

УДК 671.375.4

А.В. АНТОНОВ, К.О. КОВАЛЬ, І.І. ІВАНЕНКО, В.А. БАРЧУК

МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ЯСКРАВОСТІ ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ

*Вінницький національний технічний університет,
21021, Хмельницьке шосе, 95, м.Вінниця, Україна*

Анотація. В статті розглянуто особливості побудови систем регуляторів яскравості ламп розжарювання, та доведено доцільність розробки системи регулювання. Розроблено структурну схему пристрою, обрано сучасну елементну базу, яка дозволяє виготовити високоякісну та одночасно просту і низькою собівартістю систему регулювання. Доведено переваги використання в електронному керуванні мікроконтролерів сімейства AVR фірми ATMEL, доведено розробку до експериментального зразка отримано робочі параметри розробленої системи.

Аннотация. В работе рассмотрены особенности построения систем регуляторов яркости ламп накаливания, и доказана целесообразность разработки системы регулирования. Разработана структурная схема устройства, избрано современную элементную базу, которая позволяет изготовить высококачественную и одновременно простую и низкой собиватисттью систему регулирования. Доказано преимущества использования в электронном управлении микроконтроллеров семейства AVR фирмы ATMEL, доказано разработку до экспериментального образца получено рабочие параметры разработанной системы.

Abstract. In the article the features of regulators brightness of incandescent lamps, and shown the feasibility of development of the system of regulation. The block diagram of the device is selected modern element base, which allows us to produce high quality and at the same time simple and not expensive system of regulation. The advantages of using electronic management company AVR family of microcontrollers ATMEL and parameters of the developed system.

Ключові слова: мікроконтролерна система; регулятор яскравості; лампа розжарювання.

Ключевые слова: микроконтроллерная система; регулятор яркости; лампа накаливания.

Key words: Microcontroller systems; regulator brightness, bulb.

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Незважаючи на бурхливий розвиток яскравих світлодіодів, на сьогодні поки не з'явилися світлодіодні лампи в широкому комерційному обізі, здатні замінити побутові лампи розжарювання. Отримавши значного поширення енергозберігаючі люмінесцентні лампи, при значній кількості переваг, мають низку недоліків, основні – висока вартість та складна схема управління яскравістю. В сучасних пристроях регулювання освітлення широко застосовуються сімісторні регулятори потужності для живлення від мережі об'єктів управління з великою тепловою інерцією. Найчастіше застосовується сімістор типу КУ208, у якого максимально допустимий струм становить 5 А, але цього при певних практичних випадках недостатньо, та й сам сімістор вже не випускається. Для вирішення цієї проблеми застосовують тиристор КУ202, який забезпечує вдвічі більший струм навантаження і більш розповсюджений в радіоаматорської практиці. Але для роботи на обох напівперіодах мережі змінного струму їх необхідно включати в діагональ випрямного мосту, складеного з потужних діодів, при цьому спостерігається великий нагрів елементів, що підвищує пожежонебезпечність місця використання цієї системи освітлення.

Вітчизняні та зарубіжні регулятори ламп розжарювання мають ряд недоліків:

- управління тільки одним каналом;
- відсутність стабілізації яскравості;
- наявність перешкод радіоприйому, дзвін ниток ламп, дзижчання вбудованого фільтра.

Тож постає актуальне науково-практичне завдання розробки та дослідження сучасної системи регулювання яскравості ламп розжарювання.

Метою дослідження та розробки є система регулювання яскравості ламп розжарювання, у якій були б відсутні зазначенні недоліки, а робочі параметри відповідали сучасним вимогам до таких

пристроїв, зокрема:

- простота схеми (мінімальна кількість компонентів);
- функціональність (різноманіття регульованих параметрів);
- стійкість до нестабільності напруги живлення;
- мінімальний нагрів компонентів (пожежобезпечність);
- низьке енергоспоживання.

Мала кількість елементів проекрованої системи – необхідність, обумовлена можливістю її компактного розташування у малому за розмірами корпусі світильника.

Функціональність розробленої системи або значна кількість її регульованих параметрів потрібно забезпечити з метою розширення сегменту споживачів зацікавленого в його придбанні. Передбачається розробка системи регулювання з такими функціями:

- незалежного режиму роботи кожного каналу;
- можливості включення запам'ятовування яскравості (для будь-якого каналу);
- автоматичного включення при відновленні подачі електроенергії (можливо вимкнути);
- автовідключення, при закінченні заданого інтервалу часу;
- імітації присутності господарів.

Забезпечення захисту від підвищення напруги в мережі пов'язано з невисокою надійністю електропостачання та з періодичними стрибками напруги мережі електроживлення загального користування.

Мінімальний нагрів компонентів обумовлено:

- можливим щільним примикання системи регулювання до легкозаймистих оздоблювальних матеріалів та розраховано на цілодобовий режим роботи;
- зниженням споживаної потужності (нагрівання).

