

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертация, представена за получаване на образователна и научна степен
„Доктор”

Автор на дисертацията: **Магистър Ли Чонг**

**Тема: МАТЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ, УПРАВЛЕНИЕ И
ДИАГНОСТИКА НА МИКРОБНИ ГОРИВНИ КЛЕТКИ**

Научна област: 5. Технически науки, 5.2. Електротехника, Електроника и
Автоматика (Автоматизация на производството)

Рецензент: **Доцент д-р инж. Иван Симеонов Симеонов**
НИГ „Математическо моделиране и компютърни методи” при ИМикБ-БАН

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата

Не познавах лично кандидата преди старта на процедурата по защитата на дисертационния му труд. От предоставената ми писмено информация мога да отбележа, че кандидатът Ли Чонг (**Li Chong**) е роден през 1985 г. в Китай. Завършил е бакалавърска степен през 2008 г. в Далянския технологичен университет, специалност „Компютърни науки и технологии”, а през 2013 г. е защитил магистърска степен в Шенянския университет по химични технологии (ШУХТ) по „Теория на управлението и автоматизация”. От 01.05.2014 г. е зачислен на редовна докторантура към катедра „Автоматизация на производството” в ХТМУ с научни ръководители проф. д-р инж. Коста Бошнаков (ХТМУ) и проф. д-р инж. Липинг Фан (ШУХТ). Отчислен е с право на защита на 01.05.2017 г. Ли Чонг е положил всички специализирани докторантски изпити с оценки отличен (6) и по англ. език с отличен (5.50).

Научните интереси на Ли Чонг са в областите: интегрирани системи за пречистване на води и технологии за генериране на енергия чрез микробни горивни клетки, моделиране и управление на пречиствателни съоръжения и системи, технологии за регенериране на енергия.

Ли Чонг владее добре съвременните подходи за автоматично управление, моделиране и управление на нелинейни системи, размито управление, моделно предсказващо управление, компютърно симулиране на сложни системи, оптимизационни техники и методи за оптимално вземане на решения.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

2.1. Актуалност на проблема, разработван в дисертационния труд

За се постигане устойчиво развитие на човечеството усилията на много учени и изследователски институции са насочени в различни направления за решаване на енергийните проблеми и създаване и използване на енергийни източници с минимално или без замърсяване на околната среда, с висока степен на преобразуване и с голяма ефективност.

Един положителен резултат от усилията за решаване на проблемите на опазването на околната среда и намиране на нови възобновяеми енергийни източници (ВЕИ) е бързото нарастване на изследванията в областта на микробните горивните клетки (МГК), които осигуряват електрическа енергия и/или водород, без да се увеличават емисиите на парниковите газове и замърсяването на водите. МГК са нов подход за изграждане на системи за произвеждане на електрическа енергия или водород с висока степен на ефективност и едновременно с възможност за намаляване на замърсяването на отпадъчни води. През последните години се наблюдава бързо нарастваща тенденция на развитие на интердисциплинарни научни изследвания свързани с МГК, което играе важна роля в използването на алтернативните енергийни източници.

От тази гледна точка намирам темата на дисертацията и поставените в нея цели и задачи като изключително актуални.

2.2. Познаване на състоянието на проблема и литературен обзор

Дисертацията е написана на английски език на 225 страници, разпределени в 7 глави (последната съдържа заключение и приноси) и списък на използваните литературни източници, включващ 123 източника (всички на английски език). Анализираните литературни източници, публикувани през последните 10 години са преобладаващи. Добавените списъци на съкращенията, на таблиците и фигурите облекчават четенето на дисертацията.

Считам, че дисертантът е оценил много добре съществуващите проблеми по темата от образователна, научна и практическа гледна точка. Основните цели на дисертацията са много добре формулирани и обосновани.

В литературния обзор е разгледано историческото развитие на МГК. Литературният анализ на дисертанта е един добър пример как да се прави задълбочен аналитичен литературен анализ с достигане до критични заключения, на базата на които се посочват бъдещите изследвания и развитие.

Ли Чонг установява, че създаването на система от МГК е насърчителна алтернатива за възобновяем електрически енергиен източник, но в същото време и с един значителен недостатък - ниска мощност на изхода. Преодоляването на този недостатък би могло да се

постигне чрез задълбочени интердисциплинарни научни изследвания и конструктивни подобрения.

