

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на
образователна и научна степен „доктор“
в професионалното направление 5.2. Електротехника, Електроника и Автоматика“
(Автоматизация на производството)

автор на дисертационния труд: маг. инж. Милен Николаев Славов

тема на дисертационния труд:

**Размито управление на технологични процеси от химическата промишленост
с ръководител проф. дн Снежана Йорданова**

от доц. д-р Методи Георгиев Георгиев

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията

Дисертационният труд е посветен на проектиране на системи за автоматично управление на процеси и инсталации в химическата промишленост с използване на системи с размита логика.

Технически данни на дисертационния труд са: 143 стр. общ текст на дисертацията; 42 номерирани формули (в действителност са много повече); 13 таблици; 51 фигури; 135 литературни източника библиография, които покриват период от 1970 г. до 2024 г. В езиково отношение източниците са разпределени в 13 на български език, 2 на руски език, а останалите на английски.

Целите и задачите на дисертационния труд са дефинирани коректно на стр. 41, като за цел е поставено „разработването и индустриалното приложение на алгоритми и структури, базирани на РЛ и методи за синтез на основа на експертни знания за обекта, теория на робастното управление и офлайн параметрична оптимизация с ГА“, а задачите са формулирани в следната последователност:

1. Изучаване на обекта за управление и разработване за целите на симулационни изследвания на МТСК модели на база на данни от експерименти.

2. Синтез и промишлена реализация на система за регулиране на ниво на разтвора в ККл със Сугено РР с вход грешката, без класически модел на обекта на основата на експертни знания и с отчитане на условията за робастна устойчивост и робастно качество.

3. Синтез и промишлена реализация на САУ за ниво с РР от РЕ с два входа – грешка и основно смущение и с грешка и производна на регулируемата величина.

4. Проектиране, промишлена реализация и изследване на система с ПИД АРР чрез ПРК механизъм за адаптация на коефициентите на РР при метод за синтез чрез оптимизация с ГА на параметрите на АРР.

Темата на дисертационния труд е актуална, с елементи на научна дейност и практическа реализация и се фокусира върху управление на процеси в карбонизационна колона при производство на калцинирана сода, като фокуса е върху управление на нивото в колоната.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

По отношение на степента на познаване на проблема, считам, че докторанта Милен Славов е много добре запознат с проблематиката. Литературните източници покриват изцяло изложеното по темата. Литературата е коректно цитирана в текста на дисертационния труд. Изучени са значително количество литературни източници, както и съществуващите методи, алгоритми и математически апарат за проектиране на САУ, техния анализ и оптимизация. Дисертационният труд е фокусиран върху решаване на реален проблем при управление на нелинейни обекти и наличие на параметрични и сигнални смущения и подобряване на качеството на управление посредством разработване на нови модифицирани регулатори базирани на размита логика. В обяснителната записка

са показани множество експериментални, симулационни и реални данни, които доказват работоспособността на разработените модели и алгоритми. Дисертационният труд покрива много дялове от теорията на управление на процесите като автоматизация на технологични процеси, технически средства за автоматизация, размито управление, оптимизация и други. Познаването на теоретичния материал е позволило на докторанта да приложи наученото на практика и да достигне до практическа реализация на изложените научни методи.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Избраните в дисертационния труд алгоритми и софтуерни приложения напълно удовлетворяват реализацията на тематиката. Избраните подходи съответстват на целта и задачите поставени в дисертационния труд. Използваните методи и алгоритми са валидирани чрез софтуерно моделиране и са приложени практически в реални производствени условия, което е пряко доказателство за тяхната работоспособност.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

В първа глава са разгледани методите за моделиране на системи за автоматизация с размита логика, синтез на размити регулатори, като и методи за размито адаптивно управление и параметрична оптимизация на размити системи. Главата по същество представлява литературен обзор на приложение на методите на размитото управление в системите за автоматизация. В Глава 2 е описан обекта на управление. Обекта е реална индустриална инсталация. Технологичния процес е показан на две Р&ІD диаграми показани на фиг.2.1 и фиг.2.2, където са показани и контурите на управление. В тази глава са разработени и валидирани модели на технологичния процес на управление, който по същество се явява управление на ниво в карбонизационна колона. Като смущаващи въздействия са посочени налягането на върха на колоната и променливото производствено натоварване. Тук са разработени модели на карбонизационната колона базирани на размита логика. Тези модел са използвани по нататък в разработката за провеждане на симулационни изследвания. Глави 3,4,5 и 6 представляват същината на разработката, където са проектирани, изследвани и валидирани няколко модификации на размити ПИ и ПИД регулатори. Резултатите са обобщени графично и таблично, като са изследвани робастна устойчивост и робастно качество на системите за управление по няколко показателя. Дисертационния труд завършва със Заключение, в което са формулирани претенциите за научно-приложни и приложни приноси.

5. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд

В дисертационния труд са предявени претенции за **5 научно-приложни приноса** както следва:

1. Изведени са МТСК модели на обект от данни от експерименти съгласно методика, предназначени за целите на симулационни изследвания. Моделите са успешно валидирани по независими експериментални данни.
2. Разработени са различни варианти на ПИ и ПИД РР, както и РР с компенсация на основното измеримо смущение, с използване на експертни емпирични знания и зададени условия за робастна устойчивост и робастно качество.
3. Разработен е ПИД АРР на основа на ПД РР с входове грешката и производната на регулируемата величина и паралелен линейен интегратор с ПРК адаптация на параметрите му, за подобряване на показателите за качеството на размитото управление при промени в обекта и за намаляване на субективността на експертните знания при синтеза на РР.
4. Анализирана е робастността на система с ПИД АРР (Адаптивен размит регулатор) чрез модификация на зададени условия за робастна устойчивост и робастно качество на система с РР (размит регулатор). Показано е, че системата с АРР е еквивалентна на робастна система с фиксирани параметри.
5. Параметрите на изведените МТСК модели на обекта и на синтезираните РР са оптимизирани офлайн с ГА (генетичен алгоритъм) на база на симулация на моделите и на затворените систе-

ми за изчисляване на предложени ЦФ(целева функция) по данни от експерименти, покриващи обхвата на работа.

и 3 приложни приноси:

1. Експериментално е изследван сложен технологичен обект за управление - нивото в ККл (карбонизационна колона), който се характеризира с нелинейност, променливост на параметрите при смяна на натоварване и работна точка, моделна неопределеност и влияние на редица индустриални смущения.
2. Разработените РР и АРР са реализирани в ПЛК(програмируем логически контролер) с общо предназначение, в който липсва инструментариум за РЛ(размита логика). За изграждане на Д-частта на ПИД 2В1И РР (размит регулатор с два входа и един изход) е използвана производната на регулируемата величина, изчислена като крайна разлика на два филтъра от типа пълзящо средно, като по този начин се намаляват пиковете и шумовете при диференциране.
3. Разработените системи са изследвани чрез симулации в MATLAB и чрез експерименти в реално време с работеща промишлена инсталация. Показателите за качество на управление са оценени и сравнени. Въведен е обобщен показател, който подпомага сравнителния анализ по различните оценки на изследваните системи

Приемам приносите за основателни и аргументирани. Приносите са в областта на създаване на нови модифицирани структури за управление на сложни нелинейни процеси при наличие на параметрични и сигнални смущения с приложение на теорията на размитите множества. Теоретичните разработки са внедрени и практически реализирани в реални технологични процеси. Те са защитени с много примери, графики и резултати от изследванията, които показват състоятелността на дисертационния труд и приложимостта на резултатите от него.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Считам, че дисертационния труд, както и приносите към него са самостоятелно дело на докторанта. Това мое мнение се основава на предоставения материал, научните публикации с участието на докторанта и презентацията на материалите пред НС на катедра АНП на Факултет Автоматика.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

По темата на дисертацията авторът има шест публикации. Една от тях е самостоятелна в годишника на Технически университет – София, а останалите са в съавторство с научния му ръководител проф. дн Снежана Йорданова и други автори. Те публикувани в международни списания и конференции. Четири от публикациите са в списания, като едното от тях е в Q1 за 2024 г. с SJR 1.093, две списания са в Q4 с SJR 0,215 за WSEAS Transactions on Systems and Control и SJR 0,155 за Jordan Journal of Electrical Engineering. Общият брой точки по раздел Г на §14 от ППЗРАСРБ е 80 и далеч надхвърля изискуемия минимум от 30 точки.

Всички публикации отразяват съществени етапи и раздели от разработваната в дисертацията тематика и показват представително някои от постигнатите резултати.

Към комплекта документи по процедурата е представен списък с 14 цитирания на публикациите и показва отразяването на резултатите по дисертационния труд в международен мащаб.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр.

