XXX Юбилейная Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. VII: С154-155, 2002.

УДК 621.38

М.В. Бирин (6 курс, каф. САУ), А.Д. Курмашев, к. т. н., доц.

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ МЕТОД СИНТЕЗА РОБАСТНО УСТОЙЧИВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Управление движением исполнительных органов большинства многокоординатных объектов осуществляется с помощью электроприводов постоянного тока, работающих в условиях параметрических возмущений, порожденных различными причинами. Для приводов роботов – это, например, изменение моментов инерции механизма вследствие переменности его конфигурации в процессе движения и масс перемещаемых грузов.

Различными методами можно получить оценки диапазонов этих параметрических возмущений, сочетание которых может быть произвольным. То есть заданная структура электропривода из-за неопределенности параметров порождает семейство параметрически отличных друг от друга систем, каждая из которых обладает своими свойствами. Поэтому актуальным является построение робастных систем электропривода, в частности, робастно устойчивых.

Разработка методики синтеза робастно устойчивого привода постоянного тока предполагает на начальном этапе исследование устойчивости непрерывной системы при вариациях ее параметров. Пусть вариации подвергаются некоторое количество параметров системы:

$$x_i = var,\ \ i = 1 \ldots k,$$

где x_i - варьируемые параметры системы, k - количество варьируемых параметров, тогда характеристический полином данной системы можно записать в виде:

$$P(s) = a_0(x_1 \ldots x_k) + a_1(x_1 \ldots x_k)\, s + a_2(x_1 \ldots x_k)\, s^2 + \ldots\ a_n(x_1 \ldots x_k)\, s^n.$$

Учитывая то, что параметры системы изменяются в каких то пределах, можно записать:

$$x_{imax} > x_i > x_{imin},$$

где x_{imax} , x_{imin} - соответственно верхняя и нижняя границы изменения параметров.

Тогда можно построить некое пространство коэффициентов $a_j(x_1..x_k)$ полинома $P(s)$ при вариациях параметров x.

Значения коэффициентов полинома, при которых полином является устойчивым (условие устойчивости можно проверить известными критериями Гурвица, Найквиста, Михайлова) образуют подпространство устойчивости в пространстве A (рис.1.).

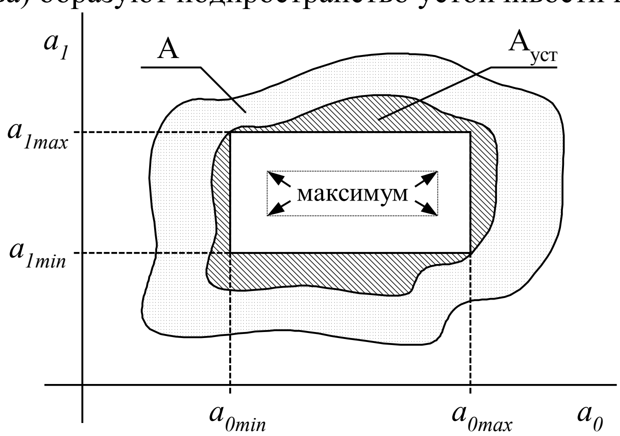

Рис.1.

Для того, чтобы построить пространство $A_{уст}$ (т.е. найти все $a_{jуст}(x_1..x_k)$), необходимо произвести очень трудоемкие расчеты. Упростим задачу, выделив из пространства $A_{уст}$ прямоугольный параллелепипед, вершинами которого будут значения $a'_{jустМакс}(x_1..x_k)$, $a'_{jустМин}(x_1..x_k)$, причем совсем необязательно, что $a'_{jустМакс}(x_1..x_k) = a_{jустМакс}(x_1..x_k)$, $a'_{jустМин}(x_1..x_k) = a_{jустМин}(x_1..x_k)$ (т.е. вершины прямоугольного параллелепипеда попадают на границы устойчивости).

Очевидно, чтобы прямоугольный параллелепипед занял максимальное пространство в пространстве $A_{уст}$, необходимо максимизировать его объем.

Следовательно, необходимо найти такие значения $a'_{jустМакс}(x_1..x_k)$, $a'_{jустМин}(x_1..x_k)$, при которых объем прямоугольного параллелепипеда будет максимальным. В результате имеем классическую задачу нелинейного программирования:

$V = \Pi(a'_{jустМакс}(x_1..x_k) - a'_{jустМин}(x_1..x_k)) = \max$ - целевая функция

$$\left.\begin{array}{ll} a'_{jустМакс}(x_1..x_k) > a'_{jустМин}(x_1..x_k) > 0 & \\ \Delta_j > 0 & j = 1\ldots n \\ x_{imax} > x_i > x_{imin} & i = 1\ldots k. \end{array}\right\}$$ - функции ограничения

После того, как задача решена и найдены такие $a'_{jустМакс}(x_1..x_k)$, $a'_{jустМин}(x_1..x_k)$, которые удовлетворяют вышеуказанным условиям, необходимо настроить систему, чтобы она была робастно устойчива к вариации параметров x_i.

Так как коэффициенты a_i зависят от выбранных значений параметров регуляторов y_m, то задача сводится к нахождению таких y_m, чтобы при номинальных $x_{iн}$ коэффициент $a_{опт}(y_m, x_{1н}..x_{kн})$ был равноудален от граничных значений $a'_{jустМакс}(x_1..x_k)$, $a'_{jустМин}(x_1..x_k)$. Таким образом, получили условия задачи нелинейного программирования, где целевой функцией S, которую необходимо максимизировать, является произведение модулей разностей граничных и оптимальных значений:

$$S(y_m)=\Pi\,/(a_{опт}(y_m,x_{1н}..x_{kн}) - a'_{jустМин}(x_1..x_k))/\times/(a_{опт}(y_m,x_{1н}..x_{kн}) - a'_{jустМакс}(x_1..x_k))/$$

Ограничениями служат условия нахождения оптимальной точки внутри границ изменения коэффициентов:

$$a'_{jустМакс}(x_1..x_k) > a_{опт}(y_m,x_{1ном}..x_{kном}) > a'_{jустМин}(x_1..x_k).$$

Разработанный метод основан на теореме Харитонова. Достоинство метода по отношению к другим существующим (частотные методы, метод D-разбиения) состоит в том, что в нем нет ограничения на независимость коэффициентов характеристического полинома друг от друга, т.е. не важно, как связаны его коэффициенты и параметры системы. Другими достоинствами метода являются небольшая трудоемкость, наглядность и возможность алгоритмизации.

К недостаткам метода необходимо отнести «загрубление» оценки области робастной устойчивости, т.е. получаем оценку области снизу.

Разработанный метод использован в исследованиях математических моделей динамики электропривода при параметрических возмущениях с учетом различных сочетаний настроек регуляторов тока и скорости.