Математическото моделиране на МГК до сега е слабо развито, а изследванията свързани с възможностите за управлението им, използвайки съвременни интелигентни системи, е в съвсем ранен стадий. Също така недостатъчно изследвани са проблемите свързани с откриване на неизправности и диагностика на МГК.

На базата на литературното проучване на сегашното ниво на знания и умения, целите и задачите на дисертационния труд са добре формулирани.

Основната цел на дисертацията е да се разработят лабораторни МГК и техни математически модели, на чиято основа да се изследват алгоритми за автоматично управление, както и на система за откриване на грешки и диагностика на МГК.

В дисертацията са формулирани следните подзадачи:

- (1) Разработване на лабораторни МГК със система за измерване и съхранение на данни;
- (2) Експериментални изследвания на разработените лабораторни МГК;
- (3) Разработване на симулационни модели на МГК, изследване на характеристиките на моделите и провеждане на статична оптимизация;
- (4) Създаване и изучаване на система за управление на базата на размита логика;
- (5) Създаване и изучаване на система с предсказващо моделно размито управление за МГК;
- (6) Разработване на подходи за откриване на дефекти и за диагностика на МГК на базата на теорията на чувствителност и класификация.

2.3. Съответствие на избраната методология за изследване и на поставените в дисертацията цели и подзадачи

Считам, че избраните методологии за решаване на поставените цели и задачи в дисертацията са коректни и подходящи. В дисертацията са приложени следните методологии:

- Методологии за измерване, натрупване и обработка на данни, методи за изследване и оценка на операционни параметри за микробните горивни клетки, електрохимични параметри, биологични параметри и физични параметри;
- Използване на балансни методи за математично моделиране на нелинейни системи, основаващи се на ОДУ;

- Използване на Simulink на Matlab (най-добрият комерсиален софтуер за инженерни изследвания) за симулационни изследвания на разработените модели;
- Използване на методи за управление с размита логика, теорията на РХ, различни архитектури на размито управление, създаване на правила за регулатори с размита логика, размиване и деразмиване на интерфейс за контролери с размита логика, използване на различни архитектури за режими на хлъзгане и схеми за адаптивен режим на управление;
- Прилагане на нови методи за моделно предсказващо управление на МГК, архитектури на модели за предсказващо управление за един вход - един изход (SISO) при дискретно предсказващо моделно управление в пространството на състоянието и управление в многомерния (MIMO) случай при дискретно предсказващо моделно управление в пространството на състоянието;
- Използване на методите за диагностика на отказите и неизправностите.

2.4. Характеризиране и оценка на достоверността на материала в дисертацията

Специфичният характер на проблемите разглеждани в дисертацията изискват добро информационно обезпечаване и способност за анализ на текущото състояние, извършване на експерименти и изследвания и коректна обработка на данните, което в настоящата дисертация е показано, че дисертантът умее. На тази база е предложена и е създадена интегрирана интелигентна система. Очакваните научни и научно приложни приноси на дисертацията, според мен са постигнати.

Нямам съмнения за авторството на дисертационния материал.

3. Оценка на автореферата

Авторефератът е написан на български език. Считам, че той отговаря на изискванията на Правилника на ХТМУ и напълно отразява изпълненото в дисертационния труд и основните приноси.

4. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Според мен научните и научно приложните приноси на дисертацията обобщено могат да се формулират по следния начин:

(1) Разработени са две лабораторни МГК за пречистване на води и генериране на електроенергия заедно със специализирана система за измерване и за оценка на данните от измерването;

(2) Разработени са динамични симулационни модели за двукамерни МГК (при използване на един или два субстрата). Моделите са оценени, верифицирани и изследвани с използване Simulink на Matlab;

(3) Разработен е размит регулатор за управление на МГК. Той включва основен регулатор и помощен (допълнителен) регулатор за настройка на характеристиките на главния регулатор. Новият регулатор поддържа постоянно напрежение на изхода на МГК даже в условията на много тежки натоварвания и при бърза промяна на натоварванията.

(4) Създаден е регулатор с моделно - предсказващо управление (МПУ) на МГК в едномерния случай, т. е. при 1 вход и 1 изход. Резултатите от симулирането на МГК управлявана с МПУ са сравнени с тези при управление с класически ПИД регулатор. Регулаторът с МПУ показва преобладаващо превъзходство, с по висока точност и по устойчив режим на работа.