Відповідно до європейської директиви 1275/2008/ЕС від 17 грудня 2008 року [1], згідно з якою рівень енергоспоживання пристроїв, що випускаються з 2010 року, не повинен перевищувати 1 Вт в режимі очікування, проектована мікроконтролерна система регулювання яскравості ламп розжарювання повинна забезпечити дотримання цієї норми.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Розроблено систему регулювання яскравості ламп розжарювання (рис. 1), яка включає об'єкти управління – лампи накалу (Лн1, Лн2), виконавчі органи – ключові каскади (Кк1, Кк2), керуючий пристрій (КП), блок живлення (БЖ), який включає випрямляч (В) і стабілізатор напруги (СН). Особливістю розробленої системи є наявність двох незалежних каналів управління.

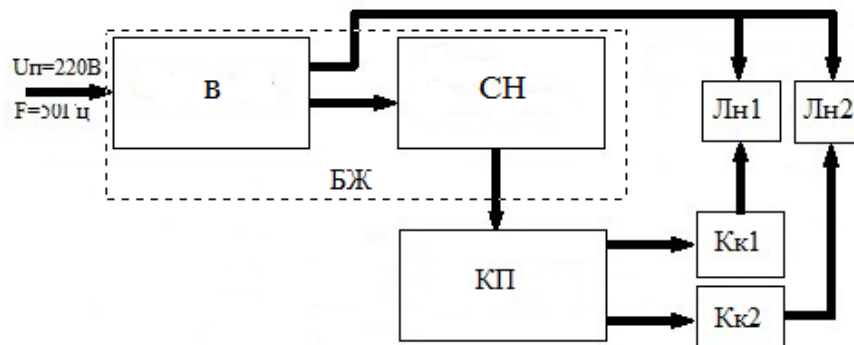


Рис. 1. Структурна схема мікроконтролерної системи регулювання яскравості ламп розжарювання

Спроекована система використовує комутацію, яка відбувається в моменти переходу мережевої напруги через нуль, а потужність регулюється, зміною числа напівперіодів напруги, що виділяються у навантаженні.

Керуючий пристрій (КП) призначений для регулювання напруги ключових каскадів шляхом лічби напівперіодів напруги в моменти переходу мережевої напруги через нуль. Регулювання здійснюється керуючим пристроєм – кнопки для кожного каналу. Керуючий пристрій цієї системи реалізовано на основі мікроконтролера (МК). Таке схемотехнічне рішення забезпечує мінімізацію габаритів такого пристрою, скорочення термінів розробки і забезпечує можливість реконфігурації системи в майбутньому. Схему електричну принципову мікроконтролерної системи регулювання яскравості ламп розжарювання представлено на рис. 2.

Для спроектованої системи регулювання використано мікроконтролер, широко вживаний та відносно доступний за вартістю ATmega16 [2]. Який має 16 КБ програмної пам'яті, 1 КБ SRAM, 512 байт EEPROM, і широкий набір периферійних пристроїв.

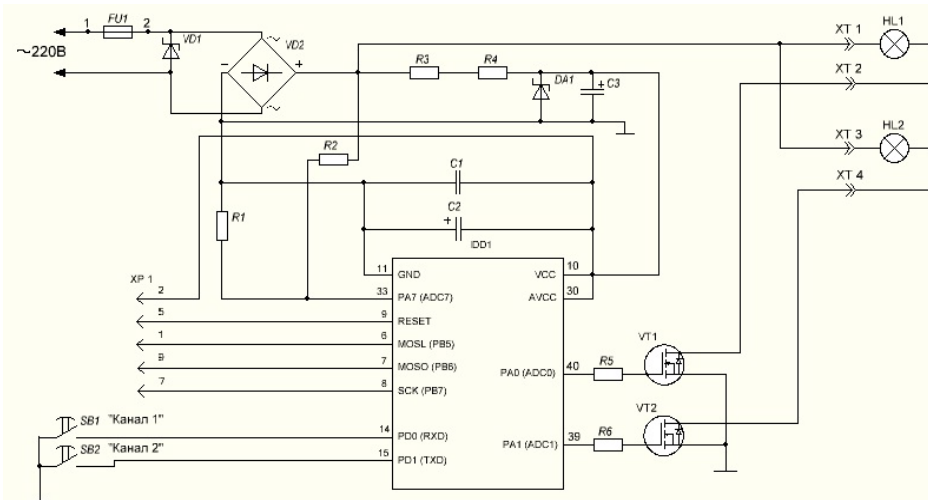


Рис.2. Електрична схема мікроконтролерної системи регулювання ламп розжарювання

Програмне забезпечення функціонування системи регулювання яскравості розроблено з урахуванням системи команд ATmega16 на мові Асемблер. На рис. 3 представлено блок-схему алгоритму роботи програми.

