

## Рецензия

върху дисертационен труд за придобиване на научна степен "доктор на науките".  
Професионално направление, специалност: „Транспорт, корабоплаване и авиация”,  
„Електроснабдяване и електрообзавеждане (по отрасли)”

Автор на дисертационния труд проф. д-р инж. Стефан Тодоров Барудов

Тема на дисертационния труд **”Структурно-параметричен синтез и схемотехнически решения на пускорегулиращи апарати за управление на разряд”**

Рецензент: проф. д-тн. инж. Димитър Ив. Димитров

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.** Научната и научно-приложната област на разработения дисертационен труд се отнася до процесите на разряд в газова среда, до тяхното динамично управление и до разширяване на приложението им. Неоспорим е интересът към електрическия разряд в концентрирана част от пространството, в различните форми и динамика на преобразуване на ел. магнитната енергия. Непрекъснатото разширяване на лазерната техника в различни области, включващи и направление транспорт, корабоплаване и авиация, изисква усъвършенстване на схемните решения на апаратите за управлението им (ПРА), по-тясното им обвързване с активните елементи (АЕ), подобряване контролираните параметри при различни режими на работа, осигуряване качествените показатели на модова структура, оптична мощност и стабилност на лазерното излъчването. В разнообразието на схеми, необходим е структурно-параметричен синтез, създаване на системен подход за анализ и управление на режимите. В приложен аспект процесите на разряд в газова среда изискват: изследване функционалната съвместимост на модулите в ПРА, осигуряване функционалност на АЕ в съвкупност от разрядна реда, резонансна система, система за охлаждане и др, които обезпечават лазерно лъчение и управление на параметрите му в съответствие с технологичните процеси. В отговор на проблемите е разработеният дисертационен труд.

### **2. Степен на познаване състоянието на проблема**

Проф. Барудов познава в дълбочина и творчески интерпретира литературния материал, отнасящ се до съвременни АЕ на лазерите, процесите в тях при различни режими, структурирането и взаимодействието на модулите в апаратите за управлението. Многостранните професионални знанията правилно го ориентират за формиране базови структури и режими, върху които провежда изследванията. Литературният обзор обхваща 200 източника, от които преобладаващата част са на латиница и са от последните 10 години. Той е в достатъчен обем, за да формира състоянието на проблема. Дисертационният труд е в обем 304 стр. (основен текст 284 стр.) в 5 гл. с 202 фиг. и 5 табл. Основателно са формулирани целта и решаваните задачи.

**Целта на дисертационната работа е:** разработване на системен подход при проектиране на ПРА за АЕ, работещи в различни технологични режими и развитие на схемотехнически решения на ПРА. **За постигане на целта се решават следните задачи:** 1. Доразвиване класификацията на ПРА. 2. Прилагане на модулен подход при синтез на ПРА, базиран на специализирани модули. 3. Определяне на унифицирани алгоритми за функциите и синхронизираната работа на специализираните модули, схемни решения и модифицирането им при пусков и работен режими. 4. Въвеждане на йерархично управление на параметрите на разряда и енергетичните параметри. 5. Разработване на математически модели за анализ и проектиране на ПРА.

### **3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел.**

В съответствие с целта и решаваните задачи са избрани подходящи физически, математични и компютърни модели. Прилагат се аналитични и експериментални методи

за анализ в преходен и установен режим при възбуждане и различно състояние на разряда. Използвани са методите на интегралното и диференциално изчисление, общите теории в ел. техниката, методите на компютърен анализ на нелинейни ел. вериги в интегрирана среда MATLAB. Основните положения в дисертацията са потвърдени при сравняване резултатите от имитационното моделиране с експериментално получени от прототипи и промишлени образци. Постановките и приетите допускания при изследванията са основателни, а получените констатации и конкретните резултати са правилни.

