

Пры гэтым працякаючыя анодныя і катодныя працэсы часцяком адбываюцца на розных участках прылягання металічнай канструкцыі з рознай інтэнсіўнасцю. Гэта прыводзіць да зносу канструкцыі на кожным з участкаў з рознай хуткасцю [4].

Такім чынам, можна зрабіць наступныя высновы:

1. Карозія з'яўляецца складаным працэсам, канчатковым вынікам якога з'яўляецца разбурэнне металаканструкцый, да якіх таксама належаць і падземныя магістральныя трубаправоды.

2. На працэс праходжання карозіі аказваюць уздзеянне як фізічныя фактары, так і, у першую чаргу, узаемадзеянне з агрэсіўным асяроддзем.

3. У залежнасці ад умоў і асяроддзі карозія падзяляецца на мноства падвідаў, кожны з якіх па-свойму небяспечны.

4. Падземная карозія з'яўляецца адным з самых небяспечных відаў карозіі.

5. Пры недастатковым узроўні мер па абароне канструкцый трубаправодаў, могуць узнікнуць пагрозы экалагічнага бедства і эканамічных страт з прычыны парушэння герметычнасці трубаправода.

Правядзенне антыкаразійных мерапрыемстваў павінна ахопліваць усе ўчасткі падземнага трубаправода і мець комплексны характар – пасіўнымі метадамі (ужыванне гідраізаляючых пакрыццяў на вонкавай сценцы трубаправода) і актыўнымі метадамі (ужыванне сістэм электрахімічнай абароны на аснове сістэм аўтаматычнага падтрымання ахоўнага патэнцыялу).

Літаратура

1. Васильев, В. В. Коррозия металлов : метод. указания для студентов всех специальностей / В. В. Васильев, А. В. Кольчугин ; под общ. ред. И. Н. Худякова. – Иваново : ИГТА, 2010. – 28 с.
2. Умовы фарміравання ахоўнага тока ў сістэмах электрахімічнай абароны / Ю. В. Крышнеў, У. І. Собалеў, А. Я. Запольскі, М. В. Дравіца // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 190–193.
3. Химия : учеб. пособие / А. В. Нечаев. – Екатеринбург : УрФУ, 2016. – Ч. II. – 112 с.
4. Теория и технология электрохимических методов защиты от коррозии : учеб.-метод. пособие / О. В. Ярославцева, В. М. Рудой, Н. И. Останин [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2016. – 96 с.

УДК 531.746.088.2(045)(476)

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ИНКЛИНОМЕТРА

В. А. Карпов, О. М. Ростокينا, Ю. Е. Котова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Представлены уравнения преобразования для электролитических чувствительных элементов с учетом поляризационной емкости и выражения температурной погрешности коэффициента передачи чувствительных элементов.

Ключевые слова: электролитический инклинометр, температурная погрешность, одноосевой и двухосевой чувствительные элементы, поляризационная емкость.

TEMPERATURE ERRORS OF THE ELECTROLYTIC SENSING ELEMENT OF THE INCLINOMETER

U. A. Karpau, V. M. Rastokina, Y. Y. Kotava

Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus

The transformation equations for electrolytic sensitive elements are obtained in the article, taking into account the polarization capacitance and the expression of the temperature error of the SE transmission coefficient.

Keywords: electrolytic inclinometer, temperature error, single-axis and dual-axis sensing elements, polarization capacitance.

Электролитические чувствительные элементы (ЭЧЭ) – инклинометры на основе жидкостных датчиков наклона – распространены в тех областях техники, где требуется информация об отклонениях различных элементов конструкции от горизонтального уровня.

Существуют одноосевые и двухосевые ЭЧЭ. Принцип их действия основан на изменении импеданса между металлическими электродами, помещенными в раствор электролита, при отклонении основания ЧЭ от горизонтального уровня. В одноосевом ЭЧЭ импеданс изменяется между центральным и соседними, равноудаленными от центрального и расположенными вдоль прямой, электродами. В двухосевых ЭЧЭ импеданс изменяется между центральным и двумя парами электродов, равноудаленных от центрального и расположенных вдоль двух взаимно перпендикулярных прямых.

