

Рис. 3 Графики изменения выходного напряжения $U_{Г}(t)$ и электрической мощности $P_{Э}(t)$

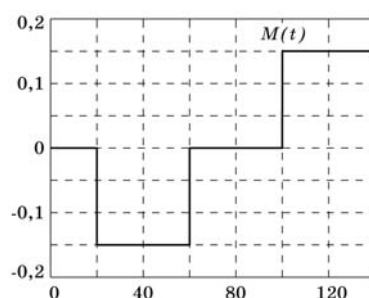


Рис. 4. График изменения внешнего возмущения $M(t)$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козлов В.Н., Шашихин В.Н. Синтез координирующего робастного управления взаимосвязанными синхронными генераторами // Электричество. – 2000. – № 9. – С. 20-26.
2. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа, 1984. – 536 с.
3. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
4. Кузьменко А.А. Синергетическое управление электроэнергетическими системами. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006.

Кузьменко Андрей Александрович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: andrew.kuzmenkosipu@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634318090.

Kuzmenko Andrey Alexandrovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: andrew.kuzmenkosipu@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634318090.

УДК 621.384.3:622.412

А.В. Вовна, А.А. Зори, М.Г. Хламов

СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Разработаны структура и алгоритмы функционирования информационно-измерительной системы контроля концентрации метана в угольных шахтах.

Синтез; базисные функции; измеритель; быстродействие; точность; концентрация; метан; угольная шахта.

A.V. Vovna, A.A. Zori, M.G. Khlamov

**STRUCTURALLY-ALGORITHMIC SYNTHESIS OF THE
INFORMATION-MEASURING CHECKING SYSTEM OF CONCENTRATION
METHANE IN COAL DUST**

Developed is structure and algorithms of functioning of the information-measuring checking system of concentration methane in coal dust

Synthesis; base functions; meter; accuracy; performance; concentration; methane; coal dust.

Общая постановка проблемы. Скоротечность газодинамических явлений в угольных шахтах, сложность и специфичность условий, в которых они протекают, отсутствие малоинерционных первичных преобразователей метана с широким динамическим диапазоном, жесткие конструктивные требования искробезопасности не позволили до настоящего времени создать измерители, которые обеспечивают получение информации о процессах изменения концентрации метана с малыми статическими и динамическими погрешностями [1]. Учитывая важность и актуальность проблемы, необходимо разработать структуру и алгоритмы функционирования информационно-измерительной системы (ИИС), основанной на оптико-абсорбционном методе контроля концентрации метана с компенсацией влияния угольной пыли на основе двухканального измерителя [2], который обеспечит повышение быстродействия при требуемой точности контроля по сравнению с существующими измерителями.

Постановка задачи исследования. В основу разработанной ИИС поставлена задача усовершенствования измерительных устройств концентрации метана, в которых за счет учета и компенсации влияния угольной пыли на результаты измерений обеспечивается быстродействие измерений концентрации метана не более 0,8 с при требуемой точности контроля не более 0,2^{об.}%, что приводит к уменьшению вероятности возникновения взрывоопасной ситуации при внезапных выбросах пыли и газа в угольной шахте.

Решение задачи и результаты исследования. Анализ предметной области и состояния вопроса контроля концентрации метана в угольных шахтах [3] позволяет определить назначение и сформировать базисные функции ИИС. Функционально и конструктивно разрабатываемая ИИС входит в состав телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) в угольных шахтах [4] на правах подсистемы. Базисными функциями ИИС являются:

- 1) измерение концентрации метана в рудничной атмосфере угольных шахт;
- 2) учет и компенсация изменения дестабилизирующих факторов рудничной атмосферы: угольной пыли, температуры и давления, на результаты измерений концентрации метана;
- 3) вычисление значения объемной концентрации метана с учетом компенсации влияния дестабилизирующих факторов;
- 4) обеспечения режима работы и температурной стабилизации характеристик и параметров оптоэлектронных компонент ИИС;
- 5) преобразование оптического сигнала оптико-абсорбционного измерителя, в котором содержится информация о концентрации метана в рудничной атмосфере, к унифицированному виду;
- 6) диагностика и инициализация конфигурации типа аппаратных средств, подключенных к измерительной системе;
- 7) регистрация и отображение данных по измеряемым параметрам рудничной атмосферы угольных шахт;
- 8) хранение и документирование результатов измерений;

9) прием и передача данных о показаниях измерительных каналов контролируемых параметров и диагностических сообщений по последовательному интерфейсу RS-485 в вышестоящую систему аэрогазового контроля УТАС угольных шахт.

В соответствии с вышеизложенным, проведен анализ базисных функций. Функция измерения концентрации метана должна обеспечивать измерение концентрации метана в широком динамическом диапазоне: диапазон взрывоопасной концентрации метана от 0 до 4^{об.}% с абсолютным значением погрешности измерения не более $\pm 0,2^{об.}\%$; диапазон максимально возможной концентрации метана от 0 до 100^{об.}% с абсолютным значением погрешности измерения не более $\pm 1,0^{об.}\%$.

Для снижения дополнительной погрешности измерения объемной концентрации метана, вызванной изменением дестабилизирующих факторов рудничной атмосферы: концентрации угольной пыли в диапазоне от 0,9 до 3000 мг/м³; температуры – от +5°C до +35°C и давления – от 87,8 кПа до 119,7 кПа, в ИИС реализована функция учета и компенсации данных факторов, что позволило повысить метрологические характеристики ИИС до уровня абсолютной погрешности измерения концентрации метана не более $\pm 0,1^{об.}\%$.

Для повышения точности, достоверности измерения и вычисления значений объемной концентрации метана C_{CH_4} , а также уменьшения случайной составляющей погрешности предложено выполнять вычисление среднего значения концентрации метана \overline{M}_{CH_4} с использованием данных, хранимых в памяти о предыстории среднего $M_{CH_4}(i)$, текущего значения $S_{CH_4}(i)$ и приращения концентрации метана $d_{CH_4}(i)$ за t интервалов дискретизации.

Предложено выполнять расчет двоично-десятичного эквивалента концентрации метана с использованием алгоритма нелинейной мультипликативной компенсации влияния угольной пыли [2], путем деления сигналов от измерительного (ИКМ) и компенсационного (ККМ) каналов концентрации метана:

$$K_{KOD}(C_{CH_4}) = \frac{KOD_{ИКМ}(C_{CH_4})}{KOD_{ККМ}}, \quad (1)$$

где $KOD_{ИКМ}(C_{CH_4})$ и $KOD_{ККМ}$ – выходной сигнал измерительных каналов метана ИКМ и ККМ в цифровом коде после преобразования АЦП; $K_{KOD}(C_{CH_4})$ – результат работы нелинейного мультипликативного алгоритма компенсации влияния угольной пыли, представленного в виде двоично-десятичного эквивалента значения измеренной концентрации метана.

Результаты выражения (1) мультипликативного алгоритма компенсации поступают на блок преобразования, где по рассчитанной характеристике преобразования, которая аппроксимирована полиномом третьей степени с относительной погрешностью не более 0,1 % рассчитывается искомое значение объемной концентрации метана $C_{CH_4}^{об.}\%$ с учетом изменения температуры (ИКТ) и давления (ИКД) рудничной атмосферы:

$$C_{CH_4} = f(K_{KOD}, T, P) = A_0(T, P) + A_1(T, P) \cdot K_{KOD}(C_{CH_4}) + A_2(T, P) \cdot K_{KOD}^2(C_{CH_4}) + A_3(T, P) \cdot K_{KOD}^3(C_{CH_4}), \quad (2)$$

где $A_i(T, P)$ – коэффициенты характеристики преобразования измерителя концентрации метана, с учетом температуры (Т, °С) и абсолютного давления (Р, кПа) рудничной атмосферы.

Рекуррентное вычисление среднего значения концентрации метана $M_{CH_4}(i)$ ‰% производят по следующей зависимости:

$$M_{CH_4}(i) = M_{CH_4}(i-1) + \frac{\sum_{j=1}^n (S_{CH_4}(j) - S_{CH_4}(j-n))}{n}, \quad (3)$$

где $M_{CH_4}(i-1)$ – предыдущее среднее значение концентрации метана, ‰%; $S_{CH_4}(j)$ и $S_{CH_4}(j-n)$ – текущее значение и значение на n отсчетов назад концентрации метана, ‰%; n – размер массива средних значений концентрации метана.

После вычисления среднего значения (3) производятся сохранение среднего значения концентрации метана $M_{CH_4}(i)$ в массиве. Вычисление приращения концентрации метана на интервале дискретизации $d_{CH_4}(i)$ ‰% выполняют по следующей формуле:

$$d_{CH_4}(i) = M_{CH_4}(i) - M_{CH_4}(i-1), \quad (4)$$

После вычисления текущего приращения концентрации метана (4) сохраняют вычисленное значение $d_{CH_4}(i)$ в массиве. Рекуррентное вычисление среднего значения приращения концентрации метана $D_{CH_4}(i)$ за m интервалов дискретизации производят по формуле:

$$D_{CH_4}(i) = D_{CH_4}(i-1) + \frac{\sum_{j=1}^m (d_{CH_4}(j) - d_{CH_4}(j-m))}{m}, \quad (5)$$

где $D_{CH_4}(i-1)$ – предыдущее среднее приращения значения концентрации метана за m интервалов дискретизации, ‰%; m – размерность массива средних значений приращений.

После вычисления среднего значения приращения концентрации метана (5) производят сохранение $D_{CH_4}(i)$ в массиве, и вычисляют приведенное среднее значение объемной концентрации метана \overline{M}_{CH_4} , ‰% :

$$\overline{M}_{CH_4} = M_{CH_4}(t - \tau) + D_{CH_4}(i) \cdot \tau, \quad (6)$$

где τ – постоянная времени измерителя концентрации метана, с; t – текущее время, с.

При выполнении измерений концентрации метана оптико-абсорбционным методом с использованием СИД ИК-излучения, необходимо обеспечить максимальное значение выходного потока излучателя. Для этого в измерителе обеспечен режим работы СИД импульсами тока в квазинепрерывном режиме. Для уменьшения погрешности измерения концентрации метана до уровня $\pm 0,05$ ‰%, что вызвано изменением характеристик и параметров оптоэлектронных компонент ИИС при колебаниях температуры окружающей среды, используют термостатирование источников и приемников излучения.

В разработанной ИИС предусмотрено выполнение диагностики и инициализации подключаемых аппаратных средств сбора информации, а также средств, ответственных за формирование и подачу команд на блокирование производственной деятельности. Диагностика осуществляется автоматически и непрерывно. Обнаружение неисправности в элементах системы автоматически приводит к формированию аварийных сигналов по всем параметрам, подлежащим контролю этими элементами.

Регистрация и отображение результатов измерений предназначена для ограниченного по длительности хранения информации о параметрах рудничной атмосферы угольных шахт и представляется в форме изображения на цифровых индикаторах. Хранение и документирование измерительной информации о параметрах рудничной атмосферы осуществляют для последующего ее использования при разработке общешахтных мероприятий по технике безопасности, при расчете количества воздуха, подаваемого в горные выработки, а также для установления категории шахты по газовыделению. Для информационного обеспечения аэрогазового контроля УТАС угольных шахт предусмотрен прием и передача данных о контролируемых параметрах по каждому производственному участку. Техническое обеспечение системы связи содержит средства, обеспечивающие полноту, достоверность и однозначность получаемой информации.

Рассмотренные средства, реализующие базисные функции ИИС, объединены в систему и дополнены средствами измерительных каналов, представлены в виде структурной схемы, приведенной на рис. 1.

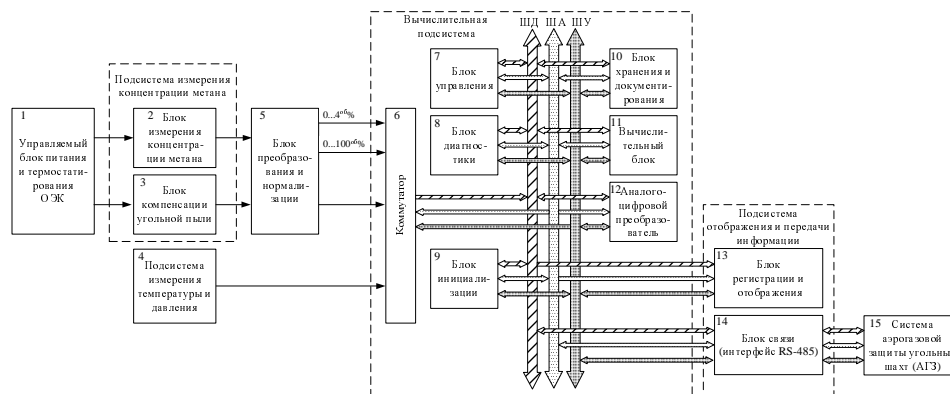


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы контроля концентрации метана в угольных шахтах

