



RESEARCH CONSIDERING THE ERRORS WHEN DETERMINATING THE VALUE OF THE CURRENT BETWEEN THE ELEMENTS OF THE FIXTURES IN REINFORCED CONCRETE PRODUCES

Igor KOLESNIC, Vladimir ANISIMOV
Institute of Power Engineering of ASM

Abstract. Corrosion of reinforcement concrete product is essentially of electrochemical nature and its speed is determined by the current flow, for which he was named the corrosion current. Measure in the field conditions on the concrete pillars of Power Transmission Line requires a preliminary examination of possible errors and the elaboration of ways to reduce their impact on the results of measurements (the deviation of measurement results for different limits of the measurement on the same device was up to 10 times). A formula for the calculation of the result of the current measurement values at different ranges has been deduced. Several ways to study the effect of measurement errors included in this formula of four parameters on the value of the relative error in determining the current have been treated.

Key words: the fixture of the produce of reinforced concrete, electric current, error of measurement

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТОКА МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ИЗДЕЛИЯ

Колесник И.П., Анисимов В.К
Институт энергетики АНМ

Реферат. Коррозия арматуры железобетонного изделия в основном является электрохимической и ее скорость определяется величиной протекающего тока, за что он был назван коррозионным током. Измерение его в полевых условиях на железобетонных опорах ЛЭП требует предварительного изучения возможных погрешностей и разработки способов уменьшения их влияния на результаты измерений (разница результатов измерения тока одним прибором на разных пределах измерения составляла до 10 раз). Получена формула для расчета величины тока по результатам измерений его на разных пределах. Несколькими способами исследовано влияние погрешностей измерений входящих в эту формулу четырех параметров на величину относительной погрешности определения тока.

Ключевые слова: арматура железобетонного изделия, электрический ток, погрешности измерений

CERCETĂRI ASUPRA ERORILOR LA DETERMINAREA VALORII CURENTULUI DINTRE ELEMENTELE ARMĂTURII PRODUSULUI DIN BETON ARMAT

Igor COLESNIC, Vladimir ANISIMOV
Institutul de Energetică al AȘM

Rezumat. Coroziunea armăturii produsului din beton armat este în special electrochimică și viteza sa este determinată de valoarea curentului care se scurge prin ea, din ce motiv a și căpătat denumirea de curent de coroziune. Măsurători ale acestei valori în condiții de câmp pe pilonii din beton armat ale LEA necesită un studiu în prealabil a erorilor posibile și elaborarea metodelor de minimizare a influenței asupra rezultatelor de măsurare (devierea rezultatelor la măsurarea curentului cu unul și același dispozitiv la diferite limite de măsurare s-a adevărit a fi de 10 ori). Este dedusă formula pentru calculul valorii curentului după rezultatele măsurătorilor la limite diferite. Prin mai multe metode este cercetată influența erorii de măsurare ce se conține în această formulă a patru parametri asupra valorii erorii relative de determinare a curentului.

Cuvinte cheie: armătura produsului din beton armat, curent electric, eroare de măsurare

Электрохимический износ арматуры железобетонного изделия можно определить по закону Фарадея. Количество электричества, входящее в формулу для определения количества вещества, можно определить по величине тока и времени эксплуатации изделия. Величина последнего –

большая, поэтому именно измерение величины тока должно быть произведено с требуемой точностью. Непосредственное измерение этого тока путем подключения общеизвестного амперметра, имеющего несколько пределов измерения, показало, что

разница между результатами измерения величины тока на разных пределах может достигать десяти раз. Поэтому было проведено специальное исследование

погрешностей измерения величины коррозионного тока.

