

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

УДК 628.93: 658.262(045)

В. М. Синєглазов, д-р техн. наук, проф.,
М. Ф. Тупіцин, канд. техн. наук,
М. А. Прокопчук

**АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІНТЕНСИВНІСТЮ ОСВІТЛЕННЯ
В НАВЧАЛЬНИХ ТА ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

Інститут електроніки і систем управління НАУ, e-mail: fsu@nau.edu.ua

Проведено практичну реалізацію керування рівнем освітлення в робочих приміщеннях і навчальних аудиторіях. Актуальність вирішення завдання і його прямий зв'язок зі здоров'ям людей та проблемою енергозбереження, відома і не викликає сумніву. Розгляд методів вирішення проблеми ґрунтується на використанні сучасних положень теорії. Розроблено пристрої керування штучним освітленням.

Ключові слова: штучне освітлення, комп'ютер, фазовий регулятор потужності, аналого-цифровий перетворювач, оптопара.

Вступ. У період глобальної економічної кризи актуальність питань енергозбереження і керування джерелами освітлення набуває пріоритетного значення. Стало очевидним, що розвиток цієї ідеї потребує вдосконалення системи економії електроенергії в освітлювальних установках, досягнення високої продуктивності праці і якості робіт за мінімальних матеріальних і енергетичних витрат.

Аналіз проблеми. Застосування в громадських будівлях динамічного освітлення сумісно з природним і штучним світлом є важливою науковою проблемою [1]. Вирішити її можна завдяки автоматичному керуванню штучним освітленням залежно від природного, що дозволить установити найбільш тісний зв'язок між обома складовими освітлення усередині приміщення [2]. В автоматичній системі керування освітленням контролюється мінімальний рівень освітленості на робочій поверхні, а виниклий при цьому динамічний режим сприяє появі позитивного психофізіологічного ефекту [3].

Активне впровадження засобів автоматизації в різні галузі промисловості, і зокрема в енергетику, дозволить досягти принципово нових техніко-економічних результатів [4]. Ключем до подальшого успішного просування автоматичної системи на ринок є ефективне вирішення основного і найбільш актуального завдання – оптимального витрачання енергії. Сучасний підхід до завдання керування енергетичними процесами дозволить істотно підвищити якість керування енергоресурсами і, як наслідок, мінімізувати енерговитрати [2].

З техніко-економічного погляду використання автоматичних засобів керування приводить до економії витрат на освітлення будівлі, що виражається в скороченні тривалості роботи штучного освітлення і економії електроенергії. Для громадських, навчальних, адміністративних і виробничих приміщень вирішення питань, пов'язаних із застосуванням автоматичного керування, є важливим і актуальним [5].

Відомо, що в існуючих системах реалізується не досить ефективний але більш простий й дешевий дискретний спосіб автоматичного керування освітленням [6; 7]. Відповідно до цього способу штучне освітлення вмикається за досягнення мінімального рівня природної освітленості і вимикається у разі перевищення цього рівня, тобто має ступеневий характер. Саме цей факт зумовив необхідність дослідити цю проблему з іншого ракурсу. В результаті досліджень було прийнято рішення щодо застосовування найбільш ефективного безперервного способу автоматичного регулювання та керування інтенсивністю освітлення. Переваги способу зводяться не лише до встановлення простими засобами взаємозв'язку між зовнішнім і внутрішнім світловими середовищами, економії енергоресурсів, але й можливістю створювати в приміщенні динамічний світловий режим завдяки змінам

зовнішньої освітленості і відповідно до цього змін реакцій керування штучним освітленням.

Метою дослідження є забезпечення на робочих місцях рівня освітленості не нижчого від нормованого протягом усього робочого часу, запобігання нераціональному використанню штучного світла в найбільш світлий час доби, увімкнення або вимкнення окремих груп світильників чи регулювання їх світлового потоку залежно від змін природної освітленості.