От научна гледна точка резултатите са отразени адекватно посредством редица публикации и тяхната приложимост в научен аспект се потвърждава от приложения в документацията списък с цитирания в редица международни списания и конференции.

Резултатите от дисертационния труд са реализирани в реална производствена инсталация чрез създаването на функции и процедури за програмируем логически контролер. Тези резултати

са показани в Глави две, три и четири на дисертационния труд. Не са представени документи за реализиран икономически ефект, което не омаловажава практическия аспект на направената работка.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

Авторефератът е изготвен обем от 32 страници. Обемът и съдържанието му са съответствие с изискванията и отразяват в пълна степен основните положения, концепции и разработки в дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Спрямо становището ми към дисертационния труд на предварителната защитата пред НС на катедра АНП, ФА, следва да подчертая, че съществените бележки и препоръки в сравнение с финалната версия на дисертационния труд са коригирани и отстранени.

11. Заключение с оценка на дисертационния труд

Оценявам положително резултатите и качеството на дисертационния труд **РАЗМИТО УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ ОТ ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕННОСТ** на маг. инж. **Милен Николаев Славов**. Той представлява системен и дълбочен научноизследователски труд със своите доказани и потвърдени резултати, и в който труд образователната и научната съставлящи на дисертацията са изпълнени.

Дисертационният труд **РАЗМИТО УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ ОТ ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕННОСТ** на маг. инж. **Милен Николаев Славов** отговаря напълно на изискванията на Закона за Развитието на Академичния състав в Република България, на Правилника за прилагане на Закона за Развитието на Академичния Състав и на количествените изисквания за качество на дисертационен труд на нормативните документи на ТУ-София. Авторефератът отразява пълно и представително постигнатите в дисертационния труд резултати. Публикациите, включени в автореферата на дисертационния труд представят негови отделни съставлящи. Като цяло са налице изискванията към дисертационния труд и в научна, и в образователна насоченост, а работата е лично дело на докторанта.

Като се има предвид гореизложената и аргументирана положителна оценка за представения дисертационен труд на тема **РАЗМИТО УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПРОЦЕСИ ОТ ХИМИЧЕСКАТА ПРОМИШЛЕННОСТ**, си позволявам да предложа на членовете на Научно Жури в процедурата за защита, назначено със Заповед на г-н Ректора ТУ-София № ОЖ-5.2-79/16.10.2025 г, да бъде присъдена на маг. инж. Милен Николаев Славов образователната и научната степен “доктор” в професионалното направление 5.2. Електротехника, Електроника и Автоматика“ (Автоматизация на производството) към катедра „Автоматизация на Непрекъснатите Производства“ при ФА на ТУ-София.

06.01.2025
София

Рецензент: *1021*
(доц. д-р Методи Георгиев)

Върно с оригинала



REVIEW

on a dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor"
in the professional area 5.2. Electrical Engineering, Electronics and Automation (Production Automation)
author of the dissertation: MSc. Eng. Milen Nikolaev Slavov

Topic of the dissertation:

Fuzzy control of technological processes in the chemical industry

Supervisor: Prof. DSc. Eng. Snejana Jordanova

reviewer: Assoc. Prof. PhD Eng. Metody Georgiev Georgiev

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work in scientific and applied science terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation

The dissertation is dedicated to the design of automatic control systems for processes and installations in the chemical industry using fuzzy logic systems.

Technical data of the dissertation are: 143 pages of total text of the dissertation; 42 numbered formulas (there are many more); 13 tables; 51 figures; 135 literary sources bibliography, which cover the period from 1970 to 2024. In terms of language, the sources are distributed in 13 in Bulgarian, 2 in Russian, and the rest in English.

The goals and objectives of the dissertation are defined correctly on page 41, with the goal being "the development and industrial application of algorithms and structures based on fuzzy logic and synthesis methods based on expert knowledge of the object, robust control theory and offline parametric optimization with genetic algorithms", and the tasks are formulated in the following sequence:

1. Study of the object for control and development for the purposes of simulation studies of modified Takagy-Sugeno-Kang (MTSK) models based on experimental data.

2. Synthesis and industrial implementation of a solution level control system in carbonization column with Sugeno fuzzy regulator with error as input, without a classical model of the object based on expert knowledge and considering the conditions for robust stability and robust quality.

3. Synthesis and industrial implementation of a level control system with fuzzy regulator with two inputs – error and main disturbance and error and derivative of the regulated process.