В горизонтальном положении ЧЭ импедансы между центральным и соседними электродами одинаковы. При отклонении основания ЧЭ от горизонтального уровня, например, относительно одной оси, импедансы между электродами, расположенными вдоль противоположной оси, изменяются. При этом в рабочем диапазоне углов наклона ЧЭ импеданс между центральным и одним из электродов увеличивается на некоторую величину, а импеданс между центральным и другим электродом на такую же величину уменьшается. Относительное изменение импеданса при этом является мерой наклона ЧЭ.

Известно, что межэлектродный импеданс определяется омическим сопротивлением столба электролита и последовательно соединенной с ним поляризационной емкостью. Значение сопротивления столба электролита определяется степенью погруженности электродов в электролит, т. е. наклоном ЧЭ, при этом значение поляризационной емкости определяется составом электролита и материалом, из которого изготовлены электроды, т. е. не зависит от угла наклона ЧЭ. Таким образом, межэлектродный импеданс можно представить в виде эквивалентного последовательно соединенного омического сопротивления (сопротивления столба электролита) и эквивалентной поляризационной емкости, которая представляет собой последовательное соединение поляризационных емкостей электродов.

На рис. 1 представлена эквивалентная схема одноосевого и двухосевого ЭЧЭ с учетом поляризационных межэлектродных емкостей. На рис. 1 приняты следующие обозначения:

– для рис. 1, а: электроды 1, 2 – соседние, а электрод 3 – центральный;

– для рис. 1, б: электроды 1–4 – соседние, а электрод 5 – центральный – общий;

C – эквивалентная межэлектродная емкость, значение которой равно значению последовательно соединенных поляризационных емкостей соседних электродов;

R – электрическое сопротивление столба электролита между соседними электродами при горизонтальном положении ЧЭ;

ΔR , Δr – изменение сопротивления между соседними электродами при отклонении ЧЭ от горизонтального уровня.

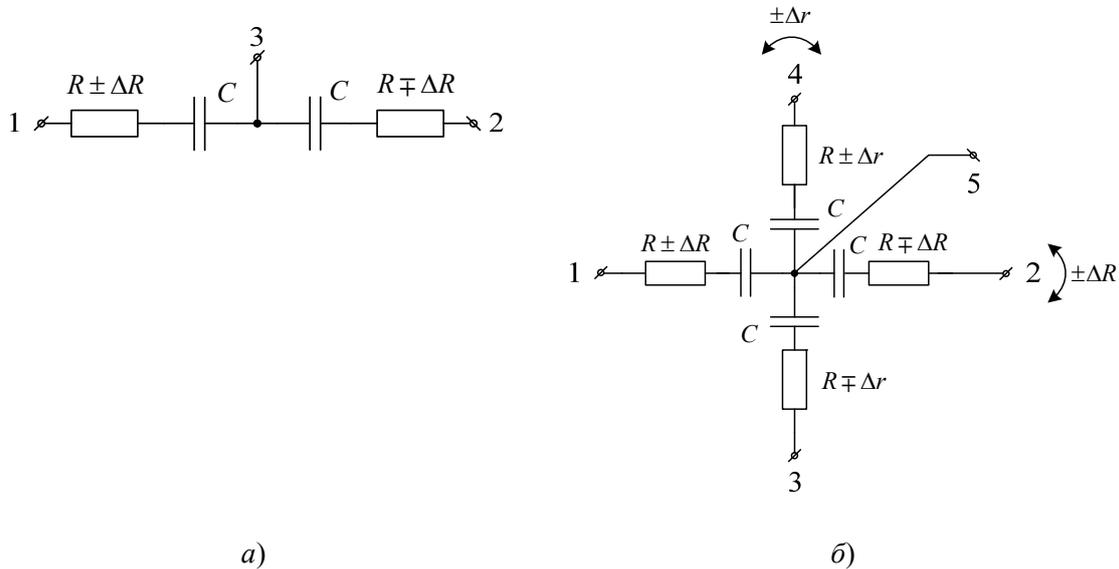


Рис. 1. Эквивалентные схемы замещения ЭЧЭ с учетом эквивалентной межэлектродной емкости C для ЧЭ:
 а – одноосевого; б – двухосевого

