

# СТАНОВИЩЕ

от проф. д-р Галина Николчева  
катедра ПТС, ТУ София

относно дисертационния труд на маг. инж. Полина Красимирова Кесова  
на тема: „Разработка на интелигентна система за енергиен мениджмънт“  
за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по

5. Технически науки научна специалност

5.2. Електротехника, електроника и автоматика (Системи с изкуствен интелект)

Научен ръководител: проф. д-р инж. Идилия Бачкова

## 1. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

В **първа глава** е извършен обзор на индустриалните системи за енергиен мениджмънт, нормативните стандарти, референтните архитектури, онтологиите, методите на изкуствения интелект и IoT технологиите.

Във **втора глава** е разработена методологична основа за изграждане на интелигентна система за енергиен мениджмънт в индустриална среда. Обоснована е необходимостта от интеграция между семантични технологии, графи от знания, стандартизирани индустриални модели и AI методи. Предложена е хибридна семантично-оптимизационна AI концепция, която обединява символен AI, онтологии, граф от знания, SWRL правила, reasoning и изчислителен интелект. Разработена е шестетапна методологична рамка: планиране, моделиране, семантична интеграция, системна интеграция, анализ и AI, и валидация. Тя създава предпоставки за последващо изграждане на онтологичния модел, семантичната архитектура и интелигентните аналитични функции. Аргументирано е семантичното съгласуване между IEC 62264 и SOSA/SSN, чрез което енергийният запис може да се разглежда едновременно като MaterialLot и Observation.

В **трета глава** е разработена OWL онтология ontoEnMS за система за енергиен мениджмънт, базирана на логиката и изискванията на ISO 50001. Чрез нея са формализирани основните понятия на EnMS, включително енергиен преглед, значими енергийни употреби, енергийни базови линии, EnPI показатели, цели, планове за действие, мониторинг, оценяване и непрекъснато подобрене. Разработеният ABox показва как концептуалният модел се свързва с конкретни данни за индустриално предприятие. Извършено е съгласуване с OntoMES, SOSA/SSN и IEC 62264, което позволява обединяване на производствената структура, измервателната инфраструктура и системата за енергиен мениджмънт в единен граф от знания. Това създава предпоставки за семантично търсене, проследимост, автоматизирано откриване на отклонения и анализ на енергийната резултатност. Валидацията на онтологията чрез синтактична, логическа и семантична проверка, въпроси за компетентност, SPARQL заявки и механизми за логически извод потвърждава приложимостта на разработения модел.

**В четвърта глава** е разработена онтологично базирана семантична архитектура за интелигентна система за енергиен мениджмънт, която осигурява интеграция между физическата измервателна инфраструктура, индустриалната комуникационна среда, системите за оперативно и енергийно управление, онтологичните модели, графа от знания и аналитичните AI модули. Предложената архитектура е организирана като многослоен модел, включващ: слой на устройствата, комуникационен слой, слой за оперативно и енергийно управление, слой за семантична интеграция, слой на графа от знания и корпоративен аналитичен слой. Чрез тази структура се осигурява последователна трансформация на данните — от първични измервания и оперативни сигнали до семантично обогатени знания и аналитични резултати. Разработеният двупосочен OWL ↔ OPC UA междинен софтуер е ключов компонент на предложената архитектура. Той позволява трансформация на OPC UA информационни модели и оперативни данни към RDF/OWL представяне, както и използване на онтологично знание за обратно обогатяване, структуриране или конфигуриране на индустриални информационни модели. Графът от знания създава основа за SPARQL заявки, логически извод, проследимост и контекстуализиран анализ на енергийните данни. Чрез него отделните измервания могат да бъдат свързани с конкретни устройства, оборудване, производствени единици, енергийни базови линии, EnPI показатели и управленски решения. Предложената архитектура осигурява семантична оперативна съвместимост между разнородни индустриални системи, проследимост на данните от измервателното устройство до аналитичния резултат, модулност, разширяемост и възможност за интеграция с AI модули.

