

РАЗДЕЛ 3. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

производственном предприятии, алгоритм его работы и функциональная схема. Рассчитаны параметры аналоговых цепей, определены возможные источники погрешностей и оценены их значения. Написана программа для микроконтроллера на языке C в среде AVR Studio 5. Разработана принципиальная схема прибора в САПР Altium Designer.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.584-2004, счетчики статические активной электрической энергии переменного тока.

2. Мир электроники; аналого-цифровое преобразование. Редактор оригинального издания У. Кестер; пер. с англ. под ред. Е.Б. Володина. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2007.
3. Datasheet ADE7759.
4. Datasheet AD8639.
5. Datasheet AtMega64.

д.т.н. Пасынков Ю.А. – профессор и Савиных М.А. – магистрант. Новосибирский государственный технический университет, E-mail: maxim_sav@sibnet.ru.

УДК: 543.27.089.6

МЕТОД ЭКСПРЕСС-ГРАДУИРОВКИ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

А.Г. Шумихин, М.С. Орехов

Рассмотрен способ градуировки газоанализаторов в динамическом режиме, основанный на непрерывном изменении во времени по заданному закону концентрации анализируемого компонента в газеносителе на входе измерительного канала газоанализатора, отличающийся тем, что закон изменения концентрации формируется естественным образом при продувке аппарата-смесителя с интенсивным перемешиванием заполненного первоначально газом - носителем с известной концентрацией в нем анализируемого компонента с последующей продувкой газом-носителем с известным постоянным расходом или импульсным вводом в продуваемый аппарат известного количества анализируемого компонента.

Ключевые слова: газоанализаторы, градуировка, поверка, динамический режим.

Введение

На современных химических, нефтеперерабатывающих, нефтегазодобывающих, горнодобывающих и других предприятиях, в производствах которых обращаются газовые и паровые среды, образующие с воздухом взрывоопасные смеси в производственных помещениях и на наружных установках в соответствии с нормативными документами по промышленной безопасности во взрывоопасных зонах применяется большое количество автоматических газоанализаторов – сигнализаторов до взрывоопасных концентраций.

В процессе функционирования газоанализатора могут изменяться характеристики как датчиков, так и аналоговых и цифровых дискретных устройств, средств отображения измерительной информации, что может привести, например, к ложным срабатываниям или несрабатываниям системы противоаварийной защиты. Поэтому газоанализаторы – сигнализаторы периодически проходят метрологическую поверку и проверки срабатывания в системах сигнализации и автоматической противоаварийной защиты, и в некоторых случаях возникает необходимость переградуировки газоанализаторов.

Для проведения поверки, градуировки и настройки газоанализаторов используют заранее приготовленные поверочные газовые смеси (ПГС) с различной концентрацией анализируемого компонента (концентрация ниже НКПР) реальной газовой смеси.

При наличии на предприятии большого количества газоанализаторов возникают проблемы, связанные с приобретением, хранением, обслуживанием и контролем емкостей (баллонов) с ПГС.

При градуировке определяется статическая характеристика газоанализатора, представляющая собой зависимость между значениями выходного сигнала газоанализатора (S) и измеряемой концентрацией (c), т.е. $S = f(c)$

Линейность и непрерывность характеристики газоанализатора сложно выявить, используя ПГС, так как они представляют диапазон измерения газоанализатора лишь в небольшом количестве дискретных точек.

В настоящей статье рассмотрены некоторые результаты исследований разработанного авторами способа градуировки газоанализаторов, основанного на экспериментальном определении статической характеристики из-

мерительного канала, являющейся откликом на изменение во времени концентрации анализируемого компонента на его входе по закону, легко реализуемому на практике естественным образом, при условии, что время переходов из одного состояния в другое много больше постоянной времени измерительного канала газоанализатора [1].