Постановка завдання. Діючі системи керування рівнем освітленості в Україні є технічно не досконалими. Принципом їх роботи є ступеневе реагування на рівень освітлення, що не дає значної економії електроенергії, оскільки не оцінюється динаміка зовнішньої освітленості як найважливішого чинника доповнення недостатнього природного світла штучним залежно від змін зовнішньої освітленості протягом дня і пори року. Збереження енергоресурсів, а також необхідність підтримання постійного рівня освітлення відповідно до санітарних норм у навчальних та виробничих приміщеннях є актуальним та важливим завданням. Очевидно, що розв'язати таке завдання, задовольнивши ці дві вимоги, можна лише завдяки розробленню автоматичної системи безперервного контролю за рівнем освітлення і залежно від його значення забезпечувати плавне керування рівнем штучного освітлення.

Описання методів вирішення. Для вирішення поставленого завдання, можливий вибір таких технічних засобів: **web-камери, фоторезистора і люксметра**. Ці пристрої можна застосовувати для визначення комфортного порога освітленості. Розглянемо їх переваги та недоліки.

Web-камера має невисоку ціну і такі характеристики, які дозволяють застосовувати її відповідно до основного функціонального призначення. Наявність детектора активності або руху є значущою перевагою будь-якої моделі мережевих камер [7]. Саме такі камери можна пристосувати для аналізу зміни освітлення, але з дуже широким діапазоном сприйняття і низькою точністю вимірювання.

Люксметр – переносний прилад для вимірювання освітленості. Він має високу точність, але дуже дорогий.

Датчик світла на основі тонкоплівкового фотоелемента характеризується високою стабільністю і надійністю. Серед переваг можна відзначити високу швидкодію, тобто малу сталу часу 50 – 75 мкс, високу струмову чутливість в максимумі (2,5 мкА) спектральної характеристики, низький темновий опір порядку 25 – 100 кОм та, що не менш важливо, невисоку ціну.

Вибір методу. В результаті порівняння методів було прийнято рішення щодо застосування як датчик світла чутливого тонкоплівкового фоторезистора – як більш перспективного, дешевшого, надійного та ефективного елемента для аналізу змін рівня освітленості.

Основна частина. Розроблено автоматичну систему керування інтенсивністю освітлення (АСКІО), яка побудована на базі сучасних напівпровідникових елементів.

До складу основних елементів системи входять: порт LPT, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), фазовий регулятор потужності (ФРМ), а також швидкодійні ключі Дарлінгтогна та оптопара. Функціональну схему роботи системи зображено на рис. 1.

Функціонально АСКІО поділено на три основні підсистеми:

- чутливий цифровий датчик освітлення;
- безпосередньо система керування інтенсивністю освітлення;
- комп'ютер керування з програмним забезпеченням.

Для впровадження цифрової обчислювальної техніки в автоматичні системи керування найбільш значущою є проблема їх зв'язку з об'єктами, параметри яких подано в аналоговій

формі. Для введення в цифрові ЕОМ аналогових сигналів й виведення результатів опрацювання інформації в аналоговій формі, як відомо, використовують АЦП та ЦАП.



Рис. 1

Для плавного ввімкнення і вимкнення електричних ламп розжарювання або регулювання яскравості їх свічення використовують фазовий регулятор потужності (ФРП).

Для підключення ЦАП та АЦП до персонального комп'ютера використано порт LPT.

Блок ключів Далінгтона є захисними діодами для захисту LPT порту від перевантажень. Оптипара застосовується для гальванічної розв'язки, тобто захисту ПК від негативної дії змінного струму мережі 220 В 50 Гц, з якою працює ФРП.

Запропоновані способи вирішення проблем. В основу підсистеми керування інтенсивністю освітлення покладено чутливий датчик на основі тонкоплівкового фоторезистора, електричний опір якого змінюється залежно від освітлення, та восьмибітний паралельний АЦП послідовного наближення на основі комутованої матриці конденсаторів, який, в свою чергу, обробляє вхідні дані та передає їх порозрядно, починаючи зі старшого розряду в комп'ютер через паралельний LPT порт.

