

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков И. А. Задачи оптимального резервирования.—М.: Знание, 1979.—94 с.
2. Сафаров Б. Е. Задачи управления запасными частями в централизованной системе технического обслуживания СВТ.—М.: Знание, 1986.—126 с.
3. Сафаров Б. Е. Номограммы оптимальных нормативов на запасные части при периодическом пополнении запасов региональных складов // Надежность и контроль качества.—1985.—№ 2.—С. 3—10.
4. Сафаров Б. Е. Оптимальное нормирование непрерывно пополняемых запасных частей с помощью номограмм // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т. XXXIX, № 5.—С. 30—34.
5. Оптимальные задачи надежности / Сб. пер. под ред. И. А. Ушакова.—М.: Стандарты, 1968.—250 с.

Арм НИО ВТИ

5. VI. 1987

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 4, 1989, с. 185—189.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 62—50:658.5

В. В. ОВСЕЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ ЛИНЕЙНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ МСАР

Предлагается метод исследования асимптотических свойств корневых годографов линейных стационарных многосвязных систем автоматического регулирования (ЛСМСАР) квадратного типа на основании графоаналитического метода разложения алгебраической функции в степенной ряд в окрестности заданной точки с использованием диаграмм «Ньютона-Пронзо». Исследуются асимптотические свойства корневых годографов в зависимости от общего для всех каналов коэффициента усиления обратной связи. Для применения метода необходимо иметь вид характеристического уравнения замкнутой системы.

Над. 1. Библиогр.: 3 назв.

Առաջարկվում է պատկեր հաստատուն բազմակցային արդի բազմակցային ավտոմատ կառավարման համակարգերի արժանային հարգաբանների աբսոլյուտային հաստատվածների բազմաանոթային մեթոդ, որը հիմնված է նյուտոն-Պրոնզոյի դիագրամների պատկերմամբ հանրահաշվական ֆունկցիան արժան կետի շրջակայքում առանձնապես շարքի վերջում ման գրա: Առանձնարկում են արժանային հարգաբանների աբսոլյուտային հաստատվածները՝ կախված հետադարձ կապի բարձր կապուցվածների համար քննարկում ուժեղացման դրոժակից: Մեթոդի պատկերման համար անհրաժեշտ է սենկալ փակ համակարգի բնութագրի հավասարման տեսքը:

При исследовании линейных стационарных многосвязных систем автоматического регулирования (ЛСМСАР) методом корневого годографа важно знать асимптотическое поведение этих годографов. Рассматриваются ЛСМСАР квадратного типа, в которых число входов-выходов одинаково и равно m (рис.). Указанный класс систем не охватывает всего многообразия встречающихся на практике МСАР. Однако, не используя матричные преобразования, нетрудно привести большинство реально существующих ЛСМСАР к этому виду.

В отечественной литературе нет рекомендаций по исследованию асимптотических свойств корневых годографов ЛСМСАР. Из работ зарубежных авторов следует выделить [1, 2], в которых рассматриваются эти вопросы с позиций описания систем в пространстве состояний. В них используются матричные преобразования, параметры Маркова, что делает результаты этих работ громоздкими в вычислительном аспекте и менее практичными для инженеров-проектировщиков.

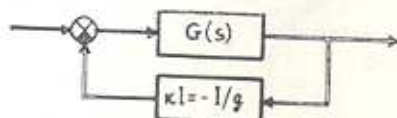


Рис. Структурная схема рассматриваемой ЛСМСАР.

В данной работе предлагается более простой метод исследования асимптотических свойств корневых годографов ЛСМСАР. Характеристическое уравнение рассматриваемой системы имеет вид

$$\Delta(g, s) = \det [gI_m - G(s)] = 0 \quad (1)$$

или

$$\Phi(g, s) = d(s) \cdot \Delta(g, s) = 0, \quad (2)$$

где $d(s)$ — наименьший общий знаменитель элементов матрицы передаточных функций $G(s)$, являющийся многочленом от s с рациональными коэффициентами; $\Phi(g, s)$ — многочлен степени n относительно s и степени m относительно g . В дальнейшем примем, что $\Phi(g, s)$ неприводим над полем рациональных функций от s .

