ЛИТЕРАТУРА

1. Горошко В.И. Анализ электрических цепей с импульсными воздействиями // Тезисы доклада на НТК «Современные проблемы радиотехники, электроники и связи». – Минск, 1995.

2. Сешу С., Балабанян Н. Анализ линейных цепей.-М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963.

УДК 620.9

Д.В. Косов, аспирант; Г.В. Вальковский, инженер;
В.И. Бакаленко, доцент; Н.Я. Шишкин, доцент

УЛУЧШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАСХОДОМЕРОВ

The new method of improvement of the metrological characteristics of flowmeters is proposed. The method of modification of a surface of electrodes of the flow initial transducer using thin-film coverages on the basis of an oxide of tin is developed. The initial transducers equipped with electrodes of such type is shown to have substantial improvement of electrophysical performances. The level of electrochemical noises and time indexes of reaching nominal conditions of operation are significant reduced.

Качество средства измерений определяется совокупностью метрологических характеристик (МХ), в состав которых входят характеристики погрешности. И если систематическая составляющая может быть скомпенсирована или учтена, то случайная составляющая не может быть исключена и оказывает влияние на другие МХ. Одной из них является динамический диапазон – отношение верхнего предела измерений к нижнему. Для электромагнитных расходомеров (ЭМР) этот параметр изменяется от 50:1 до 1000:1 (в зависимости от установленного предела погрешности). Максимальный измеряемый расход ограничен скоростями (10–12) м/с, а минимальный – уровнем помех, которые и являются источником случайной погрешности. Полезный сигнал, снимаемый с первичного преобразователя при малых расходах, составляет мкВ и нуждается в усилении. Поэтому после устранения наводок основными отрицательными факторами являются трансформаторная ЭДС, электрохимические шумы в первичном преобразователе, а также шумы усилителя. Уровень электрохимических шумов во многом зависит от материала, из которого изготовлены электроды. Ведущие мировые производители предлагают на выбор несколько вариантов: нержавеющую сталь (аналог 12Х18Н10Т), Хастеллой – С, монель, титан, тантал, платино-иридиевые сплавы, платину [1]. Наилучшими свойствами обладают платина и сплавы на ее основе, однако из-за высокой цены они используется чаще всего в образцовых расходомерах. Расходомеры отечественного производства комплектуются электродами из нержавеющей стали. При этом экспериментально установлено, что электрохимическая разность потенциалов и соответствующий шум снижаются с течением времени и достигают некоторого постоянного значения за время порядка часов, иногда – до суток. Такие временные характеристики снижают эксплуатационные качества расходомера, усложняют его монтаж и настройку. Использование же электродов из других материалов сильно удорожает изделие. Одним из возможных решений данной проблемы является использование токопроводящих пленочных покрытий, имеющих улучшенные электрофизические свойства по сравнению с базовым материалом электродов. Такой подход позволяет существенно улучшить метрологические характеристики ЭМР при небольшой стоимости изделия.

Нестабильность сигнала первичного преобразователя с использованием электродов из нержавеющих сталей связана, по-видимому, с протеканием реакций окисления металлической поверхности в воде, ее гидратации, а также с установлением равновесия процессов сорбции/десорбции растворенных газов, прежде всего кислорода, и насыщения поверхности до достижения состояния равновесия. Было предположено, что с этой точки зрения возможно использование электродов с покрытием на основе оксидов металлов. С использованием оксидной проводящей пленки существенно уменьшается длительность переходных сорбционных процессов, не протекает процессов окисления, поверхность более равновесна, нежели в случае металлических электродов. В данной работе исследована возможность использования токопроводящих покрытий на основе оксидов металлов, как индивидуальных, так и смешанных, а также допированных металлами высшей и низшей валентности. Наилучшие результаты показали тонкопленочные покрытия на основе оксида олова, допированного кадмием.

Покрытие наносилось методом осаждения покрытия на стальной электрод из раствора, содержащего соли олова и кадмия. После этого образцы подвергались термической обработке. При этом на поверхности электрода образуется плотная и механически прочная пленка оксида. Полученные образцы сравнивались с промышленными электродами из нержавеющей стали. Для исследования свойств образцов была собрана ячейка, представляющая собой модель трубопровода с установленным датчиком расхода. Электроды подсоединялись к одному из входов двухканального измерительного блока, включающего усилитель и АПЦ, данные с которого поступали на компьютер, где проводилась их обработка. Второй вход измерительного блока был закорочен для снятия сигнала собственных шумов блока. По полученным данным построены графики зависимости сигнала (в % от верхнего предела измерений) от времени (мин).

