

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С НАЛИЧИЕМ ЗАПАЗДЫВАНИЯ

Лапето А. В., Кузьмицкий И. Ф.

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: AVLapeto@gmail.com

Работа посвящена исследованию проблем, возникающих при изготовлении продукции в экструзионных аппаратах. Показана возможность применения новых методов синтеза алгоритмов управления процессами с использованием теории вложения систем. Рассматривается возможность применения системы механических манипуляторов в составе технологического процесса с целью улучшения физико-механических характеристик продукции, а также рационального использования производственных площадей.

ВВЕДЕНИЕ

На практике сложные технологические процессы, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных, могут быть рассмотрены в виде дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Такой подход к математическому описанию в химической промышленности широко применяется к массообменным процессам (абсорбция, ректификация и т. д.).

Управление такими процессами связано с большими трудностями, как в моделировании, так и с реализацией законов управления

I. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ

Технологический процесс экструзии складывается из последовательного перемещения материала вращающимся шнеком в его зонах [1]: питания, пластикации, дозирования расплава, а затем продвижения расплава в каналах формирующей головки.

Исследования технологического процесса показывают, что в процессе производства изделий методом экструзии наблюдаются значительные колебания выходных переменных процесса: производительность 4-10%; толщина стенки трубы 17-30% и физико-механических характеристик в диапазоне 30-50%. К настоящему времени не разработана единая теория движения расплава при экструзии, что затрудняет исследование процесса.

Анализ уровня автоматизации экструзионных линий показал необходимость разработки датчиков расплава, толщины получаемого изделия. Существующие системы управления температурой в зонах электрообогрева и скоростей вращения электроприводов основного оборудования технологических линий имеют невысокую точность стабилизации параметров.

При правильном построении системы управления и получении необходимого закона управления возможно получение готового продукта с лучшими механическими характеристиками, а также меньшими затратами сырья за

счет регулирования толщины получаемого изделия, построенного на обратной связи.

II. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

В связи с тем, что в настоящее время отсутствует единое описание движения расплава, для получения математической модели используются экспериментальные данные линий по производству различных изделий. Многие процессы характеризуются распределенными параметрами в пространстве. При использовании сосредоточенных математических моделей эти свойства проявляются в виде отклоняющихся аргументов (запаздываний). В общем виде процесс экструзии может быть описан в виде следующей системы дифференциально-разностных уравнений:

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=0}^l A_i x(t - \tau_i) + \sum_{j=0}^r B_j u(t - \theta_j), \quad (1)$$

где $\tau_0 = 0, 0 < \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_l$ - постоянные времена запаздывания в каналах состояния; $\theta_0 = 0, 0 < \theta_1 < \theta_2 < \dots < \theta_l$ - постоянные времена запаздывания в каналах управления; $i = 0, \dots, l; j = 0, \dots, r; u(t) \in \mathbb{R}^s; x(t) \in \mathbb{R}^n$ - вектор входных переменных и фазовый вектор объекта управления соответственно. В нашем случае матрицы A_i имеют размер $n \times n$, являются числовыми при временах запаздывания τ_i . Матрицы B_j размера $n \times s$ также являются числовыми и соответствуют временам запаздывания по управлению θ_j .

При таком описании объекта управления в качестве управляющих воздействий могут выступать угловая скорость вращения электропривода шнека, линейная скорость электропривода тянущего устройства или гофратора, а также температуры зон обогрева головки и цилиндра.

III. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Так как объект управления описывается уравнениями, в состав которых входят элементы запаздывания, синтез систем управления при использовании классических подходов становится

черезмерно сложным, а иногда и невозможным [2].

Для обеспечения стабильных физико-механических характеристик получаемой продукции необходимо, чтобы кривые переходных процессов соответствовали определенным показателям качества. Для систем управления, описываемых в пространстве состояний, можно воспользоваться методами модального управления. Среди множества современных методов общего синтеза модальных регуляторов систем управления особое внимание следует обратить на "Теорию вложения систем"[3]. В теории вложения используются системы матричных уравнений для решения задач управления. Суть данного подхода заключается во "вложении" в скалярный образ системы ее желаемого поведения (как вынужденного, так и свободного).

Желаемое поведение системы управления должно соответствовать определенному набору требований, предъявляемых к этой системе. Следовательно, и матричные желаемые передаточные функции должны быть выбраны на основе технологических требований.

В настоящее время наиболее широко используются такие показатели качества систем управления, как перерегулирование, показатель колебательности, степень затухания, установившаяся ошибка и др. Однако синтезировать систему управления возможно лишь задаваясь некоторыми из них. Использование перерегулирования в качестве требования к системе управления сопряжено с определенными трудностями.

Используя алгоритм синтеза на основе желаемого показателя перерегулирования [4], возможно одновременно обеспечить также такие показатели качества, как степень затухания и время регулирования.

С целью рационального использования производственных площадей возникает необходимость складирования готового продукта в непосредственной близости от оборудования. Для этого вместо тянущего привода может быть применена система механических манипуляторов. Первый манипулятор будет отводить готовый продукт на необходимую длину (в зависимости от вида продукции), после чего изделие будет обрезаться и складываться на стеллаж. Пока первый манипулятор занят укладкой продукции, второй будет выполнять те же функции (для поддержания непрерывного режима работы экструдера).

Показателями качества получаемой продукции являются в первую очередь физико-механические характеристики. К сожалению, в процессе изготовления эти характеристики не поддаются измерению, поэтому об их значении судят по тянущему усилию электроприводов (ма-

нипуляторов). При отклонении тянущего усилия от номинального значения в большую сторону будет наблюдаться резкое падение сопротивления вытягиванию со стороны материала, и продукт начнет рваться. При значении усилия меньше номинального наблюдается неэффективное использование сырья (толщина изделия будет выше необходимой). При превышении толщиной заданного значения также возникают трудности сочленения изделий между собой.

О текущем значении тянущего усилия можно судить по значению тока привода манипулятора. Зная значение тока, можно косвенно судить о физико-механических характеристиках продукции, которая будет получена через определенное время. Фактически в данном случае можно говорить о наличии транспортного запаздывания между измерением и получением продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного анализа экструзионных технологических процессов выявлен ряд трудностей, возникающих при изготовлении продукции таким методом. Рассматриваемая математическая модель процесса позволяет рассматривать поведение системы в пространстве состояний. Как следствие, для таких технологических процессов становится возможен синтез систем управления при использовании новых методик модального управления. Рассмотрена возможность применения системы механических манипуляторов для вытягивания продукта из экструдера и складирования готового материала. Рассматриваемый технологический процесс может быть разделен на три основные части: экструдер непосредственно, процесс вытягивания изделия и движение манипуляторов. Все три объекта описываются в пространстве состояний и имеют в своем составе звенья запаздывания (как чистого, так и транспортного). Применение рассматриваемых алгоритмов управления позволит задавать каждой части процесса желаемое поведение (как свободное, так и вынужденное)

1. Торнер, Р. В. Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов) / Р. В. Торнер. – М.: Химия, 1977. – 464 с.
2. Лапето, А. В. Анализ методов синтеза систем автоматического управления с запаздыванием / А. В. Лапето // Труды БГТУ. – 2011 – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 78–80.
3. Буков, В. Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем / В. Н. Буков. – Калуга: Изд-во научной литературы Н. Ф. Бочкаревой, 2006. – 720 с.
4. Лапето, А. В. Особенности формирования передаточных функций для обеспечения желаемых показателей качества / А. В. Лапето // Материалы международной научной конференции «Информационные технологии и системы 2012». – Минск: БГУ-ИР, 2012. – С. 50–51.