

ЦИФРОВОЕ РОБАСТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛИ ПО ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Пониткова Г.В., группа СУА-09м

Руководитель доц. Жукова Н.В.

Главной задачей систем автоматического сопровождения цели по дальности является точное отслеживание изменения дальности до объекта и быстрый переход системы в состояние динамического равновесия. Поэтому к системе автоматического управления (САУ) предъявляются жесткие требования по быстродействию и точности. Эффективно решить эту задачу авторами предлагается с помощью методов робастного управления (H_∞ -метода). Развитие известных методов построения робастных законов управления, различные модификации существующих алгоритмов свидетельствуют о том, что задача в полном объеме еще не решена и является актуальной.

Задачей синтеза робастных систем управления является поиск закона управления, который сохранял бы выходные переменные системы и сигналы ошибки в заданных допустимых пределах, несмотря на наличие неопределённостей в контуре управления. Неопределённости могут принимать любые формы, однако наиболее существенными являются шумы, нелинейности и неточности в знании передаточной функции объекта управления. При синтезе робастного регулятора для рассматриваемого объекта авторами в [1] были проанализированы различные модификации существующих алгоритмов управления. Удобным с точки зрения единообразной процедуры синтеза и

обоснований при формировании частотных ограничений, является методика, описанная в [2], которая и была взята за основу. Структурная схема системы с робастным регулятором представлена на рис.1.

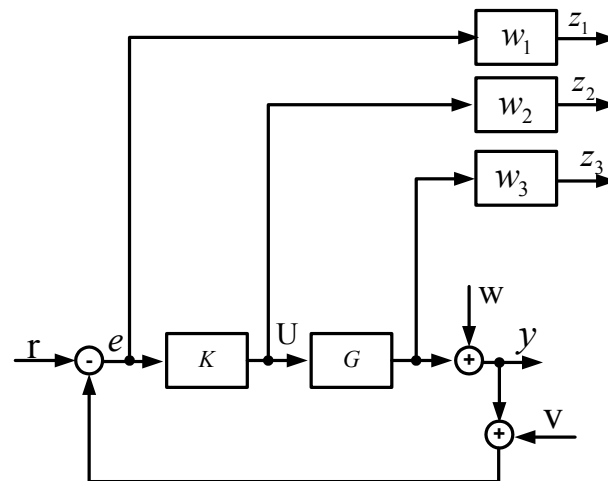


Рисунок 1- Структурная схема системы с робастным регулятором (G – объект, K – робастный регулятор, r – задание, w - возмущение, приложенное к объекту, v – помеха измерения, e – ошибка регулирования, U – управляющее воздействие, w_1, w_2, w_3 – функции, зависящие от частоты)

Синтез робастной системы в частотной области предполагает выбор регулятора, при котором чувствительность замкнутой САУ была бы меньше некоторого допустимого значения, а минимизация чувствительности требует выбора такого регулятора, чтобы эта чувствительность была равна или достаточно близка к минимальному значению. В дальнейшем ищется такой регулятор, чтобы минимизировать норму $\|z_1 z_2 z_3\|_\infty$ [3]. Выбор весовых матриц w_1, w_2, w_3 является нетривиальной задачей и требует учета особенностей объекта управления (ОУ), информации о диапазоне рабочих частот замкнутой системы, о степени подавления внешних возмущений, о наибольших прогнозах мультипликативных возмущений. Диагональная матрица устойчивых низкочастотных фильтров w_1 выбирается из условия регламентированного

подавления низкочастотных возмущений. В случае аддитивных отклонений от номинального объекта, динамика оценивается матрицей w_2 и для случая мультипликативных возмущений – матрицей w_3 . Мультипликативные возмущения «охватывают» и аддитивные, поэтому можно ограничиться только учетом всех возмущений матрицей w_3 , т.е. величина w_1 - фактически является оценкой верхней границы немодулируемой динамики в высокочастотной области. Матрица w_2 может использоваться для ограничения мощности управления, а также как параметр, настраиваемый для регулирования быстродействия. В некоторых случаях введение w_2 необходимо для существования решения рассматриваемой задачи. При этом можно ограничиться простейшим выбором $w_2 = \varepsilon I$, где ε – малая величина, I – единичная матрица соответствующих размеров. Все требования к системе по ослаблению возмущений и обеспечению запаса устойчивости сводятся к единственному требованию к норме:

$$\|T_{yu}\|_{\infty} \leq 1, \quad (1)$$

где $T_{yu} = \begin{vmatrix} w_1 S \\ w_2 R \\ w_3 T \end{vmatrix}$ - функция стоимости смешанной чувствительности;

S - сингулярная величина чувствительности, которая определяет ослабление возмущений;

R - функция чувствительности управления;

T - передаточная функция замкнутой САУ.

Для решения задачи минимизации нормы T_{yu} применяется метод двух уравнений Лурье – Риккати [4, 5], сочетающий в себе классическую теорию автоматического управления и метод пространства состояний, а именно: постановка задачи производится в частотной области, а ее решение осуществляется с использованием метода пространства состояний. Решение уравнений Риккати получено с помощью пакета программ Matlab и встроенной

функцией hinfort . На основании решения получена непрерывная передаточная функция робастного регулятора.

Синтезированная система является грубой, нечувствительной к изменению параметров объекта и остается устойчивой при действии возмущений [1].

Цифровой робастный закон управления реализуется на цифровом контроллере. Структурно-функциональная схема цифровой САУ представлена на рис.2.

