

/ Б.Х. Гайтов, Л.Е. Копелевич, А.В. Самородов, В.А. Иванюк // Изв. вузов. Электромеханика, 2006. -№ 5. - с. 24-27.;

4. Самородов А.В. Разработка системы автономного электроснабжения на базе двухмерной электрической машины // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Краснодар, 2002.;

5. Двухмерная электрическая машина-генератор / Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Гайтова

Т.Б., Копелевич Л.Е. // патент на изобретение RU 2332775 05.12.2006.;

6. Двухмерная аксиальная электрическая машина-генератор / Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Гайтова Т.Б., Копелевич Л.Е. // патент на изобретение RU 2349014 02.07.2007.;

7. Ермак А.А. Перспективные источники для автономных систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии / Ермак А.А., Самородов А.В., Копелевич М.Л. // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 39-41

К ВОПРОСУ О МАКСИМИЗАЦИИ РОБАСТНОЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

(Исследования проводятся при поддержке регионального гранта РФФИ № 13-01-98009)

Езангина Т.А., Гайворонский С.А.

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30

E-mail: eza-tanya@yandex.ru

Постановка задачи

Одним из широко используемых при проектировании систем автоматического управления (САУ) критериев является критерий максимальной степени устойчивости. Известно, что системы, синтезированные по этому критерию обладают более высоким быстродействием, меньшим переуправлением и большим запасом устойчивости [1, 2]. Важным является также малая чувствительность систем максимальной степени устойчивости к параметрическим возмущениям в объекте управления. Применение критерия максимальной степени устойчивости при синтезе систем с интервальными параметрами с точки зрения корневого подхода предполагает максимальное удаление от мнимой оси областей локализации ближайших к ней полюсов САУ. Этим в свою очередь решается задача уменьшения длительности переходных процессов в САУ при наихудших по данному показателю качества сочетаниях интервальных параметров системы. В результате в САУ обеспечивается максимальная степень робастной устойчивости, которая определяется минимальным расстоянием от мнимой оси до границы областей локализации полюсов системы.

В этой связи представляет интерес решение задачи выбора настроек линейного регулятора, максимизирующего степень робастной устойчивости САУ в условиях интервальной неопределенности параметров объекта управления.

Метод решения задачи

Решать данную задачу предлагается на основе коэффициентного метода, который позволяет получить пусть и приближенные в некотором смысле, но простые соотношения, связывающие искомые параметры регулятора и коэффициентные показатели работоспособности САУ [3]. Эти показатели определяются некоторыми комбинациями коэффициентов характеристического полинома

системы. Пусть интервальный характеристический полином линейной системы имеет вид:

$$D(s, \vec{k}) = [d_n](\vec{k})s^n + [d_{n-1}](\vec{k})s^{n-1} + \dots + [d_0](\vec{k})s \quad (1)$$

где $\vec{k} = [k_1 \dots k_n]$ - вектор параметров регуляторов,

$$\overline{d_i(\vec{k})} \leq d_i(\vec{k}) \leq \underline{d_i(\vec{k})}, \quad i = \overline{0, n}.$$

На основании (1) можно определить показатели устойчивости $\lambda_i(\vec{k})$, которые образуются четверками рядом стоящих коэффициентов полинома (1)

$$\lambda_i(\vec{k}) = \frac{\overline{d_{i-1}(\vec{k})} \overline{d_{i+2}(\vec{k})}}{\underline{d_i(\vec{k})} \underline{d_{i+1}(\vec{k})}} \quad (2)$$

На основе коэффициентных показателей устойчивости (2) можно получить достаточные условия устойчивости линейных интервальных систем:

$$\lambda_i(\vec{k}) < \lambda_i^* \approx 0,465, \quad \forall i = \overline{1, n-2}. \quad (3)$$

Условия (3) могут быть использованы для выбора параметров регулятора, обеспечивающих устойчивость интервальных САУ. Их простота позволяет строить хорошо алгоритмизируемые процедуры синтеза, а некоторая избыточность способствует получению устойчивости с запасом, всегда необходимым при разработке реальных систем автоматического управления.

Условия для определения максимальной степени устойчивости

Очевидно, что при проектировании САУ важно не только получить устойчивую систему на основе применения достаточных условий устойчивости (3), но и гарантировать в САУ определенное качество функционирования. Для этого на основе [3] предложены следующие достаточные условия заданной степени устойчивости η , выполнение которых гарантирует, что корни характери-

стического полинома (1) будут лежать левее заданной степени устойчивости η .