(5) Разработена е стратегия за МПУ на МГК в многомерния случай (4 управляващи входа – 2 изхода), базирана на подхода на изкуствено задавани итеративни настройки (FRIT) и на рекурсивния алгоритъм на най-малките квадрати.

(6) Разработена е нова система за диагностика и откриване на неизправности при работа на МГК на базата на създадените модели и на адаптивната мрежа за размито управление (ANFIS). Новата система основана на модели показва много по-голямо бързодействие и по-голяма чувствителност.

Считам, че резултатите от дисертационния труд определено са полезни за науката и за практиката. До момента научните изследвания и усилията на специалистите в областта са насочени главно към избор на подходящи микроорганизми, подбор на мембраната и други конструктивни елементи на МГК с оглед главно повишаване на електрическата ѝ мощност (капацитет). Използването на математически модели може да подпомогне изследванията и да подскаже и други идеи за постигане на тази цел, а автоматичното управление и диагностиката на работата на МГК – значително да подобри работа им.

Все пак считам, че нивото на постигнатото в областта на развитието на МГК е все още далече от реалното им навлизане в практиката и предстоят още много години на научни изследвания преди да постигнат реални практически резултати.

5. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд

Съгласно Правилника на ХТМУ, чл. 11, ал. 4 „Дисертационният труд трябва да се основава най-малко на една научна публикация в списание с импакт-фактор или на две научни публикации в специализирани научни издания без импакт-фактор, или на три научни публикации в доклади на международни научни форуми, отпечатани в пълен текст в сборници с редактор.”

По дисертационния труд са направени 6 публикации. Всички са публикувани на английски език, с изключение на една, която е на български [A4], “Model - based diagnosis of faults in Microbial fuel cells” в сборника доклади на международната конференция по „Автоматика и Информатика” (2016).

Една статия [A1] “Performance improvement of a Microbial fuel cell based on adaptive fuzzy control” е публикувана в **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences (PJPS)** (2014) с ИФ = 1.11 (Thomson Reuter) (сега на страницата му е показан ИФ = 0.682). Прегледът, който направих показва, че това е едно сериозно мултидисциплинарно научно списание, създадено през 1988 г., за което е налична информация и за още една наукометрична оценка – Index Copernicus 16,06.

Две статии са публикувани в специализирани списания с международна оценка - „**The Open Fuels & Energy Science Journal**”, SJR = 0.158 [A2] и „**J. of Chem. Technol. and Metallurgy**”, SJR = 0.194 [A6].

Една статия е публикувана в **Science, Engineering & Education** [A3] и един доклад е отпечатан в сборника на Националната конференция с международно участие **BULCAMC'16** (2016) [A5].

Публикациите отразяват основните резултати, получени при разработване на дисертационния труд, а броят им съществено надвишава поставените минимални изисквания на Правилника на ХТМУ.

Не поставям под съмнение водещото участие на докторанта в публикациите, които са съвместно с неговите научни ръководители. В две от публикациите той е на първо място (A3 и A6), а една от тях (A5) е самостоятелна.

Считам, че с тези публикации резултатите от дисертационния труд са получили достатъчна публичност за научната и професионалната общност.

6. Критични бележки и коментари

Представената дисертация е добре структурирана и е написана на добър английски език. Авторефератът е на български език.

Имам следните въпроси към кандидата:

1.Как са избрани коефициентите в моделите?

2. Адаптивното размито управление е относително просто и дава много добри резултати. Но възниква въпросът за устойчивостта на затворената система. Изследвана ли е?

3. В Гл. 5 се изследва МІМО обект, входните въздействия са 4, но забелязах само един изход (изходящото напрежение). Ако е така, става въпрос за МІSO, а не за МІМО система. Ако не – кой е другият изход (поне още един)?

Имам следните препоръки и коментари към кандидата:

- Разгледани са две „идеализирани“ възможности за анодната камера на МГК – с един субстрат (ацетат) и с два субстрата (глюкоза и глутаминова киселина) и една единствена бактериална популация. В реални условия на работа се използват по-сложни субстрати, особено когато за субстрат се използва замърсена с органика вода. Тогава броят на популациите е по-голям и обикновено процесите протичат по по-сложна многостъпална схема. Препоръката ми е в бъдещата си дейност да се разглежда и този „реален“ случай, който изисква разработването на по-сложни нелинейни модели.

