

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА  
МОГИЛИ

**Юрченко Дарина Сергіївна**

УДК 65.011.56

**Автоматизована система керування кроковими двигунами  
скануючого опромінення**

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Автореферат

магістерської наукової роботи на здобуття освітньої кваліфікації  
«Магістр автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій»

Миколаїв – 2019

Магістерська наукова робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем

Науковий керівник: ст.викладач Беліков О.Є.

Рецензент: к.т.н., доцент  
Давиденко Євген Олександрович  
доцент кафедри інженерії програмного  
забезпечення

Консультант: д-р біол. наук, професор  
Томілін Юрій Андрійович,  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
професор кафедри екології Медичного інституту

Захист відбудеться «27» червня 2019 р. о 10<sup>00</sup> год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-407) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З магістерською науковою роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «20» червня 2019 р.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **Актуальність теми.**

При вирішенні задачі проектування фототерапевтичного обладнання постає питання у повірці джерел світла що використовуються у якості випромінювачів. Необхідно враховувати той факт, що виробники не завжди вказують достовірні значення параметрів просторового розподілу випромінювання. За допомогою розробленого програмного продукту значно оптимізується робота лабораторій, які розраховують основні фотометричні характеристики джерел світла.

**Метою магістерської наукової роботи** є створення апаратних засобів та алгоритмів оброблення даних при експериментальному дослідженні світлодіодних джерел світла для підвищення точності математичних моделей, які будуються в результаті цих досліджень а також підвищення точності вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

**Об'єкт досліджень** є процес автоматизацій системи вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

**Предмет досліджень** – методи та засоби функцій зібрання точних даних для побудови графіків просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів. Завдання, які необхідно вирішити в межах даної наукової роботи:

1. провести аналіз сучасних світлодіодних джерел світла;
2. провести аналіз сучасних засобів дослідження джерел світла;
3. розробити програмне забезпечення для оброблення, отриманих результатів вимірювання.
4. провести дослідження отриманих результатів вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

У роботі розроблено структуру автоматизованої комп'ютерної системи для вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

**Апробація результатів магістерської наукової роботи.**

Основні положення та результати магістерської роботи опубліковані у збірнику матеріалів міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Інтелектуальні інформаційні системи», 2019 року.

**Структура магістерської наукової роботи.** Магістерська наукова робота складається із вступу, трьох розділів фахової частини, методичної частини, розділу з охорони праці та безпеці у надзвичайних ситуаціях, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 90 сторінок (без додатків), 27 рисунків та 32 посилання на літературні джерела.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність магістерського дослідження, сформульовано мету, об'єкт, предмет, завдання, подано інформацію про апробацію роботи. Розкрито питання важливості світла в нашому житті.

У **першому розділі** проведено аналіз та розкрито характеристики світла, також проведено огляд існуючих конструкцій та патентний пошук.

Одним із найважливіших джерел нашого існування є світло. Надмірне або, навпаки, недостатнє освітлення істотно впливає на організм людини, що узгоджується з “принципом оптимальності”. Для нормального функціонування клітин необхідна енергія, джерелами якої є світло, вода, повітря, продукти харчування та електромагнітне випромінювання, що надходить з навколишнього середовища. Світло має властивості електромагнітної хвилі (відбиватися, заломлюватися, поглинатися, інтерференція тощо) і потоку частинок фотонів (фотоелектричний і фотохімічний ефекти). Передача даних за допомогою дротових мереж має свої недоліки: прокладання кабелю вимагає відносно великі фінансові витрати; обмеження по швидкості передачі інформації, що обумовлено фізичними особливостями кабелів та їх пропускну здатністю; зміна технічних параметрів ліній через окислення провідників та комутаційних стиків, вплив атмосферних явищ (дощу, морозів, сонця).

Світло — електромагнітні хвилі видимого спектру. До видимого діапазону належать електромагнітні хвилі в інтервалі частот, що сприймаються людським оком ( $7.5 \times 10^{14}$  —  $4 \times 10^{14}$  Гц), тобто з довжиною хвилі від 390 до 750 нанометрів.

Синонім до оптичного випромінювання, тобто включає в себе інфрачервону та ультрафіолетову області спектру.

Енергетичні величини світла характеризують енергетичні параметри оптичного випромінювання і не враховують властивості приймача світла. На рисунку 1 представлено оптичні характеристики випромінювання світла.



Рис.1. Енергетичні характеристики оптичного випромінювання

Існує декілька видів установок для вимірювання інтенсивності світла.

