

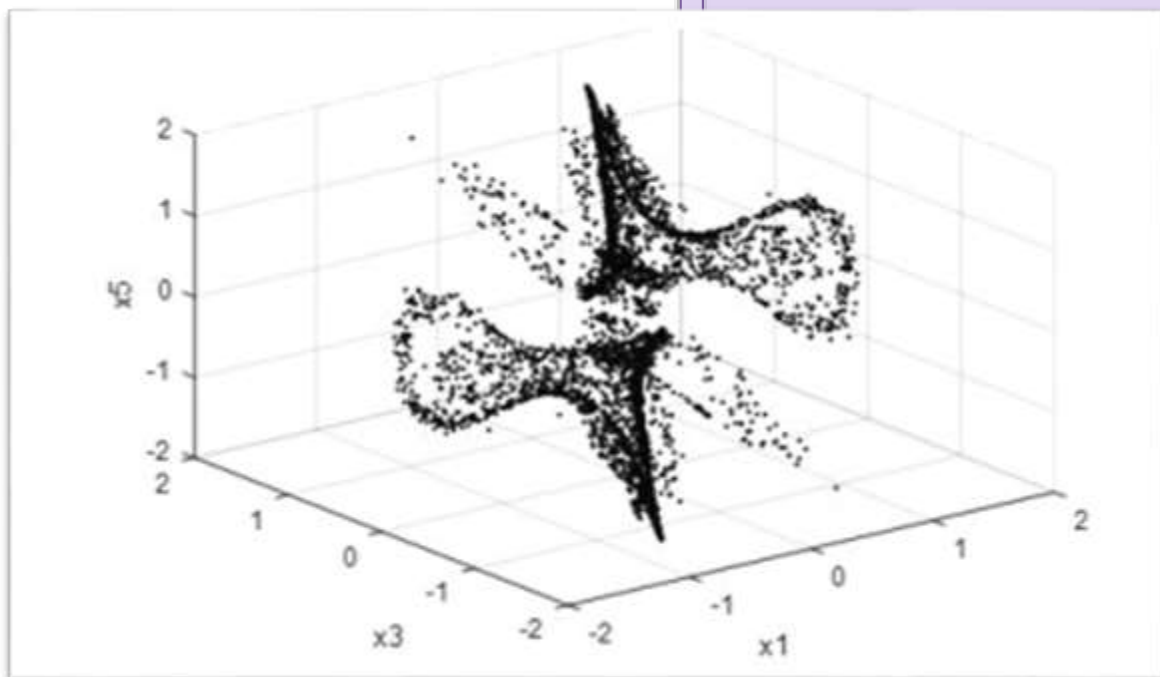


УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ НА
РАДУ



Бојана М. Златковић

АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ МИМО_n КАСКАДНИХ НЕЛИНЕАРНИХ СИСТЕМА СА СТОХАСТИЧКИМ ПАРАМЕТРИМА



Ниш, 2024.



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ФАКУЛТЕТ ЗАШТИТЕ
НА РАДУ



**АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ МИМО n
КАСКАДНИХ НЕЛИНЕАРНИХ
СИСТЕМА СА СТОХАСТИЧКИМ
ПАРАМЕТРИМА**

Проф. др Бојана Златковић

Ниш, 2024.

АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ МИМО n КАСКАДНИХ НЕЛИНЕАРНИХ СИСТЕМА СА СТОХАСТИЧКИМ ПАРАМЕТРИМА

- монографија

Прво издање

др Бојана М. Златковић, ванр. проф.

Издавач: *Факултет заштите на раду у Нишу*

Рецензенти: др Иван Крстић, редовни професор Факултета заштите на раду у Нишу, др Зоран Јовановић, редовни професор Електронског факултета у Нишу, др Саша Николић, ванредни професор Електронског факултета у Нишу

За издавача: проф. др Срђан Глишовић, декан Факултета заштите на раду у Нишу

Дизајн корица: Родољуб Аврамовић, мастер инжењер заштите на раду

Штампа: Unigraf X - сору ,Ниш

Тираж: 60 примерака

Одлуком Наставно-научног већа Факултета заштите на раду у Нишу број 03-66/13 године рукопис је одобрен за штампу као монографија.

