължината на съединителната шина могат да бъдат монтирани такива датчици при изграждане на заземителната уредба.

Използването на такива датчици дава възможност за индиректно следене степента на корозия и вземане на своевременни мерки.

Чрез този метод може да бъде дадена оценка за степента на агресивност на почвата в даден район спрямо материала от който е изработен заземителят т.е. скорост на корозията. При силно агресивни почви или такива с наличие на интензивна електрокорозия от блуждаещи токове, още при проектирането на заземителната уредба могат да се вземат мерки за адекватна защита от корозия.

Литература

- Глазов, М. П., И. В. Сторожевский. 1978. *Методы контроля и измерения при защите подземных сооружений от коррозии*, Москва
- Галимов, Р.К., А. В. Изосимов et. al. 2003. *Методологические аспекты, стохастической динамики коррозионных процессов*, Защита металов, Том 39, №2, С.200-206
- Евтихийев Н. Н., Я. А. Кунергимид et.al. 1990. *Измерение электрических и неэлектрических величин*. Энергоатомиздат, Москва
- Манойлов, В.Е. 1986. *Основы электробезопасности*, Энергия, Ленинград.