вать автоколебания с частотой $\Omega = 22{,}4$ и амплитудами $A_1 = 1{,}27$, $A_2 = 1{,}88$, $A_3 = 1{,}26$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Romani N., Atherton D. P.* Frequency response methods for nonlinear multivariable systems//Proc. Canadian Conf. Aut. Control. — 1973. — P. 9.2—1 — 9.2—15.
2. *Gray J. O., Taylor P. M.* Computer aided design of multivariable nonlinear control systems using frequency domain techniques//Automatica. — 1979. — Vol. 15. — P. 281—297.
3. *Гаспарян О. Н.* Исследование автоколебаний в нелинейных многосвязных системах регулирования методом характеристических передаточных функций//Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1984.—Т. 37.—№ 5.—С. 34—39.
4. *Smith B. T.* Matrix eigensystem routines — EISPACK Guide // Lecture Notes in Computer Science. — Berlin: Springer-Verlag, 1976. — Vol. 6. — 551p.
5. *Бакли Б.* Методы оптимизации. —М: Радио и связь, 1988.—128 с.

ЕрПИ 15.IV.1991

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. 45, № 3—4, 1992, с. 113—117

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 658.51:62—52

В. Г. АЛЕКСАНДРЯН, С. Е. ЧИМИШКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОЛЮТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОТИПНЫХ СИСТЕМ КОСВЕННОГО ГИДИРОВАНИЯ

Предложен новый критерий анализа абсолютной устойчивости многомерной однотипной нелинейной системы автоматического управления, являющейся аналогом известного кругового критерия устойчивости. Приведенная теорема абсолютной устойчивости позволяет также определить меру быстродействия (степень устойчивости) системы. При доказательстве критерия абсолютной устойчивости использованы методы теории робастности.

Ил. 4. Библиогр.: 5 назв.

Ներկայացված է բազմաչափ միաձիգ ոչ գծային սիստեմաների համասեռության բացարձակ կայունության չափանիշ, որը համընկնում է կայունության հայտնի շրջանային չափանիշի մանակը։ Բացարձակ կայունության չափման թեորեմը թույլ է տալիս որոշել նաև համակարգի արագագործության չափը։ Բացարձակ կայունության չափանիշի ապացուցման համար օգտագործված են որոշակիության տեսության մեթոդները։

В настоящее время общепризнаны достоинства внеатмосферных астрофизических наблюдений, осуществляемых с искусственных спутников Земли (ИСЗ). Для таких наблюдений на ИСЗ устанавливают прецизионные системы, осуществляющие автоматическое наведение ортовых приборов. Основной задачей управления является наведение оптической оси прибора (телескопа) на исследуемый объект. Применяемые с этой целью системы косвенного гидирования являются многосвязными (трехосными) системами автоматического регули-

рования. Типичная структурная схема такой системы изображена на рис. 1, где $Q(S)$—(3×3) передаточная матрица (ПМ) динамической линейной части, а БН—диагональный блок статических секторных нелинейностей $\varphi_i[e_i(t)]$ типа насыщение (рис. 2), обусловленных особенностями характеристики «вход-выход» фотоэлектрических звездных датчиков.

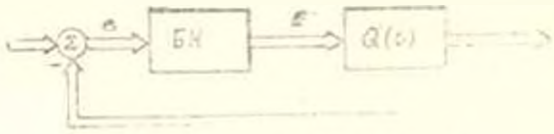

Рис. 1. Структурная схема системы.

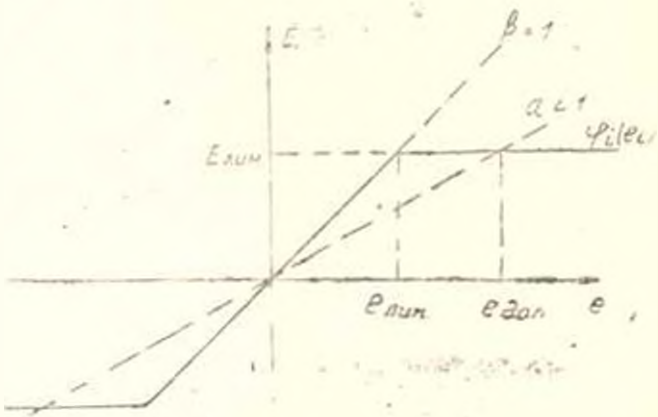

Рис. 2. Нелинейность типа ограничения.

При большом начальном отклонении стабилизируемой оптической оси от желаемого положения система гидирования работает в области насыщения звездных датчиков, т. е. вне области линейности последних. Поэтому анализ устойчивости системы с учетом блока нелинейностей представляет большой практический интерес. Известен, в частности, многосвязный аналог кругового критерия абсолютной устойчивости в терминах, так называемых, характеристических годографов, дающей в некотором смысле нестрого необходимое условие для абсолютной асимптотической устойчивости системы в общем секторе нелинейностей (a, b) [1], где $ae_i(t) < \varphi_i[e_i(t)] < be_i(t)$, $i = \overline{1, m}$.

