

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Факультет енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

на тему:

### **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»**

**Виконав:**

здобувач вищої освіти денної форми навчання  
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-  
професійної програми «Енергетичний  
менеджмент» спеціальності 141  
«Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

\_\_\_\_\_ **Сергій СЛОБОДЯН**

Керівник: **канд. техн. наук, доцент**

\_\_\_\_\_ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_ Шкала ECTS \_\_\_\_\_

**Допускається до захисту:**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник проектної групи

(гарант освітньої програми)

«Енергетичний менеджмент»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_ **Олег ТКАЧ**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНН</b> .....	10
1.1. Огляд існуючих систем типу «розумний будинок» .....	10
1.1.1. Розумний будинок, переваги та недоліки.....	11
1.2. Системи адаптивного освітлення .....	14
1.2.1. Зондування зайнятості.....	15
1.2.2. Адаптивне освітлення.....	18
1.3. Прототипи плат для керування освітленням.....	19
1.3.1. Arduino .....	19
1.3.2. Raspberry Pi.....	20
1.3.3. NooLite .....	21
1.4. Постановка задачі.....	21
Висновки до розділу 1 .....	23
<b>РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ</b> .....	24
2.1. Типи та види джерел освітлення .....	24
2.1.1. Типи освітлення .....	24
2.1.2. Види освітлювальних ламп.....	31
2.2 Датчики освітлення та руху.....	41
2.2.1. Датчик освітленості LM393.....	44
2.2.2. Датчик освітленості BH1750.....	46
2.2.3. Датчик присутності HC SR501.....	47
2.3. Види систем адаптивного контролю освітлення та типи зв'язку .....	49
2.3.1. Система адаптивного контролю локального освітлення .....	49
2.3.2. Система адаптивного контролю загального освітлення .....	50
2.3.3. Типи зв'язку в системі.....	51
Висновки до розділу 2.....	53
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ</b> .....	54

3.1. Рівні керування адаптивним освітленням .....	54
3.1.1. Середовище OpenHAB. ....	55
3.1.2. Середовище Home Assistant. ....	57
3.2. Структурна схема системи адаптивного керування освітлення .....	58
3.3. Алгоритм роботи системи, програмування складових.....	61
3.3.1. Алгоритм роботи системи адаптивного контролю освітлення	61
3.3.2. Програмування компонентів системи.....	62
Висновки до розділу 3 .....	72
<b>РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ .....</b>	<b>73</b>
4.1. Опис ідеї стартап проекту.....	74
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	76
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	76
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	82
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	84
Висновки до розділу 4.....	87
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>88</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>89</b>
<b>ДОДАТОК А. ПУБЛІКАЦІЇ</b>	

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасний прогрес науки і технологій у галузі електроніки та телекомунікацій призвів до розповсюдження та широкого використання інтелектуальних систем для прийняття рішень, аналізу сигналів від багатьох різних типів датчиків у реальному часі та реалізації концепції Інтернету речей на рівні побутових користувачів. Концепції MicroGrid та SmartGrid вже пройшли значний розвиток, і сучасні будівлі все більше оснащуються засобами та технологічними рішеннями "розумних пристроїв".

Проектування та розробка систем адаптивного освітлення стає актуальною задачею в контексті розвитку технологій, оскільки стає важливою автоматизація освітлення для зменшення споживання електроенергії. Приблизно 40% виробленої електроенергії використовується на освітлення.

Однією з головних переваг адаптивної системи освітлення є її можливість забезпечити значну економію енергії, надаючи освітлювальним пристроям певний рівень автономності. Налагоджена система адаптивного освітлення може бути набагато ефективнішою, ніж та, яка залежить виключно від рішень, прийнятих людиною.

Для забезпечення можливості автономних рішень системи освітлення вона повинна мати доступ до потоку інформації, за яким можна приймати такі рішення. Багато даних надходить від датчиків. Мережа розумних ламп, що керується датчиками, може відстежувати зміни в навколишньому середовищі та адаптувати свою роботу для оптимального комфорту та енергоефективності, що сприяє зниженню витрат на електроенергію.

**Мета і завдання.** Мета цієї роботи полягає у створенні системи керування освітленням з використанням комбінованої структури керуючих модулів. Ця система буде здійснювати адаптивне керування освітленням на основі обробки та аналізу даних, зібраних від датчиків руху та освітленості.