Підсистема керування інтенсивністю освітлення складається з набору потужних швидкодійних ключів із захисними діодами на виході для захисту LPT порту від перевантажень, паралельного ЦАП із підсумовуванням вагових струмів, оптипари для захисту комп'ютера від негативної дії напруги мережі та безпосередньо фазового регулятора потужності, що підключається в мережу послідовно з об'єктом керування – джерелом штучного світла (наприклад, лампою розжарювання) і задає режими його роботи методом відсікання частини синусоїди вхідної змінної напруги.

Комп'ютер керування забезпечує функціонування всіх систем загалом. Він виконує збір, опрацювання вхідної та вихідної інформації за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення, справляє керувальний вплив для підсистеми керування інтенсивності освітлення на основі аналізу інформації, яка вже є цифровими даними, отриманими від чутливого датчика та відповідає рівню освітлення в певний момент часу. Схему розробленого пристрою АСКІО зображено на рис. 2.

Безперервність сприйняття і обробки показань світлочутливого датчика досягається завдяки роботі АЦП. В її основу покладено дискретизацію неперервних сигналів, які можна подати у вигляді зважених сум [8]:

$$U(t) = \sum_j a_j f_j(t), \quad (1)$$

де a_j – деякі коефіцієнти або відліки, які характеризують початковий сигнал у дискретні моменти часу; $f_j(t)$ – набір елементарних функцій, які використовуються для відновлення сигналу за його відліками.

