

Рис. 1. Схема управления трехобмоточная

Данные схемы хорошо себя показали в АД малой мощности, где активно-индуктивное сопротивление двигателя намного больше, чем активное сопротивление маломощного силового электромагнита. Это приводит к тому, что влияние катушки силового электромагнита минимально на работу АД.

Экспериментальные исследования схем управления подтвердили правильность полученных выводов.

Л и т е р а т у р а

1. Клименко, Б. В. Форсированные электромагнитные системы / Б. В. Клименко. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 160 с.
2. Соленков, В. В. Асинхронный электродвигатель со встроенным комбинированным тормозным устройством на базе электрохимического тормоза и электромагнитной муфты / В. В. Соленков, В. В. Брель // Энергетика: Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2011. – № 6. – С. 20–26.

УДК 531.746.088.2(045)(476)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ИНКЛИНОМЕТРОВ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ К НИМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ

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

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

Представлены две измерительные схемы для электролитических чувствительных элементов и показано, что разделительная CR-цепочка является их обязательной частью. Даны эквивалентные схемы замещения электролитических ЧЭ, на основе которых получены выражения для погрешностей.

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

INVESTIGATION OF THE MEASUREMENT ERROR OF ELECTROLYTIC INCLINOMETERS WHEN A MEASURING CIRCUIT IS CONNECTED TO THEM

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

Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus

The article presents two measuring circuits for electrolytic sensitive elements and shows that the separating C, R chain is their obligatory part. Equivalent circuits of electrolytic SCs are

presented, on the basis of which expressions are obtained for errors due to the use of a separating chain.

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

Электролитические инклинометры (ЭЛИ) широко используются в технических приложениях, требующих информацию об отклонениях конструктивных элементов от горизонта.

Функционирование ЭЛИ основано на электролитическом измерительном элементе (ИЭ), представляющем собой конструктив, в котором сопротивление столба электролита изменяется при отклонении его положения от горизонтального уровня. Для технической реализации измерения электрического сопротивления столба электролита используются металлические электроды, расположенные эквидистантно относительно центрального – для одноосевого, и – вдоль двух взаимно перпендикулярных прямых – для двухосевого датчиков. В результате в горизонтальном положении электрические сопротивления между центральным и соседними электродами одинаковы, а при отклонении датчика от горизонта эти сопротивления изменяются. Степень их изменения служит мерой наклона (отклонения от горизонта). Особенности способов измерения электрического сопротивления между центральным и соседними электродами заключаются в следующем:

1. Измерения осуществляются только на переменном токе, поскольку постоянная составляющая тока через электроды приводит к появлению значительных, плохо контролируемых, поляризационных потенциалов, к электролизу и, как следствие, к недопустимым погрешностям.

2. Из-за значительного температурного дрейфа электролита ИЭ включают в измерительную схему в виде делителя напряжения, выходом которого является центральный электрод. Тогда входным параметром ИЭ является коэффициент деления образованного делителя, не зависящий от температурного дрейфа электрического сопротивления электролита.

3. При включении ИЭ под переменное напряжение электрическое сопротивление столба электролита между электродами становится реактивным. Появляются поляризационные емкости, последовательно включенные с активным сопротивлением столба электролита между электродами.

4. Усилитель измерительной схемы подключается к центральному электроду через разделительный конденсатор для предотвращения попадания на электрод постоянного входного тока или/и напряжения смещения усилителя.

На рис. 1 представлена измерительная схема одно- и двухосевого инклинометра на основе электролитического ИЭ.

При отклонении ИЭ от горизонта в рабочем диапазоне углов изменение сопротивления R незначительно, а значение поляризационной емкости практически не изменяется (эта величина определяется материалами и геометрией электродов, а также типом электролита). В дальнейшем будем считать, что ИЭ находится в горизонтальном положении.