Установка для вимірювання кутового розподілу інтенсивності розсіяного світла.

Кутовий розподіл інтенсивності розсіяного світла являє собою джерело цінних відомостей про фізичні властивості та особливості розсіяного середовища. Тому за останні двадцятиріччя виконана велика кількість робіт в цій галузі та збудовано багато установок, головним чином для вивчення кутового розподілу інтенсивності світла.

Для вимірювання розподілу сили світла джерела випромінювання в просторі, розробляються найрізноманітніші гоніофотометричні установки, забезпечені Однокоординатний або навіть двокоординатної приводами, що дозволяють отримати повну картину розподілу сили світла по всіх кутках і площин випромінювання. Ці установки, як правило, дорогі й важкодоступні.

У другому розділі розглянуто опис автоматизованої системи вимірювання просторового розподілу сили світла. А саме проведено дослідження базових елементів приладу (в тому числі крокових двигунів). Було розроблено функціональну схему системи.

На рисунку 2 представлена функціональна схема автоматизованої системи.

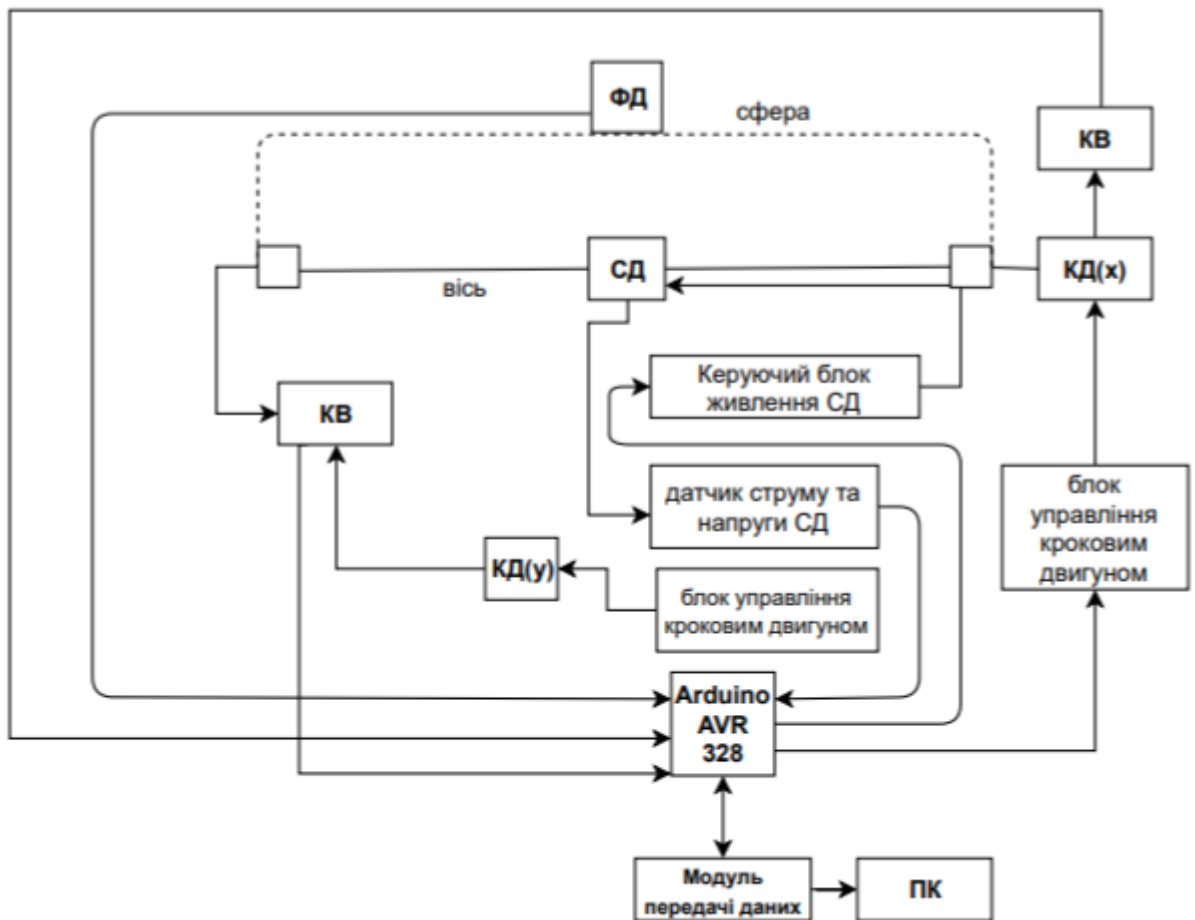


Рисунок 2. Функціональна схема системи

Механізм світіння напівпровідникових світлодіодів полягає у випромінюванні фотонів в результаті спонтанної рекомбінації електроннодіркових пар. Спонтанні процеси випромінювання світла принципово відрізняються від процесів вимушеного (індукованого) випромінювання, характерних для напівпровідникових лазерів і суперлюмінесцентних діодів. Оптичні параметри світлодіодів пов'язані з процесами спонтанної випромінювальної рекомбінації.