Для досягнення цієї мети передбачається вирішення наступних наукових завдань:

- Проведення дослідження та порівняльного аналізу існуючих методів та систем керування освітленням.
- Вибір та обґрунтування структурної організації системи керування.
- Визначення типів та характеристик датчиків фізичних величин, аналіз яких буде в основі розробки алгоритмів керування.
- Розробка сценаріїв освітлення залежно від сигналів від датчиків та додаткових керуючих впливів від користувача.
- Розробка системи керування з комбінованим типом зв'язку між керуючими модулями, яка базується на контролері Arduino, одноплатному комп'ютері Raspberry Pi та модулі NooLite.

**Об'єктом дослідження** є процес адаптивного керування освітленням, що забезпечує автоматизацію систем освітлення задля економії споживання електроенергії.

**Предметом дослідження** є методи контролю та адаптивного керування освітленням за допомогою спеціальних датчиків.

**Методи дослідження.** Для вирішення завдань контролю та керування освітленням використовується метод зондування зайнятості, який базується на використанні датчиків присутності. Цей метод дозволяє автоматично затемнювати або вимикати світло після того, як певний простір залишається вільним протягом певного часу, встановленого користувачем. Крім того, використовується метод зондування природнього освітлення, який базується на використанні датчиків освітлення для контролю рівня природнього світла в приміщенні і надання інформації про його відповідність нормам.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у наступному:

- Запропоновано одночасне використання у системі адаптивного керування освітленням двох типів датчиків, що забезпечує гнучкість управління завдяки урахуванню як присутності і руху людини, так і параметрів зовнішнього освітлення.

- Вперше запропоновано побудову системи керування освітленням за комбінованою топологією зв'язку між керуючими модулями, що забезпечує децентралізацію керуючих модулів та робить систему стійкою до виникнення збоїв.

## **Практичне значення одержаних результатів.**

Система управління освітленням надає можливість програмувати та реалізовувати різноманітні освітлювальні сценарії. Інтелектуалізація освітлення включає не лише можливість програмувати сценарії, але й налаштування системи відповідно до потреб та побажань користувачів, які можуть вносити корективи у наявні сценарії або створювати нові. Застосування сучасних методів штучного інтелекту, включаючи машинне навчання та математичні моделі штучних нейронних мереж, дозволяє навчати систему з урахуванням особливостей конкретного будинку і потреб конкретного користувача.

## ВИСНОВКИ

Під час аналізу технічної літератури з питань "системи розумного будинку" та "адаптивного освітлення приміщень" були досліджені існуючі прототипи таких систем, розглянуті переваги та недоліки їх використання. Також були оглянуті методи контролю та керування освітленням та запропоновані варіанти існуючих плат для керування освітленням. Розглянуто можливість розподілу приміщень на зони освітлення та проведено аналіз статистики використання електроенергії, що підтвердив доцільність розробки системи адаптивного керування освітленням, спрямованої на досягнення до 40% економії електроенергії.

Досліджено різні види та типи джерел світла, існуючі датчики освітлення та присутності, які можуть бути використані в системі адаптивного керування освітленням. Проведено дослідження варіантів створення системи адаптивного контролю локального та загального освітлення та наведено структурні схеми їх можливої реалізації.

Запропоновано використання трьохрівневої ієрархії для групування складових системи адаптивного керування освітленням, що послужило основою для розробки відповідної структурної схеми. У системі використано комбіновану топологію та комбінований тип зв'язку, зазначено переваги та недоліки таких технічних рішень.

Розроблено алгоритм роботи системи та виконано програмний код для поблочного програмного зв'язку компонентів системи. Також був розроблений стартап-проект, в якому наведено ідеї проекту та проведено маркетинговий аналіз, в результаті якого визначено ринкові можливості, напрямки застосування та вигоди.

Визначено перелік сильних, слабких та нейтральних характеристик та властивостей ідеї стартапу, на основі яких була сформована конкурентоспроможність майбутнього проекту. Проведено аналіз потенційних можливостей та загроз при виході на ринок, проаналізовано потенційні групи клієнтів та здійснено SWOT-аналіз для розробки ринкової стратегії та маркетингової програми стартап-проекту.

