

УДК 621.317

Халабузарь Т.А., Куценко В.П.Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра системный анализ и моделированиеE-mail: tamara.khalabuzar@mail.ru**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРОЙ В СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ****Аннотация**

Халабузарь Т.А., Куценко В.П. Автоматизированная система управления температурой в стекловаренной печи. Разработана система для автоматизации контроля температуры в стекловаренной печи с применением собственных радиотепловых сигналов от расплава стекломассы и алгоритм оптимального управления данной системой.

Ключевые слова: *автоматизированная система, стекловаренная печь, радиотепловые сигналы, алгоритм оптимального управления.*

Постановка проблемы. Стекловаренная печь — основной агрегат стекольного производства. Одним из важных параметров, характеризующих работу печи является температура стекломассы. Поэтому для контроля данного параметра в технологических пределах и управления им требуются контрольно-измерительные приборы и системы автоматического регулирования.

Цель статьи – разработка автоматизированной радиометрической системы управления температурой в стекловаренной печи, которая должна улучшить качество стекломассы и уменьшить количество ручного труда сотрудников в условиях высокой температуры обслуживания печи.

Постановка задачи исследования. Для дистанционного контроля температуры стекломассы, предлагается использовать радиотепловое излучение стекломассы, что позволит с помощью многоканальной радиометрической системы оценивать температуру в нескольких зонах печи одновременно по интенсивности данного излучения. При этом одной из основных задач, которую необходимо решать при создании автоматизированной системы управления температурой в стекловаренной печи, является обеспечение высокой достоверности контроля температуры в различных точках стекломассы и повышения надежности работы данной системы за счет применения в ней четырехканального метода измерения с использованием приемных сверхвысокочастотных (СВЧ) антенн, а также обеспечение оптимального управления подачи газа на газовых горелках [2].

Автоматизированная система дистанционного контроля температуры в стекловаренной печи состоит из четырех идентичных радиометрических

каналов, каждый из которых включает рупорную приемную СВЧ – антенну, СВЧ автоматический переключатель (АП), усилитель высокой частоты (СВЧ), квадратичный детектор (КД), усилитель низкой частоты (УНЧ), синхронный детектор (СД), фильтр низких частот (ФНЧ), аналого – цифровой преобразователь (АЦП), микроЭВМсри со встроенным генератором тактовой частоты, а также делитель частоты и блок регулирования «БР» подачи газа на газовой горелке Г1 – Г4 стекловаренной печи «П» [1].

На рис. 1 представлена функциональная схема четырехканальной автоматизированной системы дистанционного контроля температуры в стекловаренной печи.

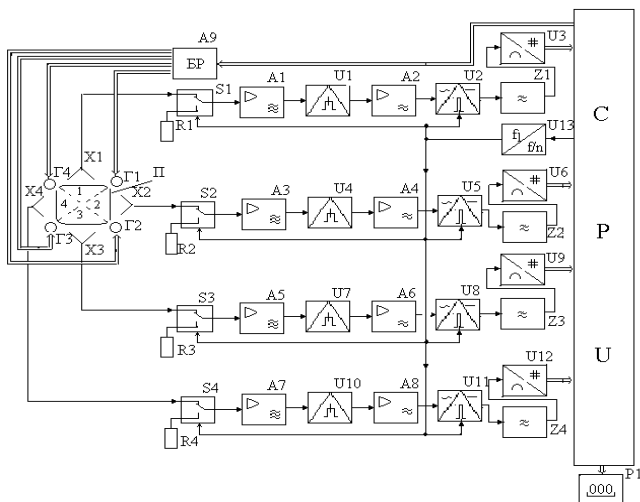


Рисунок 1 – Функциональная схема четырехканальной автоматизированной системы дистанционного контроля температуры в стекловаренной печи

