

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертацията: **Магистър Ли Чонг (MSc Li Chong)**

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: **Професор д-р инж. Стоян Колев Стоянов**

Химикотехнологичен и металургичен университет (ХТМУ), София.

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

Ли Чонг е роден в Китай през 1985 г. Завършил е бакалавърска степен през 2008 г. в Далянския технологичен университет, специалност „Компютърни науки и технологии”. През 2013 г. е защитил магистърска степен в Шенянски 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: съхранение на енергия и енергийна ефективност, интегрирани системи за пречистване на води и технологии за генериране на енергия чрез микробни горивни клетки, оптимално управление на пречиствателни съоръжения и системи, технологии за регенериране на енергия.

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

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Актуалност на проблема

В Програмата за развитие през 21 век, приета на Конференцията в Рио де Жанейро през 1992 г., известна като Програма 21, е отделено специално внимание на «Устойчивото развитие». Много части на Програма 21 се отнасят до енергията, водите, въздуха, почвите и развитието на нови технологии, с цел да се постигне устойчиво развитие.



За постигане на тази цел, много изследователски институти и учени работят за решаване на проблемите по енергийната ефективност чрез създаване на нови енергийни източници и създаване и използване на възобновяеми енергийни източници.

Положителен резултат от усилията за решаване тези проблеми е използване на горивните клетки, които са нов подход за изграждане на системи за произвеждане на електричество с висока степен на ефективност и с почти нулево замърсяване. Горивните клетки могат да внесат значителен принос за намаляването на замърсяването на атмосферата и на водните ресурси, използвайки микробни горивни клетки (MFC) и протонни обменни мембранни горивни клетки (PEMFC).

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

Познаване на състоянието на проблема и литературен обзор

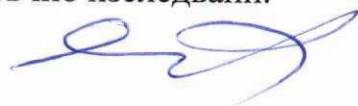
Дисертацията е написана на английски език на 225 страници в 6 раздела и заключение, с 97 фигури и 12 таблици в текста. Направен е много обстоен литературен анализ на 123 източника. Анализираните литературни източници, публикувани след 2000 година (включително) са 111 (90.24 %). Преди 2000 г. литературните източници са 12 (9.76 %). Два са Интернет източници (от 2016 г.).

Литературният обзор и историческото развитие на горивните клетки е разгледано от дисертанта Ли Чонг още от 1838 година, когато се е появила първата публикация по откриването на водородните горивни клетки. Литературният анализ направен от дисертанта е един добър пример как се прави задълбочен аналитичен литературен анализ и достигане до критични заключения, на базата на които се посочват бъдещите изследвания и развитие.

Ли Чонг установява, че създаването на система от микробни горивни клетки е насърчителна алтернатива за възобновяем електрически енергиен източник, но в същото време и със значителен недостатък на микробните горивни клетки (MFCs), защото имат нисък генериран волтаж и ниска мощност на изхода. Повишаването на тези индикатори може да се постигне чрез задълбочени изследвания и конструктивни подобрения.

Постиженията в развитието на MFC до сега не оферират развитие на симулиращи модели на микробните горивни клетки, а също така и на протонните обменни мембранни горивни клетки (PEMFCs) и на подходящи системи за тяхното управление.

Възможностите за управление на горивните клетки, използвайки съвременни интелигентни системи не са изследвани в достатъчна степен. Също така за горивните клетки проблемите свързани с откриване на неизправности и диагностика на грешки са недостатъчно изследвани.



Целите и задачите на дисертационния труд са добре формулирани на базата на литературното проучване на сегашното ниво на проблема.

Основната цел на дисертацията е да се разработи лабораторен (полупилотен) модел на микробна горивна клетка и на нея да се направи изследване чрез компютърно симулиране. Чрез създаване на математичен модел и изследване на модела се цели създаване на система за управление и диагностираща система за микробни горивни клетки (MFCs) за очистване на отпадъчни води и на базата на реакцията на водород и кислород да се генерира електрическа енергия чрез протонни обменни мембранни горивни клетки (PEMFCs).

Съответствие на избраната методология за изследване и на поставените в дисертацията цели и специфични задачи

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. (Глава 2).

(*) Използване на методи за математично моделиране, симулиране, статистически методи и методи за оптимизация (Глава 3, Глава 4, Глава 5).

(*) За оптимизация са използвани методите на нелинейното програмиране и методите за глобална оптимизация (Глава 4, Глава 5, Глава 6).

(*) Използване на методи за управление с размита логика, теорията на хлъзгащи режими на управление, различни архитектури на размито управление, създаване на правила за контролери с размита логика, размиване и деразмиване на интерфейс за контролери с размита логика, използване на различни архитектури за хлъзгащ режим на управление и схеми за адаптивен хлъзгащ режим на управление (Глава 4).

(*) Прилагане на нови методи за моделно предсказващо управление на микробни горивни клетки, архитектури на модели за предсказващо управление за един вход - един изход (SISO) при дискретно предсказващо моделно управление в пространството на състоянието. Управление при много входове – много изходи (MIMO) при дискретно предсказващо моделно управление в пространството на състоянието (Глава 5).

(*) Използвана е теорията на on-line размито итеративно настройване на регулатори и итеративно настройване с използване на рекурсивния алгоритъм на най-малките квадрати (Глава 5).

(*) Използвана е теорията за моделно предсказващо on-line управление и on-line оптимизация (Глава 5).