На рис. 1 изображен график зависимости для электродов из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Тонкой сплошной линией показаны значения электродного потенциала, толстой сплошной – его значения, усредненные по интервалам длительностью 40 с. Прерывистыми тонкой и толстой линиями показаны значения соответственно потенциала и его среднего значения для закороченного входа (собственные шумы измерительного блока). Видно, что уровень электродных шумов сильно превышает уровень собственных шумов АЦП измерительного блока.

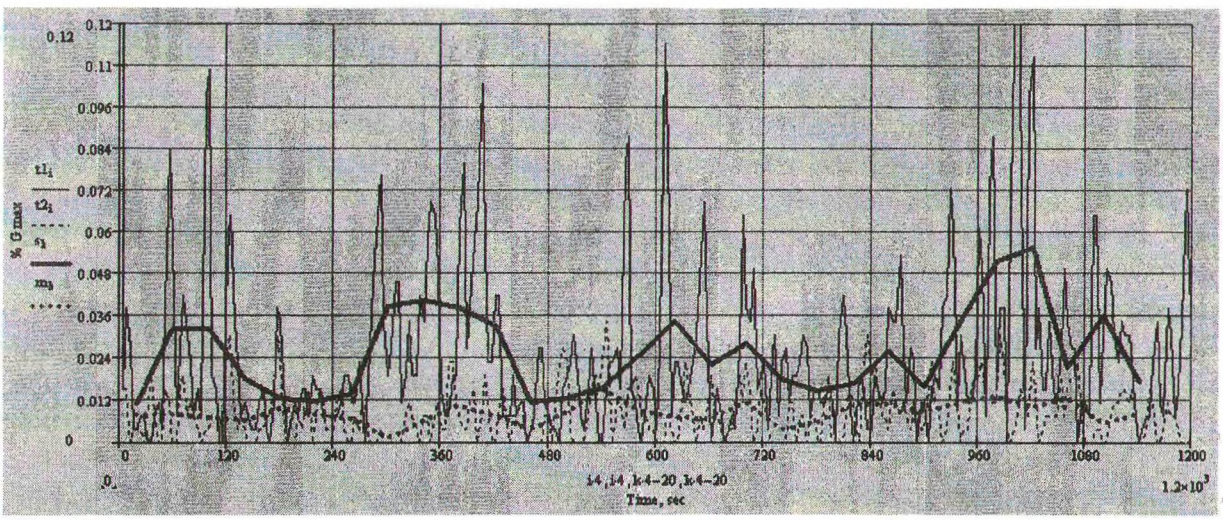

Рис. 1

На рис. 2 показан график для образцов из стали, выдержанных в воде в течение часа. Видно, что характеристики улучшились, по сравнению с рис.1, однако уровень шумов достаточно высок. Такая картина является достаточно типичной для электродов на основе нержавеющих сталей разных марок, что и является существенным недостатком электродов такого типа.

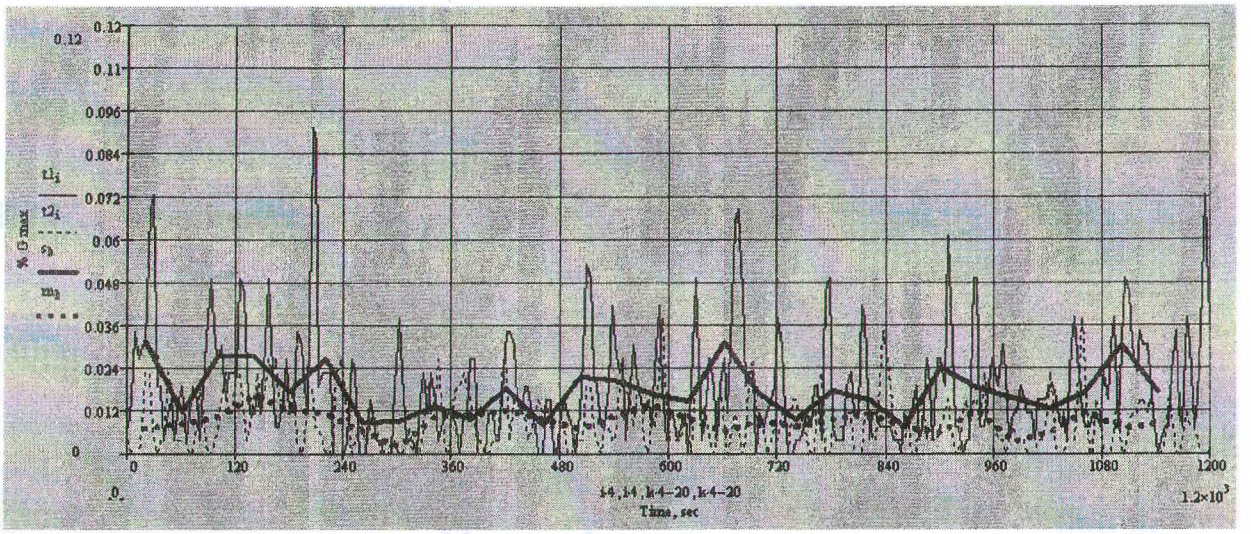

Рис. 2

На рис. 3–5 изображены графики для образцов с оксидным покрытием.

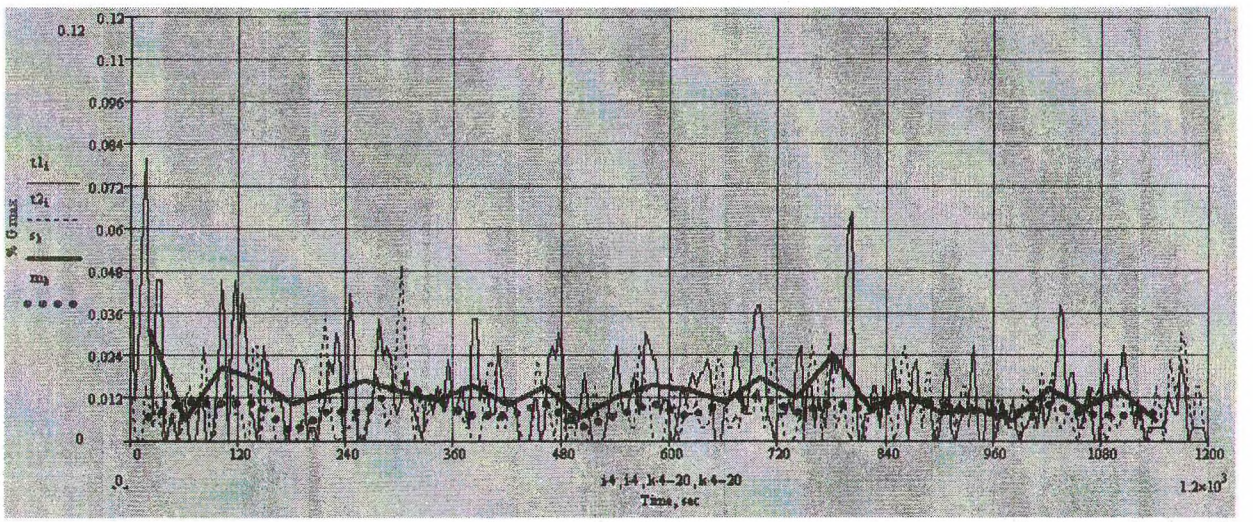

Рис. 3

Видно, что равновесие на электродах устанавливается гораздо раньше, чем для образцов из необработанной стали, и состояние электродов остается стабильным в течение всего опыта. При этом наблюдается заметное снижение уровня шумов и хорошее согласование данных по различным образцам, что свидетельствует о воспроизводимости свойств полученных пленок. Электрохимические электродные шумы имеют порядок, сравнимый с шумами измерительного блока,и коррелированны с ними по времени. Точность показаний ограничивается уже не шумами электродов, а характеристиками преобразователя и измерительного блока.

