

УДК 62.50

АВТОМАТИЗАЦИЯ И
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

С.Р. ЦАТУРЯН

ЧАСТОТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЛОЖНОСТИ
ДИНАМИКИ БОКОВОГО ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА

Եզրադրվում է ինքնաթիռի կողմնային շարժումը ղեկավարող համակարգի
օգտագործելով ազդանշան հեռացման տեսության նորագույն ազդանշանները
համակարգին են ղեկավարման համակարգի համար հասանելի, նախադրյալն անհրաժեշտ
պարամետրերը:

Приводится анализ многомерной системы управления боковым движением самолета с использованием новейших достижений теории автоматического управления. Оцениваются ожидаемые трудности по синтезу компенсатора для системы управления.

Ил. 1. Библиогр. 5 назв.

The analysis of a multivariable control system for the aircraft lateral motion using the latest achievements of the control theory is stated. Expected difficulties of the compensator synthesis for a control system are appreciated.

Ил 1. Ref. 5.

При рассмотрении многомерных систем автоматического регулирования (МСАР) методами пространства состояний определенную роль в оценке сложности играет, по-видимому, размерность вектора состояния, в отличие от методов, основанных на описании динамики "вход-выход". В этой связи целесообразно привести пример анализа МСАР, используя частотные показатели сложности многосвязного звена, которые основаны на главных передаточных функциях и направлениях (ГПФ и Н) и ориентированы на методику проектирования с использованием нормализующего компенсатора [1-5]. В основе данной методики анализа сложности лежат два следующих положения:

1. Трактовка сложности определяется целью проектирования МСАР. Эта цель диктует выбор модели и методов анализа и синтеза многосвязной системы регулирования, в силу чего соответствующие показатели сложности должны находиться в непосредственной и простой связи с основными расчетными характеристиками.

2. Сложность объекта диктует сложность компенсатора и МСАР в целом, а также сложность процедур анализа и синтеза.

В данной работе рассматривается система управления боковым движением высокоскоростного истребителя. Летные условия следующие: $M=2.2$, $H=15$ км, где M —отношение скоростей самолета к звуку в воздушной среде, а H —высота полета. Уравнения системы управления имеют вид

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx + Du.$$

(1)

где

$$A = \begin{bmatrix} -0,12993 & 0,04006 & 0,01510 & 1,00000 \\ 30,98337 & -1,40344 & 0,00000 & -0,55860 \\ 0,00000 & 1,00000 & 0,00000 & -0,04007 \\ -2,64780 & 0,00017 & 0,00000 & -0,23734 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} 0,00000 & -0,00537 \\ -13,16322 & -5,51331 \\ 0,00000 & 0,00000 \\ 0,21210 & -1,47806 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Для данной системы управления вектором входа является $u = (\delta, \gamma)^T$, а вектором выхода $y = (\beta, \gamma)^T$, где β, γ — углы скольжения и крена, $\dot{\alpha}, \dot{\beta}$ — угловые скорости крена и рыскания; δ_x, δ_y — углы отклонения элерона и руля направления.

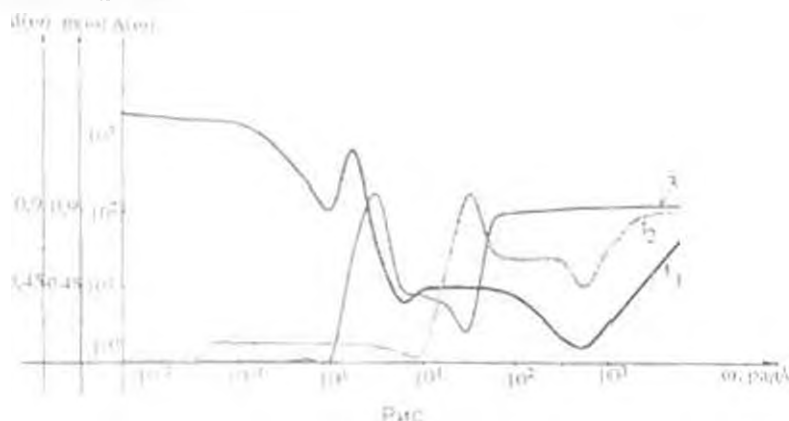
Из уравнений построения системы матричная передаточная функция получена в виде

$$G(s) = \begin{bmatrix} g_{11}(s) & g_{12}(s) \\ g_{21}(s) & g_{22}(s) \end{bmatrix} / \Phi_0(s), \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_0(s) &= s^4 - 1,7707s^3 + 1,9528s^2 + 2,9413s - 0,1356, \\ g_{11}(s) &= -0,3152s^3 - 0,0289s - 0,0491, \\ g_{12}(s) &= -0,005s^3 - 1,7077s^2 - 2,1769s - 0,006, \\ g_{21}(s) &= -13,1717s^3 - 4,9661s - 28,7503, \\ g_{22}(s) &= -5,4541s^3 - 1,2754s - 60,5905. \end{aligned} \quad (4)$$

Были написаны программы расчета показателей сложности динамики бокового движения самолета и получены следующие результаты (рис. 1).



Усиления каналов в низкочастотном (НЧ) диапазоне очень плохо сбалансированы, показатель неравномерности усиления объекта здесь очень большой. $A_G(\omega) = 100 \dots 1200$. Однако в НЧ диапазоне показатель невыровненности главных направлений говорит о том, что объект имеет хорошую структуру главных направлений, т.е. передаточная матрица $G(j\omega)$ близка к нормальности [3]. Динамика главных направлений в НЧ диапазоне также слабо выражена, так что в первом приближении объект можно считать статически направленным.