Крокові двигуни - це електромеханічні пристрої, що перетворюють сигнали керування (електричні імпульси) в дискретні обертальні механічні переміщення з фіксацією положення ротора. Крокові двигуни використовуються в електроприводах станків та механізмів з програмним керуванням. Сучасні крокові двигуни дозволяють робити до 600 кроків за секунду без втрати кроків при раптовій зупинці та пуску. Головна перевага крокових двигунів – можливість здійснювати точне позиціонування і регулювання швидкості без додаткових сенсорів зворотного зв'язку. Вимоги до крокових двигунів: надійність, швидкодія, відсутність

накопичення помилок зі збільшенням кількості кроків, мінімальна кількість обмоток керування.

Мікроконтролер (MCU) - мікросхема, призначена для керування електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, може містити ОЗУ і ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми, замість цілого набору, як у випадку звичайних процесорів, що застосовуються в персональних комп'ютерах, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів.

Фотодіод, напівпровідниковий діод, що володіє властивістю одnobічною фотопровідності при дії на нього оптичного випромінювання. Фотодіод є напівпровідниковим кристалом зазвичай з електронно-дірковим переходом (p – n - переходом), забезпечений 2 металевими виводами (один від p-, інший від n- області) і вмонтований в металевий або пластмасовий захисний корпус.

Було розроблено математичну модель системи. Вона представляє собою зв'язок відхилення кутового положення двигуна та заданого кутового положення. За цих умов пошук параметрів двигуна та елементів стативи, поставлено як задачу.

Виходячи із закону Кіргофа отримуємо:

$$U = L \frac{di}{dt} - R_i - R_w \frac{d\theta}{dt}$$

$$U = L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + R_w \frac{d\theta}{dt}$$

де  $R$  – активний опір обмотки статора

$L$  – індуктивність фаз

$$dA = M d\varphi$$

$\alpha$  – кут кроку, що виконується кількість обмоток



$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = M_{\text{дв}} - K_d \frac{d\theta}{dt} + M_{\text{тертя}} + M_{\text{зрушення}}$$

$M_{\text{дв}} = i \cdot K_M$  для двигуна постійного струму

Статична характеристика двигуна

$$M(\theta) = M_{\text{max}} \sin\left(\frac{\pi}{2\alpha} * \theta\right)$$

де  $M$  статичний момент

$M_{\text{max}}$  максимальний момент утримання

$\alpha$  номінальний кут кроку

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \int_0^T (\theta(t) - \theta_3(t))^2 dt \\ U = L \frac{d^2 q}{dt^2} - R \frac{dq}{dt} - R_w \frac{d\theta}{dt} \\ i = \frac{dq}{dt} \\ I \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} = M_{\text{дв}} - K_d \frac{d\theta}{dt} + M_{\text{тертя}} + M_{\text{зрушення}} \end{array} \right.$$

Було складено математичну модель для базового елемента системи, а саме крокового двигуна.

**У третьому розділі** створюється структура автоматизованої комп'ютерної система вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів, а саме розробка принципів електричних схем та створення програми.

При фотометруванні LED продукції вимірюють: світловий або енергетичний потік випромінювання, осьову силу світла, просторовий розподіл сили світла, спектральний розподіл та координати кольоровості при різних системах живлення.

Враховуючи особливості випромінювання світлодіодів: вузька спектральна область, гостронаправленість світлового потоку, температурна залежність електричних та світлотехнічних параметрів для досліджень використовуються гоніофотометричні установки. Вони дозволяють проводити одночасно вимірювання більшості основних світлотехнічних параметрів джерел випромінювання.

При розробці систем автоматизації технологічних процесів принципові електричні схеми, як правило виконують для окремих самостійних елементів, установок або ділянок системи автоматизації.