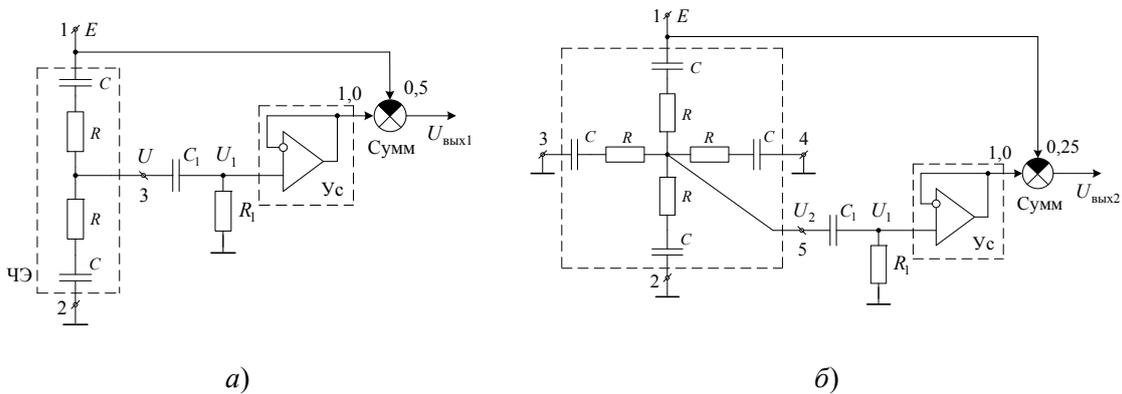


Рис. 1. Измерительная схема инклинометра на основе электролитического ЧЭ:
 а – одноосевого; б – двухосевого: E – источник переменного напряжения, предназначенный для питания ИЭ с электродами: 1÷3 (одноосевой) и 1÷5 (двухосевой). Electroды 3 и 5 являются центральными, при этом ИЭ включен как делитель напряжения; R – электрическое сопротивление столба электролита между соответствующими электродами; C – эквивалентная поляризационная емкость между соответствующими электродами; R_1, C_1 – разделительная цепочка, предназначенная для предотвращения попадания в цепь ИЭ входного тока и напряжения смещения усилителя; Y_c – усилитель, который для простоты представлен в виде повторителя напряжения на основе операционного усилителя; Сумм – сумматор, предназначенный для формирования входного сигнала при горизонтальном положении ИЭ; U_1, U_2 – выходные напряжения разделительной R_1C_1 -цепочки для одно- и двухосевого ИЭ соответственно; $U_{\text{вых1}}, U_{\text{вых2}}$ – выходные напряжения измерительной схемы для одно- и двухосевого ИЭ соответственно

Тогда в отсутствии разделительной R_1C_1 -цепочки (в условиях холостого хода) расчетные цепи для соответствующих ИЭ можно представить так, как это показано на рис. 2, а, б. Напряжения U_1 и U_2 можно представить в следующем виде:

$$U_1 = 0,5E \frac{R_1}{z_i + R_1 - jx_{C_1}} = 0,5E \frac{R_1}{(0,5R + R_1) - j(0,5x_C + x_{C_1})};$$

$$U_2 = 0,25E \frac{R_1}{z_i + R_1 - jx_{C_1}} = 0,25E \frac{R_1}{(0,25R + R_1) - j(0,25x_C + x_{C_1})}.$$

Полагаем, что $z = R - jx_C$. Тогда для одноосевого ИЭ $z_i = 0,5R - j0,5x_C$, а для двухосевого ИЭ – $z_i = 0,25R - j0,25x_C$.

Эквивалентные схемы одноосевого и двухосевого чувствительных элементов (ЧЭ) можно представить так, как это отражено на рис. 2, в, г.

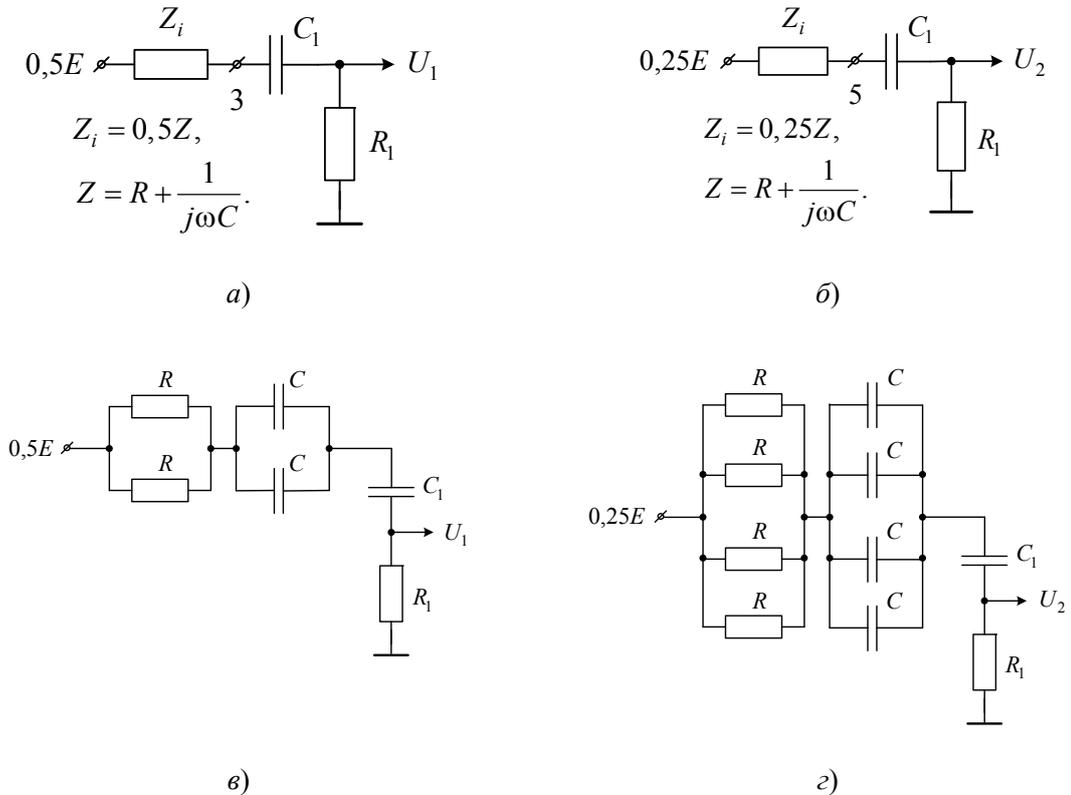


Рис. 2. Расчетные и эквивалентные схемы для ЧЭ:
а, в – одноосевого; б, г – двухосевого

Из выражений, полученных для комплексных коэффициентов передачи, было получено, что отличие модулей $|W_1(j\omega)|$ от 0,5 и $|W_2(j\omega)|$ от 0,25 и фазовых сдвигов φ_1 и φ_2 от нуля вносят погрешности, обусловленные элементами разделительной R_1C_1 -цепочки. Найдем относительную погрешность модуля коэффициента передачи:

$$\delta_1 = \frac{0,5 - |W_1(j\omega)|}{0,5}; \quad \delta_2 = \frac{0,25 - |W_2(j\omega)|}{0,25},$$

или после упрощения:

$$\delta_1 = 1 - \frac{R_1}{R_{01}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega T_{01}}\right)^2}}; \quad \delta_2 = 1 - \frac{R_1}{R_{02}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega T_{02}}\right)^2}},$$

где $R_{01} = 0,5R + R_1$; $R_{02} = 0,25R + R_1$.

Таким образом, выражения для относительной погрешности модуля коэффициента передачи можно упростить и представить в виде:

$$\delta_1 \approx 1 - \frac{R_1}{R_{01}} = \frac{0,5R + R_1 - R_1}{R_{01}} \approx \frac{0,5R}{R_1}, \quad \delta_2 \approx 1 - \frac{R_1}{R_{02}} = \frac{0,25R + R_1 - R_1}{0,25R + R_1} \approx \frac{0,25R}{R_1}.$$

Очевидно, что с точностью до $\sim 0,01\%$ значение разделительной емкости C_1 практически не оказывает влияния на модуль коэффициента, а определяется сопротивлением R_1 разделительной цепочки. Значение разделительной емкости C_1 выбирается заведомо больше поляризационной емкости, поэтому небольшое уменьшение эквивалентной емкости C_0 значительно не повлияет на представленные выше рассуждения.

УДК 621.396.94:620.197.5

**РЭАЛІЗАЦЫЯ КАНАЛА СУВЯЗІ
ДЛЯ КАНТРОЛЬНА-ВЫМЯРАЛЬНАГА ПУНКТА СТАНЦЫІ
КАТОДНАЙ АБАРОНЫ ПАДЗЕМНЫХ ТРУБАПРАВОДАЎ
З ПРЫМЯНЕННЕМ КАРОТКАХВАЛЕВАГА ДЫЯПАЗОНУ**

А. Я. Запольскі, А. У. Сахарук, А. С. Мурач, К. А. Пляскач, М. А. Вышыньскі

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт
імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Прааналізаваны магчымасці прымянення радыёсувязі з выкарыстаннем кароткахвалевага дыяпазону для кантрольна-вымяральных пунктаў станцый катоднай абароны падземных трубаправодаў.

Ключавыя словы: станцыя катоднай абароны, кантрольна-вымяральны пункт, радыёсувязь, канал сувязі, КХ, кароткія хвалі.

**IMPLEMENTATION OF A COMMUNICATION CHANNEL
FOR A CONTROL AND MEASURING POINT OF A CATHODIC
PROTECTION STATION FOR UNDERGROUND PIPELINES
USING A SHORT-WAVE RANGE**

A. Y. Zapolski, A. U. Sakharuk, A. S. Murach, K. A. Plyaskach, M. A. Vyshynski

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

In this work, the possibilities of using short-wave radio communication for control and measuring stations of cathodic protection of underground pipelines are analyzed.

Keywords: cathodic protection station, control and measuring point, radio communication, communication channel, SW, short waves.

Агульнае ўладкаванне станцыі катоднай абароны (СКА) падземнага магістральнага трубаправода складаецца з некалькі асноўных вузлоў. Сярод іх катодная ахоўная прылада (КАП), кантрольна-вымяральны пункт (КВП), электрод параўнання і анодны засямляльнік [1, 2].

Галоўная задача КАП – фармаванне адмоўнага патэнцыялу (палярывацыі) ад крыніцы пастаяннага току трубаправода, які падлягае абароне, каб у канчатковым выніку ссунуць патэнцыял аб'екта да значэння, пры якім працэс карозіі зводзіцца да мінімуму або цалкам спыняецца.

Таксама важную задачу выконваюць кантрольна-вымяральныя пункты. Галоўная іх задача – прыём і апрацоўка вымярэнняў велічыні ахоўнага патэнцыялу ў зададзеных кропках, а таксама кантроль за дадзеным узроўнем. Няправільная работа сістэмы катоднай абароны можа прывесці да зваротнага эфекту, у выніку якога будзе назірацца паскоранае электракаразійнае паражэнне аб'екта блукаючымі токамі, а