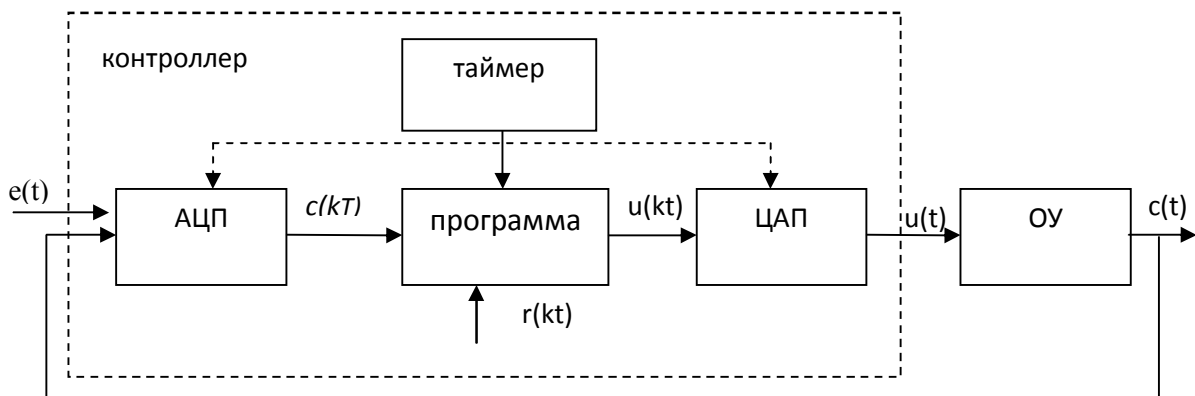


Рисунок 2. Структурно-функциональная схема цифровой системы управления

Управляющее устройство цифровой системы содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП), обеспечивающий преобразование непрерывного сигнала выхода $c(t)$ в последовательность чисел $c(kT)$; программу расчета на основе $c(kT)$ и $r(kT)$ последовательности чисел, характеризующих управляющее воздействие $u(kT)$; цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий последовательность $u(kT)$ в непрерывный сигнал входа $u(t)$, и таймер, синхронизирующий работу АЦП, программы и ЦАП [6].

Робастный регулятор описывается непрерывной передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{2.983 \cdot 10^2 s^3 + 2.471 \cdot 10^3 s^2 + 2.379 \cdot 10^{-8} s - 3.337 \cdot 10^{-7}}{s^4 + 204.1 s^3 + 2.383 \cdot 10^3 s^2 + 4.674 \cdot 10^3 s + 475.6} \quad (2)$$

Тогда z-передаточная функция цифрового робастного регулятора имеет вид:

$$W(z) = \frac{10.66z^3 - 25.88z^2 + 19.77z - 4.55}{z^4 - 2.175z^3 + 1.486z^2 - 0.309z} \quad (3)$$

На основании (3) представим выражение с использованием оператора сдвига во времени:

$$W(z^{-1}) = \frac{10.66z^{-1} - 25.88z^{-2} + 19.77z^{-3} - 4.55z^{-4}}{1 - 2.175z^{-1} + 1.486z^{-2} - 0.309z^{-3}} \quad (4)$$

Получено разностное уравнение, описывающее работу регулятора:

$$u(kT) = 10.62e(k-1)T - 25.79e(k-2)T + 19.7e(k-3)T - 4.53e(k-4)T + 2.175U(k-1)T - \quad (5) \\ - 1.486U(k-2)T + 0.309U(k-3)T,$$

на основании которого разработан алгоритм реализации управляющего воздействия. После запуска управляющей программы происходит инициализация внутреннего таймера контроллера и настройка его на работу с периодом квантования равным 0,01с. В дальнейшем таймер с периодичностью 0,01с сигнализирует о том, что заданный период времени закончился и необходимо производить вычисления управляющего сигнала. После этого проводится измерение выходного сигнала ошибки e и присвоение измеренного значения переменной $e1$, которая соответствует входному сигналу ошибки e на один период квантования ранее., т.е. $e((k-1)T)$. Также инициализируется переменная $u1$, которая соответствует выходному сигналу регулятора u на один период дискретизации назад, т.е. $u((k-1)T)$. Далее управляющая программа работает в цикле, образованном модулем ожидания сигнала от таймера. Если с момента инициализации таймера или с предыдущего момента вычисления управляющего сигнала прошло 0,01с, то последовательно выполняются следующие операции: изменение входного сигнала e ; вычисление выходного u , выдача на ЦАП, вычисление управляющего сигнала u ($u(kT)$); запоминание для следующего цикла вычислений значения входного и выходного сигналов. Для дальнейшей технической реализации цифрового робастного закона управления можно применить программируемый логический контроллер (ПЛК) Simatic S7-

300, который предусматривает размещение в его постоянной памяти и осуществление на его процессоре программы управления двигателем системы АСД. Среда программирования - STEP 7 5.0, язык программирования - FBD.

Выводы:

1. Рассмотрено применение H_{∞} - управления для системы автоматического сопровождения цели по дальности радиолокационной станции;
2. Сформированы требования к замкнутой системе в виде частотных ограничений на сингулярные числа передаточной функции разомкнутой САУ;
3. Разработан алгоритм для реализации цифрового робастного закона управления на ПЛК Simatic S7-300.

Перечень ссылок

1. Жукова Н.В., Пониткова Г.В., Синтез робастного регулятора системы автоматического сопровождения цели по дальности для радиолокационной станции. Наукові праці Донецького національного технічного університету . Донецьк, випуск 14, 2010.
2. В. М. Перельмутер Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox, Robust System Toolbox – М.: СОЛОН – ПРЕСС, 2008. – 224с.
3. Robust Control Toolbox, User'r guide, The MathWorks,2001
4. Курдюков А.П., Семенов А.В., Павлов Б.В. Применение H_{∞} - теории в задачах проектирования //Приборы и системы управления. – 1994. -№11.
5. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. Киев: Выща школа, 1988
6. Бабенко А.Г. Цифровые системы управления: Учебное пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2005. -325 с.