

*У даній статті описано процес розробки системи автоматичного регулювання діаметру світловоду при формуванні скломаси в умовах автоматизованого виробництва*

*Ключові слова: автоматичне регулювання, змінення величини, зовнішні впливи*

*В данной статье описан процесс разработки системы автоматического регулирования диаметра световода при формовании стекломассы в условиях автоматизированного производства*

*Ключевые слова: автоматическое регулирование, изменение величины, внешние воздействия*

*This article describes the process of developing a system of automatic regulation of the diameter of the fiber glass during forming in computer-aided manufacturing*

*Keywords: automatic regulation, changing values, external influences*

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИАМЕТРА СВЕТОВОДА ПРИ ФОРМОВАНИИ СТЕКЛОМАССЫ

**Д. Г. Карпов\***

Контактный тел.: 095-657-53-25

E-mail: radiante1990@mail.ru

**И. О. Яшков**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 067-910-14-93

\*Кафедра технологии автоматизации производства радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств Харьковский национальный университет радиоелектроники пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

## 1. Введение

Как известно, системы автоматического регулирования создаются с целью отслеживания изменений параметров различных процессов, помогая тем самым оператору принимать решения относительно управления данным процессом. Учитывая достижения научно-технического прогресса и переход современных производств на автоматизированный режим работы, потребность в разработке систем управления и регулирования постоянно возрастает и касается практически всех отраслей промышленности. Отсюда возникает задача построения системы автоматического регулирования для каждого конкретного процесса. В данной статье описана модель системы, которую целесообразно применять при производстве изделий из стекломассы.

## 2. Постановка задачи

Целью разрабатываемой системы является осуществление контроля диаметра световода при формовании стекломассы в условиях серийного производ-

ства деталей из таких материалов, как стекловолокно и стеклопластик. С ее помощью можно решить проблему повышения качества производимых изделий, учитывая воздействие различных внешних факторов, оказывающих влияние на процесс производства.

## 3. Изложение основного материала

Изменение вязкости стекломассы в зоне формования и на предыдущих стадиях может быть отрегулировано с помощью соответствующего изменения скорости вытягивания, считая, что остальные параметры стабилизированы. Поэтому в случае контроля диаметра световода при формовании стекломассы в условиях серийного производства деталей из таких материалов, как стекловолокно и стеклопластик целесообразно использовать систему регулирования с обратной связью.

В связи с тем, что на вязкость стекломассы оказывают влияние большое количество факторов окружающей среды, изменение входного воздействия неизвестно. Следовательно, система автоматического регулирования должна быть следящей, то есть изме-

нять скорость вытягивания стекломассы до тех пор, пока значение диаметра не восстановится.

В данном случае регулируемой величиной является диаметр световода. Можно сделать вывод, что система автоматического регулирования должна быть одномерной. Ее структурная схема может иметь вид, представленный на рис. 1.

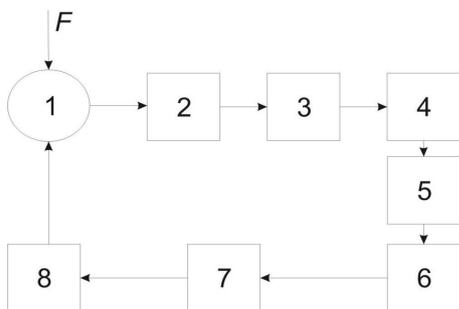


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой системы

Разработанная система работает по следующей схеме. Внешние воздействия F изменяют состояние объекта регулирования 1 (вязкости стекломассы в фильере), которое фиксируется датчиком 2, преобразующим данное изменение в электрический сигнал. Этот сигнал поступает на вход усилителя 3. Аналого-цифровой преобразователь 4 преобразует аналоговый сигнал, поступающий на его вход с выхода усилителя 3, в цифровой код. Микроконтроллер 5 принимает и обрабатывает этот код по заданному алгоритму. Он обеспечивает вычисление величины, необходимой для компенсации влияния внешнего воздействия F на объект регулирования. Эта величина преобразуется в цифро-аналоговом преобразователе 6 и усиливается усилителем 7. В итоге усиленный аналоговый сигнал поступает на вход блока регулирования скорости вытягивания 8, который обеспечивает необходимое изменение данной величины.