СIP - Каталогизација у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

Златковић, Бојана М., 1976 -

Анализа стабилности МИМО n каскадних
нелинеарних система са стохастичким
параметрима

Садржај

Сажетак	1
Apstract	3
1. Несавршени системи	5
2. Процена вероватноће стабилности несавршених дискретних система	8
2.1 Израчунавање вероватноће стабилности несавршених дискретних система	8
2.2 Процена вероватноће стабилности несавршених дискретних система n - тог реда	12
2.3 Провера добијених резултата методом Монте Карло	23
2.4 Процена поузданости дискретних система са случајним параметрима	29
2.4.1 Корелација између вероватноће стабилности и поузданости	34
2.4.2 Одређивање времена отказа стохастичких система коришћењем вероватноће стабилности	36
3. Аналогија ММОп каскадних нелинеарних система са одговарајућим нелинеарним дискретним системима	40
3.1 ММОп каскадни нелинеарни систем и одговарајући нелинеарни дискретни систем	41
4. Вероватноћа појаве хаоса код ММОп каскадних нелинеарних система	48
4.1 Љапунови експоненти, бифуркациони дијаграми и просторни фазни портрети ММОп каскадних нелинеарних система	49

4.2. Израчунавање вероватноће појаве просторног хаоса код ММОп каскадних нелинеарних система коришћењем Монте Карло метода	52
4.3 Примери израчунавања вероватноће P_{ch} коришћењем Монте Карло метода	54
5. Израчунавање вероватноће стабилности ММОп каскадних нелинеарних система са случајним параметрима	72
5.1 Израчунавање вероватноће стабилности стохастичког ММОп каскадног нелинеарног система	73
5.1.1 Израчунавање вероватноће стабилности стохастичког ММО5 каскадног нелинеарног система	78
Закључак	85
Литература	87
Индекс појмова	93
Summary	94

Сажетак

Системи са промењивим параметрима се могу наћи у различитим индустријама као што су хемијска, гумарска индустрија, индустрија за прераду пластичних маса, итд. Ови параметри често зависе од величина које имају стохастички карактер као што су пластичност, еластичност, итд., тако да особине система одступају од жељених вредности. Због тога је неопходно да се унапред процени утицај ових параметара на особине система. Процена је веома значајна за многе особине система као што су стабилност, поузданост, квалитет система, управљање, итд. Овакви системи су познати као несавршени системи.

У инжињерским анализама се несавршености обично односе на стохастичке несавршености. Овај тип несавршености се јавља услед недовољног познавања карактеристика параметара због процеса који се дешавају у систему над којима немамо директну контролу. Пример овакве несавршености је, нпр., толеранција у производњи компоненти. Математички, несавршености се могу описати као варијације вредности параметара система у току одређеног времена у односу на номиналне вредности.

Проблем стабилности система са несавршеностима је добро познат у литератури и у овој монографији је анализиран проблем стабилности система са параметарским несавршеностима.

Стабилност система је одређена вредношћу параметара. За константне вредности параметара, систем може бити стабилан или нестабилан, док за стохастичке параметре систем може бити стабилан са одређеном вероватноћом која се назива вероватноћа стабилности система. Израчунавање вероватноће стабилности омогућава одређивање таквих вредности параметара којима се остварује највећа стабилност система.

У првој глави монографије су дате основне карактеристике несавршених система.

У другој глави је представљен метод за процену вероватноће стабилности несавршених дискретних система. Овај метод може да се примени у анализи несавршених континуалних и несавршених нелинеарних система. Анализирани су системи са нормалном, равномерном, експоненцијалном и Поасоновом расподелом вероватноће. У овој глави су дате и формуле за процену вероватноће стабилности дискретних система за различите расподеле параметара.

Реална вредност овог метода је у његовој потенцијалној практичној имплементацији. Избором адекватних вредности параметара за које систем има највећу вероватноћу стабилности, систем ће бити стабилан и веома поуздан.

Добијени резултати су потврђени Монте Карло методом који даје скоро идентичне резултате као и метод за процену вероватноће стабилности система.

Метод за процену вероватноће стабилности се може користити и за анализу позданости несавршених дискретних система са променљивим параметрима. Постоји много разлога за смањење поузданости система. У овој монографији је испитан случај утицаја нестабилности система на поузданост. Претпостављено је да је систем поуздан све док је стабилан. Показано је да су поузданост и вероватноћа стабилности у корелацији. У овој глави је, такође, дат и нови метод за израчунавање времена отказа несавршених дискретних система.

У трећем поглављу монографије је успостављена аналогија између ММО n каскадних нелинеарних система са n улаза и n излаза и одговарајућих нелинеарних дискретних система n – тог реда. Показано је да сваки подсистем ММО n каскадног нелинеарног система представља једну итерацију одговарајућег нелинеарног система. Цео каскадни систем који се састоји од $k + 1$ -не каскаде се понаша као један нелинеарни дискретан система n – тог реда.

Због аналогије, метод за процену вероватноће стабилности дискретних система са случајним параметрима који је представљен у другој глави се може применити и код ММО n каскадних нелинеарних система. Области стабилности нелинеарног дискретног система и ММО n каскадних нелинеарних система су идентичне.