4. Design, industrial implementation and research of a system with PID adaptive fuzzy controller through a parallel distributed compensation mechanism for adaptation of the fuzzy controller coefficients in a synthesis method through genetic algorithm optimization of the adaptive fuzzy controller parameters.

The topic of the dissertation is current, with elements of scientific work and practical implementation and focuses on process control in a carbonation column in the production of soda ash, with the focus on level control in the column.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material

Regarding the degree of knowledge of the problem, I believe that the doctoral student Milen Slavov is very well acquainted with the issues. The bibliography fully covers the materials presented on the topic. The literature is correctly cited in the text of the dissertation. A significant amount of literature sources has been studied, as well as existing methods, algorithms and mathematical background for the design of automatic control systems, their analysis and optimization. The dissertation is focused on solving a real problem in controlling nonlinear objects and the presence of parametric and signal disturbances and improving the quality of control by developing new modified controllers based on fuzzy logic. The material shows a lot of experimental, simulation and real data that prove the working capacity of the developed models and algorithms. The dissertation covers many parts of the theory of process control such

as automation of technological processes, elements of industrial automation, fuzzy control, optimization and others. Knowledge of the theoretical material has allowed the doctoral student to apply what he has learned in practice and to achieve practical implementation of the presented scientific methods.

3. Compliance of the chosen research methodology with the set goal and objectives of the dissertation work

The algorithms and software applications selected in the dissertation fully satisfy the implementation of the topic. The selected approaches correspond to the goal and tasks set in the dissertation. The methods and algorithms used have been validated through software modeling and have been practically applied in real production conditions, which is direct evidence of their workability.

4. A brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are built.

The first chapter discusses the methods for modeling automation systems with fuzzy logic, synthesis of fuzzy controllers, as well as methods for fuzzy adaptive control and parametric optimization of fuzzy systems. The chapter essentially represents a literature review of the application of fuzzy control methods in automation systems. Chapter 2 describes the control object. The object is a real industrial installation. The technological process is shown in two P&ID diagrams shown in Fig. 2.1 and Fig. 2.2, where the control loops are also shown. In this chapter, models of the technological control process are developed and validated, which essentially is level control in a carbonation column. The pressure at the top of the column and the variable production load are indicated as disturbances. Here, models of the carbonation column based on fuzzy logic are developed. These models are used further in the development to conduct simulation studies. Chapters 3,4,5 and 6 represent the core of the work, where several modifications of fuzzy PI and PID controllers are designed, investigated and validated. The results are summarized graphically and tabularly, and robust stability and robust quality of control systems are studied by several indicators. The dissertation ends with a Conclusions, where the claims for scientific and applied contributions are formulated.

5. Scientific and/or scientific-applied contributions of the dissertation work

The dissertation claims 5 scientific and applied contributions as follows:

1. MTSK models of an object were derived from experimental data according to a methodology intended for the purposes of simulation research. The models were successfully validated on independent experimental data.

2. Different variants of PI and PID fuzzy controllers were developed, as well as fuzzy controllers with compensation for the main measurable disturbance, using expert empirical knowledge and set conditions for robust stability and robust quality.

3. PID adaptive fuzzy controller was developed based on PD fuzzy controller with inputs the error and derivative of the regulated process value and a parallel linear integrator with parallel distributed compensation adaptation of its parameters, to improve the quality indicators of fuzzy control in the event of changes in the object and to reduce the subjectivity of expert knowledge in the synthesis of fuzzy controller.

4. The robustness of a PID system with an adaptive fuzzy controller is analyzed by modifying the given conditions for robust stability and robust quality of a system with a fuzzy controller. It is shown that the AFC system is equivalent to a robust system with fixed parameters.

5. The parameters of the derived MTSC models of the object and the synthesized FFs are optimized offline with a GA (genetic algorithm) based on simulation of the models and closed systems for calculating the proposed OF (objective function) based on experimental data covering the scope of work.

and 3 applied contributions:

1. A complex technological control object - the level in a carbonation column - was experimentally studied, which is characterized by nonlinearity, variability of parameters when changing the load and operating point, model uncertainty and the influence of several industrial disturbances.

2. The developed fuzzy controller and adaptive fuzzy controller were implemented in a general-purpose PLC (programmable logic controller), which lacks a toolkit for fuzzy logic. To build the D-part of the PID 2I1O FL (fuzzy regulator with two inputs and one output), the derivative of the process value was used, calculated as the final difference of two moving average type filters, thus reducing peaks and noise during differentiation.