Датчик 2, представленный в виде конденсатора с обкладками, между которыми располагается диэлектрик, полностью удовлетворяет следующим требованиям:

- однозначность зависимости между входной и выходной величинами, без гистерезиса;
- удобная форма зависимости между входной и выходной величинами;
- стабильность характеристик во времени;
- однонаправленность действия, то есть нагрузка выходной цепи не оказывает влияния на измеряемую неэлектрическую величину, в рассматриваемом в данной работе случае, - это вязкость;
- минимальное влияние внешних факторов на характеристики, в частности температура.

При этом емкость конденсатора определяется выражением (1):

$$C = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}, \tag{1}$$

где  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость;  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м - электрическая постоянная;  
 S - площадь обкладки;  
 d - расстояние между обкладками.

Если учесть, что площадь S электродов и расстояние d между ними постоянны, то единственным параметром в выражении, от изменения которого будет зависеть изменение емкости, будет относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_0$ .

Состояние стекломассы в фильере во многом определяет поведение "луковицы", а, следовательно, и диаметра световода. Значит, необходимо расположить датчик именно в этой зоне.

Однако, для того, чтобы измерить величину электрической емкости необходимо применить одну из возможных схем измерения. Процесс вытягивания световода занимает от нескольких часов до десятков часов, а, следовательно, необходимо непрерывно контролировать изменение емкости, таким образом, целесообразно выбрать метод, основанный на прямом преобразовании емкости в напряжение и ток.

Этот метод включает в себя преобразование на основе амперметра и вольтметра, операционного усилителя.

Схемы, относящиеся к первому классу, являются пассивными, поэтому характеризуются достаточно узкими диапазонами линейности преобразования емкости.

Если поместить элементы измерительной цепи в контур обратной связи операционного усилителя, то получим новый класс активных преобразователей емкости в напряжение, обладающих значительно большим динамическим диапазоном, внутри которого сохраняется линейность преобразования. Так, схема, представленная на рис. 2, использует инвертирующий фазу операционный усилитель.

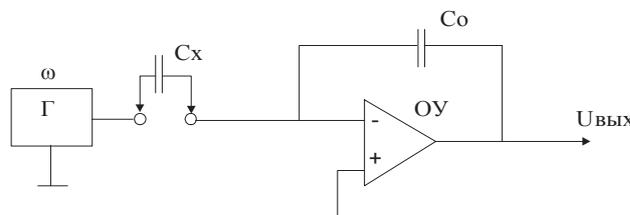


Рис. 2. Схема преобразователя на операционном усилителе

Для этой схемы связь контролируемого параметра C и выходного напряжения определяется по формуле (2):

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{C_x}{C_0} \cdot U_0 \cdot (1 + \delta), \tag{2}$$

где  $\delta$  - погрешность, обусловленная конечным значением коэффициента усиления операционного усилителя, внутренним сопротивлением источника  $R_{\Gamma}$  и сопротивлениями утечек конденсаторов  $C_0$  и  $C_x$ ;

$U_0$  - опорное напряжение источника.

Дифференцирующий преобразователь (дифференциатор), изображенный на рис.3, создает на выходе напряжение, выражение для которого имеет вид (3):

$$U_{\text{ВЫХ}} = \omega \cdot U_{\text{ВХ}} \cdot R_0 \cdot C_x \cdot (1 + \delta), \tag{3}$$

где  $\delta = -0,5 \cdot \omega^2 \left[ \tau^2 + R_0 C_x (1 - k) \right]^2$  - погрешность от нелинейности;  
 $\tau$  - постоянная времени.

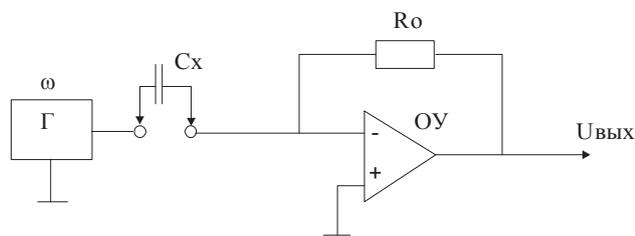


Рис. 3. Схема преобразователя емкость-напряжение

Если  $k = 1$ , то погрешность от нелинейности определяется по формуле (4):

$$\delta = -0,5 \cdot \omega^2 \cdot \tau^2 \quad (4)$$

Дифференциатор имеет высокий коэффициент усиления по отношению к высокочастотным составляющим на входе, даже если частоты лежат вне полосы частот полезного сигнала. Поэтому наряду с высокочастотными составляющими спектра полезного входного сигнала схема усиливает и собственные шумы.