Особенностью формирования полезного выходного напряжения ЭЧЭ является то, что соседние импедансы включаются не в мостовую схему, а в качестве делителя напряжения, выходом которого является средний электрод, или общий электрод (электрод 3 – рис. 1, а и электрод 5 – рис. 1, б). Тогда мерой наклона ЧЭ служит изменение коэффициента деления (отличие от 0,5 для одноосевого ЭЧЭ на рис. 1, а) и отличие от 0,25 для двухосевого ЭЧЭ на рис. 1, б). Эта особенность обусловлена тем, что при изменении температуры окружающей среды существенно изменяется сопротивление электролита. Коэффициент деления делителя напряжения при этом остается неизменным и изменяется только под действием отклонения ЧЭ от горизонта.

На рис. 2 представлена измерительная схема для соответствующих ЧЭ. В схеме неизменная часть межэлектродного импеданса представлена в виде сопротивления Z , равного последовательно соединению неизменной части межэлектродного электрического сопротивления столба электролита R и эквивалентной межэлектродной емкости C , в виде ΔR , Δr представлены изменяющиеся в зависимости от положения ЧЭ части межэлектродного сопротивления. Сумматоры (на рис. 2 обозначены «Сумм») с соответствующими коэффициентами суммирования необходимы для формирования выходного напряжения измерительной схемы $U_{\text{вых}}$, которое является нулевым при горизонтальном положении ЧЭ.

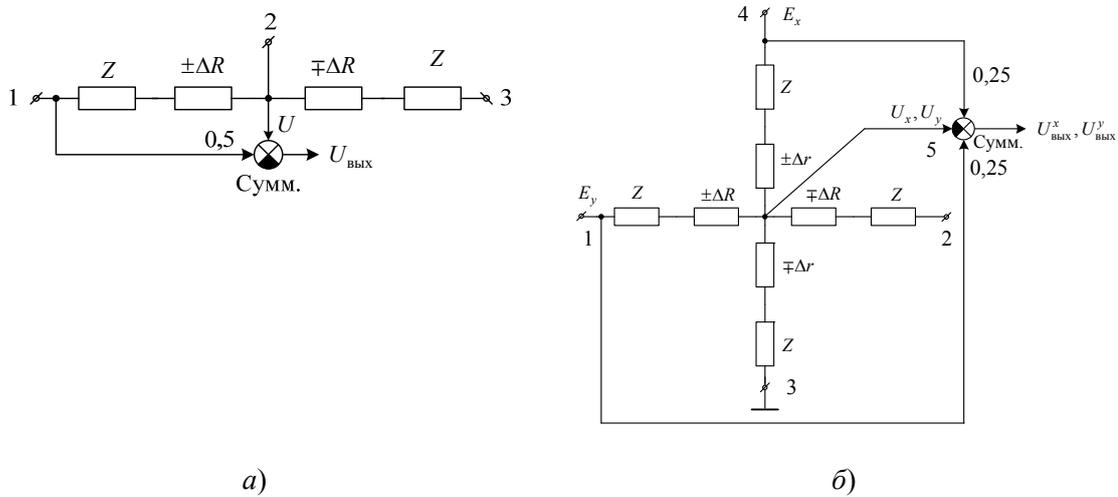


Рис. 2. Измерительные схемы для электролитических ЧЭ:
 а – одноосевого; б – двухосевого

При питании ЧЭ синусоидальным напряжением выходное напряжение для одноосевого ЭЧЭ будет иметь вид:

$$\dot{U}_{\text{ВЫХ}} = 0,5 \dot{E} \frac{\omega T}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} e^{j \arctan \omega T} \delta_R = 0,5 E \frac{(\omega T)^2}{1 + (\omega T)^2} \delta_R + j \frac{\omega T}{1 + (\omega T)^2} \delta_R, \quad (1)$$