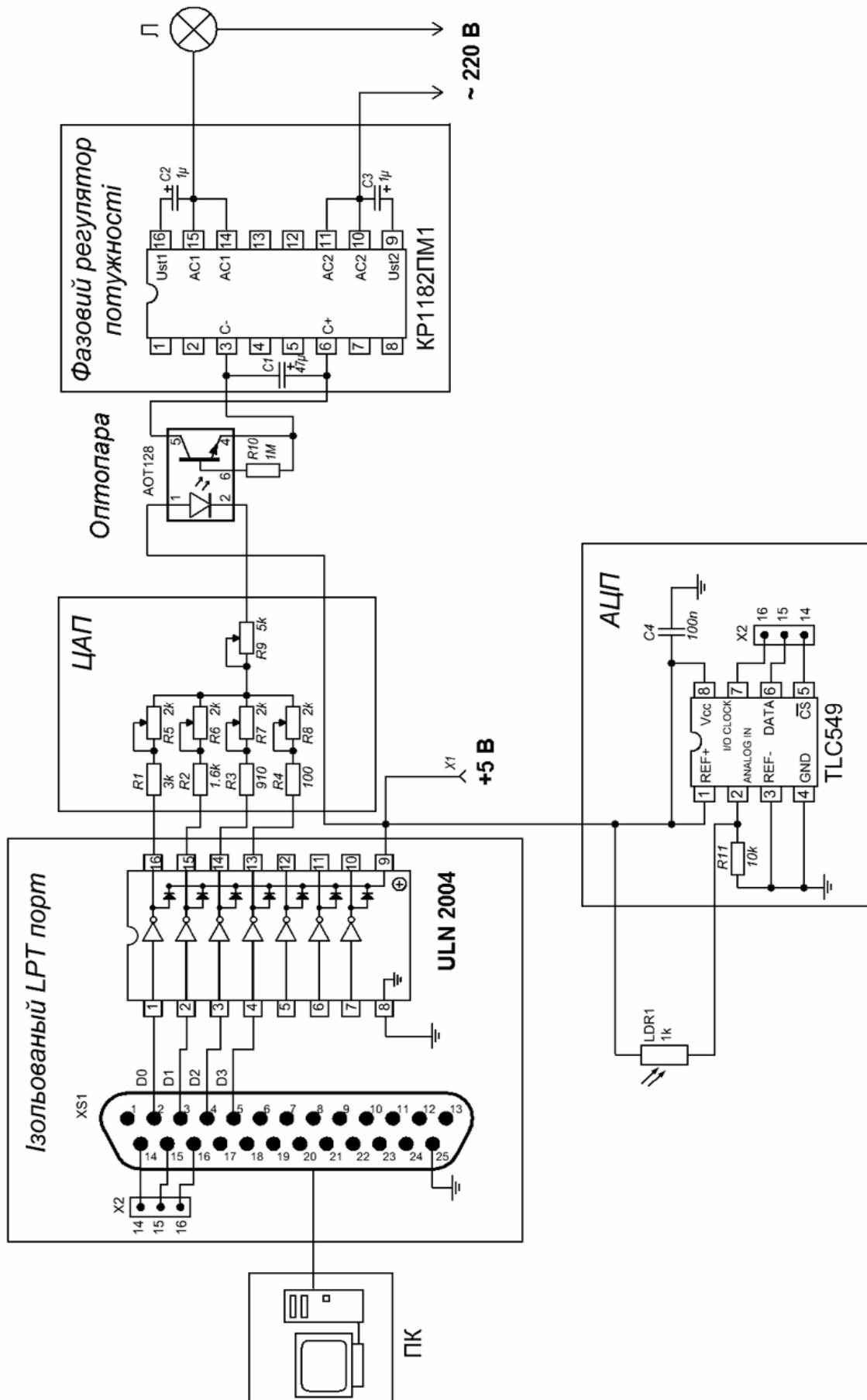


Рис. 2

Найпоширенішою формою дискретизації є рівномірна дискретизація, в основі якої лежить теорема відліків. Згідно з цією теоремою як коефіцієнтів a_j потрібно використовувати миттєві значення сигналу $U(t_j)$ у дискретні моменти часу $t_j = jD_t$, а період дискретизації вибирати з умови

$$D_t = 1/(2F_m),$$

де F_m – максимальна частота спектра сигналу, що перетворюється. При цьому вираз (1) переходить у відомий вираз теореми відліків

$$U(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} U(j\Delta t) \frac{\sin[2\pi F_m(t - j\Delta t)]}{2\pi F_m(t - j\Delta t)}.$$

У загальному випадку вибір частоти дискретизації буде залежати також від виду функції $f_j(t)$, що використовується в рівнянні (1), та допустимого рівня похибок, які виникають з відновленням початкового сигналу за його відліками.

Для ввімкнення і вимкнення електричних ламп розжарювання та регулювання яскравості їх свічення було використано фазовий регулятор потужності. Він забезпечує потрібну затримку ввімкнення тиристорів на кожній півхвилі мережевої напруги відносно нуля фази напруги, прикладеної до мікросхеми. Зміну напруги з часом на ФРП зображено на рис. 3.