Первый канал автоматизированной системы включает следующие элементы: приемную СВЧ – антенну X1, подключенную к первому входу АП S1, ко второму входу которого подключено эквивалентное напряжение R1, к выходу АП S1 последовательно подключены СВЧ – усилитель A1, КД U1, ПНЧ A2, СД U2, ФНЧ Z1, АЦП U3 и первый цифровой вход микроЭВМсри, первый цифровой выход которой соединен с блоком регулирования подачи газа на газовой горелке A9, а второй – с цифровым индикатором P1, идентичные схемы имеют другие радиометрические каналы комплекса, входы которых подключены согласно приемным СВЧ – антеннам X2, X3 и X4, а выходы – к соответствующим цифровым входам микроЭВМсри, генератор тактовой частоты которой через делитель частоты U13 соединен с управляющим входами синхронных детекторов U5, U8, U11 и автоматических переключателей S2, S3 и S4.

Автоматизированная система дистанционного контроля температуры в

стекловаренной печи работает следующим образом.

Все четыре идентичные радиометрические каналы системы калибруются под конкретные контролируемые температуры в зонах 1 – 4 стекловаренной печи «П» для каждой антенны X1 – X4. При этом в память микроЭВМсри с привязкой к режимам измерений вводятся значения собственных шумов СВЧ – антенн и эквивалентных нагрузок, СВЧ – автоматических переключателей и СВЧ – усилителей, подобранных равными между собой параметрами, а также необходимые значения контролируемых температур [4].

Затем система в автоматическом режиме переходит в режим измерения температуры расплава стекломассы в соответствующих зонах газовых горелок, радиотепловые излучения которой будет пропорционально температуре расплава стекломассы в зоне контроля. Дисперсия входного радиотеплового сигнала СВЧ антенны X1 из зоны контроля 1 будет:

$$\overline{U_1^2} = \beta_1 S_1 k T_1 \Delta f_1, \quad (1)$$

где β_1 – коэффициент, зависящий от излучающей способности расплава стекломассы в зоне газовой горелки 1; S_1 – чувствительность СВЧ – антенны X1; T_1 – температура расплава стекломассы в зоне газовой горелки 1; Δf_1 – полоса частот высокочастотной части радиометрического канала 1; k – постоянная Больцмана [5].

Перед началом измерения температуры стекломассы, рупорные приемные СВЧ – антенны X1 – X4 направляют через радиопрозрачные окна стекловаренной печи «П» на зоны стекломассы 1 – 4, соответствующиеработе газовых горелок Г1 – Г4 и включают комплекс. Мощность радиотепловых излучение с поверхности стекла в зоне газовой горелки Г1 очень мала и сравнима с уровнем мощности собственных шумов приемной СВЧ антенны X1. Эти сигналы между собой некоррелированы. Поэтому дисперсию выходного сигнала антенны X1 можно представить в виде суммы двух дисперсий:

$$\overline{U_1^2} = \overline{U_0^2} + \overline{U_{ш1}^2}, \quad (2)$$

где $\overline{U_1^2}$ – дисперсия выходного сигнала СВЧ – антенны X1 в полосе радиометрического приема; $\overline{U_{ш1}^2}$ – дисперсия собственных шумов СВЧ – антенны X1.

Эквивалент антенны R1 имеет сопротивление и шумы, равные сопротивлению и шумам СВЧ – антенны X1. Поэтому дисперсию выходного сигнала эквивалента R1 выразим через дисперсию сигнала СВЧ – антенны X1:

$$\overline{U_E^2} = \overline{U_{ш1}^2}, \quad (3)$$

где $\overline{U_E^2}$ – дисперсия шумов эквивалента антенны R1.

При указанном положении СВЧ АП S1 сигнал на выходе КД U1 можно представить в виде:

$$U_2 = S (\overline{U_E^2} + \overline{U_{ш2}^2}), \quad (4)$$

где S – номинальная крутость преобразования радиометрического канала к ПНЧ А2; $\overline{U_{\text{ш}2}^2}$ – дисперсия собственных шумов на входе радиометрического канала.