#### **4. Кратка аналитична характеристика на материала в дисертационния труд.**

В гл. 1-ва са представени теоретични аспекти за формиран ел. разряд в газова среда. Анализирани са проблеми на ПРА за АЕ, въз основа на които мотивирано е разработена концепция за диференцираща система ПРА-АЕ. Тя е структурирана в класове, представящи се с взаимно свързани нелинейни и нестационарни динамични системи.

Разгледани са особеностите на разряд в капилярен канал-ур. 1.14, 1.15 и са получени аналитични зависимости между величини за основните характеристики. Подходящо се използват идентификационен и аналитичен подход при моделиране на разряда. За АЕ на йонен лазер, при правилно избрани условия и баланс за процесите, е разработен аналитичен модел, представящ се със система от алгебрични трансцендентни уравнения-ур. 1.24. При съчетаване на представените подходи е предложена методика за експериментално итеративно параметрично моделиране на разряда и на системата ПРА-АЕ. Изведени са нови обобщаващи аналитични зависимости, с които по-точно се определят основните параметри на разряда. Въз основа систематизация на АЕ и режими на работа е предложено обособяване на ограничен брой класификационни структури за ПРА-АЕ-фиг. 1.18.

Предложена е концепция за структурен синтез на ПРА, базирана на принципите на системен подход и модулно изграждане. Посочена е обобщена функционална схема на ПРА, осигуряваща функционална съвместимост на специализирани модули и унифицирани схемни решения, модифицирани по класификационни признаци - фиг. 1.14, 1.15.

В гл. 2-ра са развити теоретичните основи на синтез на ПРА в постояннотокова газоразрядна верига. За компенсационен стабилизатор с непрекъснато действие от последователен тип и обобщена блокова схема на ПРА-фиг. 2.2-2.6 са разработени: модифициран регулиращия елемент (РЕ), ПРА за секциониран високоволтов АЕ, външна модулация на разрядния ток чрез изменение режима на работа на РЕ. Постигнати са подобрени енергетичните параметри чрез въвеждане на двуконтурно управление в ПРА. Въз основа анализ работата на ПРА е предложена декомпозиция на управлението: два контура на управление, един за контролираните параметри на разряда и втори за изпълнение изискваните енергетични параметри-фиг. 2.17, 2.18. За триелектроден, двусекционен високоволтов АЕ-фиг. 2.23 е посочено увеличаване на генерираната мощност.

Изследвана е и е доказана възможността  $\text{CO}_2$  лазерите да работят в режим на модулация, като осигуряват импулсна мощност по-висока от тази при работа в непрекъснат режим и достатъчно време между импулсите за разсейване на изпареното вещество, за да не се екранира лазерното лъчение-фиг. 2.30, 2.31. Получени са резултати за повишени импулсни мощности: при къси импулси ефективно се влага енергия за получаване на мощности от порядъка на киловати. Минималната продължителност на импулса е 0,040 ms и се определя от времето на формиране на разряда, което е 5-10  $\mu\text{s}$ -фиг. 2.33.

На основата на анализа на ел. процеси са разработени и внедрени конкретни ПРА, съобразно потребностите на възложители. Проведените експериментални изследвания показват достоверност на предложените математически модели.

В гл. 3-та са приведени изследвания и схемни решения на ПРА за импулсен режим на работа, характерен за лазери с индиректно възбуждане-фиг. 3.1-с формирани зарядна

и разрядна верици. При дефинирани изисквания към системите за капацитивно натрупване на енергия е предложено унифицирано схемно решение за преобразувател с обособени два контура за управление: регулатор за променливо напрежение и компенсационен стабилизатор (КС).

Приложен е несиметричен удвоител на напрежение-фиг.3.27-с ключ за управление в променливотоковата страна и паралелен стабилизатор в постояннотоковата страна. За анализ на процесите подходящо е избран методът с променливите на състоянието, а решенията на уравненията са получени с формулата на Коши. За нелинейната верига на преобразувател, включващ нетрадиционно изправително звено с капацитивен баласт, е предложен математически модел със система от линейни диференциални уравнения и програма за решаването им в интегрирана среда MATLAB-фиг.3.32. Постигнато е точно определяне на контролираните параметри и на елементите във веригата на преобразувателя. На базата на разработения подход са проектирани конкретни ПРА за импулсен режим, полезни за практиката.