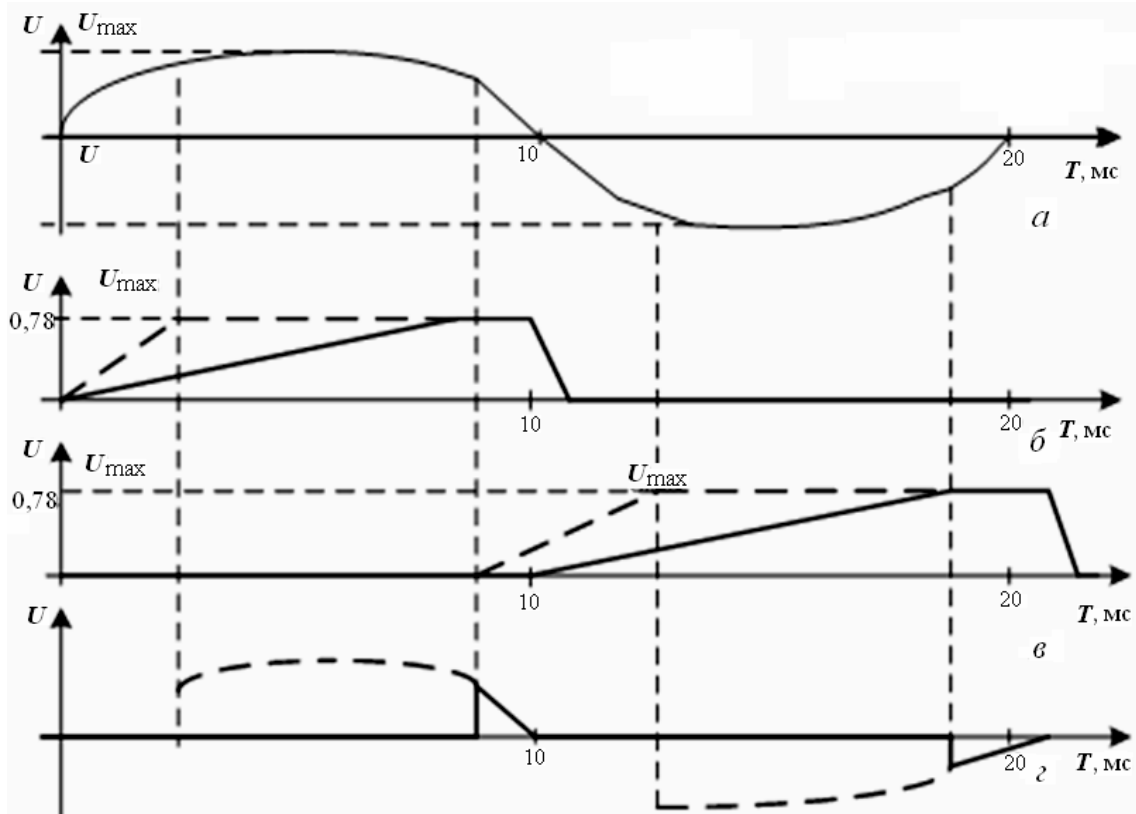


Рис. 3

На рис. 3, а показано часову діаграму мережевої напруги, на рис. 3, б – часову діаграму зміни напруги на ємності C_2 , на рис. 3, в – зміну напруги на ємності C_1 . Для часу T_+ і T_- відповідає величина струму керування I (жирна лінія), для часу T_+' і T_-' – величина струму керування I' (тонка лінія), причому $T_+ > T_+'$, $T_- > T_-'$ і відповідно $I < I'$. На рис. 3, г зображено тимчасову діаграму напруги на навантаженні для двох величин керувальних струмів I і I' .

Науково-технічний результат, що отриманий на підставі застосування теорії і науково-методичного апарату дослідження, викладений в праці [2], полягає в створенні діючого пристрою автоматичного керування рівнем освітленості. Зовнішній вигляд плати пристрою АСКІО показано на рис. 4.

