

СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен "Доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.2. Електротехника, електроника и автоматика
докторска програма – Автоматизирани системи за обработка на информация и управление

Автор: инж. Христина Светославова Стойчева

Тема: „Синтез и анализ на хаотични синхронизационни системи”

Член на научното жури: доц. д-р инж. Драгомир Пенков Чантов

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Темата на дисертационния труд на инж. Христина Светославова Стойчева попада в областта на теорията на нелинейните системи и методите за техния анализ и синтез. В основата на дисертационния труд са специфичен клас нелинейни системи със сложно динамично поведение, наречени хаотични системи. Спецификата на тези нелинейни системи е такава, че те попадат на границата между детерминирани и стохастичните системи. По тази причина методите за анализ на такива системи, както и методите за синтез на управление, са по-специфични и само частично се припокриват с общоизвестните методи за решаване на тези задачи, известни от класическата теория на нелинейните системи. Хаотичните системи са широко разпространени в практиката и се срещат както в най-различни класове естествени системи, като динамика на флуиди, процеси в човешкото тяло, климатични явления и др., така и в редица класове технически системи, като различни видове електронни схеми, технологични процеси в химическата промишленост, квантовата механика, комуникационните системи и др. Широкото разпространение на хаотичните системи и сложната им природа предполага и засилен научен интерес към тях. В редица системи от по-горе изброените класове хаосът е вредно явление и трябва да се елиминира чрез управление и обратно – в други класове системи се цели изкуствена хаотификация с цел подобряване работата на системата. Затова към настоящия момент теорията на хаоса продължава да е активна научна област, в много от подобластите на която, въпреки множеството научни публикации, няма предложени универсални методи за анализ и синтез. Такава подобласт е тази за синхронизацията на хаотични системи, при която основната цел е синтез на управление, което да доведе до взаимна функционална зависимост между две или повече хаотични системи. Явлението синхронизация намира приложение най-вече в областта на комуникационните системи и при криптирането на данни, където специфичната динамика на хаотичните системи се използва с цел защита на информацията. През последните 30 години са предложени редица методи за синхронизация, но няма универсални такива. Това предоставя благодатна почва за научни изследвания, основаващи се на модифициране и подобряване на съществуващи методи за синхронизация на хаотични системи или предлагане на изцяло нови такива. Същото може да се каже и по отношение на методите за защита с хаос на данните в комуникационните системи. По тази причина считам, че темата на дисертационния труд „Синтез и анализ на хаотични синхронизационни системи” е актуална и

получените и апробирани резултати биха могли да намерят реално приложение в инженерната практика.

2. Обзор на цитираната литература

Приложен е списък с 401 литературни източника. Прави впечатление, че 395 от тях (98.5 %) са на английски език и са основно статии във водещи научни издания. Те обхващат сравнително равномерно периода от 1990 г. до 2020 г. 4 от литературните източници са на руски език и само 2 – на български език. Последните са известните в научните среди в България монографии на акад. Стойчо Панчев и на проф. Радослав Радев. Съотношението на източниците на български език към тези на английски език е много показателно за статуса на изследванията в тази интересна научна област в България, където за момента интереса към теорията на хаоса е доста по-малък в сравнение с това, което се наблюдава при световната научна общност. Надявам се, че настоящата дисертация ще допринесе за активизиране на работата по синхронизация и управление на хаотични системи от български учени. Големият брой използвани и надлежно цитирани най-вече в първите две глави на дисертацията литературни източници, обхващащи голяма част от познатите методи за синхронизация на хаотични системи, методи за защита на информацията с хаос и модели на хаотични системи от практиката ми дава основание да направя извода, че докторантката познава добре материята, както и че направените в глава 1 общ обзор на хаотичните системи и в глава 2 – обзор на методите за синхронизация на хаотични системи, са достатъчно всеобхватни.

3. Методика на изследване

Дисертацията се състои от 209 страници, оформени в пет глави и едно приложение, както следва: Глава 1 – Теоретични основи на хаотичните системи (41 стр.); Глава 2 – Синхронизация на хаотични системи (25 стр.); Глава 3 – Методика за постигане на комбиниран вид синхронизация (22 стр.); Глава 4 – Метод за постигане на специфични видове неидентична синхронизация на базата на линейно-нелинейна декомпозиция (26 стр.); Глава 5 – Приложение на хаотични синхронизационни схеми в комуникационни системи за защитено предаване на информация (46 стр.).

