

стральных нефтепроводов в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Журнал УО ГИИ МЧС РБ «Чрезвычайные ситуации: образов. и наука». – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 8–12.

3. Кузьминский Ю.Г., Шилько С.В., Вьон В.И. Идентификация модели переходных процессов течения нефти в магистральных трубопроводах (реальный масштаб времени) // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2006. – Т. 11, № 2. – С. 15–21.

УДК 621:53.08

КОНСТРУКЦИИ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

Шилько С.В.¹, Кузьминский Ю.Г.¹, Гусев О.К.², Воробей Р.И.², Тявловский К.Л.², Колтунович Т.Н.³, Шумский А.Э.¹

¹Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

²Белорусский Национальный технический университет, Минск, Беларусь

³Люблинский технический университет, Люблин, Польша

В производственных процессах, использующих жидкие технологические среды необходимы методы определения их параметров в режиме реального времени, когда измерительные преобразователи находятся в различных участках трубопроводов на значительном удалении от систем сбора и обработки информации, в условиях расположения измерительных преобразователей в местах непригодных для длительного нахождения человека. В разные моменты времени по одним и тем же узлам системы, состоящей из сети трубопроводов и накопительных емкостей, перекачиваются растворы различных типов с заранее неопределёнными параметрами типа раствора, концентрации, температуры. При этом проведение операций контроля параметров жидких сред с требуемой погрешностью измерений невозможно без использования интеллектуальных измерительных преобразователей, самостоятельно принимающих решения о режиме и диапазоне измерений, способе компенсации погрешности от совокупности внешних факторов, характерных для выбранного режима измерения. Одной из задач при проектировании таких измерительных преобразователей является проектирование чувствительных элементов, обеспечивающих контроль нескольких параметров при использовании одного измерительного информационного канала [1].

В настоящее время существует ряд методов, позволяющих измерять отдельные параметры жидких сред в условиях определённости состояния технологической системы и самого измерительного прибора. Их применение в сложных пространственно распределённых технологических системах возможно при использовании дополнительных измерительных преобразователей, что ограничивает возможности диагностики состояния технологической системы в режиме реального времени и уменьшает надёжность определения диагностируемого состояния.

Физическая модель взаимодействия объекта измерений и датчика может быть представлена двумя основными элементами: основного

объема раствора сильного электролита, характеристики которого не зависят от присутствия первичного преобразователя концентрации, и двойного электрического слоя, образующегося на границе раздела металл-электролит [2].

Поляризационные емкости, в зависимости от типа раствора и конструкции электродов, составляют десятки и сотни микрофард. Их наличие исключает возможность измерения электрической проводимости или концентрации раствора на постоянном токе и вносит систематическую погрешность в результаты измерений на переменном токе. Обычно, вследствие сложности учета зависимости поляризационных емкостей от состава раствора, температуры, параметров возбуждения ячейки и т.д. поправка на эту погрешность не вносится, а принимаются конструктивные меры для снижения поляризационной составляющей проводимости раствора. Однако поляризационные емкости и управляемый напряжением источник тока модели участвуют в формировании потенциодинамических процессов и по виду и параметрам начального участка потенциодинамической ВАХ [3] позволяют определять тип раствора, омывающего электроды датчика. При этом, методическая погрешность измерений концентрации растворов электролитов устраняется введением в процедуру измерений операции идентификации типа раствора.

Можно выделить два основных источника методической погрешности при взаимодействии чувствительного элемента датчика концентрации растворов электролитов с объектом измерения:

1) Образование двойного дипольного слоя на границе раздела металл-электролит (поляризация электродов), что приводит к уменьшению напряженности электрического поля между электродами и, соответственно, силы тока, протекающего через кондуктометрическую ячейку;

2) Сопротивление подводящих проводов и разъемов, которое по порядку величины может соответствовать сопротивлению раствора между

электродами ячейки, что приводит к искажению градуировочной характеристики ячейки.