Разработен е модел на разрядна верига за импулсна лампа, представящ се с нелинейно параметрично диференциално уравнение. Реализирано е числено решение-ур.3.31 на базата на директния метод на Ойлер при използване на MATLAB.

Експериментално е оценено влиянието на предварителната подготовка на газоразрядната среда за получаване повторимост на параметрите на разрядните импулси.

Резултатите от теоретичните и експериментални изследвания извън лазерната техника са мултиплицирани за формиране на високоволтов разряден импулс в течна среда с различни технологични приложения. При използване на две последователно свързани разрядни междини са определени параметрите на генерирания в течната среда импулс.

В гл. 4-та е представено изследване и схемни решения на високочестотни ПРА за CO<sub>2</sub> лазер. Предложено е схемно решение с едноконтурен лампов генератор, като за съгласуване с характеристиките на АЕ е приложен индуктивно-капацитивен преобразувател. Разгледани са условията за самовъзбуждане и устойчив установен режим. Решени са задачите за пусков режим, стабилност и плавно регулиране на разрядния ток.

За разчет на високочестотни ПРА и осигуряване режимите на работа на АЕ е предложен модел на анализ на системата ПРА-АЕ, отчитащ спецификата на прието унифицирано схемно решение. Проведен е анализ за:

- условието на самовъзбуждане в едноконтурен генератор, при широк диапазон на изменение на разрядния ток и обоснован избор на режим „меко самовъзбуждане”, обезпечаваш генерация при малко анодно напрежение (съответно малък разряден ток);

- взаимното влияние на Г-образен индуктивно - капацитивен преобразувател с индуктивна връзка с анодния трептящ кръг на генератора при изменение режима на работа на АЕ, позволяващ по-точно определяне нестабилността на разрядния ток;

- устойчивостта в установен режим, като са определени изискванията към елементите на схемното решение;

- за образец на CO<sub>2</sub> лазер с оптична мощност 37 W са проведени експериментални изследвания и е констатирано добро съвпадение между експерименталните и аналитични резултати за различни режими.

В гл. 5-та е проведено изследване на регулатори на променливо напрежение в схемата на ПРА- фиг.5.1. На базата на анализ на схемни решения е предложен вариант на комутация на изводите на трансформатор с тиристорни ключове, при което не възниква скокообразно изменение на индуктивния ток, независимо от фазата на комутация, големината и характера на товара. Предложен е математически модел на процеса на комутация на полупроводниковите ключове с участие на система диференциални уравнения,

описващи различни етапи в процеса на комутация с отчитане спецификата на схемното решение, параметрите на трансформатора, товара и захранващото напрежение. Математичните модели се представят със системи диференциални ур. 5.8, 5.9, 5.10 за ел. и магнитните процеси. Решаването на уравненията се извършва по метода на Гаус - Джордан в комплексна честотна област (за ур. 5.8) и по метода на Ойлер за числено решаване на система диференциални уравнения (за ур. 5.9 и 5.10). Използван е програмният продукт MATLAB, който позволява компютърна визуализация на анализиранияте процеси.

**5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд.** Отнасят се до:

**5а. Създаване на нови класификации, методи и апарати.**

- Доразвита е класификацията на ПРА в класове с основен признак работни режими и подкласове за характеристиките на разряда и особеностите на управление. Получени са ограничен брой класификационни структури, което позволява формирането на обобщен подход за синтез на съответните ПРА-[17]-гл.1.4.

