

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационния труд на

маг. инж. Полина Красиминова Кесова

по тема:

„РАЗРАБОТКА НА ИНТЕЛИГЕНТНА СИСТЕМА ЗА ЕНЕРГИЕН МЕНИДЖМЪНТ“

за присъждане на образователната и научна степен „ДОКТОР“
в професионално направление „Електротехника, електроника и
автоматика“

по научната специалност „Системи с изкуствен интелект“

ОТ

проф. д-р Идилия Александрова Бачкова

ХТМУ, кат. „Автоматизация на производството“

бул. „Кл. Охридски“ 8, 1756 София

Тел.0888755232, e-mail: idilia@uctm.edu

Становището е изготвено съгласно изискванията на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности (ППНСЗАД) в ХТМУ, София, 2011, допълнен и изменен на заседания на АС, проведени на 20. 04. 2011 г., 17. 11. 2011 г., 15. 02 2012 г., 21. 03. 2012 г., 14. 11. 2012 г., 17. 07. 2013 г., 18. 12. 2013 г. и 19. 03. 2014 г.

1. ПРЕГЛЕД НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Дисертационният труд е посветен на актуален научен и приложен проблем – разработването на интелигентни системи за енергиен мениджмънт в индустриални предприятия чрез интегриране на стандарти, семантични технологии, индустриален интернет на нещата и методи на изкуствения интелект. Изследването е мотивирано от ограниченията на традиционните системи за енергиен мониторинг, които обикновено осигуряват събиране и визуализация на данни, но не предоставят достатъчно средства за семантична интеграция, автоматизиран логически извод, контекстен анализ и оптимизационно подпомагане на решенията.

Основната цел на дисертационния труд е разработването на семантично ориентиран подход и хибридна AI-базирана архитектура за интелигентен енергиен мениджмънт в индустриална среда. За нейното постигане са изследвани приложимите стандарти, референтни архитектури, онтологични модели, IIoT технологии и методи на изкуствения интелект; разработени са методологична рамка, формален онтологичен модел и многослойна архитектура; предложени са методи за мониторинг, анализ и откриване на аномалии; формулирана е оптимизационна задача за управление на реактивната мощност. Резултатите са апробирани чрез данни и структура на реално предприятие за добив и преработка на цветни метали.

Трудът е структуриран в шест последователно свързани глави. След аналитичния обзор е предложена хибридна семантично-оптимизационна концепция, която съчетава символен изкуствен интелект – онтологии, правила и логически извод – с методи на изчислителния интелект. Разработеният шестетапен модел обхваща планиране, моделиране, семантична интеграция, интеграция с индустриални системи, анализ и AI и валидация. Тази последователност е методологично обоснована и осигурява проследимост от изискванията и първичните измервания до аналитичните резултати и управленските решения.

Съществен резултат е разработката на формална OWL онтология ontoEnMS, базирана на ISO 50001. Чрез нейния TBox са представени основни понятия като енергиен преглед, значими енергийни употреби, базови енергийни линии, показатели за енергийна ефективност, цели, планове за действие, измервания и непрекъснато подобрение. Създаденият ABox обвързва тези понятия с конкретни производствени комплекси, цехове, оборудване, електромери, трансформатори и енергийни показатели. По този начин онтологията не остава само концептуална конструкция, а се превръща в основа за оперативен семантичен слой.

Особено важно е съгласуването на ontoEnMS с производствения онтологичен модел OntoMES/IEC 62264 и със сензорните онтологии SOSA/SSN. То позволява всяко измерване да бъде свързано с конкретен сензор, оборудване, технологичен процес,

производствена единица и времеви момент. Така се преодолява характерната за традиционните системи изолираност на енергийните данни. Валидацията чрез синтактична, логическа и семантична проверка, въпроси за компетентност, SPARQL заявки и логически извод потвърждава вътрешната съгласуваност и функционалната приложимост на модела. Резултатът е възможност за автоматизирано изчисляване на EnPI, сравнение с базови линии, идентифициране на значими енергийни употреби и откриване на отклонения.

Разработената шестслойна архитектура интегрира IIoT устройства и сензори, OPC UA комуникация, MES/EnMS системи, семантичен интеграционен слой, граф от знания и корпоративни аналитични AI модули. Ключов елемент е предложеният двупосочен OWL ↔ OPC UA междинен софтуер. Чрез него индустриалните информационни модели и оперативните данни могат да бъдат преобразувани в RDF/OWL представяне, а онтологичните знания – използвани за обогатяване и структуриране на OPC UA моделите. Този резултат има висока научно-приложна стойност, защото създава връзка между физическата измервателна инфраструктура и графа от знания и осигурява проследимост по веригата „устройство – измерване – производствен контекст – енергиен показател – аналитичен резултат“.

Предложеният онтологично базиран мониторинг разширява конвенционалния числов анализ чрез включване на производствения, технологичния и нормативния контекст. Разгледани са напрежение, честота, активна и реактивна мощност, фактор на мощността и хармонични изкривявания. Комбинирането на SWRL правила, онтологичен извод, статистически анализ, времеви редове и машинно обучение създава предпоставки за откриване на различни категории аномалии – отклонения в потреблението, нисък фактор на мощността, претоварване, свръхкомпенсация и нарушения в качеството на електроенергията. Предимство на подхода е, че аномалията може не само да бъде регистрирана, но и интерпретирана спрямо оборудването, режима на работа и допустимите нормативни граници.