Следует отметить, что способы уменьшения указанных погрешностей находятся в определенном противоречии. Так, свести к минимуму влияние сопротивления подводящих проводов и разъемов можно только за счет увеличения полного сопротивления раствора R между электродами ячейки. Этого можно добиться, используя ячейки с большой постоянной k , поскольку сопротивление R связано с удельной проводимостью раствора χ соотношением:

$$R = k \cdot \frac{1}{\chi}$$

Отметим, что коэффициент k хотя и принято называть геометрической постоянной чувствительного элемента, на самом деле является функционалом. Поэтому сравнивать различные типы элементов кондуктометрических датчиков можно только либо с учетом всех влияющих факторов, либо для идентичных условий моделирования или испытаний. Увеличение постоянной k достигается увеличением эффективного расстояния между электродами вдоль силовых линий электрического поля l и уменьшением эффективной площади сечения ячейки S . Однако, в случае приборов промышленного назначения, этот путь наталкивается на серьезные ограничения. Кондуктометрическая ячейка включает в себя два основных элемента: электродную систему и сосуд (стенки трубопровода), в который эта система помещена, причем величины l и S определяются параметрами обоих этих элементов. Внешние размеры и конфигурация ячейки, как правило, жестко заданы (сечения трубопроводов и размеры присоединительных элементов стандартизованы и не могут быть произвольно изменены) [4]. Следовательно, эффективная площадь S может быть в определенных пределах изменена только за счет изменения активной поверхности электродов и, в некоторой степени, их конфигурации (коаксиальные датчики).

На основе математического моделирования и экспериментальной проверки передаточных и амплитудно-частотных характеристик (рисунок 1) кондуктометрических чувствительных элементов выполнено обоснование применимости датчиков различных конструкций. В качестве базовой, как наиболее просто моделируемая, рассматривалась конструкция ячейки с плоскопараллельными прямоугольными электродами. Отметим, что эта конструкция имеет наихудшее сочетание метрологических характеристик.

Датчик с коаксиальными электродами обладает оптимальными метрологическими характеристиками, наиболее пригоден при совместном использовании в измерительном преобразователе определения типа раствора по потенциодинамическим ВАХ и его концентрации, но имеет наиболее сложную конструкцию. Его применение

целесообразно при проведении лабораторных измерений.

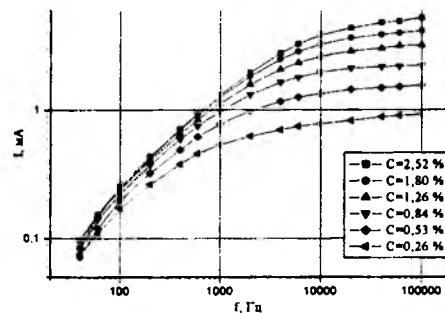


Рисунок 1 – АЧХ кондуктометрической ячейки с коаксиальными электродами, $k=0,2 \text{ см}^{-1}$

Датчик с цилиндрическими электродами имеет незначительно худшие характеристики, чем коаксиальный, но существенно более простую конструкцию. Его применение целесообразно при проведении измерений в технологическом процессе в режиме реального времени, при установке датчика в технологический трубопровод или емкость подготовки технологического раствора.

Погружные датчики используются в условиях применения, когда их электроды полностью омываются сплошным слоем раствора. Наличие воздушных полостей или пены между электродами недопустимо. В ряде случаев требуется измерять концентрацию жидких технологических сред, находящихся в пористом материале. Такая задача характерна для технологий гидропоники. Вместо почвы используется нейтральный промежуточный наполнитель, например, минеральная вата.

Для измерения концентрации питающего раствора в области корневой системы, субстратом которой является минеральная вата, объемом около 1 л на каждое растение, датчики с цилиндрическими или коаксиальными электродами не применимы. Для измерения концентрации раствора, пропитывающего субстрат из минеральной ваты, пронизанный также корнями растения, разработан датчик с удлиненными тонкими электродами (спицами).

Разработаны методики компенсации погрешностей кондуктометрических датчиков, связанных с конструктивными особенностями и температурными зависимостями измерительного сигнала.

1. Гусев, О.К. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / О.К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О.К. Гусева. – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.
2. Худякова Т. А., Крешков А. П. Теория и практика кондуктометрического и хронокон-

дуктометрического анализа / Под общей редакцией А. П. Крешкова. – М.: Химия, 1976. – 304 с.