- Известно е, че всяка конкретна популация от микроорганизми се развива най-добре при някаква оптимална температура. Препоръката ми е във всеки „реален“ случай да се изследва експериментално (или да се намери от литературата) каква е оптималната температура, която ще се поддържа постоянна в анодната камера на конкретната МГК.

- В балансното уравнение за биомасата (3.8) е въведен член и за отмирането на микроорганизмите. Това обаче веднага води до някои въпроси с труден отговор, затова препоръчвам този член да отпадне.

- Обикновено при непрекъснати биотехнологични процеси (БТП), каквито са и тези в анодната камера на МГК, за управляващо въздействие се избира не дебита на входящият поток (Q_a), който зависи от обема (V) на анодната камера, а се въвежда величината $D = Q_a/V$, при което моделът става валиден за различни по обем биореактори (БР) с идеално смесване (каквото е и анодната камера на МГК).

- Добре би било да се направи сравнение между двата типа изследвани регулатори (а не само с ПИД).

Тези препоръки не омаловажават положителната ми оценка на дисертацията, а са по-скоро пожелание за по-нататъшно развитие на кандидата.

7. Лични впечатления за дисертанта

Не познавах кандидата преди предварителното обсъждане на дисертационния труд. От това обсъждане и от отговорите на писмено

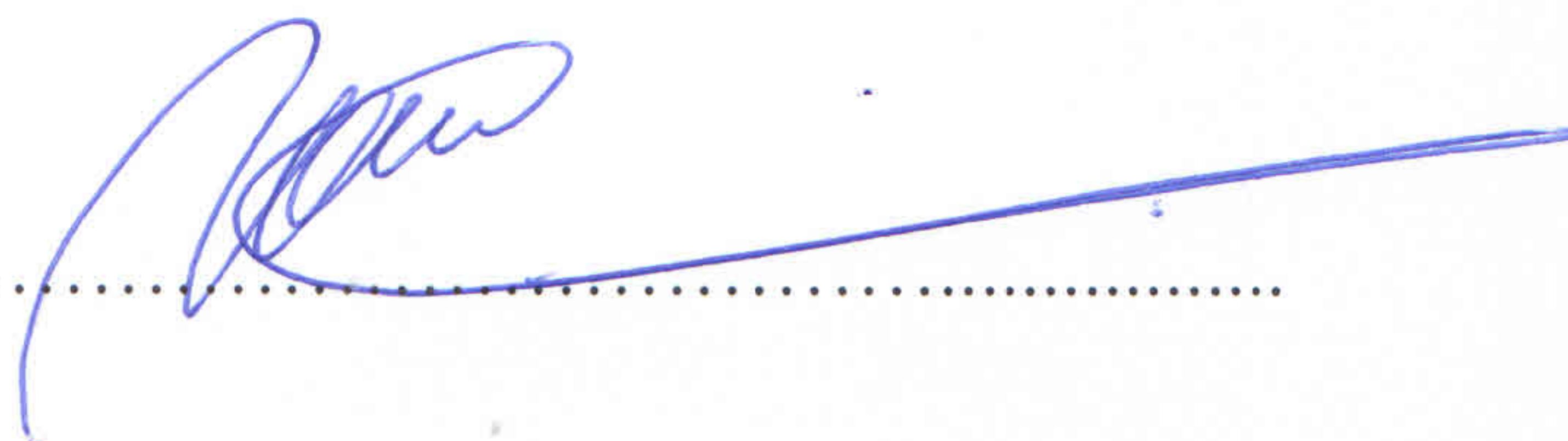
зададените към него въпроси оставам с впечатлението, че това е един сериозен и задълбочен млад учен със заложи за бъдеща научна кариера.

8. Заключение

На основание на всички посочени по горе положителни аргументи за дисертационния труд, считам, че всички изисквания, съгласно Закона за РАСРБ и Правилника за неговото приложение, както и Правилника на ХТМУ са изпълнени и предлагам на научното жури да присъди образователната и научна степен „Доктор” на **Магистър Ли Чонг (MSc Li Chong)** в научната област 5. Технически науки, 5.2. Електротехника, Електроника и Автоматика (Автоматизация на производството).

15.06.2017 г.

Рецензент:



София

(Доцент д-р инж. Иван С. Симеонов, ИМикБ-БАН)