Подставляя в (2) зависимость $g = -k^{-1}$, получаем

$$\Phi(-k^{-1}, s) = k^{-m} \chi(k, s) = 0, \quad (3)$$

Решение уравнения $\chi(k, s) = 0$ относительно s для действительных положительных k определяет зависимость полюсов замкнутой системы от общего управляемого коэффициента усиления обратной связи k , т. е. корневого годографа системы. В общем случае этот годограф имеет n ветвей, если не существуют ветвей, состоящих из одной единственной точки.

Касательная к i -ой ветви годографа в точке $s_0 = s_i(k_0)$ представляет собой вектор $s'_i(k_0)$. Угол между этим вектором и положительной действительной осью определяется как

$$\varphi = \arg \{s'_i(k_0)\}. \quad (4)$$

Выражение (4) является основой для определения асимптотического поведения корневых годографов, а также углов ухода из полюсов разомкнутой системы и углов прихода в конечные нули замкнутой системы. При $k = 0$ годограф начинается в полюсах разомкнутой системы, следовательно, угол ухода из полюса задается уравнением

(4) при $k_0 = 0$. При $k = +\infty$ ветви годографа заканчиваются в нулях системы. Поэтому для ветви, заканчивающейся в конечном нуле, уравнение (4) при $k_0 = +\infty$ дает угол прихода. Если ветвь стремится к нулю, то (4) при $k_0 = +\infty$ определяет угол между асимптотой и положительной действительной осью.

Формула (4) для практического применения неудобна, т. к. в общем случае трудно найти точное выражение для $s_i(k)$. Однако, в теории алгебраических функций существует метод практического построения рядов для ветвей алгебраической функции в окрестности заданной точки [3]. Метод предполагает последовательное применение диаграмм «Ньютона—Пуансо» для определения следующего наиболее существенного члена ряда. Поэтому, используя диаграмму Ньютона только один раз, можно получить приближения ветвей корневых годографов в окрестности полюса или нуля в виде

$$s_i(k) \simeq a + bk^3, \quad (5)$$

где α и β —комплексные числа, β —рациональное действительное число. Если β —дробная величина, то понимается арифметический корень от k .

Для системы с отрицательной обратной связью k есть действительная и положительная величина, поэтому

$$s_i^*(k) = b\beta k^{\beta-1}. \quad (6)$$

В этом выражении $\beta k^{\beta-1}$ всегда действительное. Применяя формулу (4) к уравнению (5), получаем

$$\varphi = \arg(b) \pm \nu \cdot 180^\circ, \quad (7)$$

где

$$\nu = \begin{cases} 0, & \text{если } \beta > 0, \\ 1, & \text{если } \beta < 0. \end{cases}$$

Нашей целью является нахождение приближений для ветвей корневого годографа в виде (5) в окрестности полюсов и нулей системы. Предположим, что уравнение $\Phi(z, z) = 0$ имеет $\omega = 0$ в точке $z = 0$. Тогда используя алгоритм, приведенный в [3], с помощью диаграмм Ньютона можно получить приближения для ветвей алгебраической функции в виде

$$s_{ii} \simeq c_{ii} z^{|\mu_i|}. \quad (8)$$

Поэтому для определения асимптотического поведения или углов ухода и прихода годографа, требуется свести проблему к нахождению приближения ветвей алгебраической функции, которая стремится к нулю, когда независимая переменная стремится к нулю, путем изменения переменных в характеристическом уравнении (2).

1. Для определения асимптотического поведения корневых голографов необходимо получить приближения ветвей в точке $s = +\infty$; когда $k = +\infty$. Поэтому необходимо в (2) вместо s подставить $s = z^{-1}$

$$\Phi(g, s) = \Phi(g, z^{-1}) = z^{-n} \Psi(g, z) = 0. \quad (9)$$

К уравнению $\Psi(g, z) = 0$ можно применить диаграмму Ньютона, получить зависимости $z_{it} \simeq c_{it} g^{2t}$ и далее, переходя к переменным $k = -g^{-1}$ и $s = z^{-1}$, получить окончательные приближения асимптот

$$s_{it} \simeq b_{it} k^{3t}.$$

2. Для определения угла ухода из полюса p необходимо в (2) подставить $g = \omega^{-1}$ и $z = s - p$

$$\Phi(g, s) = \Phi(\omega^{-1}, z + p) = \omega^{-m} \Psi(\omega, z) = 0.$$

После получения зависимостей $z_{it} \simeq c_{it} \omega^{2t}$ переходим к переменным $s = z + p$ и $k = -\omega$ и получаем

$$z_{it} = s_{it} - p \simeq c_{it} (-k)^{2t}$$

или

$$s_{it} \simeq p + c_{it} (-k)^{2t} = p + b_{it} k^{3t}. \quad (10)$$

Применяя формулу (4) к выражению (10), получаем значение угла ухода из данного полюса (или угла при кратном полюсе).