Отже, поставлена задача магістерської роботи була виконана в повній мірі.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Forecasting of electricity consumption in SmartGrid [Електронний ресурс] / J. Yamnenko, T. Tereshchenko, L. Klepach and D. Palii //International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2017. – Режим доступу до ресурсу:<https://ieeexplore.ieee.org/document/8248891/>
2. MicroGrid - відповідь на нові виклики електроенергетики / М. Шилер, Є. Рублевский. // Control Engineering – 2017. – С.80–83
3. Smart home research [Електронний ресурс]/ Li Jiang, Da-You Liu, Bo Yang //Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.04EX826). – 2014. – ISBN: 0-7803-8403-2. – DOI: 10.1109/ICMLC.2004.1382266. – Режим доступу до ресурсу:<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1382266>.
4. Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness [Електронний ресурс]/ М. Miki, T. Hiroyasu, K. Imazato// IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems. – 2014. – ISBN: 0-7803-8643-4. – DOI: 10.1109/ICCIS.2004.1460469. – Режим доступу до ресурсу:<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1460469>.
5. Smart home or building (home automation or domotics) [Електронний ресурс]/ М. Rouse //TechTarget – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>
6. Designing an Adaptive Lighting Control System for Smart Buildings and Homes[Електронний ресурс]/ Yuan Wang, Partha Dasgupta // Arizona State University conference – 2015. – Режим доступу до ресурсу:[https://www.researchgate.net/publication/280003515\\_Designing\\_an\\_Adaptive\\_Lighting\\_Control\\_System\\_for\\_Smart\\_Buildings\\_and\\_Homes](https://www.researchgate.net/publication/280003515_Designing_an_Adaptive_Lighting_Control_System_for_Smart_Buildings_and_Homes).
7. An intelligent light control system for power saving [Електронний ресурс] /S. Matta// IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial –2010. - P. 3316–3321. – Режим доступу до ресурсу:

[https://www.researchgate.net/publication/261464920\\_An\\_intelligent\\_light\\_control\\_system\\_for\\_power\\_saving](https://www.researchgate.net/publication/261464920_An_intelligent_light_control_system_for_power_saving).

8. Adaptive lighting systems: Occupancy sensing [Електронний ресурс] //Silvair – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://silvair.com/blog/adaptive-lighting-systems-occupancy-sensing/>.

9. Bluetooth Smart based Attendance Management System [Електронний ресурс] / Riya Lodha, Suruchi Gupta, Harshil Jain, Harish Narula // International Conference on Advanced Computing Technologies and Applications (ICACTA-2015) . – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/reader/81125800>.

10. Estimation of lighting energy savings from daylighting [Електронний ресурс]/ P. Ihm, A. Nemri, and M. Krarti // Building and Environment. – 2009. – Vol. 44. – №3. – P. 509 – 514. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132308000760>.

11. Maker Faire Rome 2020 [Електронний ресурс] //Make Community LLC. – 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://makerfaire.com/>.

12. Eben Upton, Gareth Halfacree. Raspberry Pi User Guide// John Wiley & Sons. – 2014. – 312 p.

13. Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi [Електронний ресурс] //RASPBERRY PI FOUNDATION UK REGISTERED CHARITY 1129409 – 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.raspberrypi.org/>

14. Arduino Uno [Електронний ресурс] // ARDUINO – 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>.

15. 3 BASIC TYPES OF LIGHTING [Електронний ресурс] //Standard Products Inc. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.standardpro.com/3-basic-types-of-lighting/>

16. Природне освітлення. Природне, або денне, світло – це поєднання сонячного світла й дифузного світла небосхилу[Електронний ресурс] //Студопедия.Орг – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://studopedia.org/7-134505.html>

17. Ачкасов А. Є., Лушкін В. А., Охріменко В. М., Кузнецов А. І., Чернявська М. В., Воронкова Т. Б. Електротехніка у будівництві: навч. пос. [Текст] – Харків: ХНАМГ – 2009 – 363 с.

18. Ambient Light Sensor Integration Frangiskos [Електронний ресурс] / V. Topalis, Lambros T. Doulos //Spring International Publishing. – Switzerland. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/mhSPAM9er>.

20. Do hotel thermostats with motion sensors have you waking up in a sweat? [Електронний ресурс] / Catharine Hamm. // Los Angeles Times – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.latimes.com/travel/deals/la-tr-spot-20150215-story.html>

21. Virtual Occupancy Sensing: Using Smart Meters to Indicate Your Presence [Електронний ресурс] / Ming Jin; Ruoxi Jia; Costas J. Spanos //IEEE Transactions on Mobile Computing – 2017. – Vol.16. – №11. – P.3264–3277. – Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7882676>

22. Light Level Sensor - LM393 [Електронний ресурс] //Sensnology AB– 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mysensors.org/build/light-lm393>

25. Empowering the smart home [Електронний ресурс] //openHAB Community and the openHAB Foundation e.V. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.openhab.org/>

26. Електронний ресурс Awaken your home <https://www.home-assistant.io/>

27. М.П.Гандзюк, Є.П.Желібо, М.О.Халімовський. Основи охорони праці.– К.: Каравела, 2007.

28. С. Бланк Б. Дорф. Стартап: Настільна книга засновника / Під ред. Т. Гутман, І. Окунькова, О. Бакушева – Москва: Альпіна Паблішер, 2013. – 485 с.