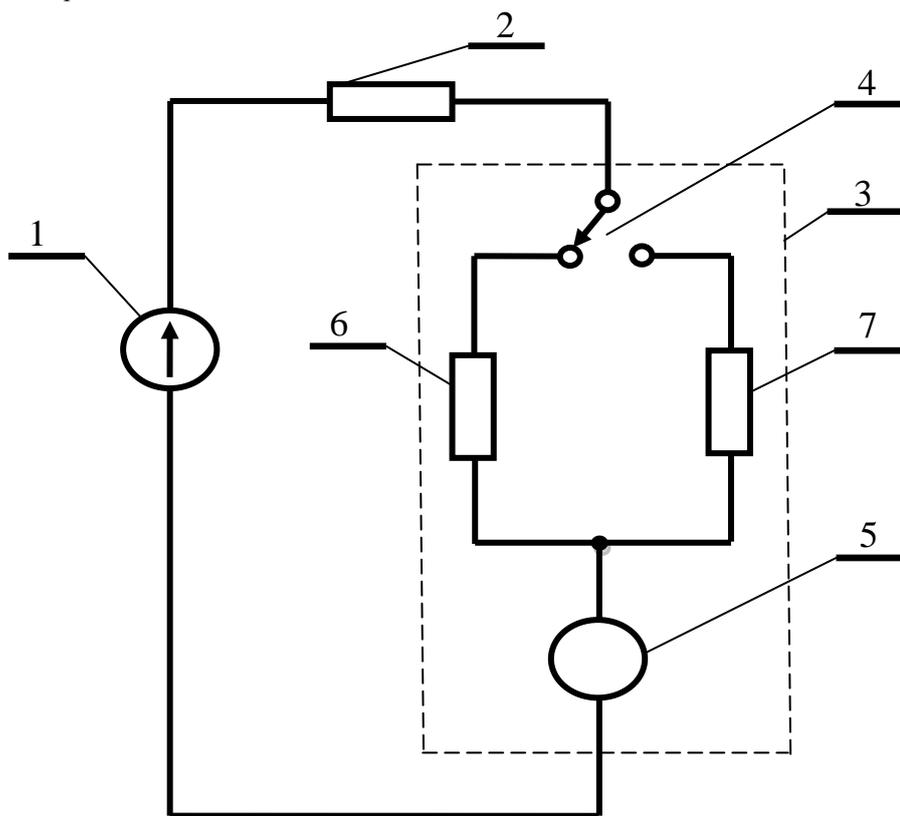


Рис.1 Электрическая схема измерений

1. ЭДС гальванического элемента E (обозначена как генератор 1 на фиг. 1). Этот генератор имеет внутренне сопротивление R_1 (2). К нему подключен амперметр 3, содержащий переключатель пределов измерений 4, индикатор результатов измерений 5, и внутренние сопротивления R_1 и R_2 (соответственно 6 и 7) для каждого из пределов измерений. Формулы для определения величин токов (по закону Кирхгофа) для каждого из пределов измерений получаются следующими:

$$i_{k1} = E / (R_1 + R_1); \quad i_{k2} = E / (R_1 + R_2) \quad (1)$$

По результатам измерения величин коррозионного тока (i_1 и i_2) двух разных пределов измерения амперметра (с внутренними сопротивлениями соответственно R_1 и R_2) величину коррозионного тока i_k можно определить по формуле:

$$i_k = i_1 * i_2 (R_1 - R_2) / [(i_1 R_1 - i_2 R_2)] \quad (2)$$

к нулю, и последующим решением системы полученных уравнений).

Дифференцирование дробной функции требует получения производных и для числителя, и для для числителя и для знаменателя.

Преобразуем числитель и знаменатель этой функции (с учетом относительной погрешности измерения каждого параметра), например:

$$i_{11} = i_1(1 + \delta_1) \quad (3)$$

где δ_1 - относительная погрешность измерения тока i_1 . Соответственно δ_2 - относительная погрешность измерения тока i_2 , δ_3 - относительная погрешность измерения сопротивления R_1 , и δ_4 - относительная погрешность измерения сопротивления R_2 . Числитель получаем в виде:

Формула для определения относительной погрешности $\delta(i_k)$ при расчете величины коррозионного тока имеет вид:

$$\delta(i_k) = i_1 * i_2 (R_1 - R_2) / [i_{kt} (i_1 R_1 - i_2 R_2)] - 1 \quad (4)$$

В формулу входят четыре переменных: i_1 , i_2 , R_1 , R_2 .

В математике для таких случаев рекомендуется определять экстремумы отдельно по каждой переменной (приравниванием первых производных

знаменателя. Для удобства работы их лучше получить группами по всем переменным отдельно

$$i_1(1 + \delta_1)i_2(1 + \delta_2)[R_1(1 + \delta_3) - R_2(1 + \delta_4)] \quad (5)$$

Именно эти относительные погрешности δ_1 , δ_2 , δ_3 и δ_4 теперь будут теми переменными, по которым будет произведено дифференцирование.