Най-конкретните количествени резултати са получени при изследването на реактивната мощност. За трансформатор №1 факторът на мощността е над 0,95 и при определени режими достига приблизително 0,99, което показва риск от свръхкомпенсация. При трансформатор №2 са отчетени стойности между приблизително 0,92 и 0,97. На секциите 6 kV се установяват значително по-ниски и променливи стойности, като за секция 1 $\cos \phi$ варира приблизително между 0,59 и 0,83, а при секция 2 се повишава от около 0,74 до 0,86 при спиране на определен производствен цех. Резултатите убедително показват, че компенсацията трябва да бъде режимно зависима и да се управлява отделно по секции.

Като техническо решение са предложени кондензаторни батерии по 1000 kVAr към всяка секция 6 kV. Потенциалното годишно намаляване на загубите по кабелните линии е оценено на около 83,4 MWh, а собствените загуби на кондензаторните уредби – на около 43,8 MWh. Това означава ориентиrowъчен нетен енергиен ефект около 39,6 MWh годишно, преди отчитане на икономическите параметри и конкретния режим на

превключване. Анализът доказва, че постоянното включване на батериите не е оптимално и при ниско натоварване може да доведе до свръхкомпенсация.

За решаване на този проблем е приложен алгоритъмът на скалците – GOA. Формулираната целева функция едновременно отчита загубите, отклонението на $\cos \phi$, броя на превключванията и риска от свръхкомпенсация. Това е правилна многокритериална постановка, свързана с реални инженерни ограничения. Представените резултати обаче имат предимно характер на обоснована алгоритмична постановка и оценка на очаквания ефект. За по-пълно доказване на ефективността би било полезно да се представят числови резултати преди и след GOA оптимизацията, криви на сходимост, брой превключвания и сравнение с традиционно релейно управление или друг оптимизационен алгоритъм.

2. ОЦЕНКА НА СЪОТВЕТСТВИЕТО МЕЖДУ АВТОРЕФЕРАТА И ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Авторефератът е разработен съгласно установените изисквания и представя вярно и пълно съдържанието и приносите на дисертационния труд. В него ясно са формулирани целта и задачите на изследването и са систематизирани предложените подходи и методи, използваните средства и постигнатите резултати.

3. МНЕНИЕ ЗА ПУБЛИКАЦИТЕ НА ДИСЕРТАНТА ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Към дисертационния труд са представени четири основни публикации и едно участие в научна постерна сесия. Публикациите са издадени в периода 2015–2024 г. и проследяват последователното развитие на изследванията на автора – от общите мерки за повишаване на ефективността на системите за енергиен мениджмънт, през внедряването на Индустриалния интернет на нещата и анализа на енергийни данни, до оптимизирането на реактивната мощност и компенсацията на фактора на мощността.

Авторското участие на докторанта е ясно изразено. Във всички основни публикации Полина Кесова е първи автор, а една от тях е самостоятелна. Това показва водещо участие при формулирането на изследователските задачи, обработването на експерименталните данни и представянето на получените резултати. Самостоятелната публикация от 2023 г. е отличена с първо място в секция „Енергетика и автоматизация“ на Националната младежка научно-практическа конференция, а впоследствие резултатите са публикувани в списание „Минно дело и геология“. Това отличие е положителна оценка за практическата значимост и качеството на разработката.

Представените публикации имат ясно изразена научно-приложна насоченост и доказват продължителен интерес и последователна работа в областта на индустриалния енергиен мениджмънт. Общият брой на посочените точки за четирите основни публикации е 50. Публикационната активност отговаря на основното професионално направление на дисертацията и осигурява публичност на част от постигнатите резултати.

4. ЛИЧНИ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ЗА ДИСЕРТАНТА

Познавам Полина Кесова от учебната 2009/2010 година като неин преподавател по дисциплината „Системи бази данни“ в бакалавърската специалност „Автоматика и информационни технологии“. Още като студентка тя се отличаваше с изключително старание, висока мотивация, организираност и амбиция, както и с ясно изразен интерес към научноизследователската дейност.

Впоследствие, в работата си като докторант, тези нейни качества допринесоха съществено за успешното изпълнение на поставените задачи и за постигането на целите на дисертационния труд. Особено висока оценка заслужава готовността ѝ да навлезе в сложна и интердисциплинарна проблематика, изискваща усвояването на значителен обем нови знания от области, които не са били обхванати в учебния план на завършените от нея специалности.

Като неин научен ръководител бих желала специално да подчертая силно развитото ѝ чувство за отговорност, последователността в работата и постоянния стремеж към професионално усъвършенстване и придобиване на нови знания и умения. Тези качества ѝ помогнаха да се справи успешно както с научноизследователските задачи на дисертацията, така и с професионалната си реализация в областта на индустриалния енергиен мениджмънт.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, дисертационният труд постига поставената цел и предлага цялостна методологична, семантична, архитектурна и алгоритмична основа за интелигентен индустриален енергиен мениджмънт. Основното му достойнство е интегрирането в обща рамка на ISO 50001, IEC 62264, SOSA/SSN, OPC UA, графи от знания, символен AI и оптимизационни методи. Получените резултати притежават научна новост, ясно изразена приложна насоченост и потенциал за развитие към реално времева, адаптивна и обяснима интелигентна EnMS.

Оценката ми за дисертационния труд, автореферата, научните публикации и приноси на маг. инж. Полина Кесова е **ПОЛОЖИТЕЛНА**. Представеният дисертационен труд отговаря напълно на изискванията, залегнали в ЗРАСРБ и Правилника за условията за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ХТМУ-София, по отношение на обем, качество, степен на новост, научни приноси и публикации. В заключение предлагам на Почитаемото Научно Жури към ФХСИ на ХТМУ - София да присъди на **маг. инж. Полина Красимирова Кесова** образователната и научна степен **“ДОКТОР”**.

01.09.2026 г.

Изготвил становището:

София

/проф. д-р Идилия Бачкова/