**В пета глава** е разработен онтологично базиран подход за мониторинг, интелигентен анализ и прогнозиране в системите за енергиен мениджмънт, предназначен за индустриални предприятия с висока енергийна интензивност. Подходът интегрира IoT технологии, OPC UA комуникации, онтологии, граф от знания, семантичен логически извод, SWRL правила и AI аналитични модели. Реализирано е онтологично моделиране на енергийните измервания чрез OWL/RDF технологии, SOSA/SSN и модели, базирани на IEC 62264 и ISO 50001. Предложеният подход позволява мониторинг в реално време на основните показатели за качеството на електроенергията: активна и реактивна мощност,  $\cos \varphi$ , THD, напрежение, ток, товарови графици и EnPI. Реализиран е интелигентен анализ на енергийните данни чрез анализ на времеви редове, машинно обучение, статистически анализ, онтологичен логически извод и анализ на графа от знания. Интеграцията между онтологичен логически извод, SWRL правила и машинно обучение позволява интелигентна диагностика и контекстно-зависим анализ. Разработен е семантично подпомогнат AI анализ, при който алгоритмите използват контекстна информация от графа от знания и онтологичния слой. Това осигурява обяснимост на резултатите, контекстно-зависима интерпретация и по-надеждно автоматизирано подпомагане на решенията. Разработената система създава основа за изграждане на адаптивни, интелигентни и семантично интегрирани системи за енергиен мениджмънт, съвместими с концепциите на Industry 4.0 и Industry 5.0.

**В шеста глава** е предложен интелигентен метод за вземане на решение в системите за енергиен мениджмънт. Методът използва алгоритъма за оптимизация на скакалците

(GOA). Приложението на алгоритъма на скакалците за оптимизация на реактивната мощност доказва възможността интелигентни оптимизационни методи да бъдат използвани за избор на рационални режими на компенсация в индустриални електрически мрежи. В главата е предложено прилагане на GOA като интелигентен оптимизационен метод за избор на режими на компенсация. Алгоритъмът позволява търсене на близки до оптималните решения при наличие на много променливи и ограничения. Формулираната целева функция свързва оптимизацията с реални инженерни показатели – загуби, отклонение на  $\cos \varphi$ , брой превключвания и наказания при свръхкомпенсация. Това превръща GOA от общ алгоритъм в приложим инструмент за EnMS. Предложеният подход създава основа за интегриране на AI-базирана оптимизация в индустриални системи за енергиен мениджмънт, съвместими с изискванията на IEC 61000-4-30 и EN 50160, и подпомага изграждането на адаптивни енергийни системи в контекста на Industry 4.0.

В дисертационния труд е разработен интегриран интелигентен подход за изграждане на системи за енергиен мениджмънт, който съчетава изискванията на ISO 50001, семантично моделиране, индустриален интернет на нещата, графи от знания и методи на изкуствения интелект. Подходът осигурява методологична основа за преход от традиционен мониторинг на енергопотреблението към интелигентно, контекстно ориентирано и оптимизационно подпомагано управление на енергийните процеси.

## **2. Оценка на съответствието на автореферата и дисертационния труд**

Авторефератът напълно съответства на дисертационния труд.

## **3. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд**

По дисертационния труд има 4 публикации. Едната е самостоятелна, а в другите 3 публикации, докторантът е на първо място. Публикациите отразяват всички постигнати приноси.

## **4. Лични впечатления от докторантката**

Не познавам лично докторантката, но работата ѝ е на високо ниво, което показва нейните задълбочени познания в областта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Намирам, че получените от маг. инж. Полина Красимирова Кесова резултати са оригинални и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиването на образователната и научна степен „Доктор“. Разработките в дисертацията са описани компетентно и в необходимата пълнота, изводите и заключенията са много добре построени и аргументирани.

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България и Правилника на ХТМУ. Постигнатите резултати ми дават основание за положителна оценка и да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „доктор“ от маг. инж. Полина

Красимирова Кесова в област на висше образование - 5. Технически науки, по научна специалност 5.2. Електротехника, електроника и автоматика (Системи с изкуствен интелект).

Изготвил становището:

.....

21.08.2026

дата