Для изложения сути способа рассмотрен проточный смеситель с интенсивным перемешиванием для получения бинарной смеси, математическое описание которого при условии квазистационарности процесса смешения (время выравнивания концентрации по объему много меньше времени среднего пребывания элементов потока в аппарате) следует модели идеального смешения достаточно близко. Решение дифференциального уравнения такой модели, соответствующее импульсному вводу анализируемого компонента в продувочный газ в смесителе, имеет вид:

$$c(t) = c_0 e^{\left(\frac{v}{V}t\right)}, \quad (1)$$

где $c(t)$ – концентрация анализируемого компонента на выходе смесителя; V – объем смесителя; $v = const$ – объемный расход продувочного газа (газа-носителя); t – астрономическое время; c_0 – концентрация введенного импульсно анализируемого газа в объеме смесителя в момент времени $t=0$.

Путем несложных конструктивных решений по интенсивному перемешиванию можно получить простую аппаратную реализацию, достаточно близкую к модели идеального смешения. При этом, чем больше среднее время пребывания элементов потока в аппарате $\bar{\tau} = \frac{V}{v}$, тем ближе точки получаемой в динамике характеристики измерительного канала к точкам, соответствующим статической характеристике.

Для обоснования возможности применения градуировки использована математическая модель измерительного канала газоанализатора и математическая модель аппарата идеального смешения.

Для обоснования возможности применения градуировки использована математическая модель измерительного канала газоанализатора и математическая модель аппарата идеального смешения.

Рассмотрим математическую модель измерительного канала трехканального газоанализатора Гамма-100, измеряющего концентрацию кислорода. Статическая характеристика газоанализатора, приведенная в руководстве по эксплуатации (РЭ), имеет вид:

$$I = 4 + \frac{16}{30} \cdot c, \quad \text{мА.} \quad (2)$$

Динамическую характеристику можно определить, пользуясь известными методами, по кривой переходной характеристики, представленной на рисунке 1. Экспериментальная переходная характеристика получена при расходе газа-носителя через измерительный канал, равном заданному в РЭ газоанализатора Гамма-100.

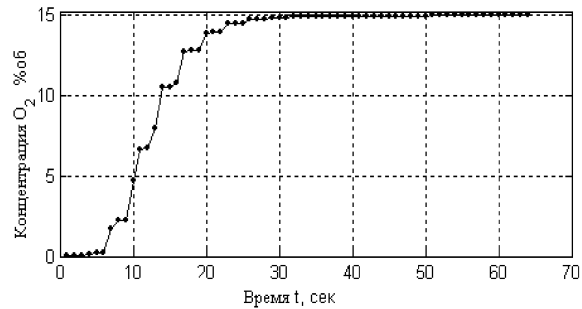


Рисунок 1 - Экспериментальная переходная характеристика измерительного канала газоанализатора при ступенчатом изменении концентрации на входе

По переходной кривой, считая, что коэффициент передачи соответствует номинальной чувствительности газоанализатора, получена динамическая модель в виде передаточной функции первого порядка с запаздыванием:

$$W(s) = \frac{16/30}{10s+1} e^{-5s}, \quad (3)$$

в которой постоянная времени и время чистого запаздывания приведены в секундах.

Структурная модель динамики измерительного канала, соответствующая статической характеристике (2) и передаточной функции (3), представлена на рисунке 2.

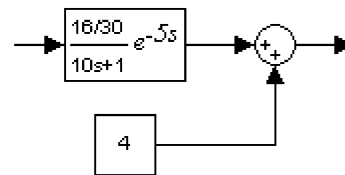


Рисунок 2 - Структурная модель динамики измерительного канала газоанализатора

Параметром, которым можно изменять среднее время пребывания элементов потока в смесителе, является объем аппарата смешения, т.к. значение объемного расхода газа-носителя в измерительном канале газоанализатора Гамма-100 руководством по эксплуатации заданно постоянным.

С использованием моделей (1),(2) и (3) методом вычислительного эксперимента исследовано влияние среднего времени пребы-

РАЗДЕЛ 3. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

вания в аппарате смешения на разницу между получаемой при динамической градуировке газоанализатора характеристикой и статической характеристикой (2).

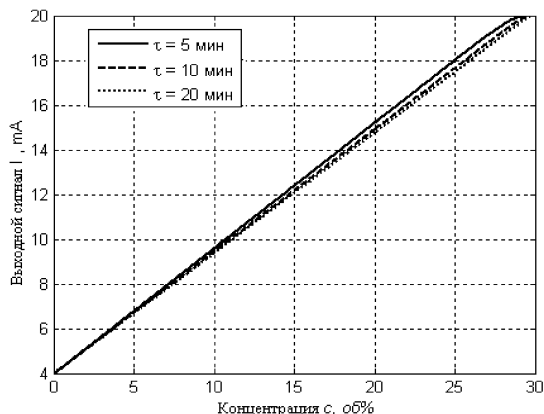


Рисунок 3 - Статические характеристики измерительного канала в зависимости от среднего времени пребывания, полученные при моделировании

На рисунке 3 приведены графики характеристик газоанализатора, полученные в вычислительном эксперименте при среднем времени пребывания элементов потока в смесителе, равном 5, 10 и 20 минутам, т.е. при разной скорости изменения концентрации на входе измерительного канала (выходе смесителя). Отклонение статических характеристик (в виде абсолютной погрешности) измерительного канала, полученных в вычислительном эксперименте по динамической градуировке, от расчетных значений по формуле (2) статической характеристики представлено графиками на рисунке 3, соответствующими среднему времени пребывания в смесителе, равному 5, 10 и 20 минут

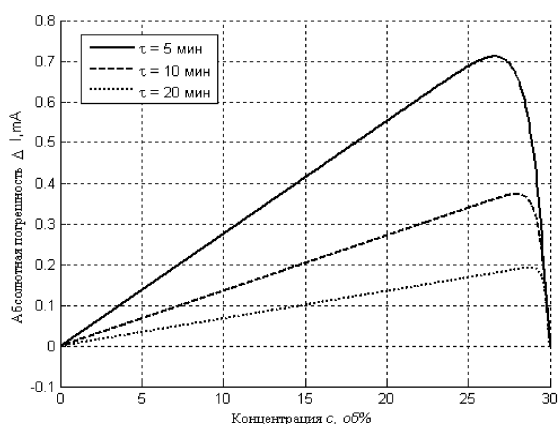


Рисунок 4 - Отклонение статической характеристики измерительного канала от расчетных значений по формуле (2), полученные при моделировании

Из представленных графиков следует, что с ростом среднего времени пребывания отклонение характеристики, полученной при моделировании, от расчетной по формуле (2) уменьшается и при объеме смесителя, равном 20 литров, составляет не более 0,2 мА.

Результаты математического моделирования подтверждают возможность применения описанной методики при объеме аппарата смешения, для которого среднее время пребывания (5...20 минут) много больше постоянной времени измерительного канала газоанализатора, равной 10 секундам при «чистом» запаздывании, равном 5 секундам.

Приведенные результаты вычислительного эксперимента по варьированию среднего времени пребывания элементов потока в смесителе подтверждаются и натурным экспериментом при среднем времени пребывания в смесителе, равном 20 минутам. В эксперименте рассмотренный способ динамической градуировки реализован для трехканального газоанализатора ГАММА-100 по каналу измерения концентрации кислорода в составе АСИ, предназначенной для оперативного управления лабораторной установкой по градуировке газоанализаторов, реализующей функции регистрации выходных сигналов газоанализатора. Результаты градуировки измерительного канала газоанализатора с применением лабораторной АСИ иллюстрируют рисунки 5-6. График изменения концентрации кислорода на входе измерительного канала (на выходе смесителя) и соответствующая ему кривая изменения во времени выходного сигнала газоанализатора представлены на рисунках 5 - 6.