3. Для определения угла прихода в нуль системы q необходимо в (2) подставить $z = s - q$

$$\Phi(g, s) = \Phi(g, z + q) = \Psi(g, z) = 0.$$

К уравнению $\Psi(g, z) = 0$ можно применить диаграмму Ньютона, получить зависимости $z_{it} \simeq c_{it} g^{2t}$ и далее, переходя к переменным $s = z + q$ и $k = -g^{-1}$, получить

$$z_{it} = s_{it} - q \simeq c_{it} (-k^{-1})^{2t}$$

или

$$s_{it} \simeq q + b_{it} k^{3t}. \quad (11)$$

Применяя формулу (4) к выражению (11), получаем значение угла прихода в данный нуль (или углов при кратном нуле).

4. Асимптоты часто группируются в круговые системы (тогда круговая система асимптот имеет общую точку пересечения (тогда расхождения звезды асимптот). Найдем координаты этой точки. Рассмотрим уравнение

$$\gamma(k, s) = 0. \quad (12)$$

Допустим, что нашли приближение ветви корневого голографа при $s = +\infty$ (когда $k = -\infty$) в виде $s \approx bk^3$.

Если комплексное число γ есть точка расхождения звезды асимптот, то для $k = +\infty$

$$s \approx \gamma + bk^3. \quad (13)$$

Совместно решая (12) и (13), получаем выражение

$$z \left\{ \left(\frac{s - \gamma}{b} \right)^{l-1} \cdot s \right\} = U(\gamma, s) = 0. \quad (14)$$

Так как требуется найти γ при $s = +\infty$, то, подставляя z^{-1} вместо s в (14), получаем

$$U^l(\gamma, s) = U(\gamma, z^{-1}) = z^{-l} V(\gamma, z) = 0, \quad (15)$$

где l — максимальный порядок s в $U(\gamma, s)$.

Уравнение $V(\gamma, 0) = 0$ дает значение γ для звезды асимптот.

На основании вышесказанного составлены алгоритмы и программы на языке ФОРТРАН, реализующие построение и исследование асимптотических свойств ЛСМСАР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Owens L. H. Dynamic transformations and the calculation of multivariable root-loci. *Int. J. Control.* — 1978. — V. 28, № 3. — P. 333—343.
2. Kouvaritakis B. The optimal root-locus of linear multivariable systems. *Int. J. Control.* — 1978. — V. 28, No. 1. — P. 53—62.
3. Б. А. Фукс и В. И. Левин. Функции комплексного переменного и некоторые их приложения. — М.—Л.: Гос. изд-во техн.—теорет. лит., 1951—308 с.

ЕрПИ им. К. Маркса

28. V. 1987

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 4, 1989, с. 189—193

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 631.31:620.171.5

Г. А. АБГАРЯН, В. В. АЛЕКСАНДРЯН, Ш. М. ГРИГОРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО РЕЖИМА РАБОЧЕГО ОРГАНА РЫХЛИТЕЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Приводятся данные экспериментального исследования характера силового режима рабочего органа рыхлителя с помощью пластины из оптически активного материала. На основе кривых распределения нормальных напряжений получена траектория нейтральной линии рабочего органа рыхлителя в ограниченной плоскости.

Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

Քերպոս և փորձարկելի բանփորական օրգանի ուժային բնույթի փորձարարական հետազոտման արդյունքները սպտիկական նյութից պատրաստված թիթեղի միջոցով: Նորմալ լարումների բաշխման կորի հիման վրա ստացված և շեղոր տառանցքի հետազոտելի փորձարարական օրգանի վերջավոր հարթություն մեջ: