

РЕЦЕНЗИЯ

**на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен „доктор” в**

**област на висше образование – 5. „Технически науки”
професионално направление – 5.3 „Комуникационна и компютърна техника”
докторска програма – „Комуникационни мрежи и системи”**

Автор: инж. Мирослав Бориславов Томов

Тема: „Мощни радиочестотни усилватели с повишени енергийни показатели”

Рецензент: доц. д-р инж. Боян Димитров Карапенев

1. ТЕМА И АКТУАЛНОСТ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Бурното развитие и голямото приложение на безжичните комуникационни системи непрекъснато изисква разширяване на изискванията към тях. Актуален проблем е необходимостта от намаляване на консумираната енергия при запазване и подобряване на качеството на изходните параметри. Сложната и комплексна инженерна задача за рационално и оптимизирано използване на консумираната енергия е от първостепенна важност за осигуряване на мобилността и надеждността на устройствата, изграждащи съвременните безжични комуникационни системи и все по-разнообразните услуги, базирани на тях. Тази оптимизация основно е насочена към:

- повишаване на коефициента на полезно действие (КПД);
- увеличаване на стабилността и надеждността;
- намаляване на геометричните размери и масата;
- намаляване на себестойността на устройствата.

Значителен дял от цялостната загуба на енергия в безжичните комуникационни устройства се дължи на загубите в мощните радиочестотни усилватели. Практическите решения за значително подобряване на КПД при високи честоти изискват активните елементи да работят в режим на електронен ключ. Високата ефективност при тези режими е от важно значение при крайните радиокомуникационни усилвателни стъпала. Това най-вече се отнася към съвременните портативни радиокомуникационни устройства за подобряване взаимно противоположните изисквания като качество, габаритни размери, тегло, капацитет на използвания захранващ източник, конструктивно изпълнение и плътност на монтажа, температурния режим и надеждността.

Бурното развитие на безжичните комуникации дава значителен тласък за развитието на разнообразни и целенасочени научно-изследователски дейности върху ключовия режими на мощните радиочестотни усилватели. Тези изследвания изискват много прецизни методи за проектиране, изследване и анализ на високоефективните радиочестотни усилватели, като за това допринасят в голяма степен и специализирания приложен софтуер. Благодарение на тези технологични достижения и решения, комуникационните устройства могат да бъдат не само предварително виртуално конструирани, процесите в тях да бъдат симулирани и подробно изследвани и анализирани, но и предварително да бъде известен тяхният принцип на работа при различни условия, след като бъдат те физически реализирани. Това води до значително намаляване на себестойността на телекомуникационните устройства като същевременно гарантира пълна функционалност при физическото им изпълнение.

Актуалността на тематиката е и в това, че тя е насочена освен към нови теоретични разработки за анализиране и оценка на енергийните показатели на радиочестотните усилватели, а също така и към създаването на систематизирани инженерни методики и

алгоритми за приложно проектиране, моделиране, симулационно изследване и успешно практическо реализиране на високоефективните усилватели в оптимален режим.

Моделирането е метод на научни изследвания, който позволява разработването на модели и алгоритми за съответните обекти, в частност на мощните високоефективни радиочестотни усилватели, и включва разработването на еквивалентни схеми, математически модели и математическо описание и с помощта на специализиран софтуер може да бъде проведено симулационно изследване и анализ на получените резултати. Споменатият подход позволява извършването на параметрична и структурна оптимизация, което ще осигури и гарантира получаването на необходимите параметри и характеристики на разработваните устройства при тяхната практическа реализация.

Гореспоменатото ми дава основание да считам, че темата е съвременна и актуална и със значимост на направените публикации в научната литература.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на дисертационния труд е да бъдат изследвани процесите в мощните радиочестотни усилватели при оптимални и критични режими на работа от гледна точка на тяхната енергийна ефективност.

За постигане на целта авторът е формулирал и решил следните задачи:

1. Синтезиране на математически модел за аналитично изследване на характерни режими на работа на радиочестотните усилватели;
2. Дефиниране на математически критерий за сравнение на радиочестотни усилватели по ефективност и качество на преобразуването на сигнала;
3. Синтезиране на прецизен симулационен модел, реализиран на базата на зададения математически модел;
4. Симулационно и експериментално установяване на кои от параметрите на схемата и режимните параметри на усилвателя влияят върху ефективността и качеството на преобразуване на сигнала и тяхната роля върху общата динамика на извършваните процеси.