- Предложена е обобщена схема, базирана на специализирани модули за:  
\*осигуряване на пусков режим и различни работни режими; \*регулиране  $U$  захр; \*осигуряване функционална съвместимост между специализирани модули-[15,17]-гл.1.4

Предложените класификационни структури са полезни, защото са основа за модул-ен принцип за проектиране, както и модифициране на специализираните модули, гл.1.4

**5б. Формулиране и обосноваване на нови научни проблеми**

- В режим на модулация за постояннотокови газови лазери в честотен диапазон до 1 kHz, при генериране на импулса, мощността значително се увеличава. За CO<sub>2</sub> лазер с оптична мощност в непрекъснат режим 10W, при модулация в честотен диапазон до 1000 Hz, е постигната увеличена средна оптична мощност, като при продължителност на импулса 0,6 ms се достига до 60W., а за по-къси импулси-40  $\mu$ s е получена импулс-на оптична мощност 1,5÷3kW- [15,17] -гл.2.5. Получените зависимости за импулсните параметри на CO<sub>2</sub> лазерите са нови знания за тях и разширяват приложението им.

- За модулиране тока на разряда е предложен регулиращият елемент на компенсационния стабилизатор. Това е новост, даваща възможност с един ПРА да се реализират различни режими на работа на АЕ-[19].

- За повишаване КПД на компенсационните стабилизатори е въведен двуконтурен ПРА, като в единия контур се управляват контролираните параметри на разряда, а във втория – енергетичните параметри на първия и на ПРА като цяло. В резултат на проведен анализ са получени нови зависимости за енергетичните параметри и коефициентите на стабилизация, отчитащи съгласуваната работа на двата контура, като: а) за нисковолтови ГЕ вторият контур е или управляем изправител или дискретен регулатор на променливо напрежение; б) за високоволтови ГЕ, вторият контур осигурява плавно регулиране на входното напрежение. Доказано е, че КПД с въвеждането на двуконтурно управление може да нарастне от 30% до 80%, при което нараства и коефициентът на стабилизация на рязрядния ток [15,17,135]-гл.2.2

Двуконтурните ПРА са новост в лазерната техника. Последните, както и новостите в модифицираните схемни решения, са защитени с авторски свидетелства.

- Предложени са математически модели за анализ електрическите процеси в системата ПРА-ГЕ -[15,17], отчитащи: особеностите на нелинейния товар-ГЕ, спецификата на унифицираните и модифицирани схемни решения, наличието на елементи за осигуряване функционалната съвместимост между специализираните модули в ПРА; алгоритъма за синхронизиране работата на специализираните модули при изменение параметрите на електрозахранващата мрежа.

- При моделирането на разряда в АЕ, за конструктивните параметри на АЕ и тези на газовата смес, е предложено съместно използване на два подхода-аналитичен и идентификационен, основан на експериментални данни-[17]-гл.1.3.

- С проведеното по-пълно описание на зависимостите в математическите модели на системата електрическа захранваща мрежа – ПРА - газов елемент се постига: по-точно определяне на основните параметри;получаване на качествено нови и по-пълни зависимости за контролираните параметри на разряда и на енергетичните му характеристики; по-пълно дефиниране на изискванията към отделните възли и елементи.

#### **5в. Получаване на потвърдителни резултати чрез нови средства**

- Специализираните модули в апаратите за управление са представени с унифицирани схемни решения, основаващи се на класически устройства .Те са доразвити при отчитане спецификата на газоразрядния елемент, структурираните връзки в ПРА и особеностите от съгласуваната им работа.Унифицираните схемни решения са модифицирани за нисковолтов газоразряден елемент, чрез което се осигурява разширяване мощността на регулиращия елемент до  $3\div 4\text{kW}$ -[15,17,18]-гл.2; и за високоволтов газоразряден елемент, чието модифициране разширява допустимото напрежение върху регулиращия елемент до  $10\div 16\text{kV}$ -[15,17,125,126]-гл.2.1.

- За подобряване структурата на плазмения канал е реализиран триелектроден, дву-секционен АЕ, като двете оптически секции са свързани последователно,а електрически паралелно.Този подход е оригинално решение,водещо до намаляване работното напрежение върху отделните секции- [126]- гл.2.3. ПРА от този тип е новост в лазерната техника, защитена с АС- [19].