$$\begin{cases} \lambda_i(\bar{k}, \eta) \leq \lambda^*; \\ d_m(\bar{k}) - d_{m+1}(\bar{k})(n-i-1)\eta \geq 0, m = \overline{1, n-1} \geq 0; \\ d_0(\bar{k}) - d_1(\bar{k})\eta + 2d_2(\bar{k})\frac{\eta^2}{3} \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\lambda_i(\bar{k}, \eta) = \frac{d_{i-1}(\bar{k}) d_{i+2}(\bar{k})}{(d_i(\bar{k}) - d_{i+1}(\bar{k})(n-i-1)\eta)(d_{i+1}(\bar{k}) - d_{i+2}(\bar{k})(n-i-2)\eta)}$$

Очевидно, что увеличение η в (4) позволяет найти его максимальное значение η^* . Задачей синтеза регулятора при этом является выбор его настроек \bar{k} , при которых достигается максимум η^* . Обозначим этот максимум через η_{\max}^* . Таким образом, $\eta_{\max}^* = \max_{\bar{k}} \eta^*$. Однако увеличивать η в каждом выражении $\lambda_i(\bar{k}, \eta)$ путем изменения настроек регулятора возможно до значения, при котором $\lambda_i(\bar{k}, \eta) = \lambda^*, i = \overline{1, n-2}$.

Таким образом, для определения максимальной степени устойчивости η_{\max}^* и соответствующих ей настроек регулятора \bar{k} достаточно (n-2) раз решить следующую систему:

$$\begin{cases} \lambda_i(\bar{k}, \eta) \leq \lambda^*, i = \overline{1, n-2}; \\ \lambda_j(\bar{k}, \eta) \leq \lambda^*, j \neq i; \\ f_m(\bar{k}, \eta) = d_m(\bar{k}) - d_{m+1}(\bar{k})(n-i-1)\eta \geq 0, m = \overline{1, n-1}; \\ g(\bar{k}, \eta) = d_0(\bar{k}) - d_1(\bar{k})\eta + 2d_2(\bar{k})\frac{\eta^2}{3} \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

находя на каждом шаге η_{\max}^* , и после этого выбрать из них максимальное значение.

Алгоритм параметрического синтеза робастного регулятора

Для заданной передаточной функции объекта управления $W_{OY}(s)$ и функции регулятора $W_P(s)$ величина добротности по скорости будет определяться выражением

$$D = \frac{k_0 b_0}{a_0}. \quad (6)$$

Для решения системы (5) авторами разработана блок-схема алгоритма параметрического синтеза регулятора (рис. 1).

Пример

Рассмотрим синтез системы стабилизации положение подводного объекта [4], характеристический полином которой имеет вид

$$D(s) = [d_5]s^5 + [d_4]s^4 + [d_3]s^3 + [d_2]s^2 + [d_1]s + [d_0],$$

где $d_5 = [0, 3; 0, 42]$, $d_4 = [6, 12; 7, 95]$,

$$d_3 = 18k_2 + [275, 53; 310, 486],$$

$$d_2 = 2016, 05k_2 + 18k_1 + [2901, 9; 3261, 9],$$

$$d_1 = 21605k_2 + 2016, 05k_1 + 233, 3, d_0 = 21605k_1.$$

где k_1 и k_2 – настройки регулятора. Из выражения добротности D_w определим параметр регулятора $k_1 = 0,111$. Найти второй параметр k_2 можно через степень устойчивости η из первого выражения системы (5). Подставив далее выражения для параметров k_1 и k_2 в (5), сформируем систему:

$$\begin{cases} \frac{(457,082 + 21065k_2)7,95}{((2903,89 + 2016,05k_2) - 2\eta(18k_2 + 310,48))(18k_2 + 310,48) - 7,95\eta} < 0,465; \\ \frac{(3263,89 + 2016,05k_2)0,42}{(18k_2 + 275,53) - 7,95\eta} < 0,465; \\ (457,082 + 21065k_2) - (3263,89 + 2016,05k_2)\eta \geq 0; \\ (2903,89 + 2016,05k_2) - 2\eta(18k_2 + 310,48) \geq 0; \\ (18k_2 + 275,53) - 7,95\eta \geq 0 \\ 2338,15 - (457,082 + 21065k_2)\eta + 2(2903,89 + 2016,05k_2)\frac{\eta^2}{3} \geq 0. \end{cases}$$

Решая данную систему, находим $\eta_{\max}^* = 0,6890$ и $k_2 = 0,0659$.