Выводы

1. На основании базисных функций выполнена структурно-алгоритмическая организация ИИС в составе телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами УТАС.

2. Предложена алгоритмическая компенсация влияния угольной пыли и внешних дестабилизирующих факторов рудничной атмосферы, что позволяет обеспечить быстроедействие измерения концентрации метана не более 0,1 с (при требуемом показателе 0,8 с) при значении абсолютной погрешности измерения не более 0,1^{об.}% (при требуемом показателе 0,2^{об.}%), поэтому, разработанный оптико-абсорбционный измеритель имеет на порядок более высокое быстроедействие при равных других метрологических характеристиках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 24032 – 80. Приборы шахтные газоаналитические. Общие требования, методы испытания. – Введ. 01. 01. 1981 /Межгосударственный стандарт. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 36 с. – (Угольная промышленность).
- Пат. 46197. Україна, МПК G 01 N 21 / 31. Спосіб вимірювання концентрації метану у рудничній атмосфері / Вовна О.В., Зорі А.А., Коренів В.Д., Хламов М.Г.; Донец. нац. техн. ун-т (Україна). – № u200906578; заявл. 23.06.2009; опубл. 10.12.2009.

3. *Волошин Н.Е.* Внезапные выбросы и способы борьбы с ними в угольных шахтах. – К.: Техника, 1985. – 127 с.
4. ITRAS [Электронный ресурс]: Государственное предприятие «Петровский завод угольного машиностроения». – Электронные данные. – Режим доступа: <http://itras.com.ua>. – Дата доступа: март 2010. – Загл. с экрана.

Вовна Александр Владимирович

Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет».

E-mail: Vovna_Alex@ukr.net.

83001, г. Донецьк, ул. Артема, 58, Украина.

Тел.: +380623040108.

Зори Анатолий Анатолиевич

E-mail: zori@kita.dgtu.donetsk.ua.

Тел.: +380623045571; +380623010942.

Хламов Михаил Георгиевич

Vovna Aleksander Vladimirovich

State higher educational establishment “Donetsk national technical university”.

E-mail: Vovna_Alex@ukr.net.

58, Artyom street, Donetsk, 83001, Ukraine.

Phone: +380623040108.

Zori Anatolii Anatolievich

E-mail: zori@kita.dgtu.donetsk.ua.

Phone: +380623045571; +380623010942.

Khlamov Michael Georgievich

УДК 621.396.6.001.63

А.Ю. Матюнин, Н.И. Мережин

**БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНОГО МАГНИТНОГО
ДЕФЕКТОСКОПА РЕЛЬСОВ**

В данной работе представлены результаты разработки блока сопряжения многоканального магнитного дефектоскопа рельсов. Блок сопряжения позволяет организовать взаимодействие между всеми функциональными узлами автоматизированного магнитного дефектоскопа.

Автоматизированный неразрушающий контроль; многоканальный магнитный дефектоскоп рельсов; дефектограмма.

A.Yu. Matyunin, N.I. Merejin

**THE INTERFACE BLOCK OF MULTI-CHANNEL MAGNETIC-FIELD FLAW
DETECTOR OF RAILS**

In this work the results of development of the interface block of multichannel magnetic-field flaw detector of rails are presented. The interface block enables to organize coordination between everything functional assemblies of automated magnetic-field flaw detector.

Automated nondestructive testing; multichannel magnetic-field flaw detector; defectogram.

Неразрушающий контроль при диагностике объектов обеспечивает безопасность и возможность эксплуатации объектов по их фактическому состоянию, а не по расчетному ресурсу. Диагностика рельсов посредством ультразвуковых и маг-