- При клас ПРА в импулсен режим оригинални са решенията при обособяване зарядната и разрядната вериги, в които:

\*зарядната верига е преобразувател, който при независимо задаване времето на заряд и зарядното напрежение на кондензаторната батерия, осигурява намалено електрическо натоварване и стабилизиране на зарядното напрежение при нестабилност  $\leq 1\%$ - [15,17,133] –гл.3.1.

\*в разрядната верига унифицираното схемно решение включва системи за предварителна подготовка на разрядната среда, осигуряващи повторемост на параметрите на разрядния импулс и управление на възникването му от комутиращи елементи.Новостите в схемните решения на зарядната и разрядната вериги са защитени с авторски свидетелства-[14,20].

- С предложени системи за предварителна подготовка на разрядната среда- «дежурна дъга» и двоен импулс (предразряд) се намаляват отклоненията в амплитудната големина на разрядния импулс до 10%, докато при отсъствието на такива - отклоненията са над 25% [15,17,124, 136] -гл.3.2.

- Клас високочестотен режим е реализиран с унифицираното схемно решение с мощен еднокръгов лампов генератор с «меко» самовъзбуждане, натоварен с индуктивно-капацитивен му товар.Последният преобразува изходното високочестотно напрежение на анодния кръг във високочестотен ток през газоразрядния елемент. Предложеното схемно решение, функционално и аналитично анализирани, показва, че освен за управление контролираните параметри на разряда, изпълнява пусковия режим без необходимост от допълнителни системи - [15,17,128]-гл.4.

- Предложено е подобряване на функционалните и енергетичните параметри на ПРА с приложение на дискретни регулатори на променливо напрежение.Разработен е математичен модел за многофакторен анализ на комутационните процеси и по-точно определяне продължителността на комутационния процес и следващото от нея електричес-

ко натоварване на отделните елементи в тях [15,17,23,24,25,84,85,124,127,129,130,131, 132, 137]-гл.5.

- При разработване на специализираните модули известните устройства получават нови качества: регулиращият елемент на компенсационния стабилизатор е с повишена разсейвана мощност, както и работа във вериги с повишено напрежение. Това разширява областта на приложение на известните устройства.

- Разработен е хибриден лампово-транзисторен баласт в технологията на производство на неонов лампи - [15,17]-гл.2.4.

-Разработен е хибриден лампово-транзисторен баласт за управление на пиезоелементи в лазерната техника - [15, 17] -гл.2.6.

-Изследвана е схема за формиране на високоволтов импулс в течен флуид и са получени резултати за параметрите му, полезни за различни технологични приложения-[15, 17,21,22,134] -гл.3.6.

### **5.г Научно-приложни приноси**

Експериментално е изследвано формирането на високоволтов импулсен разряд в течна среда с участието на управляем въздушен разрядник (тригatron), имащ периодично затихващ характер. Получените резултати при различна енергия на високоволтовия импулсен разряд и различен капацитет и напрежение, до което е заредена работната кондензаторна батерия са използвани за оразмеряване зарядната и разрядна вериги на прототип.Изследвана е възможността за почистване на метални и неметални тръби от накипи-[15,17,22] –гл.3.6.

### **5д. Приложни приноси**

Представени са 22 научно-приложни разработки на специализирани модули и ПРА, от които за постояннотоков режим -3бр; постояннотоков режим с модулация -2бр; импулсен режим- 4бр;.висококачествен режим- 2бр;.мултиплициране на резултати извън лазерната техника - 1бр.Възложители на разработките са на ИЕ БАН,СУ”Кл.Охридски”, Държавни и ведомствени институции, специализирани фирми и др. За преобладаващите случаи са представени становища на възложителите, показващи получените високи научни и научно-приложни резултати

### **5е. Авторски свидетелства.**

Трудове [2, 5, 6 и 9] са защитени АС, показващи новостта,прогресивността и творчеството на разработките. Те се отнасят до схемни решения, осигуряващи:

\*стабилизиране на разряда в условията на ксенонови лампи с непрекъснато действие с намалено ел.натоварване в пусков и аварийен режим, автоматично възстановяване режима на работа при краткотрайно отпадане на Uзах;

\*захранващ източник за могоелементен CO<sub>2</sub> лазер с намалени пулсации и нестабилност;

\*захранващ източник за багрилен лазер с възможност за независимо регулиране и стабилизиране на Uзар върху кондензатори с повишена динамика на зарядния процес;

\*захранващ източник на импулсни лазери с оптично възбуждане с намалена консумация на реактивна мощност при осигурено време за дейонизация в импулсната лампа.