Для написання комп'ютерної програми для автоматизованої системи було використано мову програмування для мікроконтролера Arduino. В мові Arduino не потрібно задавати відправну точку, як в мові Сі, де ви змушені визначити основну програму. Дійсно, під час запуску програми, вона завантажує те, що називається об'єкт в об'єктно-орієнтованому програмуванні ООП в пам'ять. Об'єкти в ООП належать класам. Для кожного об'єкта того ж класу стан визначається у вигляді набору атрибутів або елементів, котрі можна розглядати як змінні, представлені як набір даних різних типів в пам'яті. Стан об'єкта може управлятись методами: набір станів, призначених для виконання заданої операції по зміні або забезпеченню стану об'єкта. Якщо ви не знайомі з ООП, ви можете роз'яснити для себе, що стан це набір змінних та методи, це набір функцій.

**У четвертому розділі** під назвою Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, створено безпечні та здорові умови праці на робочих місцях у виробничих приміщеннях. Опрацьовано питання умов праці, гігієни праці і виробничої санітарії, техніки безпеки, пожежної безпеки.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У магістерській науковій роботі (МНР) досягнуто мету поставлену на початку виконання роботи. Та виконано всі завдання.

У процесі виконання магістерської наукової роботи досліджено просторовий розподіл енергетичної потужності випромінювання світлодіодів систему розподілення енергетичної потужності .

У першому розділі проведено аналіз та розкрито характеристики світла. Проведено дослідження на огляд існуючих конструкцій та патентний пошук.

У другому розділі розглянуто опис автоматизованої системи вимірювання просторового розподілу сили світла. А саме проведено дослідження базових елементів приладу. Було розроблено функціональну схему системи.

У третьому розділі розкрито створення електричнопринципових схем та опис структурі комп'ютерної програми для автоматизованої системи.

Останнім розділом є розділ під назвою Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, у якому створено безпечні та здорові умови праці на робочих місцях у виробничих приміщеннях. Опрацьовано питання умов праці, гігієни праці і виробничої санітарії, техніки безпеки, пожежної безпеки.

## АНОТАЦІЯ

**Юрченко Дарина Сергіївна. Автоматизована комп'ютерна система вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів–** На правах рукопису.

Магістерська наукова робота на здобуття освітньої кваліфікації «Магістр автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій»– Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2019.

**Метою магістерської наукової роботи** є створення апаратних засобів та алгоритмів оброблення даних при експериментальному дослідженні світлодіодних джерел світла для підвищення точності математичних моделей, які будуються в результаті цих досліджень а також підвищення точності вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

**Об'єкт досліджень** є процес автоматизації системи вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів.

**Предмет досліджень** – методи та засоби функцій збирання точних даних для побудови графіків просторового розподілу енергетичної потужності світлодіодів

Розроблена комп'ютерна система вимірювання просторового розподілу енергетичної потужності випромінювання світлодіодів на базі платформи Arduino, яка дозволяє в автоматизованому режимі отримувати дані, відправляти на персональний комп'ютер, обробляти та записувати у відповідний IES файл. Проаналізовані існуючі методи вимірювань та розглянуті нормативні документи. Обраний гоніометричний метод. Наведено функціональну схему системи та описані основні блоки. Розроблені основні електричні принципові схеми і обрані відповідні компоненти.

*Ключові слова:* просторовий розподіл, світлодіод, фотодіод, мікроконтролер, математична модель.

## ABSTRACT

**Yurchenko Darina Sergeevna. Automated computer system for measuring the spatial distribution of power output of LEDs - on the rights of the manuscript.**

Master's degree program "Master of Automation and Computer-Integrated Technologies" - Petro Mohyla Black Sea National University, Nikolaev, 2019.

The purpose of the master's work is to create hardware and data processing algorithms in an experimental study of LED light sources to improve the accuracy of mathematical models constructed as a result of these studies, as well as to improve the accuracy of measurements. spatial distribution of power LEDs.

**Object of research:** is the process of automation of the system of measuring the rural distribution of power of light-emitting diodes.

**Subject of research:** - methods and tools for collecting accurate data for the construction of graphs of spatial distribution of power LEDs

A computerized system for measuring the spatial distribution of radiation power of light-emitting diodes on the Arduino platform has been developed, which allows automating the collection of data, sending them to a personal computer, processing and writing to the corresponding IES file. The existing measurement methods are analyzed and normative documents are considered. Goniometric method is selected. The functional scheme of the system is presented and the main blocks are described. Main electrical circuits and selected related components have been developed.

**Key words:** spatial distribution, light-emitting diode, photodiode, microcontroller, mathematical model.