В първа глава е направен теоретичен обзор върху теорията на хаоса. Обзорът включва кратка историческа справка, обхващаща периода от откриването на хаотичните системи до наши дни; дефиниране на основни понятия от теорията на нелинейните системи и от теорията на хаоса; обзор на количествените и качествени методи за доказване на наличие на хаотична динамика в една нелинейна система; обширна класификация на хаотичните системи и преглед на задачите за управление на хаотични системи, включващи стабилизация, хаотификация и синхронизация. Основната част от първа глава обхваща направената класификация на хаотичните системи, като те са разделени на абстрактни хаотични системи и хаотични модели на реални системи. Основната част от представените модели са от трети ред, което съответства на реалността. Всички представени хаотични системи са непрекъснати. Не са представени модели на дискретни хаотични системи.

Втора глава също е с обзорен характер, като в нея с оглед на поставените цели и задачи е направен по-подробен обзор на задачите за хаотична синхронизация и методите за тяхното решаване. Структурата на главата е сходна с тази на първа глава и включва основни дефиниции, свързани със синхронизацията на хаотични системи; преглед на подходите за доказване на състоянието на синхронизация между две или повече хаотични системи; обзор на популярните методи за синхронизация на хаотични системи, като метод на Pecora-Carroll, метод с активно-пасивна декомпозиция, метод с

еднопосочно свързване и др.; описание на различните видове синхронизация и кратък обзор на задачите за реализиране на комуникационни системи със защита на информацията на основа на хаотична синхронизация. Тъй като част от поставените за решаване в дисертацията задачи включват синтез на синхронизационни схеми с предварително зададен вид синхронизация, е обърнато особено внимание на известните видове синхронизирано движение на хаотични системи, като монотонна, хибридна, изместена, осцилираща, мащабирана и др. видове синхронизация.

В трета глава е предложен подход за получаване на сложни видове синхронизирано движение между две или повече хаотични системи, базиращ се на втория метод за устойчивост на Ляпунов. Идеята е да се синтезира синхронизационна система между две идентични хаотични системи, като към втората, наречена подчинена система, се подава управляваща функция, синтезирана така, че двете системи да влезат в желанния хаотичен режим. Дефинира се система от разсъгласуването между управляващата и подчинената системи и се търси такава управляваща функция, в която предварително е интегриран желанния тип синхронизация, като изместена, мащабирана или антисинхронизация, че системата от разсъгласуването да бъде устойчива. За доказване на устойчивостта на системата от разсъгласуването и съответно доказване, че се е получил желанния тип синхронизация, се прилага втория метод за устойчивост на Ляпунов. Предложеният подход е приложен върху три произволно избрани хаотични модела, като два са от трети ред (системи на Lorenz и на Zhou-Li) и един е модел на хиперхаотична система от четвърти ред (система на Singh-Roy). За всяка от системите са реализирани множество комбинации от управляващи функции, като резултатите са обобщени в прегледен табличен вид.

Четвърта глава като структура е сходна с трета глава. Основната задача, резултатите от решаването на която са обобщени в тази глава, е синтез на хаотични синхронизационни схеми с различни видове неидентична синхронизация, като изместена и осцилираща, на основата на декомпозиционен метод с линейно-нелинейна декомпозиция. Посочения тип условна декомпозиция на хаотичния модел позволява получаването на линейна система от разсъгласуването между управляващата и подчинената хаотични системи, при което доказването на желанния тип синхронизация се свежда до проста задача по изследване устойчивостта на линейна система. Предложеният подход е приложен върху пет произволно избрани хаотични модела, като три са от трети ред (системи на Roessler, на Lorenz и на Zhang-Li-Chang) и два са модели на хиперхаотични система от четвърти ред (системи на Singh-Roy и на Vaidiyanathan). За всяка от петте системи по предложената методика последователно са синтезирани синхронизационни схеми, водещи съответно до идентична, изместена и осцилираща синхронизация.

