

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков Н. А. Задачи оптимального резервирования.—М.: Знание, 1979.—94 с.
2. Сафиров Б. Е. Задачи управления запасными частями в централизованной системе технического обслуживания СВТ.—М.: Знание, 1986.—126 с.
3. Сафиров Б. Е. Номограммы оптимальных нормативов на запасные части при периодическом пополнении запасов региональных складов // Надежность и контроль качества, 1985, № 2—с. 3—10.
4. Сафиров 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. Н. А. Ушакова.—М.: Стандарты, 1968.—250 с.

APPENDIX BTII

J. VI. 1987

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

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 62-50:658.5

33 33 08C011544

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
КОРНЕВЫХ ПОДОГРАФОВ ЛИНЕЙНЫХ
СТАЦИОНАРНЫХ МСАР

Предлагается метод исследования асимптотических свойств корней родографов линейных стационарных многосвязных систем автоматического регулирования (ДСМСАР) квадратного типа на основании графоаналитического метода разложения алгебраических функции в степенной ряд в окрестности заданной точки с использованием диаграмм «Никольа-Поплова». Исследуются асимптотические свойства корней родографов в зависимости от общего для всех каналов коэффициента усиления обратной связи. Для применения метода необходимо иметь в характеристистическом уравнении замкнутой системы

11.4. Բաժնետերերի 3 դաս

Մատաղարկվում է անոթին՝ հատուկապես բառակերտաչին ախպի բազմակակապ ախտահարող կա-
ռավարման համակարգից արմատապին հոգեբանների աստիպողությանը՝ համակարգիչների
ուսումնասիրության մեթոդ, որը հիմնված է նյութառն զբոսի ղեկավարման երկրպագության երկրպագության
հանրապետական հոսանքի մարմին կապի շրջանայինում աստիպողական շրջանի վերաբերման
վրա՝ Մատաղարկվում է արմատապին՝ հոգեբանական աստիպողական հոսանքայինների՝
կախված հետադարձ կապի բոլոր հոգեբանների համար քեզ հանդիսանում է հոգեբանական
մեթոդի սպասարկման համար անհրաժեշտ է ունենալ փակ համակարգի բնութագրի՝ համա-
ռայման անալիզի

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

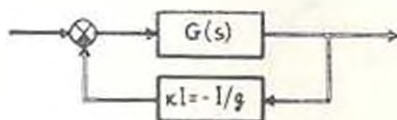


Рис. Структурная схема рассматриваемой ЛСМСАР.

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

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

или

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

где $d(s)$ — наименьший общий знаменатель 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. корневых годографов 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 явное 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—Пуэнсо» 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

$$s_i(k) \simeq \alpha - \beta k^{\gamma}, \quad (5)$$

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

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

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

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

$$\varphi = \arg \beta' \pm \gamma \cdot 180^\circ, \quad (7)$$

где

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

Нашей целью является нахождение приближений для ветвей корневого годографа в виде (5) в окрестности полюсов и нулей системы. Предположим, что уравнение $\Phi(s, z) = 0$ 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

$$s_{iH} \simeq c_{iH} z^{\frac{1}{N_H}}, \quad (8)$$

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 $z_H \approx c_H g^{-1/n}$ и далее, переходя к переменным $k = -g^{-1}$ и $s = z^{-1}$, получить окончательные приближения асимптот

$$s_H \approx b_H k^{1/n}.$$

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

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

После получения зависимостей $z_H \approx c_H w^{1/n}$ переходим к переменным $x = z + p$ и $k = -w$ и получаем

$$z_H = s_H - p \approx c_H (-k)^{1/n}$$

или

$$s_H \approx p + c_H (-k)^{1/n} = p + b_H k^{1/n}. \quad (10)$$

Применяя формулу (1) 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 $z = k - q$

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

К уравнению $\Psi(g, z) = 0$ можно применить диаграмму Ньютона, получить зависимости $z_H \approx c_H g^{1/n}$ и далее, переходя к переменным $s = z + q$ и $k = -g^{-1}$, получить

$$z_H = s_H - q \approx c_H (-k^{-1})^{1/n}$$

или

$$s_H \approx q + b_H k^{1/n}. \quad (11)$$

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. Каждая круговая система асимптот имеет общую точку пересечения (точка расхождения эпюры асимптот). Найдем координаты этой точки. Рассмотрим уравнение

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

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

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

$$s \approx \gamma = bk^*, \quad (13)$$

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

$$U\left(\left(\frac{s}{b}\right)^{1/k}, s\right) = U(\gamma, s) = 0. \quad (14)$$

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

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

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

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

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

ЛИТЕРАТУРА

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

ЕрПН 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 центральной линии рабочего органа рыхлителя в ограниченной плоскости.

Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

Քերվում են փորձարարչի բանվորական օրգանի ուժային ընդլիկ փորձարարական հետազոտման արդյունքները ապակեական նյութից պատրաստված թիթեղի միջոցով նորմալ լարումների բաշխման կորի հիման վրա ստացված ևն ընդ որ առանցքի հետազոտվող փխրեցուցիչի բանվորական օրգանի վերջավոր հարթության մեջ: