

Сравнительный синтез робастных регуляторов для управления кристаллизацией

В.С. Суздаль¹, Ю.М. Епифанов¹, А.В. Соболев¹

Аннотация – The paper contains comparison the methods of synthesis the robust controllers for control system of growing single crystals.

Ключевые слова – робастный регулятор, неопределённость модели объекта управления, система стабилизации.

I. ВВЕДЕНИЕ

Крупногабаритные щелочно-галоидные монокристаллы (ЩГК) выращивают в промышленности методом Чохральского на установках типа «РОСТ». Известно, что процесс выращивания ЩГК является нестационарным [1]. Исследования процесса кристаллизации крупногабаритных монокристаллов показывают, что возможна декомпозиция процесса выращивания на интервалы со сходными тепловыми условиями.

Решение задачи высококачественного управления процессом кристаллизации следует искать в классе робастных систем управления, сохраняющие свои основные свойства на интервале выращивания. Существует ряд методов проектирования робастных систем, например, H_∞ -оптимизация [2]. Проведен синтез робастных регуляторов для систем управления кристаллизацией H_∞ – методами смешанной чувствительности и формирования контура.

II. МЕТОД СМЕШАННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Передачная функция $K(s)$ робастного регулятора должна обеспечивать устойчивость замкнутой системы. В соответствии с критерием Найквиста для устойчивой системы график $T(j\omega)K(j\omega)$ не должен проходить или охватывать точку $(-1, j0)$, т.е. достаточным условием устойчивости системы является $\|TK\|_\infty < 1$. Пусть выполняется условие $\|T_n K\|_\infty < 1$. Из [2] следует, что требования к робастности по возмущениям и к робастной стабилизации можно выразить соотношением

$$\left\| \begin{array}{l} (I + T_n K)^{-1} \\ (I + T_n K)^{-1} \Delta_a K \\ (I + T_n K)^{-1} T_n \Delta_m K \end{array} \right\|_\infty \leq 1, \quad (1)$$

где $\Delta_a(s) = T(s) - T_n(s)$ аддитивная неопределенность, $\Delta_m(s) = (T(s) - T_n(s))/T_n(s)$ мультипликативная неопределенность ОУ, $S = (I + T_n K)^{-1}$ функция чувствительности, $H = (I + T_n K)^{-1} T_n K$ передаточная функция замкнутой системы, $R = (I + T_n K)^{-1} K$ функция чувствительности управления должны быть расположены по центру и пронумерованы.

III. МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРА

Проведен синтез робастного регулятора H_∞ - методом формирования контура [3].

Математическая постановка задачи синтеза регулятора $K(s)$ формулируется как задача H_∞ - оптимизации, т.е. для объекта управления и формирующих функций W_1 и W_2 необходимо синтезировать регулятор $K(s)$ в виде обратной связи по измеряемому выходу $u(s) = K(s)y(s)$, обеспечивающий минимально возможное значение γ для H_∞ - нормы передаточной функции замкнутой системы

$$\|T_{wz}(G_s K_\infty)\|_\infty = \gamma_{\min}. \quad (2)$$

При синтезе регулятора методом формирования контура задаются формирующие функции префильтра W_1 , постфильтра W_2 и формируется обобщенный объект $G_s = W_2 G W_1$, который задает желаемые частотные характеристики разомкнутой системы. Решается задача H_∞ - оптимизации для обобщенного объекта G_s и определяется величина максимального запаса робастной устойчивости. Если $\epsilon_{\max} < 0.5$, то искомый регулятор определяется в виде $K = W_1 K_\infty W_2$.

IV. ВЫВОДЫ

Метод формирования контура обеспечивает более высокие качество управления и подавление низкочастотных возмущений, что особенно важно для систем управления кристаллизацией с косвенным методом оценки диаметра растущего монокристалла по текущему уровню расплава в тигле.

СПИСОК ССЫЛОК

- [1] Суздаль В.С. Сцинтилляционные монокристаллы: автоматизированное выращивание. / В.С. Суздаль, П.Е. Стадник, Л.И. Герасимчук, Ю.М. Епифанов // Сер. Состояние и перспективы развития функций. матер. для науки и техники. – Харьков: ИСМА, 2009. – 260 с.
- [2] Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / [Под ред. Н. Д. Егупова]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.
- [3] Mcfarlane D.C. Loop Shaping Design Procedure Using H_∞ Synthesis / Mcfarlane D.C., Glover K. // IEEE Transactions on Automatic Control. – 1992. – Vol. 37. – № 6. – PP. 759–769.

¹ Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, пр.Ленина, 60, Харьков, 61001, УКРАИНА, E-mail: suzdal@isma.kharkov.ua