3. ОЦЕНКА НА ИЗЛОЖЕНИЕТО В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд на тема „Мощни радиочестотни усилватели с повишени енергийни показатели” е в обем 130 стр. формат А4 и съдържа 77 фигури, 256 формули и приложение от 14 стр., съдържащо сорс код на продукта Matlab за изследване на мощен радиочестотен усилвател и стойности на коефициентите на предаване и отражение на радиочестотен усилвател клас F за работни честоти около 3.5 MHz.

При разработването на дисертационния труд авторът е използвал 190 информационни източника, 80% от които са чуждестранни, и по-голямата част от които са публикувани след 2000 г., предимно в издания на реферирани конференции и списания.

Дисертационният труд съдържа увод, 4 глави и заключение.

В първа глава „Анализ на състоянието и съвременното приложение на радиочестотните усилватели” е направен обзор на използваните радиочестотни усилватели в съвременните телекомуникационни системи. В края на главата е направен анализ на проблемите и са формулирани целта и основните задачи, които се решават в дисертационния труд.

Втора глава на дисертационния труд „Математически модел за изследване и сравняване на радиочестотни усилватели според енергийната им ефективност” съдържа синтезирането на обобщен математически модел за анализ на режимите на мощен радиочестотен усилвател, алгоритъм за проектиране и сравнителни критерии за обективна оценка на неговата ефективност.

В трета глава на дисертационния труд „Синтез на симулационен модел за изследване на мощен радиочестотен усилвател. Резултати от симулацията” е

представен алгоритъм за синтезиране на симулационен модел и модели на използвания активен елемент. Представени са симулационни модели и резултати на усилвателни стъпала, работещи в режими класове А, Е и F.

В четвъртата глава „Експериментално изследване на мощен радиочестотен усилвател. Анализ на резултатите” е представен алгоритъм за експериментално изследване на радиочестотни усилватели, организацията на опитната постановка и получените резултати, които са подробно анализирани.

Към всяка глава са направени изводи, базирани на анализа на получените резултати.

В заключението на дисертационния труд са посочени значимите според автора резултати, общи изводи и насоките за бъдеща работа по тематиката.

В края на дисертационния труд са дадени претенциите на автора за научните, и научно-приложните и приложните приноси в работата.

За проведените симулационни и експериментални изследвания е използван подходящ инструментариум. Резултатите от изследванията са представени в графичен вид, със съответните анализи и изводи.

Дисертационният труд е структуриран правилно. Като цяло описанието е коректно и задълбочено. Специфичният стил и начин на изложение на дисертационния труд потвърждават неговото авторство.

4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Използваните методи за изследване са обособени в отделните глави на дисертационния труд и включват аналитични, симулационни и експериментални изследвания на разглежданите модели с представяне на съответно получените резултати. В края на всяка глава са дефинирани анализи и изводи.

5. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

В дисертационния труд авторът посочва 1 научен, 2 научно-приложни и 1 приложен приноси със значимост и полезност в моделирането, симулационното и експерименталното изследване на режимите на работа на мощните радиочестотни усилватели с повишени енергийни показатели. Те са точно формулирани, според направеното от мен предложение, и се изразяват както следва:

I. Научен принос

1) Синтезиран е математически модел за аналитично изследване на работата на радиочестотен усилвател в режим клас F – активният елемент е поставен в условия на работа като електронен ключ чрез филтриране на подходящи комбинации от висшите хармонични съставлящи на токовете и напреженията в товарната верига. Математическият модел представлява аналитично описание на формирането на необходимия спектър на напреженията и токовете в активния елемент и товарната верига, на спектралния баланс на мощностите, на комплексните коефициенти на предаване и отражение, както и на коефициентите на полезно действие.

II. Научно-приложни приноси

1) Синтезирани са симулационни модели на радиочестотни усилватели, които позволяват задълбочено изследване на режимните класове на работа на активния елемент. Те дават възможност за симулационно измерване и/или изчисление на всички честотно зависими електрически величини в целия честотен спектър, за да могат да бъдат определени техните параметри за отделните хармонични съставлящи.