Производные этого выражения по погрешности каждой переменной имеют виды:

$$\begin{aligned} \text{по } \delta_1: & i_1 i_2 (1 + \delta_2) [R_1(1 + \delta_3) - R_2(1 + \delta_4)]; \\ \text{по } \delta_2: & i_1 (1 + \delta_1) i_2 [R_1(1 + \delta_3) - R_2(1 + \delta_4)]; \\ \text{по } \delta_3: & i_1 (1 + \delta_1) i_2 (1 + \delta_2) R_1; \\ \text{по } \delta_4: & - i_1 (1 + \delta_1) i_2 (1 + \delta_2) R_2. \end{aligned} \quad (6)$$

Знаменатель получаем в виде:

$$i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] \quad (7)$$

Производные этого выражения по погрешности каждой переменной имеют виды:

$$\begin{aligned} \text{по } \delta_1: & i_{kt} i_1 R_1(1+\delta_3); \\ \text{по } \delta_2: & -i_{kt} i_2 R_2(1+\delta_4); \\ \text{по } \delta_3: & i_{kt} i_1(1+\delta_1) R_1; \\ \text{по } \delta_4: & -i_{kt} i_2(1+\delta_2) R_2. \end{aligned} \quad (8)$$

Затем по формуле $(u/v)' = (u'v - v'u)/v^2$ получаем выражения для производных функции погрешности коррозионного тока.

Для δ_1 :

$$\frac{\partial(\delta i_{kt})}{\partial(\delta_1)} = \{i_1 i_2(1+\delta_2) [R_1(1+\delta_3) - R_2(1+\delta_4)] * i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] - i_1(1+\delta_1) i_2(1+\delta_2) [R_1(1+\delta_3) - R_2(1+\delta_4)] * i_{kt} i_1 R_1(1+\delta_3)\} / \{i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)]\}^2$$

Для δ_2 :

$$\frac{\partial(\delta i_{kt})}{\partial(\delta_2)} = \{i_1(1+\delta_1) i_2 [R_1(1+\delta_3) - R_2(1+\delta_4)] * i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] + i_1(1+\delta_1) i_2(1+\delta_2) [R_1(1+\delta_3) - R_2(1+\delta_4)] * i_{kt} i_2 R_2(1+\delta_4)\} / \{i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)]\}^2$$

Для δ_3 :

$$\frac{\partial(\delta i_{kt})}{\partial(\delta_3)} = \{i_1(1+\delta_1) i_2(1+\delta_2) R_1 * i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] - i_1(1+\delta_1) i_2(1+\delta_2) [R_1(1+\delta_3) - R_2(1+\delta_4)] * i_{kt} i_1(1+\delta_1) R_1\} / \{i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)]\}^2$$

Для δ_4 :

$$\frac{\partial(\delta i_{kt})}{\partial(\delta_4)} = \{-i_1(1+\delta_1) i_2(1+\delta_2) R_2 * i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] - i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)] * [-i_{kt} i_2(1+\delta_2) R_2]\} / \{i_{kt} [i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) - i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4)]\}^2 \quad (9)$$

Приравниваем полученные выражения к нулю, и после упрощения получаем:

$$\begin{aligned} \text{для } \delta_1: & i_2(1+\delta_2) R_2(1+\delta_4) = 0; \text{откуда: } i_2 = 0; \text{ или } R_2 = 0; \\ \text{для } \delta_2: & i_1(1+\delta_1) R_1(1+\delta_3) = 0; \text{откуда: } i_1 = 0; \text{ или } R_1 = 0; \\ \text{для } \delta_3: & R_2(1+\delta_4) [i_1(1+\delta_1) - i_2(1+\delta_2)] = 0; \text{ ; откуда: } R_2 = 0; \text{ или: } i_1 - i_2 = 0; \\ \text{для } \delta_4: & R_1(1+\delta_3) [-i_1(1+\delta_1) + i_2(1+\delta_2)] = 0. \text{ ; откуда: } R_1 = 0; \text{ или: } i_2 - i_1 = 0. \end{aligned}$$

Эти результаты не имеют практической ценности, так как требование равенства каждого из этих токов нулю, или равенства между собой их величин не выполнимо теоретически (возможность определения величины коррозионного тока основана на разнице величин измеряемых токов), а условие равенства нулю сопротивлений амперметра не выполнимо практически.