Для практических систем косвенного гидрирования характерен случай, когда динамика линейной части обусловлена динамикой одинаковых приводов в сепаратных каналах $(W(S))$, а взаимные связи между каналами носят статический характер (матрица жестких связей R), т. е.

$$Q(S) = W(s)R,$$

$$R = \begin{vmatrix} \cos\alpha_3 & \sin\alpha_1 \sin\alpha_2 & -\cos\alpha_1 \sin\alpha_2 \\ 0 & \cos\alpha_1 & \sin\alpha_1 \\ 0 & -\sin\alpha_2 & \cos\alpha_1 \end{vmatrix}, \qquad (1)$$

где α_1, α_2, α_3 — некоторые углы, связанные со взаимным расположением объекта исследования и опорных звезд [2]. Такие системы принято называть однотипными [3]. Особый вид ПМ (1) позволяет упростить исследование абсолютной устойчивости на основе упомянутого критерия [1].

Воспользуемся тем, что матрицу жестких связей R можно разложить на ортогональную часть R_2 и погрешность R_1 [4]:

$$R = R_2 R_1 = R_2 [I + \Delta Q],$$

$$R_2 = \begin{vmatrix} \cos\alpha_3 & \sin\alpha_1 \sin\alpha_2 & -\cos\alpha_1 \sin\alpha_2 \\ 0 & \cos\alpha_1 & \sin\alpha_1 \\ \sin\alpha_2 & -\sin\alpha_1 \cos\alpha_2 & \cos\alpha_1 \cos\alpha_2 \end{vmatrix}, \qquad (2)$$

где собственные значения R_2 равны

$$\lambda_1 = 1, \quad \lambda_{2,3} = \cos\Phi \pm j\sin\Phi, \quad \cos\Phi = \frac{\cos\alpha_1 \cos\alpha_3 + \cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 - 1}{2},$$

а спектральная норма ΔQ определяется выражением [4]

$$\|\Delta Q\|_2 = \sqrt{2(1 - \cos\Theta)}, \qquad \cos\Theta = \cos\alpha_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_3).$$

Фактически ΔQ из (2) является мультипликативным возмущением для всей ПМ $Q(s)$. Основной результат можно сформулировать в виде следующей теоремы.

Теорема. Для выполнения многомерного аналога кругового критерия абсолютной устойчивости [1] для ПМ $Q(s)$ типа (1) и сектора нелинейности (a, b) достаточно, чтобы выполнялся круговой критерий для инверсного годографа $[W(j\omega)]^{-1}$ и окружностей радиуса $\|\Delta Q\|_2 + (b - a)n$ с центрами в точках $k\lambda_i$, $i = 1, 2, 3$ (рис. 3), где $k = (b + a)/2$, что можно трактовать как „среднее" усиление для сектора (a, b).

Такая форма критерия очень удобна для синтеза динамической коррекции, модифицирующей только годограф $W(j\omega)$. Аналогичным образом, в соответствии с теоремой можно исследовать степень устойчивости (меру быстродействия) системы, для этого вместо частотной характеристики $[W(j\omega)]^{-1}$ следует рассматривать смещенную частотную характеристику $[W(j\omega) - \gamma]^{-1}$ при разных $\gamma \geqslant 0$.

При рассмотрении нелинейностей типа насыщение (рис. 2) имеем $b = 1$. По мере увеличения уровня сигналов на входе нелинейностей нижняя граница сектора a уменьшается от 1 до 0. При этом эквива-