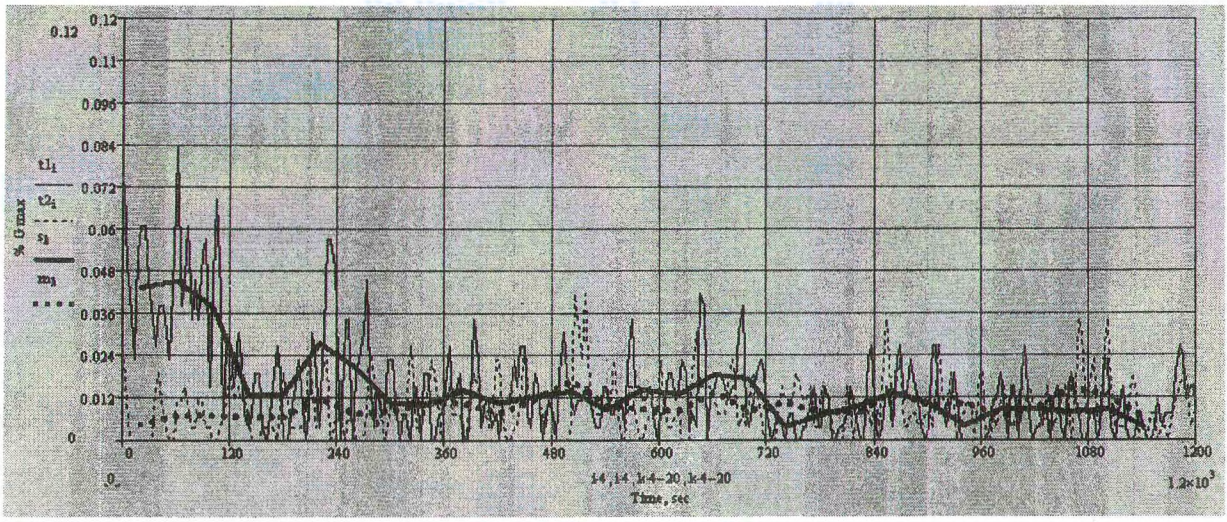

Рис. 4

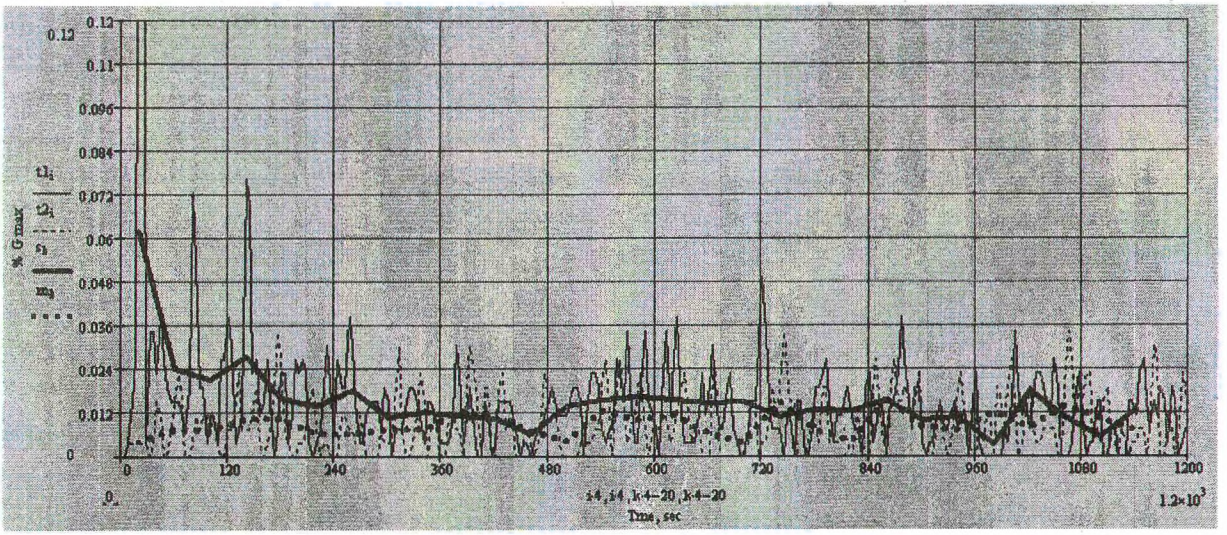

Рис. 5

Таким образом, установлено, что модификация поверхности стальных электродов тонкопленочными покрытиями на основе оксида олова позволяет существенно повысить метрологические характеристики ЭМР за счет значительного снижения электрохимических шумов и сокращения времени установления электродного равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Electromagnetic flow measuring system // BA 039D, No. 50093119, 1999.