3. The systems developed were studied through simulations in MATLAB and through real-time experiments with a working industrial installation. The control quality indicators were evaluated and compared. A summary indicator has been introduced to support comparative analysis of the different assessments of the systems studied.

I accept the contributions as well-founded and reasoned. The contributions are in the field of creating new modified structures for controlling complex nonlinear processes in the presence of parametric and signal disturbances with the application of fuzzy set theory. The theoretical developments have been implemented and practically realized in real technological processes. They are supported by many examples, graphs and research results that demonstrate the validity of the dissertation work and the applicability of its results.

6. Assessment of the dissertation candidate's personal participation in the contributions

I believe that the dissertation work, as well as the contributions to it, are the independent work of the doctoral student. My opinion is based on the materials provided, the scientific publications with the participation of the doctoral student, and the presentation of the materials before the Academic Council of the Department of ANP of the Faculty of Automatics.

7. Assessment of publications on the dissertation work: number, nature of the editions in which they are printed. Reflection in science – use and citation by other authors, in other laboratories, countries, etc.

The author has six publications on the topic of the dissertation. One of them is an independent one in the yearbook of the Technical University - Sofia, and the rest are co-authored by his scientific supervisor Prof. DSc. Eng. Snezhana Yordanova and other authors. They are published in international journals and conferences. Four of the publications are in journals, one of which is in Q1 for 2024 with SJR 1.093, two journals are in Q4 with SJR 0.215 for WSEAS Transactions on Systems and Control and SJR 0.155 for Jordan Journal of Electrical Engineering. The total number of points under section Γ of §14 of the Regulations for the implementation of the Law on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria is 80 and far exceeds the required minimum of 30 points.

All publications reflect significant stages and sections of the topic developed in the dissertation and show representatively some of the achieved results.

A list of 14 citations of publications is presented with the set of documents for the procedure and shows the coverage of the results of the dissertation work on an international scale.

8. Use of the results of the dissertation work in scientific and social practice. Presence of achieved direct economic effect, etc.

From a scientific point of view, the results have been adequately reflected through several publications and their applicability in a scientific aspect is confirmed by the attached documentation list of citations in a number of international journals and conferences.

The results of the dissertation work have been implemented in a real production installation by creating functions and procedures for a programmable logic controller. These results are shown in Chapters two, three and four of the dissertation work. No documents have been presented for the realized economic effect, which does not belittle the practical aspect of the development made.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.

The abstract is a 32-page volume. Its volume and content comply with the requirements and fully reflect the main points, concepts and developments in the dissertation work.

10. Opinions, recommendations and notes

Regarding my opinion on the dissertation work of the preliminary defense before the SC of the Department of ANP, Faculty of Automation, I should emphasize that the significant notes and recommendations compared to the final version of the dissertation work have been corrected and removed.

11. Conclusion with evaluation of the dissertation work

I positively evaluate the results and quality of the dissertation work **FUZZY CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE CHEMICAL INDUSTRY** by **M.Sc. Eng. Milen Nikolaev Slavov**. It represents systematic and in-depth research work with its proven and confirmed results, and in which the educational and scientific components of the dissertation are fulfilled.

The dissertation work **FUZZY CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE CHEMICAL INDUSTRY** by **M.Sc. Eng. Milen Nikolaev Slavov** fully meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for the Implementation of the Law on the Development of the Academic Staff and the quantitative requirements for the quality of dissertation work of the regulatory documents of TU-Sofia. The abstract fully and representatively reflects the results achieved in the dissertation work. The publications included in the abstract of the dissertation represent its individual components. In general, the requirements for the dissertation work are present in both the scientific and educational direction, and the work is the personal work of the doctoral student.

Considering the above-stated and reasoned positive assessment of the presented dissertation work on the topic **FUZZY CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE CHEMICAL INDUSTRY**, I take the liberty of proposing to the members of the Scientific Jury in the defense procedure, appointed by Order of the Rector of the Technical University of Sofia No. ОЖ-5.2-79/16.10.2025, to award **M.Sc. Eng. Milen Nikolaev Slavov** the educational and scientific degree "**Doctor**" in the professional field 5.2. Electrical Engineering, Electronics and Automation" (Production Automation) at the Department of "Continuous Production Automation" at the Faculty of Engineering of the Technical University of Sofia.

06.01.2025
Sofia

Reviewer: *1m1*
(Assoc. Prof. PhD Eng. Metody Georgiev)

Върно с оригинала