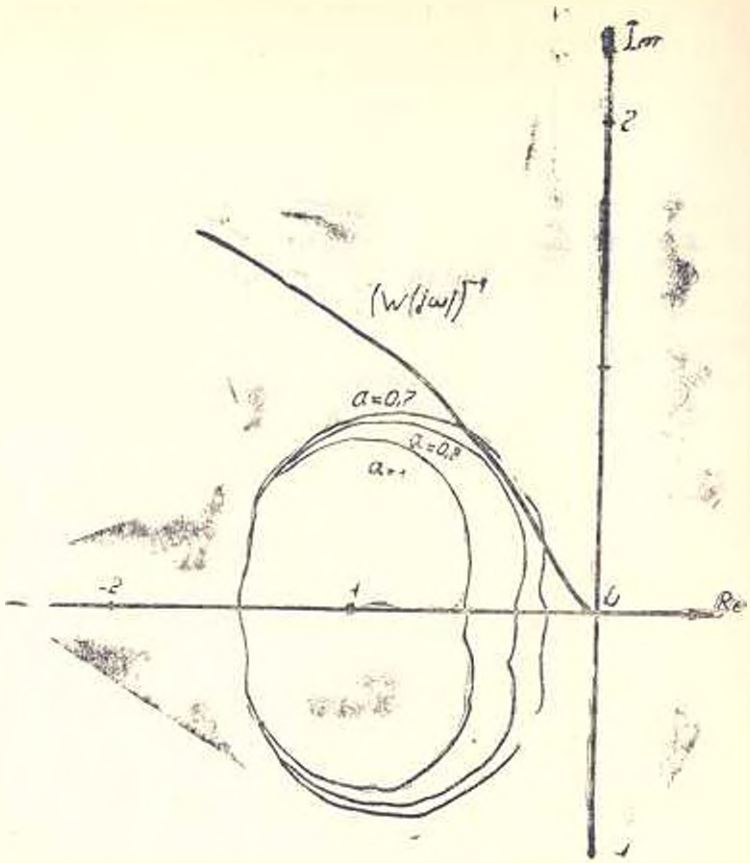

Рис. 3. Критерий абсолютной устойчивости.

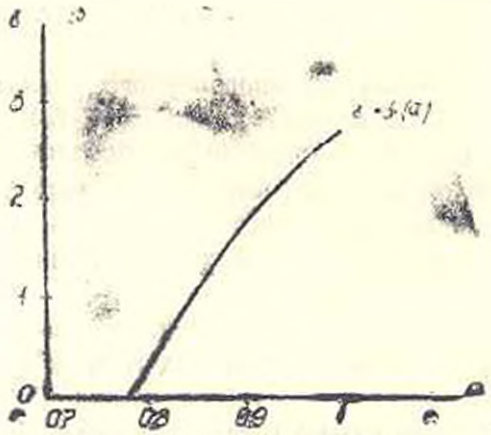

Рис. 4. Степень устойчивости.

лентное усиление k в функции от a уменьшается от 1 до 0,5, а величина $(b-a)/2$ возрастает от 0 до 0,5. Очевидно, что при работе на линейном участке, т. е. при $a=1$ имеем $k=1$, $(b-a)/2=0$ и критерий переходит в условие робастной устойчивости линейной си-

стемы с номинальной ПМ $W(s)R_2$ и возмущением ΔQ [5]. По мере уменьшения условие все больше ужесточается из-за увеличения добавки $(b-a)^2$ при уменьшающемся эквивалентном усилении k. В частности, исследование абсолютной устойчивости трехосной системы косвенного гидрирования при углах $\alpha_1 = \alpha_3 = 10°$, $\alpha_2 = -15°$ и скалярной динамике вида

$$W(s) = \frac{160(0{,}2s+1)}{s(1{,}9s+1)(0{,}02s+1)(0{,}004s+1)}$$

позволяет утверждать, что система абсолютно устойчива в секторе (0,8, 1), т. е. $a = 0{,}8$ и допустимы отклонения, превышающие уровень линейной зоны в $\alpha^{-1} = 0{,}8 - 1{,}25$ раз (рис. 3). Аналогичным образом была построена зависимость степени устойчивости γ от нижней границы сектора a при изменении a в пределах $0{,}8 \leq a \leqslant 1$ (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаспарян О. Н.* Исследование абсолютной устойчивости нелинейных многосвязных систем методом характеристических передаточных функций // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т. 39, № 5.—С. 23—29.
2. Астроследящие системы/Под ред. Б. К. Чемоданова.—М.: Машиностроение, 1977.—304 с.
3. *Соболев О. С.* Однотипные связанные системы регулирования.—М.: Энергия, 1973.—136 с.
4. *Александрян В. Г.* Синтез многомерных систем управления косвенной астростабилизации на основе частотных критериев робастности: Дис. канд. техн. наук: 05.13.05 : 01.01.11.—Защищена 22.05.90.—Ереван, 1990.—169 с.
5. *Hung Y. S., MacFarlane A. G. J.* Multivariable feedback: a quasi-classical approach. — Berlin: Springer-Verlag, 1982. — 182p.

ЕрПИ 2. V. 1991

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. 45, № 3—4, 1992, с. 117—122

ГИДРАВЛИКА

УДК 532.546

Р. М. БАРСЕГЯН, А. О. САРКИСЯН

ОБ ИДЕНТИЧНОСТИ УРАВНЕНИЙ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ И УПРУГОГО РЕЖИМА ФИЛЬТРАЦИИ

Доказывается идентичность основных дифференциальных уравнений фильтрационной консолидации и упругого режима фильтрации при учете сжимаемости воды, движущейся в порах деформируемого грунта. Это обстоятельство позволяет избежать ненужных повторений исследований в двух достаточно близких отраслях науки. Выясняется, что учеными, занимающимися вопросами как теории фильтрационной консолидации, так и теории упругого режима фильтрации, независимо друг от друга получены одинаковые результаты. Появляется необходимость координации информаций научных результатов смежных областей исследований.

Библиогр.: 4 назв.