Чтобы избежать появления погрешностей, необходимо принять меры стабилизации динамических характеристик дифференциатора. Так, для уменьшения доли высокочастотных шумов в выходном сигнале используют корректирующую емкость  $C_K$  (рис. 4), которая выбирается таким образом, чтобы участок характеристики со спадом 6 дБ/октава начинался на частоте более высокой, чем максимальная частота полезного сигнала (рис. 5).

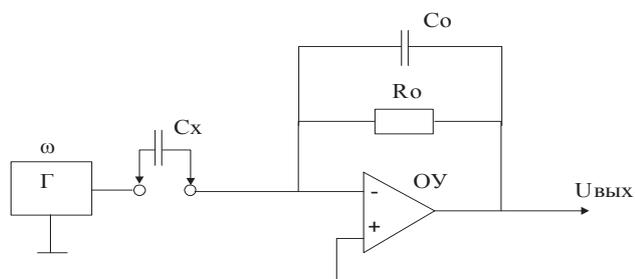


Рис. 4. Скорректированный дифференциатор

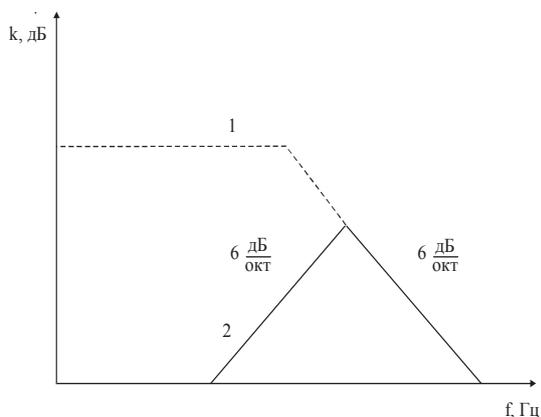


Рис. 5. Частотная характеристика дифференциатора:  
1 - коэффициент усиления без обратной связи;  
2 - коэффициент усиления дифференциатора

Частотная характеристика скорректированного дифференциатора имеет вид, показанный на рис. 6.

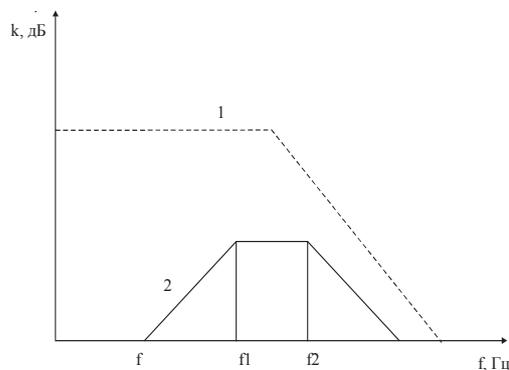


Рис. 6. Частотная характеристика скорректированного дифференциатора

#### 4 Выводы

В данной статье решалась задача выбора и разработки структуры системы автоматического регулирования диаметра световода при формовке стекломассы. В результате получена схема одномерной системы регулирования с обратной, описан принцип ее работы.

Ожидается, что ее применение даст возможность повысить качество выпускаемых деталей, значительно снизив процент некачественной продукции.

#### 5 Литература

1. Пономарева А.В., Филипенко А.И. Использование MATLAB при автоматизации контроля геометрических параметров микроструктурированного оптического волокна // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB [Текст] : материалы IV Всероссийской научной конференции (г. Астрахань, 4 – 8 мая 2009г.) / сост. И.С. Пономарева. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2009. – с. 212 – 217.
2. Филипенко А.И., Пономарева А.В. Современное состояние проблемы контроля конструктивно-геометрических параметров микроструктурированных оптических волокон // Радиотехника: Всеукр.межвед. науч.-техн. Сб. 2008.-№154.- с. 102-107.
3. Филипенко А.И., Пономарева А.В. Выбор метода контроля конструктивно-технологических параметров микроструктурированных волокон// Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. Сб. 2008.-№155.- с. 299-305.
4. Лео В.К., Мазурин Д.В. Свойства кварцевого стекла. – Л.: Наука, 1985. - 164 с.
5. Бесекерский В.А, Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – М.: Профессия, 2003. – 752 с.
6. Филипенко А.И., Пономарева А.В. Управление технологическим процессом вытяжки микроструктурированного оптического волокна// 2-я Международная научная конференция «Электронная компонентная база. Состояние и перспективы развития» Сборник научных трудов. - Харьков: ХНУРЭ - 2009.-с.166-169.
7. Филипенко А.И., Пономарева А.В. Контроль конструктивно-технологических параметров микроструктурированного волокна в АСУ ТП вытяжки волокна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 2010 - № 1/5. – с. 17 – 20.