а для двухосевого ЭЧЭ:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{\text{ВЫХ}}^x &= 0,5 \dot{E}_x \frac{\omega T}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \delta_r e^{j \arctan \omega T} = 0,25 \dot{E}_x \frac{(\omega T)^2}{1 + (\omega T)^2} \delta_r + j 0,25 \dot{E}_x \frac{\omega T}{1 + (\omega T)^2} \delta_r; \\ \dot{U}_{\text{ВЫХ}}^y &= 0,5 \dot{E}_y \frac{\omega T}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \delta_r e^{j \arctan \omega T} = 0,25 \dot{E}_y \frac{(\omega T)^2}{1 + (\omega T)^2} \delta_r + j 0,25 \dot{E}_y \frac{\omega T}{1 + (\omega T)^2} \delta_r, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где δ_r / δ_R – относительные изменения электрического сопротивления столба электролита.

Из (1), (2) можно заключить, что наличие поляризационной емкости C не приводит к температурной погрешности нуля, при $\delta_r / \delta_R = 0$ выходные напряжения измерительных схем равны нулю, т. е. отсутствует погрешность нулевого уровня, вызванная изменением R и C .

В реальных условиях эксплуатации влияние изменения температуры окружающей среды приводит к изменению электрического сопротивления столба электролита R (поляризационная емкость C меньше подвержена температурным изменениям, поскольку определяется конструктивными параметрами ЧЭ). Таким образом, изменение температуры приводит к изменению коэффициента преобразования для одноосевого и двухосевого ЧЭ соответственно:

$$\delta_{K_1} = \frac{0,5}{(\omega C R_1)^2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \frac{1}{\Delta t}; \quad \delta_{K_2} = \frac{1}{(\omega C R_1)^2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \frac{1}{\Delta t},$$

где n – кратность изменения электрического сопротивления столба электролита при изменении температуры от t_1 до t_2 .

Из полученного видно, что измерительная схема с выпрямлением напряжений перед сумматором имеет температурную погрешность коэффициента преобразования вдвое меньше, чем схема с фазочувствительным выпрямлением.

УДК 62-50:62-529

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ КОТЛОМ

Э. М. Виноградов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Рассмотрено использование программного пакета Scilab для анализа микроконтроллерной системы автоматического управления нагревательным котлом.

Ключевые слова: пакет Scilab, система автоматического управления, нагревательный котел, передаточная функция, временные характеристики.

MICROCONTROLLER AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR HEATING BOILER

E. M. Vinahradau

Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus

The report considers usage of software package Scilab for analysis automatic control system for heating boiler.

Keywords: package Scilab, automatic control system, heating boiler, transfer function, time response functions.

Современные вычислительные средства позволяют без особого труда и затрат времени решать задачи управления в технических системах с использованием математического аппарата любой степени сложности. В последнее время начал широко использоваться бесплатный, свободно распространяемый программный продукт – пакет Scilab, который предназначен для выполнения инженерных и научных вычислений. Следует отметить, что имеется очень мало русскоязычных руководств по Scilab, особенно его применения для решения задач автоматического управления. В работе [1] приведен пример исследования с помощью пакета Scilab линейной системы автоматического управления.

В статье рассмотрен пример применения пакета Scilab для исследования системы автоматического управления (САУ) электрическим водонагревателем. Она используется для поддержания температуры в резервуаре на желаемом уровне. Температура воды измеряется с помощью датчика (интегральная схема LM35DZ). Выходной сигнал датчика преобразуется микроконтроллером в цифровую форму и сравнивается с заданной желаемой температурой для формирования сигнала ошибки. Для нахождения передаточной функции системы надо рассмотреть математические модели ее элементов.

Теплоту E , поступающую в систему, примем равной сумме нагрева и тепловых потерь системы. Таким образом: