

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ КАЧЕСТВА СМЕСЕЙ УГЛЕЙ И ЖИДКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В. В. Овсяников, асс.

Национальный горный университет, г. Днепропетровск

просп. К. Маркса, 19, 49027, г. Днепропетровск, Украина

E-mail: works_2007@mail.ru

Рассмотрены полуавтоматический и автоматизированный методы контроля в микроволновом диапазоне длин волн и управления параметрами качества смесей углей и жидких нефтепродуктов. Результаты исследований предложено использовать для диагностики и управления качеством смесей этих веществ путем изменения их соотношений при транспортировке на конвейере и по трубопроводу, например, на теплоэлектростанциях.

Ключевые слова: контроль и управление параметрами качества, зольность и калорийность, микроволновый диапазон, диэлектрическая проницаемость, коэффициент стоячей волны по напряжению, затухание, оптимизация, линейное программирование.

Введение. Проблемы автоматизированного контроля и управления технологическими процессами на предприятиях горнодобывающей, металлургической и энергетической промышленности в настоящее время становятся все более актуальными. Наиболее перспективными методами контроля параметров качества веществ, используемых в технологических процессах, являются электромагнитные, спектроскопические, радиационные, тепловые и т.п. При разработках концепции контроля и управления технологическими процессами строятся математические модели с использованием аппарата линейного программирования, уравнений математической физики, теории вероятности и элементов прогнозирования.

Анализ предыдущих исследований. Наиболее перспективными методами диагностики и контроля жидких и сыпучих веществ в реальном масштабе времени являются электромагнитные [1]. Они основаны на измерениях их комплексной диэлектрической проницаемости (ДП) или комплексных коэффициентов затухания (отражения) электромагнитной (ЭМ) волны от исследуемого вещества либо коэффициентов стоячей волны по напряжению (КСВН). На основе этих методов разработаны, например, влаго- и золомеры углей в Российской Федерации институтом обогащения твердых горючих полезных ископаемых, а также фирмой "Коилскэн" (Австрия), фирмой "Бертольд" (Германия), американской фирмой АВВ и т. д. Эти методы могут применяться при экспресс-контроле веществ одновременно с традиционными методами, дополняя их или заменяя.

Известен ряд работ, посвященных разработке автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) [2–4] и др.

Цель работы. Повышение уровня автоматизации контроля и управления технологическими процессами при использовании углей и нефтепродуктов на теплоэлектростанциях.

Материал и результаты исследования. Полуавтоматический контроль и управление параметрами качества углей и жидких нефтепродуктов. Для обеспечения полуавтоматического контроля и управления качеством смесей уголь – нефтепродукт (мазут) работа проводится в три этапа.

На первом этапе измеряется на одной или нескольких частотах микроволнового диапазона набор калибровочных (или эталонных) характеристик для углей и мазутов, то есть создается банк калибровочных данных для широкой разновидности этих веществ, применяемых на данном предприятии. Эти калибровочные характеристики представляют собой таблицу набора электромагнитных характеристик данных веществ (ДП, затуханий или КСВН) при различных частотах электромагнитных волн и соответствующих им параметров качества этих веществ: калорийность, зольность, влажность и т.д. Полученные результаты сохраняются в памяти ЭВМ. Измерения производятся на установке, структурная схема которой приведена на рис. 1.

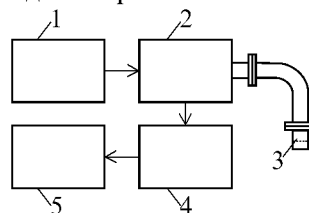


Рисунок 1 – Структурная схема установки для контроля и полуавтоматического управления технологическим процессом: 1 – генератор сверхвысоких частот; 2 – измерительная линия; 3 – датчик качества с контролируемым веществом (уголь, нефтепродукты); 4 – специализированная ЭВМ; 5 – АСУ ТП

Задача получения от исследуемого вещества электрических информационных сигналов (ДП, затуханий или КСВН) о его качественных характеристиках обычно решается волноводными или резонаторными электромагнитными методами [1] с помощью установки (рис. 1) с измерительными датчиками качества (ДК) «закрытого» типа называются такие, в которых ЭМ волны взаимодействуют с исследуемым веществом внутри металлического объема. Волноводные ДК «открытого» типа те, в которых ЭМ волны излучаются в свободное пространство за пределы датчика в направлении исследуемого вещества, отражаются от него и проходят сквозь него, тем самым обеспечивая определение его качественных параметров (разд. 2).