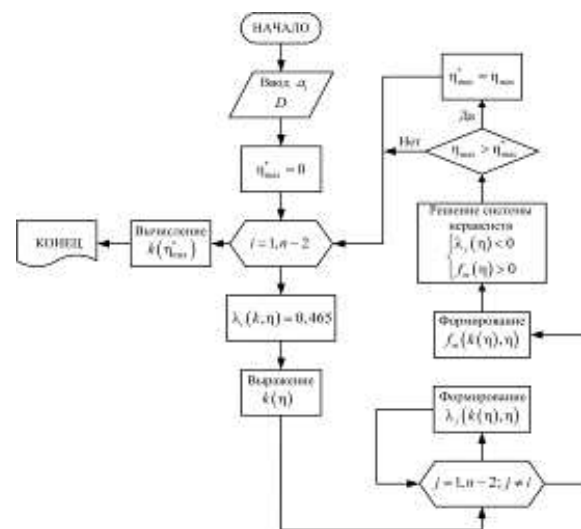


Рис. 1. Блок-схема алгоритма параметрического синтеза регулятора

Заключение

Проведенные в статье исследования основаны на применении к интервальной САУ достаточных условий заданной степени устойчивости. При этом показателем качества интервальной САУ выбрана степень робастной устойчивости, определяющая максимальную длительность переходного процесса САУ в наихудшем режиме.

Предложенная процедура максимизации степени устойчивости САУ рассмотрена на примере выбора настроек линейного ПИ-регулятора для интервальной системы управления.

Литература

1. Волков А.Н. Метод синтеза систем автоматического управления с максимальной степенью устойчивости при наличии ограничений / А.Н. Волков, Ю.В. Загашвили // Известия РАН. Сер. Теория и системы управления. – 1997. – № 3. – С. 12–19
2. Шубладзе А.М. Способы синтеза систем управления максимальной степени устойчивости // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 1. – С. 28–37.
3. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза / Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
4. Езангина Т.А. Проектирование робастной системы стабилизации положения буксируемого подводного объекта. // X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 13-16 ноября 2012 г., с.225-227.

СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ВИБРОДАТЧИКОВ

Фаерман В.А., Степанцов П.С.

Научный руководитель: Аврамчук В.С.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: fcsevladfaerman@gmail.com

В настоящее время, для решения широкого спектра задач вибродиагностики оборудования созданы специализированные переносные программно – технические системы [1], которые называют портативными вибродиагностическими комплексами [2]. В состав таких комплексов могут входить следующие функциональные единицы – средства измерения вибрации, блок сбора и накопления данных, средства диагностики, средства конфигурации узлов и агрегатов (с базой, распространенных подшипников, шестерней и т.д.), конструктор отчетов [1]. Приблизительный состав комплекса приведен на рисунке 1.

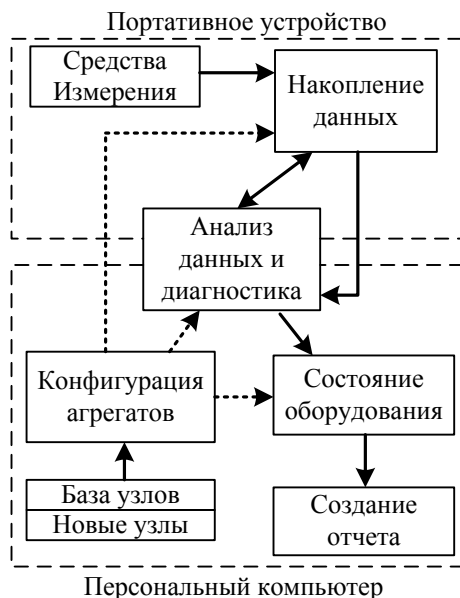


Рис. 1. Схематическое изображение комплекса

Важной частью системы, во многом определяющей диагностические качества комплекса, являются используемые в ней средства измерения вибрации [1]. В настоящее время используют различ-

ные принципы измерения параметров вибрации: бесконтактные (акустические, оптические, волновые) и контактные (механические и электрические). Бесконтактные методы, в силу большой громоздкости оборудования, высокой его стоимости и относительно низкой точности измерения, применяются лишь в тех ситуациях, где механический контакт с вибрирующим объектом не возможен [3]. Механические методы измерения вибрации – ранее использовались в качестве лабораторных, но впоследствии были вытеснены электрическими. В основу измерений параметров вибрации (прежде всего виброускорения) электрическими методами положено изменение электрических величин (таких как напряжение, сопротивление, емкость) вследствие воздействия вибрирующего тела на датчик [3].

Наиболее распространенными в промышленности вибродатчиками являются устройства на базе электрических акселерометров, которые бывают нескольких типов: пьезоэлектрические, пьезорезистивные, переменной емкости [4]. Пьезорезистивные преобразователи осуществляют преобразование механического напряжения в электрическое сопротивление и представляют собой монолитные устройства, обладающие высокой механической прочностью и хорошо подходящие для измерения низкочастотной вибрации и силы ударных воздействий, но испытывающие трудности с высокочастотными сигналами [4]. Преобразователи переменной емкости имеет две параллельные пластины, расстояние между которыми изменяется в результате воздействия механического напряжения, и приводит к изменению емкости. Устройства данного типа используются для измерения низкочастотной вибрации и виброперемещений и широко применяются при исследовании конструкции транспортных средств (самолетов, автомобилей) [4]. В промышленной вибродиагно-