### **5ж. Значимост на приносите за науката и практиката**

**В научен аспект разработени са:**

\*методика за синтез и анализ на ПРА в четири работни режима;

\*математически модели на системата ПРА-АЕ за определяне контролируеми параметри на електрическия разряд при обхващане на влияещите им фактори;

\*алгоритми за функционално взаимодействие между специализираните модули в ПРА;

\*методика за структурен синтез на ПРА и оразмеряване на отделните им компоненти;

\*схемотехнически решения на ПРА за лазери в различни области на технологиите.

**В приложен аспект** проектирани и са създаване ПРА и специализирани модули за АЕ за нуждите на различни организации и институции: \*Институт по електроника при БАН, София; \*Обединени заводи „Оптика и нови технологии“, София; \*НИС при СУ „Климент Охридски“, София; \*ИВСД-Авангард, София; \*ELTA, София; \*, „Хидро-ремонт“ ООД, Варна; \*ЕМЗ „Елпром“, Шабла; \*Ел.разпределение- Вн. Разработка [20] е целево финансиран проект от Държавния бюджет-2008г. Във връзка с направените разработки от страна на възложителите са представени 16 бр становища, референции и др документи, чрез които се изразяват постигнатите резултати и показатели от внедряване на образците от научно-приложните разработки.

Документ за [2], както и Свидетелство на Патентното ведомство на Р.България-26.04:2005г, показват икономически ефект от определени научно-приложни разработки. Част от изследванията за разряд в газове и системите за управлението му намират отражение в лекционни курсове по „Електротехнически материали“, „Материали и компоненти в електрониката“, „Силова електроника“, „Силови електронни преобразуватели“, четени от автора пред студентите от ТУ-Вн и ВВМУ-Вн.

Научните и научно-приложните резултати на автора са високо оценени, за което свидетелстват **получени награди**: \*Свидетелство на Патентното ведомство на Р.България /26.04.2005г за вписване в Златната книга на откривателите и изобретателите в България за постигнати резултати при провежданата дейност с научен и научно-приложен характер в областта на изследване на процесите и проектиране на устройства за управление на разряд в газове и оптично възбуджани лазери; \*Награда „Варна-2005“ -за разработка „Гама монофазни маслени понижаващи трансформатори за стълбов мотаж“ и нейното успешно внедряване; \*Диплом на Международен панаир Пловдив '04 г.и Грамота за участие в Национално младежко изложение за изобретения и иновации Експо интелект '04 за „Стъпален регулатор на променливо напрежение“; \*Индивидуална награда за принос в изобретателската дейност в изложбите „Изобретено във Варна“-1986г; \*Грамота за участие в Световната изложба на достиженията на младите изобретатели България '85, Пловдив ноември 1985г.

**Забелязани цитирания.** Резултатите от научно-изследователскака дейност на проф.Барудов се ползват в разработките на други автори:

\*Монографии [1а, 2а] са цитирани в 3 учебни пособия за студенти;

\*Трудове [4, 9] от публикациите в списания са цитирани в 2 статии в списания, издавани в чужбина и в 1 учебно пособие за студентии;

\*Труд [13] от публикации в университетски периодични издания е цитирано в 2 публикации в издания в чужбина;

\* [20] от публикации на международни конференции е цитирано в 1 учебно пособие.

#### **6.Оценка за степента на личното участие на дисертанта**

Приносите в дисертацията са лично дело на докторанта, като съществена част от тях се съдържат в направените публикации. В проведените изследвания - теоретични и експериментални –проф.Барудов проявява инициативност и оригиналност.