На втором этапе, называемом этапом диагностики или контроля, дозированным способом измеряются на тех же частотах характеристики (ДП, затуханий или КСВН) различных углей или мазутов с неизвестными нам пока качественными характеристиками на одной или нескольких установках (рис. 1), например, если топливо различного качества подается на сжигание с помощью нескольких конвейеров или по нескольким трубопроводам.

Для определения неизвестного значения калорийности (зольности, влажности), которая соответствует измеренной заранее паре критериев ДП (ε' – действительная часть диэлектрической проницаемости вещества, $tg\delta$ – тангенс угла потерь для того же вещества), решается задача оптимизации параметров путем определения минимумов каждой из двух целевых функций [5, 6]:

$$X_{\varepsilon'}(Q_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left\{ \left[\varepsilon'_{j,k} - \varepsilon'(Q) \right] / \varepsilon'(Q) \right\}^2; \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots, K;$$

$$X_{tg\delta}(Q_k) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left\{ \left[tg\delta_{j,k} - tg\delta(Q) \right] / tg\delta(Q) \right\}^2; \quad (2)$$

$$k = 1, 2, \dots, K,$$

где Q_k – дискретные значения калорийности угля (мазута); N – общее количество пар дискретных значений ε' и $tg\delta$ (параметры оптимизации); K – общее количество дискретных значений Q_k ; $\varepsilon'(Q)$, $tg\delta(Q)$ – измеренные пары значений (критерии оптимизации), соответствующие конкретным значениям калорийности (зольности, влажности) угля или мазута данной марки.

После определения минимумов целевых функций (1) и (2) компьютерная программа обеспечивает определение пар значений качества $Q_{tg\delta_1}, Q_{tg\delta_2}, \dots, Q_{tg\delta_K}$, и $Q_{\varepsilon'_1}, Q_{\varepsilon'_2}, \dots, Q_{\varepsilon'_K}$, соответствующих этим минимумам. Далее производится сравнение значений калорийностей, найденных по формулам (1) и (2), находится пара значений калорийностей, ближайших между собой, что и будет решением задачи. Время измерения одной пробы, помещаемой в ДК 3 (рис. 1), вместе с подготовительными операциями не превышает 15 мин. Для сравнения отметим, что для определения калорийности, зольности, влажности известными традиционными физико-химическими методами в специальных лабораториях предприятий требуется намного больше времени – порядка одной рабочей смены. Поэтому контроль параметров качества ЭМ методом и обработка их в специализированной ЭВМ 4 в АСУ ТП предприятия 5 на третьем этапе производится намного быстрее, чем традиционными методами. Однако обеспечить управление технологическим процессом при контроле качества данным ЭМ методом в режиме реального времени не всегда представляется возможным. И поэтому данный метод

управления технологическим процессом смешивания видом топлива для получения необходимой калорийности мы называем полуавтоматическим.

Автоматизированный контроль и управление параметрами качества углей и жидких нефтепродуктов. Данный метод оценки качества вещества (угля) ограничивается только определением затухания ЭМ волны при прохождении сквозь исследуемое вещество, не прибегая к определению его ДП. Рассмотрим схему (рис. 2), где на слой

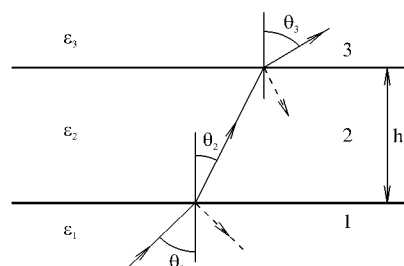


Рисунок 2 – Схема отражения и прохождения ЭМ волны сквозь исследуемое вещество 2 (среды 1, 3 – воздух)

вещества 2 толщиной h падает плоская ЭМ волна под произвольным углом θ_1 , отражается от него и проходит сквозь этот слой, затухая и преломляясь.