По команде микроЭВМ делитель частоты U13 переводит СВЧ АП S1 в противоположное положение. Уровень собственных шумов радиоприемного канала при этом не изменяется, благодаря равенству сопротивлений СВЧ – антенны X1 и эквивалента R1. Выходное напряжение КД U1 приобретает значение:

$$U_3 = S \left[\left(\overline{U_0^2} + \overline{U_{\text{ш}1}^2} \right) + \overline{U_{\text{ш}2}^2} \right]. \quad (5)$$

Усилителем А2 низкой частоты усиливается переменная составляющая последовательности видеоимпульсов (2) и (3) с амплитудой:

$$U_4 = K_1 \frac{U_3 - U_2}{2}, \quad (6)$$

где K_1 – коэффициент усиления ПНЧ А2.

Переменное напряжение с амплитудой (6) выравняется СД U2, управляемое низкочастотным напряжением от делителя частоты U13, сглаживается ФНЧ Z1 и поступает на АЦП U3, на выходе которого формируется цифровой код:

$$N_1 = \frac{K_{\Sigma 1}(U_3 - U_2)}{q_1} = K_{\Sigma 1} \frac{\beta_1 \cdot S_1 k T_1 \Delta f_1}{q_1}, \quad (7)$$

где $K_{\Sigma 1}$ – результирующий коэффициент преобразования разности напряжения (6) в код; q_1 – шаг квантования АЦП U3.

Код N_1 вводится в микроЭВМ, и запоминается. Одновременно в каждом из других трех идентичных радиометрических каналов осуществляется контроль температуры стекломассы в соответствующих зонах стекловаренной печи «П» следующим образом. Радиотепловые излучения от расплава стекломассы воспринимаются СВЧ – антеннами X2, X3, X4 и поступают соответственно на первый вход СВЧ АП S2, S3 и S4. [6., 330]

После преобразования на выходе каждого канала формируется соответствующий цифровой код: $N_2 = K_{\Sigma 2} \frac{\beta_2 \cdot S_2 k T_2 \Delta f_2}{q_2}$, $N_3 = K_{\Sigma 3} \frac{\beta_3 \cdot S_3 k T_3 \Delta f_3}{q_3}$, $N_4 = K_{\Sigma 4} \frac{\beta_4 \cdot S_4 k T_4 \Delta f_4}{q_4}$.

Так как каждые значения величин $K_{\Sigma i}$, β_i , S_i , Δf_i для всех 4 – х каналов автоматизированного комплекса равны между собой, то цифровые коды будут пропорциональны измеряемой температуре стекломассы в соответствующих зонах печи [3].

По программе, введенной в микроЭВМ, значения измеряемой температуры стекломассы в соответствующих зонах 1 – 4 стекловаренной печи «П» сравниваются со значениями контролируемой температуры, введенными в память микроЭВМсри. В результате формируются цифровые коды, которые подаются через блок регулирования на соответствующие исполнительные устройства газовых горелок для увеличения или уменьшения подачи газа и

поддержания, таким образом, необходимой температуры стекломассы во всех зонах стекловаренной печи.

Алгоритм измерения температуры в зонах стекловаренной печи

Условные обозначения:

$t1$ – значения измеряемой температуры

fire – регулировка пламени горелки

fire++ – увеличение подачи газа на горелку

fire-- – уменьшение подачи газа на горелку

$T = \text{const}$ – постоянные значения температуры

screenout – вывод данных для визуального представления

timer=5minutes – в течении 5 минут система не производит никаких измерений.