В пета глава са демонстрирани реални приложения на предложените от докторантката подходи за синхронизация, свързани най-вече със синтеза на комуникационни системи, при които предаваната информация се защитава от неототоризиран достъп с хаотичен сигнал, който от своя страна е свързващия хаотичен сигнал в хаотична синхронизационна система, управляващата и подчинената системи на която са интегрирани в предавателя и приемника на комуникационната система. Демонстрирано е хаотично превключване на основата на системи на Lorenz, хаотично маскиране на основата на модели на Zhou-Li и хаотично модулиране на основата на хиперхаотични системи на Singh-Roy. Второто реално приложение на предложените хаотични синхронизационни схеми, което е илюстрирано в глава 5, е за криптиране на изображения по различни подходи, като такива с използване на фрактални функции и дифузионни матрици и др. Получените резултати са обобщени и надлежно документирани.

4. Приноси на дисертационния труд

В справката за приносите са изразени претенции за 9 приноса, които са от научен и научно-приложен характер. Съгласен съм с така формулираните приноси. Главните приноси на разработения дисертационен труд са свързани с предлагането на подходи и методики, които надграждат и усъвършенстват съществуващи методи за синхронизация между хаотични системи. На базата на предложените в глави 3 и 4 методики могат да се синтезират хаотични синхронизационни системи със сложни типове синхронизация като мащабирана, хибридна, изместена и осцилираща синхронизация или антисинхронизация, които могат да бъдат прилагани върху произволни хаотични модели. Предложени са два принципно различни подхода за създаване на синхронизационни схеми, като този в глава 3 използва втория метод за устойчивост на Ляпунов, а подхода от глава 4 – анализ на устойчивостта на линейни системи след линейно-нелинейна декомпозиция. Получените различни видове синхронизация са по един или друг начин по-сложни от стандартния тип идентична синхронизация, което е и една от основните цели на дисертацията, тъй като използването на хаотични синхронизационни схеми с по-сложни типове синхронизация в хаотични комуникационни системи дава възможност за постигане на по-висока степен на защита на информацията. В пета глава са предложени три алгоритъма за криптиране на изображения на базата на синтезирани в предишните глави синхронизационни схеми. Към приносите може да се причисли и направената на основата на голяма литературна справка класификация на известни до момента модели на непрекъснати хаотични системи, която може да се ползва от студенти и изследователи при разработки в областта на теорията на хаоса.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Представен е списък с 11 публикации по дисертационния труд. Една от публикациите е самостоятелна, а останалите са в съавторство с научния ръководител. Десет от публикациите са на български език, а една е на английски език. Девет от публикациите са доклади на международни научни конференции в България, една от които е индексирана в Scopus, а останалите две публикации са статии в годишници. В публикациите са обхванати основните постижения на дисертационния труд. Броят на публикациите надхвърля минимума от 5 публикации за присъждане на ОНС “Доктор”, заложен в Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на Технически университет – Габрово.

6. Авторство на получените резултати

В качеството си на научен ръководител и на основата на работата ми с докторантката по време на докторантурата потвърждавам, че получените резултати по всички набелязани за решаване задачи са принос на ас. Стойчева с консултации от научния ръководител. Публикациите по дисертационния труд, които обхващат основните приноси на дисертацията и са в съавторство с научния ръководител или самостоятелни, също са атестат за авторство на получените резултати.

7. Автореферат и авторска справка

Представеният автореферат е с обем от 48 страници и подробно отразява всички основни моменти от дисертацията. Структурата на автореферата следва основната структура на дисертацията. В края на автореферата е приложено кратко резюме на английски език.

8. Забележки по дисертационния труд

В процеса на работа по време на докторантурата и подготовката на дисертацията съм имал редица забележки по съдържанието и оформлението, с които ас. Стойчева се е съобразявала и е правила необходимите според мен корекции. Затова нямам принципи забележки по дисертационния труд. Класификацията на хаотичните модели в първа глава би била по-пълна и всеобхватна, ако в нея бяха включени и модели на дискретни хаотични системи.

9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложи** да бъде придобита образователната и научна степен „Доктор”

от инж. Христина Светославова Стойчева в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, докторска програма - Автоматизирани системи за обработка на информация и управление.

31.05.2021 г.

Подпис: /п/

/доц. д-р инж. Драгомир Чантов/