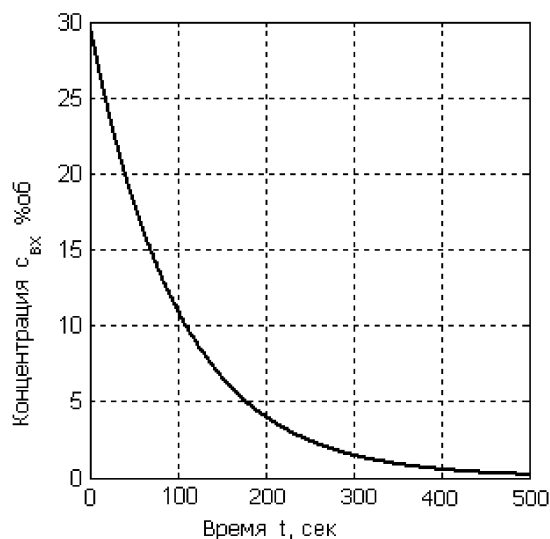


Рисунок 5 - Расчетное изменение концентрации кислорода на входе газоанализатора

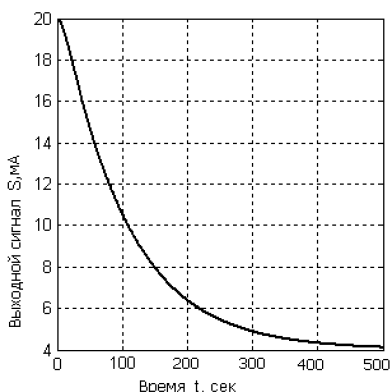


Рисунок 6 - Изменение выходного сигнала газоанализатора

Исключив время как параметр в этих зависимостях, получим зависимость изменения сигнала на выходе газоанализатора от концентрации на его входе, т.е. статическую характеристику (рисунок 7).

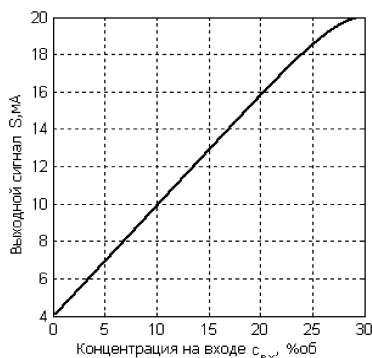


Рисунок 7 - Статическая характеристика газоанализатора

УДК: 621.317.727.1

ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ ДВОИЧНО-ВЗВЕШЕННЫХ ОПОРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

А.А. Колесников, Ю.А. Пасынков

В статье приводится обзор источников двоично-взвешенных опорных напряжений, их сравнительный анализ и область применения

Ключевые слова: источники двоично-взвешенных опорных напряжений.

Введение

Источник двоично-взвешенных опорных напряжений (ИДВОН) поддерживает на своих выходах высокостабильное постоянное электрическое напряжение, уровни которого соответствуют 2^i , где $i = 0, 1, 2, \dots, n$ – номер разряда. Такие источники применяются в основном в цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователях для формиро-

Заключение

Полученная зависимость практически линейна в большей части диапазона изменения концентрации. Отклонение от линейной зависимости не превышает значение основной погрешности измерительного канала. Экспериментальная характеристика может быть аппроксимирована зависимостью $S = f(c)$ со сколь угодно высокой точностью.

Рассмотренный метод применим как непосредственно для градуировки газоанализаторов в лабораторных условиях, так и для проведения различных испытаний газоанализаторов в составе систем АСУ ТП и ПАЗ, в том числе и метрологической экспресс-поверки в «полевых» условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орехов, М.С. Математическое моделирование при разработке экспресс-метода градуировки газоанализаторов / М.С. Орехов, А.Г. Шумихин // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25: Сб. трудов XXV Междунар. научн. конф. в 10 т. – Т.6. Секция 10. – С. 27-29 Саратов, Изд-во СГТУ. – 2012.
2. Орехов, М.С. Экспресс-метод градуировки газоанализаторов. / М.С. Орехов, А.Г. Шумихин // Измерение, контроль, информатизация: Материалы 13-й междунар. научно-техн. конф. «ИКИ-2012» – Т.2. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С.49-52

Ст. преподаватель **Орехов М.С.** тел. 83422391506, atp@pstu.ru каф. АТП Пермский Национальный исследовательский политехнический университет