С учетом граничных условий для уравнений Максвелла и теоремы Снеллиуса в [7] были получены выражения для показателей затухания ЭМ волны для исследуемого вещества в виде квадратов модулей комплексных коэффициентов затухания. По этим соотношениям в частотном диапазоне нами были выполнены расчеты (и экспериментальные исследования) для углей с различными ДП при постоянном значении толщины слоя 2 (рис. 2) $h=0,13$ м. Результаты расчетов и измерений приведены на рис. 3 в дБ для четырех значений ДП слоев. Из рассмотренных графиков следует, что результаты расчетов затухания ЭМ волны в веществе согласуются с измерениями (точки на графике) в частотном диапазоне 3–5 ГГц для ДП = 4,5 и 0,11 (кривая 2) с учетом незначительных отклонений экспериментальной установки от теоретической модели. Из этих результатов также следует, что незначительные изменения мнимой части вещества (угля), характеризующей потери ЭМ энергии в нем, значительно сказываются на значениях затуханий ЭМ волны на исследуемых частотах, что в свою очередь свидетельствует об изменениях калорийности (зольности) угля. Это свойство предлагается использовать для оценки параметров качества углей на конвейерной ленте. Для повышения информативности диагностика проводилась в широком частотном диапазоне путем автоматизированного частотного сканирования. Метод включает 2 этапа: этап градуировки и этап измерения частотной зависимости электромагнитных параметров ослабления.

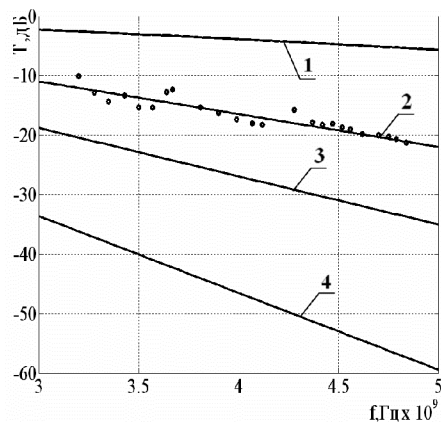


Рисунок 3 – Графики частотной зависимости ослабления ЭМ волны T , дБ в веществе с толщиной слоя $2h = 0,13$ м (рис. 4) для различных значений ДП этого слоя: 1–4,5– $i0,08$; 2–4,5– $i0,11$; 3–4,5– $i0,14$; 4–4,5– $i0,19$

Последовательное почастотное сравнение частотной зависимости затухания неизвестного вещества с дискретным банком данных градуировочных характеристик, сохраненных ранее для веществ с известными характеристиками (K_z), выполняется путем поиска минимума целевых функций вида

$$Z(A) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left\{ \left[K_n(f_j) - K_z(f_j, A_i) \right] / K_z(f_j, A_i) \right\}^2 ; \quad (3)$$

$i=1, 2, \dots, M,$

где N – общее число дискретных частот рабочего диапазона; $K_z(f_j, A_i)$ – градуировочные значения затуханий набора M веществ с известными зольностями (калорийностями) A_i измеренные заблаговременно в частотном диапазоне; $K_z(f_j)$ – затухание вещества с неизвестной зольностью (калорийностью) A^* , измеренное в том же частотном диапазоне.

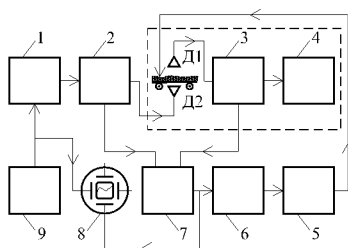


Рисунок 4 – Структурная схема автоматизированного контроля и управления процессом подачи угля на конвейере: 1 – генератор сверхвысоких частот; 2, 3 – микроволновые направленные ответвители; 4 – согласованная нагрузка; 5 – АСУ ТП; 6 – специализированная ЭВМ; 7 – измеритель отношений сигналов; 8 – электронно-лучевая трубка; 9 – генератор развертки; Д1 и Д2 – приемный и передающий антенны–датчики

Для получения результата по искомому значению зольности (калорийности) решается задача поиска минимума M целевых функций (3) на всех дискретных частотных N точках рабочего частотного диапазона. В общем виде эта задача формулируется таким образом:

$$\min Z(A), \quad (4)$$

где $A \in (A_1, A_2, \dots, A_M)$, (A_1, A_2, \dots, A_M) – зольности (калорийности) дискретного набора M градуировочных частотных зависимостей затуханий веществ с известным параметром качества; $Z(A)$ – целевая функция (3).