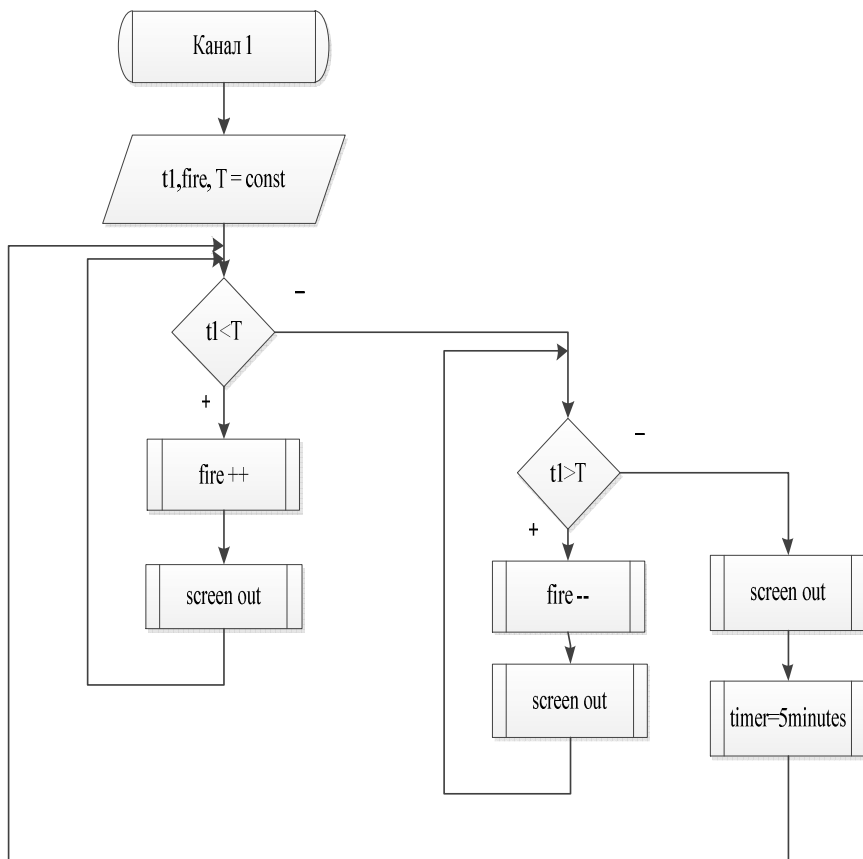


Рисунок 2 – Алгоритм измерения температуры в зонах стекловаренной печи

Выводы. Благодаря запрограммированному процессу контроля и представлению результатов в цифровой форме, осуществляется автоматическое управление температурой стекломассы в четырех зонах печи.

Компьютерное моделирование и исследования показали, что в автоматизированной системе дистанционного радиометрического контроля температуры в стекловаренной печи за счет применения четырехканального метода измерения с использованием приемных СВЧ – антенн обеспечена точность контроля температуры стекломассы в пределах нескольких градусов, что повышает качество конечной продукции, экономический эффект производства и снижение ручного труда.

Список литературы

1. Скрипник Ю.О., Куценко В.П., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О. П. Радиометричний кореляційний вимірювач потужності мікрохвильового діапазону // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Серія: „Обчислювальна техніка та автоматизація”. – Випуск 88– Донецьк: „Лебідь”, 2005 – С.152-155.
2. Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф. Радиометрический контроль состава и свойств диэлектрических материалов// Материалы 16-ой международной конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМико-2006). – Севастополь: „Вебер”, 2006. – С. 762-764.
3. Патент №18320 (Україна), G01S13/00 Спосіб вимірювання енергетичного спектра слабких радіовипромінювань/ Куценко В.П., Скрипник Ю.О., Трегубов М.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф., – №u200603339; Заявл. 28.03.2006; Опубл. 15.11.2006; Бюл. 11.
4. Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф. Радиометрический контроль состава и свойств диэлектрических материалов// Материалы 16-ой международной конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (КрыМико-2006). – Севастополь: „Вебер”, 2006. – С. 762-764.
5. Куценко В.П. Методы и средства сверхвысокочастотной радиометрии / [Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф.]. – Донецьк: ППШ «Наука і освіта», 2011. – 324 с.
6. Куценко В.П. Радиометричний НВЧ-контроль властивостей матеріалів / [Куценко В.П., Скрипник Ю.О., Трегубов М.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О.П.]. – Донецьк : ППШ «Наука і освіта», 2012. – 348 с.