Показатель динамики главных направлений в среднечастотном (СЧ) диапазоне ($\omega = 0.1 \dots 10 \text{ рад/с}$) указывает на выраженную динамику, т.е. невозможно построить полноценный статически направленный нормализующий компенсатор. На том же диапазоне показатель невыровненности главных направлений указывает на то, что объект весьма далек от нормальности ($m_G(\omega) = 0.1 \dots 0.9$). Лишь показатель неравномерности усиления $A_G(\omega)$ несколько лучше, чем в НЧ диапазоне, хотя здесь пределы его изменения опять велики ($A_G(\omega) = 7 \dots 100$).

В высокочастотном (ВЧ) диапазоне показатель неравномерности усиления $A_G(\omega)$ устанавливается на значениях $A_G(\omega) = 1.5 \dots 10$ и лишь при $\omega \rightarrow \infty$ $A_G(\omega) \rightarrow \infty$ (из-за разных скоростей спада главных передаточных функций). Показатели невыровненности и динамики главных направлений говорят о том, что объект на ВЧ диапазоне весьма далек от нормальности.

На основе проведенных расчетов и анализа сложности динамики бокового движения самолета можно сделать следующие выводы. Рассмотренный объект представляет собой сложную систему автоматического управления с двумя входами и двумя выходами. По приведенным графикам частотных показателей сложности видно (рис.), что с точки зрения сложности объект управления плохой или, как называют в зарубежной литературе, "ill conditioned" (плохо обусловленный). При различных направлениях управляющих воздействий он ведет себя по-разному. Это происходит из-за большой обусловленности матричной передаточной функции объекта управления, по причине которого усиления по различным каналам слишком отличаются друг от друга. Наглядный пример для объяснения этого приведен в [3] (геометрическая трактовка соотношения "вход-выход" линейных многомерных систем автоматического управления). Объект имеет выраженную динамику главных направлений, т.е. невозможно построить полноценный статически направленный нормализующий компенсатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карслян Э.В. Главные передаточные функции и главные направления МСАУ // АСУ технологическими процессами: Межвуз. сб. ст. - ЕрПИ. - Ереван, 1984. - С. 24 - 28.
2. Карслян Э.В. Классификация и исследование многомерных САУ на основе главных передаточных функций и направлений // Современные системы

автоматического управления и их элементная база: Тез. докл. II-й республ. науч. техн. конф. - Ереван, 1986. - С. 18-22.

3. Карсян Э.В. Современные методы ТАУ. Частотные методы анализ и синтеза многосвязных САУ. Уч. пос. / ЕрПИ - Ереван, 1991. - 123 с.

4. Карсян Э.В., Александрян В.Г. Описание и анализ многомерных САУ на основе главных передаточных функций и направлений // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН. - 1986. - Т. 39, № 1 - С. 38-42.

5. Карсян Э.В., Чимишкян С.Е. Сложность робастных многосвязных САУ: Частотный подход // Техническая кибернетика - 1988. - № 8 - С. 9.

ГИУА

26.02.1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. 1, № 3, 1997, с. 246-252.

ՀՏԴ 62-50

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ
ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Է. Ս. ԹԱԳԵՆԿՈՒՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԱՐՏԱՔԻՆ ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԲԱԶՄԱԳՈՐԾՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

ՏՏ ԱՏԿ հարկորագրված ցուցանիշների՝ արտաքինության և ներմուծման փոփոխությունները կատարվում են ազգային տնտեսական համակարգը բույսապատկող տարբեր գործոններին ազդեցությանը: Այս առումով այդ համակարգի վրա համատեղ գործող ազդեցության համաձայնությունը իրականացվում է տնտեսական համակարգի գործունեության փոփոխություններին համապատասխան տեղում: Առաջարկվում է նման խնդիրների լուծումը բազմագործոնային հարաբերակցական հետախնդարության միտնյալային-ռեգրեսիվ մեթոդով: Քննվում է հաշվարկի փառապատկող օրինակ:

Изменение важнейших показателей РА (экспорта и импорта) происходит под влиянием различных факторов, характеризующих национальную хозяйственную систему. В связи с этим изучение совместного факторного влияния на эту систему осуществляется методом, адекватным условиям функционирования хозяйственной системы. Предлагается многофакторный корреляционно-регрессионный метод решения подобных задач. Приводится конкретный пример расчета.

Tabl. 3. Библиогр. 3 назв.

The changes in external economic indices of RA (export and import) take place under the influence of various factors which characterize the national economic system. From this viewpoint, the investigation of joint factor influence on this system is carried on by a method which is adequate to the conditions of economic system's functioning. A multifactor regressive method of analysis is proposed for solving these problems. An example of particular calculations is given.

Tabl.3. Ref.3.

Ազգային տնտեսական համակարգի վրա ազդող տարբեր գործոնների բնույթը և ազդեցության ձևը կտրուկ փոխվում են [1]: ԱՏՀ համակարգում գործողային վերլուծությունը մակրոտնտեսական գործողային կառավարման համարնախնդիր խնդիր մշակվում է, որի հիմնական նպատակն է տարբեր տնտեսական գործողային և ԱՏՀ գործողունությունը բնութագրող հիմնական