Реални ММО n каскадни нелинеарни системи обично имају случајне параметре који могу озбиљно да погоршају динамику ових система доводећи их до просторног хиперхаоса и нестабилности. Хиперхаос се може појавити само у четвородимензионалним системима или системима вишег реда од четири.

У четвртој глави монографије представљен начин за одређивање вероватноће појаве просторног хаоса код ММО n каскадних нелинеарних система са променљивим параметрима.

У петој глави је на примеру ММО5 каскадног нелинеарног система израчуната вероватноћа стабилности ММО n каскадних нелинеарних система са случајним параметрима.

Теме обрађене у овој Монографији су представљене у Закључку.

Abstract

Abstract

Systems with variable parameters can be found in many industries: process, chemical, rubber, plastic materials industry, etc. These parameters often depend on values having stochastic character, such as plasticity, elasticity, intensity and material compactness, so the performances of system may differ from wanted ones, i.e., projected values. That is why it is necessary to estimate the influence of these parameters on system performances in advance. Estimation is very important for many system properties such as stability, reliability, quality of system work, control of the system, etc. These systems are called the imperfect systems.

Imperfections in engineering analysis usually pertain to stochastic imperfections. Stochastic imperfection arises from a lack of exact knowledge of a parameter due to some process in the system that we have no direct control or choice over. An example of such imperfection is manufacturing tolerance. Often components parameters do not have predefined values during the manufacture, as parameters are most frequently distributed around the projected value. The more precise manufacture is needed, the lower random parameters of standard deviation are, and vice versa. Continuous manufacturing of erroneous components, like in the case of great dispersion, increases the chance for system to become unstable and less reliable.

The imperfection model of dynamic system is usually considered as the difference between the real performance and nominal performance. The deviation (imperfection) can arise both in static and dynamic system qualities. It is assumed that the imperfection bounds can be determined through estimate, measurement or computation. Mathematically, the imperfections can be described by variations of system coefficients within certain intervals around the coefficients of the nominal model.

Problem with stability of systems with imperfection is well known, and this Monograph considers the stability problem of systems with parametric imperfection and, also, the way that instability impacts the system reliability.

Stability of the system is determined by the parameter values. For constant parameter values system can be either stable or unstable, while for stochastic parameters system is stable with a certain probability, called probability of stability. Calculating the probability of stability enables determination of those parameter values providing the maximum of system stability.

In Chapter 1 some basic characteristics of imperfect systems are given.

In Chapter 2 the method for the probability of stability estimation of imperfect linear discrete systems is presented. This method can be applied for the analysis of imperfect continuous and imperfect nonlinear systems, also. Systems with normal, uniform, exponential and Poisson parameter distribution are analyzed. Formulas for estimated probability of stability for an arbitrary order discrete systems and different types of parameter distribution are performed.

The real value of the proposed method is in its potential practical implementation. By selecting adequate parameter values for which the system has the largest probability of stability, system will reach its maximum stability and high reliability.

Derived results are approved by well known Monte Carlo method. Monte Carlo method gives almost identical results as the method for the probability of stability estimation.

Method for the probability of stability estimation can be used for the reliability analysis of imperfect discrete systems with variable parameters. There are many reasons for reliability decrease and in this Monograph the case when system instability is the cause of it is considered. It is assumed that the system is reliable as long as it is stable. It is shown that reliability and probability of stability are in correlation. In this Chapter a method for the failure time calculation of discrete systems with variable parameters is also presented.

In the third Chapter of the Monograph, an analogy was established between MIMO n cascade nonlinear systems with n inputs and n outputs and the corresponding n – th order nonlinear discrete systems. It is shown that each subsystem of the MIMO n cascade nonlinear system represents one iteration of the corresponding nonlinear system. The entire cascade system consisting of $k + 1$ cascades behaves as a n – th order nonlinear discrete system.

By analogy, the method for estimating the probability of stability of discrete systems with random parameters presented in the second chapter can also be applied to MIMO n cascade nonlinear systems. The regions of stability of the nonlinear discrete system and MIMO n cascaded nonlinear systems are identical.

Real MIMO n cascade nonlinear systems usually have random parameters that can seriously degrade the dynamics of these systems leading to spatial hyperchaos and instability. Hyperchaos can only occur in four dimensional systems or higher order systems than four.

In the fourth Chapter of the Monograph, a method for determining the probability of spatial chaos appearance in MIMO n cascade nonlinear systems with variable parameters is presented.

In the fifth Chapter, the probability of stability of MIMO n cascade nonlinear systems with random parameters is calculated on the example of the MIMO5 cascade nonlinear system.

Topics elaborated in this Monograph are summarized in Conclusion.