3. Гусев О.К. Идентификация растворов в технологических трубопроводах на основе

явления динамической поляризации // Измерительная техника. – 2004. – № 7. – С. 60 – 62.

4. Брусиловский Л. П., Вайнберг А. Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.

УДК 621.865.8

УСТРОЙСТВО НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ИЗДЕЛИЯ

Ярмолович В.А.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Настоящее устройство относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения толщины различных изделий: пластин, листов, кожи, толстых тканей, пластмасс, досок, немагнитных и магнитных металлов и др., преимущественно движущихся на конвейере.

Задачей, решаемой в настоящем устройстве является расширение диапазона измерений толщины изделий.

Устройство для измерения толщины изделия, содержит микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем, подключенным к микропроцессору с клавиатурой, подключенному к измерительному прибору, и блок постоянного напряжения; установленные в корпусе устройства вал для размещения контролируемого изделия, рычаг, выполненный с возможностью поворота относительно вертикали с опорными роликами на конце, располагаемыми на контролируемом изделии, аналоговый преобразователь изменения положения рычага в электрический сигнал, подключенный к аналого-цифровому преобразователю микроконтроллера [1].

Причем рычаг выполнен с удлиняющей втулкой с резьбой, а его длина выполнена значительно большей, чем радиус каждого ролика; аналоговый преобразователь изменения положения рычага в электрический сигнал выполнен в виде двух идентичных постоянных миниатюрных магнитов, размещенных на рычаге, расположенных параллельно с зазором по разные стороны от оси вращения рычага и ориентированных противоположными полюсами навстречу друг другу с образованием однородного плоскопараллельного магнитного поля между ними, неподвижный датчик Холла, размещенный в центре между магнитами в вертикальной плоскости, выход которого подключен ко входу дифференциального усилителя, выход которого подключен к микроконтроллеру.

На рисунке 1 изображено устройство для измерения толщины мягкого изделия на конвейерной ленте транспортера (вид сбоку), а на рисунках 2 и 3 - блок схема устройства и

зависимость выходного сигнала с датчика Холла от толщины изделия соответственно.

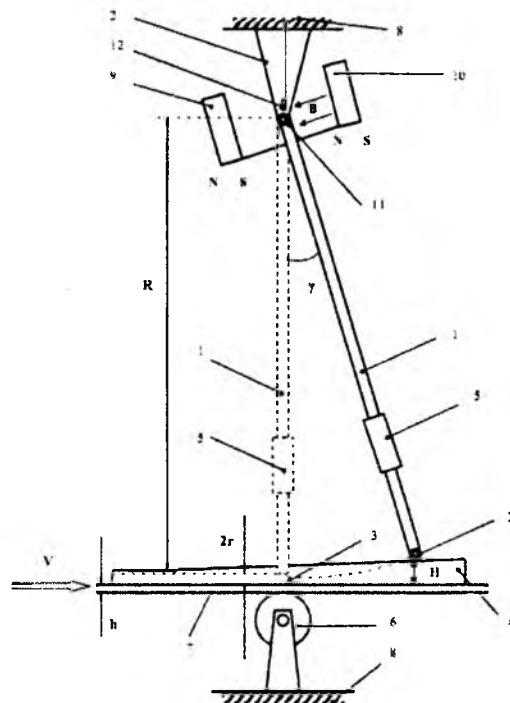


Рисунок 1 – Устройство для измерения толщины

Устройство для измерения толщины изделия содержит рычаг 1, имеющий длину R , выполненный с возможностью поворота относительно вертикали посредством шарнира 2 с опорными роликами 3 на конце рычага, имеющими радиус r и расположенными на контролируемом изделии 4 (толщину N которого необходимо измерять). Рычаг 1 содержит удлиняющую втулку 5 с резьбой для корректировки длины рычага, причем его длина выполнена значительно большей, чем радиусы роликов r , т.е. $R \gg r$. На валу 6, непосредственно размещено контролируемое изделие 4, если оно выполнено достаточно жестким или через конвейерную ленту транспортера 7, имеющую собственную толщину h , при измерении толщины мягкого изделия 4. Вал 6 установлен в корпусе 8 устройства. Аналоговый пре-