Поэтому было проведено исследование зависимости долевого участия четырех переменных по погрешности при $R_2/R_1 = 0,01$ (фиг. 17) и $R_2/R_1 = 0,2$ (фиг. 18)

По величинам погрешностей видно, что при $R_2/R_1 = 0,01$ одна из переменных вносит большую погрешность, а при $R_2/R_1 = 0,2$ все четыре переменных вносят большие погрешности. Практически это означает, что для варианта

$R_2/R_1 = 0,01$ надо измерять с высокой точностью один параметр, а для варианта $R_2/R_1 = 0,2$ с высокой точностью надо измерять все четыре параметра, что, естественно, будет значительно дороже.

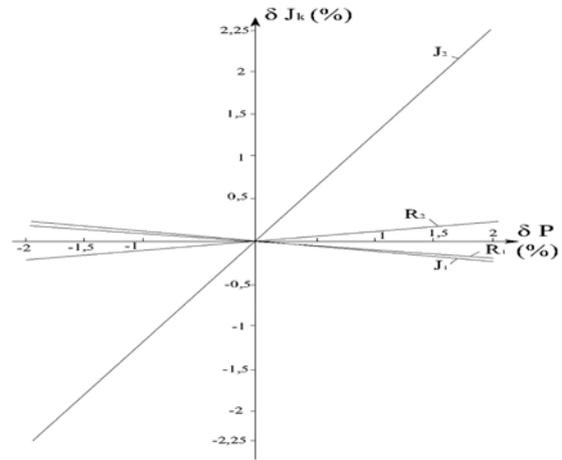


Рис.2 Зависимости долевого участия четырех переменных по погрешности при $R_2/R_1 = 0,01$

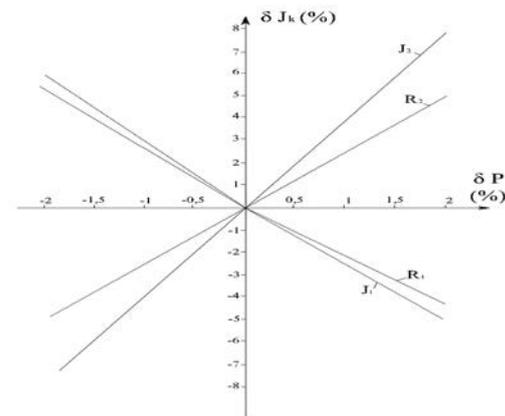


Рис.3 Зависимости долевого участия четырех переменных по погрешности при $R_2/R_1 = 0,2$

Было также исследовано влияние на общую величину погрешности раздельно числителя и знаменателя. На фиг. 19...22 обозначено:

кривая 1 – погрешность числителя, кривая 2 – погрешность знаменателя, кривая 3 – общая погрешность определения величины коррозионного тока для данной переменной (i_1, i_2, R_1, R_2). Эти графики наглядно показывают, что для трех переменных (i_1, R_1, R_2) кривые погрешностей числителя и знаменателя проходят через одни и те же квадранты, поэтому величины общей погрешности невелика.

А вот для переменной i_2 кривые погрешностей числителя и знаменателя проходят через разные квадранты, поэтому величина общей погрешности для нее в 7 раз больше.