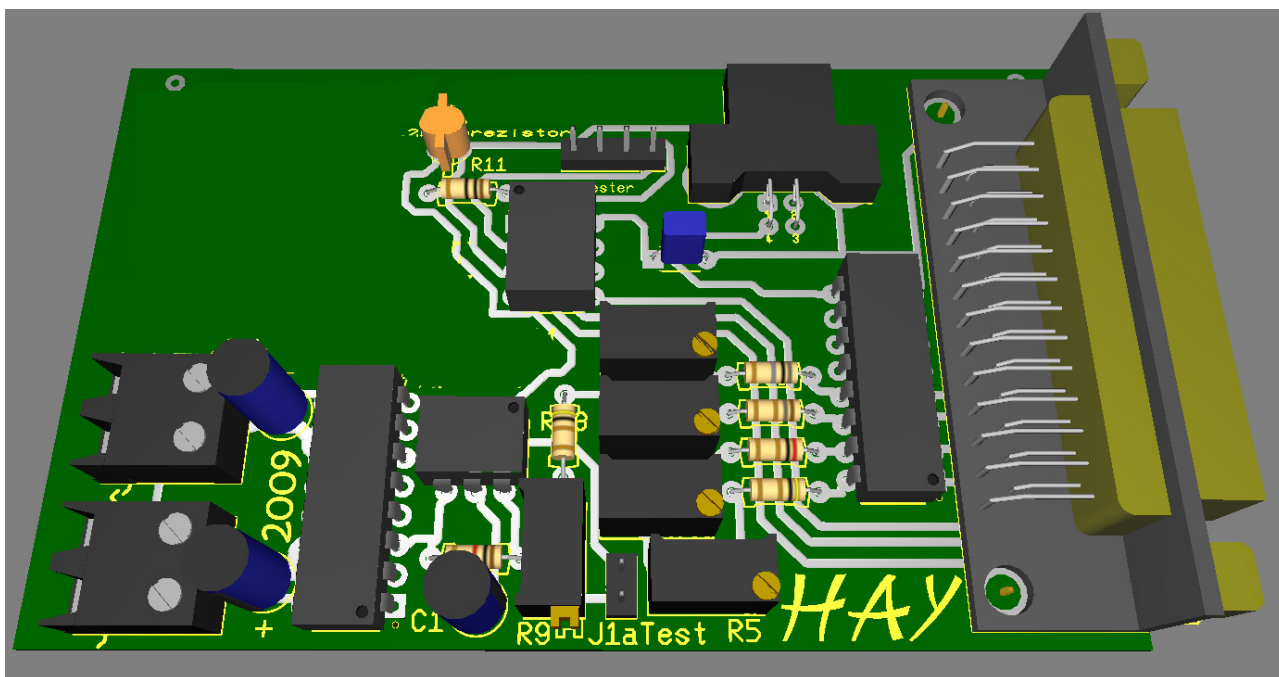


Рис. 4

Висновки. Розроблена система дозволяє автоматично керувати інтенсивністю освітлення виробничих приміщень шляхом фазового регулювання потужності, що віддається споживачу, яким є електрична лампа розжарювання. При цьому забезпечується рівень освітленості на робочих місцях співробітників, який підтримується автоматично з урахуванням інтенсивності природного світла.

Перспективою подальших досліджень є значна економія електроенергії, а також підтримання оптимального рівня освітленості відповідно до санітарних норм завдяки запропонованому пристрою.

Можливе також доопрацювання системи, зокрема застосування в пристрої мікросхеми із вбудованою програмою керування і робота автоматичної системи керування інтенсивністю освітлення без комп'ютера.

Список літератури

1. Краснопольский А. Е. Автоматизация управления освещением насущная проблема светотехники / А. Е. Краснопольский, В. Б. Соколов // Светотехника. – 1997. – № 5. – С. 2 – 4.
2. Матвеев Д. П. Анализ возможной экономии электрической энергии в системе комбинированного освещения // Светотехника. – 1998. – №4. – С. 42 – 44.
3. Запольський А. К. Основи екології / А. К. Запольський, А. І. Салюк Підручник – К.: Вища шк., 2001. – 358 с.
4. Соловьев А. К. Автоматическое регулирование искусственного освещения и его эффективность // Светотехника. – 1999. – № 5. – С. 2 – 4.

5. Гребенко Ю. А. Концепция построения автоматизированных систем управления освещением общественных зданий / Ю. А. Гребенко, Н. П. Елисеев, В. И. Петров, А. Г. Фомин // Светотехника. – 1999. – № 4. – С. 8 – 11.
6. Айзенберг Ю. Б. Проблема энергоснабжения в осветительных установках // Светотехника. – 1998. – № 6. – С. 11 – 18.
7. Пат. № 38179, 2008 України на корисну модель // Вимірювач інтенсивності освітлення за допомогою Web-камери / В. М. Синеглазов, М. Ф. Тупіцин.
8. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.

В. М. Синеглазов, Н. Ф. Тупіцин, М. А. Прокопчук

Автоматическая система управления интенсивностью освещения в учебных и производственных помещениях

Проведена практическая реализация управления уровнем освещенности в рабочих помещениях и учебных аудиториях. Актуальность решения задачи, ее прямая связь со здоровьем людей и проблемой энергосбережения известна и не вызывает сомнения. Рассмотрение методов решения задачи основывается на использовании современных положений теории. Разработано устройство управления искусственным освещением.

V. M. Sineglazov, N. F. Tupistin, M. A. Prokopchuk

Automatic system to control special illuminatiuon level of in workrooms and classrooms

In the paper the practical realization of special illuminatiuon level control in workrooms and classrooms is presented. The currency of the task solution, its direct connection with public health and energy conservation problems is known and there is no doubt about that. The methods of task solution is based on modern theory. The device to control artificial illumination is developed.