(*) Използване на методите за диагностика на отказите и неизправностите (Глава 6).

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 го 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 съответствието между автореферата и дисертационния труд

Считам, че Авторефератът напълно отразява, съдържанието и 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 инсталации (според мен полу-пилотни) на микробни горивни клетки (MFC), заедно със специализирана система за измерване и за оценка на данните от измерването за направените в дисертацията изследвания на MFC.
- (2) Създадени са динамични симулационни модели за непрекъснати микробни горивни клетки и за непрекъснати протонни обменни мембранни горивни клетки (PEMFCs). Моделите са оценени, верифицирани и изследвани с използване на Matlab/Simulink.
- (3) Оптимизирани са операционни режими на микробни горивни клетки (MFCs) на базата на динамичния симулационен модел и използване на апроксимационни подходи и методите на нелинейното програмиране.
- (4) Разработен е адаптивен размит контролер с хлъзгащ режим за PEMFC и система за управление с адаптивен размит хлъзгащ контролер и е направено сравнение с класически и с размит контролер. Установено е, че адаптивният размит контролер с хлъзгащ режим на работа показва по голяма бързина в управлението и по добра устойчивост в сравнение с другите два.
- (5) Разработен е размит контролер за управление на микробни горивни клетки. Новият контролер включва основен размит контролер и помощен (допълнителен) размит контролер за настройка на характеристиките на главния контролер. Новият контролер поддържа



постоянен волтаж на изхода от MFC системата, даже в условията на много тежки натоварвания и при бърза промяна на натоварванията.

- (6) Създаден е контролер с предсказващо моделно управление (MPC) на микробна горивна клетка с променящо се рН в буферната система на разтворите. Резултатите от симулацията на предсказващото моделно управление са сравнени с резултатите от PID управлението. Контролерът с предсказващо моделно управление (MPC) показва преобладаващо превъзходство, с по висока точност и по устойчив режим на работа.
- (7) Създадена е стратегия за моделно предсказващо управление, базирана на подхода на изкуствено задавани итеративни настройки (FRIT) и на рекурсивния алгоритъм на най-малките квадрати, като осъществява управление едновременно на четири променливи на микробни горивни клетки.
- (8) Създадена е система за диагностика и откриване на неизправности (FDD) при работа на MFCs на базата на създадените модели и на адаптивната мрежа за размито управление (ANFIS), която се обучава с генетичен оптимизационен алгоритъм (PSO). Новата FDD система основана на модули, показва много по-голямо бързодействие и по-голяма чувствителност в сравнение други системи.

5. Мнение за публикациите на дисертанта 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. Пет от публикациите са на английски език и една е на български език [A4], “Model - based diagnosis of faults in Microbial fuel cells”, публикувана 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 *Рас. Journal of Pharmaceutical Science* (2014) с IF = 1.11. Две статии са публикувани в 2015 в специализирани списания „The Open Fuels & Energy Science Journal” със SJR = 0.158 [A2] и „J. of Chem. Technol. and Metallurgy” със SJR = 0.194 [A6].

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



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.

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. Нямам съществени критични забележки.

Имам следните въпроси към докторанта:

(1) За да се потвърдят положителните качества на адаптивния размит контролер на Фиг. 4.8 (стр. 128) и Фиг. 4.9 и 4.10 (стр. 129) е въведено изменение на външното натоварване на 250 час. Как е избрано това време?

(2) За предложената система за автоматично регулиране с адаптивно размито управление са посочени параметрите K_e , K_{ec} на главния размит контролер и параметъра K_u на помощния адаптивен размит контролер. Какъв е физическият смисъл на параметрите K_e , K_{ec} , K_u ? Дадени са стойности на стр. 129 за K_e , K_{ec} , K_u . Как са определени тези стойности? Споменато е, че някои се определят детерминирано, а други се избират експертно. Какви са критериите при избора на тези параметри?

(3) При разработване на системи за откриване на грешки и диагностика на елементите на микробни горивни клетки (MFC) е разработена адаптивна размита мрежа за размито вземане на решения (ANFIS). За обучение на тази система е разработен генетичен алгоритъм за оптимизация (Partial Swarm Optimization - PSO) за търсене най-добрите правила на функциониране на системата с цел, достигане на максималната и чувствителност. Как избрахте този алгоритъм (PSO) и какво е оригиналното в него?

Имам следната препоръка към кандидата:

В бъдеще, когато има изследвания от подобен вид, каквито са в дисертационния труд, да използва така наречения SWOT анализ, което значи да изследва всички силни и слаби страни на изследвания обект (процес), възможностите му за използване и заплахите от дейностите, които може да възникнат при използването му.

Поставените въпроси и направената препоръка не променят положителната ми оценка на дисертацията.

7. Лични впечатления за дисертанта

Познавам Ли Чонг от 2014 г., когато започна докторантурата си в ХТМУ. От разговорите и дискусиите с него установих, че той е много



добре подготвен, амбициозен и перспективен млад изследовател, който иска да научи повече и да реализира на практика наученото. Мисля, че тези му качества и добрата научна подкрепа от неговите ръководители са довели до създаване на дисертационен труд на много високо ниво.

8. Заключение

На основание на всички посочени по горе положителни аргументи за дисертационния труд, считам, че са изпълнени всички изисквания, съгласно Закона за РАСРБ и Правилника за неговото приложение, както и Правилника на ХТМУ и си позволявам да предложа 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

Проф. д-р Стоян К. Стоянов, ХТМУ, София