#### **7.Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Във връзка с дисертацията са направени 29 публикации.Видът на публикациите и мястото на публикуването им е както следва:3 бр.са монографии [1а,б,в;2а,б;3], 6 бр. са научни доклада на международни конференции-конгреси; 7 доклада са публикувани в университетски периодични издания; 8 статии са публикувани в списания. Новостите в техническите решения са описани и защитени в четири авторски свидетелства за изобретения и е направена 1 заявка за свидетелство за полезен модел.

Дисертационният труд изцяло е публикуван в авторска монография на руски език,

издадена през 2011 г. в Санкт-Петербург. Части от дисертацията са публикувани в други две авторски монографии: едната, издадена на руски, а другата - на английски език. Първата е разпространена извън България в 6 университета в 5 страни, а втората съответно - 14 университета в 11 страни и се разпространява още в други 7 страни.

Основни положения и резултати от дисертационната работа са докладвани и обсъждани на редица престижни международни конференции и конгреси: MEET-MARIND, 2002-Вн, България; международни конференции в университета Ovidius, Констанца-Румъния, 2003 г.; университета Petroleum-Gas, Плоещ, Румъния-2008 г.; ICEST, Охрид-Македония 2010 г. и Ниш-Сърбия 2011 г.; международна конференция „Информация, иновации, инвестиции“ - Перм, Русия, 2004 г.; международна конференция, Санкт-Петербург, 2011 г. Трудове [9, 10] са с импакт фактор. Пет от публикациите са самостоятелни, а в 16 публикации проф. Барудов е на 1-во място като съавтор. През последните 5 години е разработил 12 публикации. Изложеното показва големият обем и разнообразие на развиваната от проф. Барудов публикационна дейност, на различните форми на изява у нас и чужбина в специализираните и академичните среди.

#### **8. Използване на резултатите от дисертационния труд**

Методично много добре е структуриран материалът. Направените обобщения са достатъчни, за да се провежда изследването по модули, а чрез модифициране да се търси творческо решение на проблема. Резултатите от изследванията са многообхватни и полезни за проектиране.

В т. 5. ж в на рецензията са отбелязани приложените в теорията и практиката резултати.

#### **9. Препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси:**

Позволявам си да препоръчам:

\* да се разширят изследванията за параметричен синтез на ПРА при формулирани закони за управление на разрядите от технологичните процеси, както и в условия за оптимизиране на големините им; да се изследва решението на ур. 3.31 - фиг. 3.47-а, б; 3.48 - в областта на  $\max I$ ; за разряда в течен флуид да се обърне внимание за зависимостта му от ел. параметри на флуида и нелинейния им характер;

\* новите оригинални схемни решения да бъдат патентно защитени в чужбина;

\* в приложен аспект да се насочи вниманието за разширяване внедряването на резултати от дисертацията за потребностите в областта на корабоплаването.

#### **10. Оценка на състоянието на автореферата**

Авторефератът е разработен в съответствие с изискванията и отразява напълно основените положения и научните приноси на дисертационния труд.

#### **11. Заключение.**

Актуалността на разработената дисертация, разработената концепция на ПРА за подобряване на контролираните параметри, приложените методи за математично и компютърно моделиране на системата ПРА-АЕ, разработените алгоритми за функционално взаимодействие, методиката за структурен синтез, направените обобщения, оригиналността и новостта на схемотехническите решения, проведените експерименти, търсенето и намиране на възможности за приложения на технологии с разряди в различни среди, разработените модели за нуждите на практиката са доказателство за значимостта на решаваните проблеми. Постигнати са оригинални научни и научно-приложни резултати със значими приноси за науката и практиката. Позовавайки се на ЗВО, ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ си позволявам да бъда с положителна оценка за придобиване научната степен „доктор на науките“ на проф. д-р инж. Стефан Тодоров Барудов.

12.03.2013 г

Варна

Рецензент:

/проф. д-р инж. Д. Ив. Димитров/