

УДК 621:53.08  
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ  
КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

О. К. ГУСЕВ, Р. И. ВОРОБЕЙ, А. К. ТЯВЛОВСКИЙ, К. Л. ТЯВЛОВСКИЙ,  
А. И. СВИСТУН, А. Ф. ТКАЧЕНКО  
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Использование традиционных кондуктометрических методов для контроля параметров жидких технологических сред может сопровождаться грубыми погрешностями измерений концентрации растворов, связанными с различием функциональных зависимостей удельной электрической проводимости от концентрации для различных типов электролитов [1]. В наиболее распространенных случаях технологического контроля объект измерений может находиться в трех метрологических состояниях [2]  $X_{(j)}$ : когда чувствительный элемент взаимодействует с электролитом первого ( $j = 1$ ), второго ( $j = 2$ ) типа и водой ( $j = 3$ ). Измеряемой физической величиной является концентрация электролита  $x_{(j)} = C_{(j)}$  в  $j$ -м состоянии объекта измерений.

В качестве входного измерительного сигнала первичного измерительного преобразователя  $X_{(j)}$  используется импеданс  $z_{(j)}$  между измерительными электродами кондуктометрической ячейки, погруженными в электролит, включая составляющую, обусловленную поляризационными процессами на границах раздела металл – электролит. При этом все составляющие функциональной зависимости импеданса от концентрации электролита существенно (от десятков до сотен процентов) изменяются при изменении типа электролита.

Суть проблемы заключается в том, что для обеспечения допустимой погрешности измерения концентрации различных электролитов требуется применение дополнительной измерительной процедуры определения типа раствора в месте установки датчика в режиме "реального времени". Идентификацию типа технологического раствора, находящегося в заданный момент времени в заданном сечении трубопровода, обычно обеспечивают управляющие сигналы для разделения потоков по необходимым конфигурациям в процессе автоматического управления технологическими процессами. Однако такое решение характеризуется неопределенной временной задержкой прохождения заданного типа электролита в месте установки датчика относительно моментов переключения клапанов и насосов, что не обеспечивает режима измерения в "реальном времени" и приводит к недопустимым погрешностям измерения на временных интервалах неопределенности типа электролита.

Для определения типа растворов может быть использован анализ динамических вольтамперных характеристик (потенциодинамических кривых),

реализуемых при подаче на электроды ячейки линейно возрастающего напряжения [3]. Для определения типа раствора используется измерение мгновенного значения тока динамической поляризации при характеристическом напряжении  $U_x$ . Характеристики двойного электрического слоя зависят от предыстории ("биографии") электродов датчика, которые определяют состояния их поверхности. Для исключения влияния предыстории измерений в измерительном преобразователе использовано опорное запоминание кривой поляризации воды. Существующие приборы требуют установки близко расположенных датчиков концентрации и типа раствора со своими измерительными преобразователями (ИП) и взаимным управлением режимами ИП для обеспечения запоминания параметров динамической поляризации для воды. Сигнал для момента запоминания формирует ИП концентрации, режим которого изменяется под действием выходного сигнала ИП типа электролита.

Использовавшиеся ранее приборы [1, 3] и ИП для отдельного определения типа раствора и измерения концентрации построены на основе использования интегральных схем с "жесткой логикой". Но применение микроконтроллеров при построении ИП позволяет объединить несколько функций в одной конструкции ИП при условии "перекрытия" свойств чувствительных элементов датчиков. При исследовании свойств кондуктометрических чувствительных элементов датчиков типа раствора и концентрации обнаружено, что геометрическая постоянная кондуктометрической ячейки типа раствора позволяет использовать эту ячейку и в ИП концентрации раствора. Таким образом, создание многофункционального измерительного преобразователя сводится к задаче изменения режимов возбуждения электродов кондуктометрической ячейки и переключению режимов работы входного усилителя в зависимости от метрологического состояния ИП. По сравнению с базовыми способами многопараметрических измерений, где для реализации каждого физического принципа измерения использовался свой чувствительный элемент, в данном случае предлагается один кондуктометрический чувствительный элемент. Измерительный преобразователь концентрации с автоматическим переключением функциональной зависимости импеданса от концентрации электролита для определенного типа электролита реализован на микроконтроллере типа AVR со встроенным модулем АЦП. Генерация напряжения динамической поляризации электродов в начальном режиме определения типа раствора выполняется в контроллере методом DDS при скорости развертки до 0,005 В/с. Работа анализатора типа раствора координируется выходным сигналом информационного канала измерения концентрации в предыдущем цикле измерения. После определения типа раствора на малой концентрации, при изменении типа электролита от состояния "вода" к типу  $j$ , происходит переключение реализованного в контроллере генератора DDS из режима формирования пилообразного напряжения со скоростью около 0,004 В/с в режим формирования синусоидального напряжения с частотой порядка 8 кГц. Фактически, при переключении режима возбуждения и одно-

временного переключения входного преобразователя из режима  $U-U$  в режим  $i-U$ , производится переключение измерительного преобразователя из потенциометрического в кондуктометрический режим, соответственно. При концентрации раствора в технологическом трубопроводе ниже 0,04 % (регулируется до 0,005 %) производится запоминание уровня поляризации "воды". Процесс определения типа раствора не превышает 0,5 с. Для большей надежности повторное определение типа раствора может производиться на протяжении нескольких циклов. Затем работа анализатора типа раствора блокируется до следующего падения концентрации ниже 0,04 % с тем, чтобы исключить влияние на результаты анализа процессов специфической адсорбции поверхностно-активных ионов из раствора, а ИП переходит в режим измерения концентрации с подключением функциональной зависимости проводимости от концентрации для определённого типа электролита.

Таким образом, использование принципа многопараметрических измерений при использовании односигнального информационного канала позволяет реализовать интеграцию нескольких чувствительных элементов, и за счет расширения функциональности измерительного преобразователя уменьшить число измерительных каналов информационно-измерительных систем в производственных процессах с использованием жидких технологических сред.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гусев, О. К.** Моделирование методов и средств многопараметрических измерений на основе одноэлементных первичных преобразователей / О. К. Гусев [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 7. – С. 33–37.
2. **Гусев, О. К.** Идентификация растворов в технологических трубопроводах на основе явления динамической поляризации / О. К. Гусев // Измерительная техника. – 2004. – № 7. – С. 60–62.
3. **Воробей, Р. И.** Определение типа и концентрации растворов электролитов на основе анализа потенциодинамических кривых / Р. И. Воробей [и др.] // Вестник БНТУ. – 2003. – № 2. – С. 39–45.

E-mail: [nilpt@tut.by](mailto:nilpt@tut.by)  
[konst@msx.ru](mailto:konst@msx.ru)