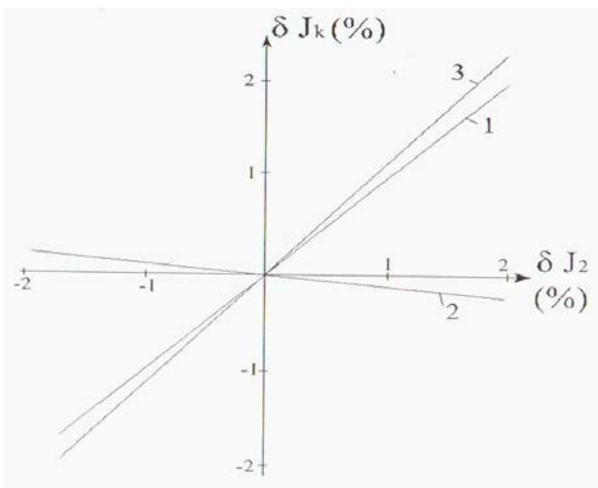


Рис.4 Максимальная погрешность более 2%

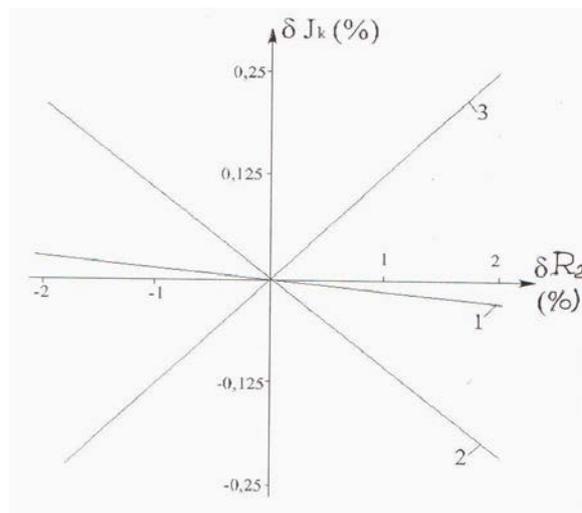


Рис.7 Максимальная погрешность меньше 0,3%

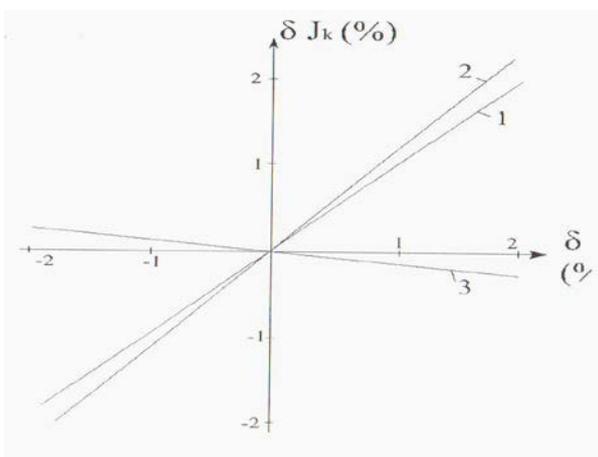


Рис.5 Максимальная погрешность меньше 0,3%

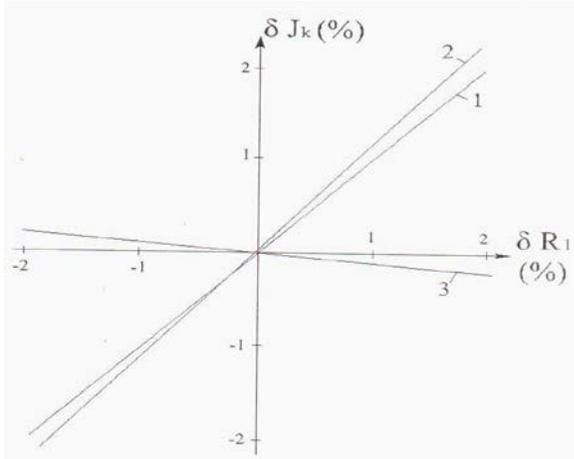


Рис.6 Максимальная погрешность меньше 0,3%

ВЫВОДЫ

1. Непосредственное измерение величины тока между элементами арматуры железобетонного изделия общеизвестными амперметрами связано с большими погрешностями.
2. Измерение величины коррозионного тока необходимо производить амперметром на двух разных пределах измерений с последующим расчетом величины тока по полученным результатам.
3. Большая величина соотношения между величинами внутренних сопротивлений амперметра (сто раз) позволяет для повышения точности измерений повышать точность измерений только одного параметра – тока на большем пределе измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. МАТТССОН Э. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ. Перевод со шведского. М. «МЕТАЛЛУРГИЯ», 1991 г. 186 с.
4. ФИЛАТОВ В. И., ШИСТИК Л. Н. ОПЫТ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ. Кишинев, «КАРТА МОЛДОВЕНЯСКЭ», 1978, 134с.
5. ЕМЕЛЬЯНОВ Ю. В., МОГОРЯН Н.В. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ОБОРУДОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЙ. Кишинев, «ШТИИИИЦА», 1981, 100с.
6. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛОВ И ИЗДЕЛИЙ. Справочник. Под ред. Самойловича Г. С. М., «МАШИНОСТРОЕНИЕ», 1976, 456 с.
7. Г. Корн и Т. Корн. СПРАВОЧНИК ПО МАТЕМАТИКЕ для научных работников и инженеров. «Наука», Главная редакция физико-математической литературы. М., 1968, 720с.
6. СПОСОБ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ. Авт. Свид. СССР № 1376008.