УДК 621.317

**Халабузарь Т.А,** научный руководитель к.т.н., с.н.с. **Куценко В.П.**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

кафедра системный анализ и моделирование

E-mail: [tamara.khalabuzar@mail.ru](https://e.mail.ru/cgi-bin/msglist)

**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), микроЭВМ cpu 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.

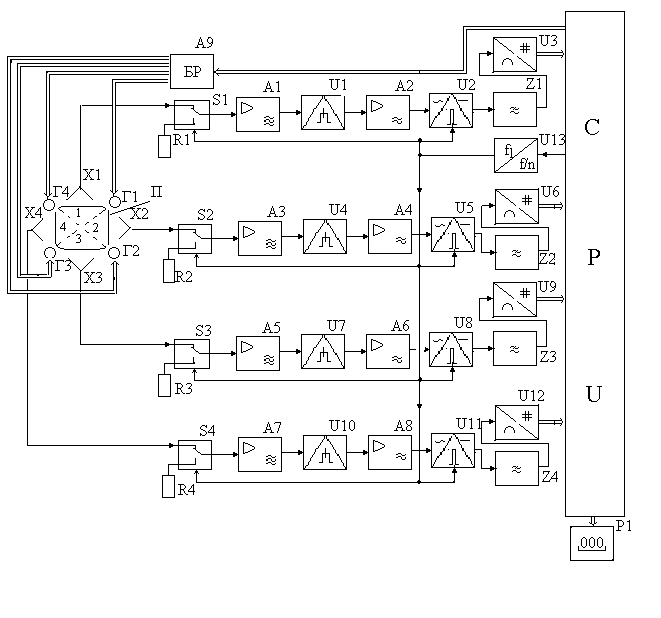


Рисунок 1 – Функциональная схема четырехканальной автоматизированной системы дистанционного контроля температуры в стекловаренной печи

Первый канал автоматизированной системы включает следующие элементы: приемную СВЧ – антенну Х1, 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 микроЭВМ cpu, 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 – антенам X2, X3 и X4, а выходы – к соответствующим цифровым входам микроЭВМ cpu, 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 Х1 – Х4. При этом в память микроЭВМ cpu с привязкой к режимам измерений вводятся значения собственных шумов СВЧ – антенн и эквивалентных нагрузок, СВЧ – автоматических переключателей и СВЧ – усилителей, подобранных с 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:

, (1)

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

Перед началом измерения температуры стекломассы, рупорные приемные СВЧ – антенны Х1 – Х4 направляют через радиопрозрачные окна стекловаренной печи «П» на зоны стекломассы 1 – 4, соответствующие работе 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:

, (2)

где – дисперсия выходного сигнала СВЧ – антенны X1 в полосе радиометрического приема; – 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:

, (3)

где – дисперсия шумов эквивалента антенны R1.

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

, (4)

где – номинальная крутость преобразования радиометрического канала к ПНЧ A2; – 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:

. (5)

Усилителем A2 низкой частоты усиливается переменная составляющая последовательности видеоимпульсов (2) и (3) с амплитудой:

, (6)

где – коэффициент усиления ПНЧ A2.

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

, (7)

где – результирующий коэффициент преобразования разности напряжения (6) в код; – шаг квантования АЦП U3.

Код 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: .

Так как каждые значения величин 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 микроЭВМ cpu. 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=const – постоянные значения температуры

screen out – 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. Радіометричний 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: ІПШІ «Наука і освіта», 2011. – 324 с.
6. Куценко В.П. Радіометричний НВЧ-контроль властивостей матеріалів / [Куценко В.П., Скрипник Ю.О., Трегубов М.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О.П.]. – Донецьк : ІПШІ «Наука і освіта», 2012. – 348 с.