2) Предложени са алгоритъм за проектиране и методична последователност за извършване на симулационно изследване на радиочестотни усилватели на мощност. Те въвеждат поставянето на условия, които да компенсират до минимум обективните неточности при измерването, включва нормирани критерии за сравняване на усилватели

по ефективност и качество на изходния сигнал. Схемата на опитната постановка в симулационната среда и контролните възли са подбрани така, че да позволяват максимално коректно измерване и автоматизирано изчисление с инструментите на използваните симулационни софтуерни приложения.

III. Практико-приложен принос

1) Конструиран е практически модел на високоефективен радиочестотен усилвател с изведени контролни възли за изследване на неговите енергийни показатели и характеристики и е реализирана опитна постановка, подходяща за провеждането на измервания на ключови параметри и получаване на характеристиките на радиочестотните усилватели.

6. ПУБЛИКАЦИИ И ЦИТИРАНИЯ НА ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Основните резултати, получени в дисертационния труд, са представени в 6 публикации в периода 2016-2021 г. в издания на международни научни конференции. Две от тях са самостоятелни, а останалите са в съавторство с научните ръководители.

Считам, че публикациите на докторанта по дисертацията съдържат основните приноси, за които претендира.

Не е предоставена информация за „импакт” фактор и цитирания на публикациите, представени по дисертационния труд.

7. ОЦЕНКА НА АВТОРЕФЕРАТА

Авторефератът правилно отразява съдържанието на дисертационния труд и приносите на кандидата. Обемът на автореферата е с обем от 40 страници, което представлява около 30% от дисертационния труд.

8. АВТОРСТВО НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Дисертационният труд е добре и методично структуриран. В изложението е представен голям обем от информация. Стилът и начинът на изложение потвърждават неговото авторство.

9. МНЕНИЯ, ПРЕПОРЪКИ И ЗАБЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Извършените дейности в дисертационния труд имат завършен вид и обхващат: синтез на математически и симулационни модели, предложени са алгоритъм проектиране и методична последователност за извършване на симулационно изследване на радиочестотни усилватели на мощност, работещи в различни режими, получени и анализирани симулационни резултати, а също така е реализирана опитна постановка за практическо изследване на параметрите, характеристиките и режимите на мощни високочестотни усилватели с повишени енергийни показатели като практически е реализиран и изследван лабораторен модел.

Характерно за проведените изследвания е доброто научно ниво. Дисертацията е оформена акуратно и с добро качество. Стилът на изложението е технически издържан.

Като препоръки бих могъл да посоча:

- уводът би могъл да бъде разширен и по-добре да бъде обоснована необходимостта от задълбочаване на научната работа по проблематиката на поставената тема. Уводът в автореферата заема само половин страница;

- първа глава съдържа основно подробно теоретично и аналитично описание на режимите на работа на радиочестотните усилватели - класове А, В, АВ, С, D, E, DE, F и S. Добре би било да бъде направен и обзор с представени практически схеми на такива усилватели с достигнатите постижения и съпътстващите ги проблеми.

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темата на дисертационния труд е актуална и интересна. Работата има достатъчен обем и дълбочина на изследването. Получените резултати са достатъчно значими за образователната и научна степен „доктор”. Публичността на работата е достатъчна. По дисертационния труд от автора са направени 6 публикации.

Докторантът е работил продължително време по тематиката на дисертацията, провел е задълбочени изследвания, получил е, представил е и е анализирал много резултати. Направил е съответните изводи, което ми дава основание да преценя, че дисертационният труд има необходимите научни, научно-приложни и практико-приложни приноси.

Смятам, че докторантът е показал възможности за самостоятелна научна и изследователска работа.

Имайки предвид изложеното считам, че са удовлетворени изискванията за разработване на дисертационен труд за образователната и научна степен „доктор” и давам положителна комплексна оценка на дисертационния труд.

Като оценявам съвкупността от учебно-преподавателската и научно-изследователската работа на автора, както и направените му публикации, считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „доктор” от инж. Мирослав Бориславов Томов, в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.3 Комуникационна и компютърна техника, докторска програма - „Комуникационни мрежи и системи”.

23.05.2022 г.

Подпис:/П/.....
/доц. д-р инж. Б. Карапенов/