Для реализации рассмотренного метода была применена следующая схема (рис. 4) диагностики и управления [8], обеспечивающая контроль и управление технологическими процессами в режиме реального времени.

Выводы. Не исключая традиционные физико-химические методы диагностики, рассмотренный в работе электромагнитный метод экспресс-контроля может широко использоваться для ускоренной автоматизированной проверки параметров качества и передачи информации в АСУ ТП предприятия для управления различными технологическими процессами на предприятиях горнодобывающей, металлургической и энергетической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.
2. Венцель Е.С. Исследование операций: задачи принципы, методология. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. л-ры., 1988. – 208 с.
3. Егоров А.П., Ткачев В.С., Богданов Н.А., Лебедева Т.Л. Автоматизированная система управления механическими свойствами термоупрочненного проката. Применение вычислительной техники в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1989. – С. 77–79.
4. Куваев В.Н., Политов И.В. Особенности построения программного обеспечения многозадачных систем управления критичных к режиму реального времени // Радиотехника Информатика управління. – 1999. – № 1. – С. 71–74.
5. Методы оптимизации / Н.Н. Моисеев., Ю.П. Иванюков, Е.М. Столярова – М.: Наука, 1978. – 352 с.
6. Овсяников В.В. Экспресс-контроль якості вугілля радіометричним методом // Вісник національного ТУУ «КП», серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010. – Вип. 43. – С. 24–31.
7. Борн М., Вольф Э. Основы оптики / Перев. с англ. Г.П. Мотулелича. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1973. – 713 с.
8. Овсяников В. В. Контроль якості сипучих речовин шляхом частотного НВЧ сканування / Тр. междунар. молод. н.-т. конф. студ., аспирантов и ученых, 17–21. 04. 06 г., Севастополь. – С.270.

Стаття надійшла 17.04.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Сінчук О.М.

УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЯКОСТІ СУМІШЕЙ ВУГІЛЛЯ І РІДКИХ НАФТОПРОДУКТІВ НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

V. V. Ovsianikov, ass.

Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ

просп. К. Маркса, 19, 49027, м. Дніпропетровськ, Україна

E-mail: works_2007@mail.ru

Розглянуто напівавтоматичний і автоматизований методи контролю в мікрохвильовому діапазоні довжин хвиль і управління параметрами якості сумішей вугілля й рідких нафтопродуктів. Результати досліджень запропоновано використовувати для діагностики та управління якістю сумішей цих речовин шляхом змінювання їх співвідношень при транспортуванні на конвеєрі і по трубопроводу, наприклад, на теплоелектростанціях.

Ключові слова: контроль і управління параметрами якості, зольність і калорійність, мікрохвильовий діапазон, діелектрична проникність, коефіцієнт стоячої хвилі по напрузі, загасання, оптимізація, лінійне програмування.

QUALITY CONTROL AND MANAGEMENT PARAMETERS OF COAL AND LIQUID MIXTURES OIL IN THERMAL POWER PLANTS

V. Ovsianikov, ass.

National Mining University, Dnepropetrovsk

prosp. K. Marksa, 19, 490027, Dnepropetrovsk, Ukraine

E-mail: works_2007@mail.ru

Considered semi-automatic and automatic control methods in the microwave range of wavelengths and control quality parameters of mixtures of coal and liquid petroleum products. Results of investigations proposed to use for the diagnosis and management of quality of mixtures of these substances by the change of their relations during transportation on the pipeline and the pipeline, such as power plants.

Key words: supervision and management of quality parameters, ash content and calorific value, the microwave range, the dielectric constant, voltage standing wave ratio, damping, optimization, linear programming.