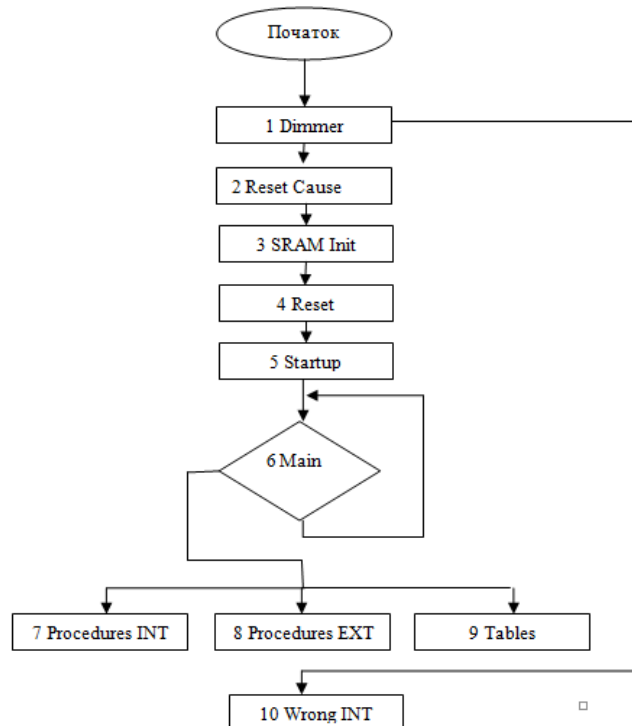


Рис.3. Блок-схема алгоритму роботи програми

Розглянемо детальніше основні функції наведеної блок-схеми.

1. Dimmer: присвоювання імен регістрам, коміткам ОЗП, периферійним пристроям, значень константам; визначення користувацьких змінних(параметрів настройки дімера), системних змінних.
2. ResetCause: виявлення і запис причини скиду МК.
3. SRAMInit: ініціалізація всіх регістрів і комірок ОЗП нульовим значенням.
4. Reset: ініціалізація периферійних пристроїв МК.
5. Startup: затримка на час стабілізації напруги живлення; зчитування параметрів з EEPROM; копіювання в регістри чи комірки ОЗП; встановлення початкових значень регістрів, комірок ОЗП,

окремих бітів; визначення попереднього стану пристрою.

6. Main: скид сторожового таймеру; детектування переходу фази мережі через нуль, вмикання каналів; зміна напруги мережі, вимикання каналів по досягненні заданого; виконання процедур, які відносяться до обох каналів; перевірка кнопки SB1 і виконання процедури, яка відноситься до першого каналу; перевірка кнопки SB2 і виконання процедури, яка відноситься до другого каналу; збереження системних змінних, які змінилися в EEPROM.

7. ProceduresINT: автовідключення першого і другого каналу; скид таймерів авто відключення; настройка таймера функції Імітація присутності господарів.

8. ProceduresEXT: читання і запис EEPROM; генерація псевдовипадкового числа; формування затримки.

9. Tables: таблиця значень яскравості; Таблиця значень відсотків.

10. WrongINT: запис інформації про спрацювання не використовуваного переривання.

Дільник напруги утворений опорами R1 і R2 для забезпечення напруги необхідної АЦП мікроконтролера

Блок живлення системи регулювання складається з випрамляча і стабілізатора напруги на вхід якого подається напруга мережі загального користування -220 В. Випрамляч повинен забезпечувати реалізацію функцій:

- випрямлення мережевої напруги для живлення схеми;
- забезпечення мережевої напруги з подвоєною частоти (100Гц), що використовується МК для визначення моменту переходу фази мережі через нуль.

Перегорання лампи супроводжується імпульсом струму амплітудою більше 5 А, який здатний пошкодити одноамперні мости. Тому для розробленої системи обрано випрамляч КВРС610 [3], який розраховано на максимальний струм 6 А і напругу 220 В. Стабілізатор напруги забезпечує живлення мікроконтролера (+5 В). До складу стабілізатора напруги входить: джерело опорної напруги і баластний опір, для гасіння надлишку напруги. Джерелом опорної напруги обрано мікросхему живлення високої точності LM4040 [3] паралельного типу, з метою уникнення необхідності використовувати окремого джерела опорної напруги і зниження споживаного струму. Крім цього, при стрибку напруги на вході мікросхеми живлення, зі сторони шини живлення схеми, забезпечується стабільна напруга, це лише збільшить струм через мікросхему живлення. Баластний опір, утворений опорами R3 і R4, які збільшують теплове розсіювання у навколишнє середовище. Для розрахунку загального балансного опору резистора можна застосувати класичну формулу [4]

$$R = (U_{вх} - U_{ст}) / (I_{н} + I_{ст}),$$

де $U_{вх}$ – вхідна напруга, що знімається з виходу діодного моста; $U_{ст}$ – напруга стабілізації мікросхеми живлення; $I_{н}$ – струм навантаження; $I_{ст}$ – струм мікросхеми живлення.

Розрахункове значення балансного опору становить 60 кОм, тому $R3 = R4 = 30$ кОм.

Вихідні сигнали МК подаються на ключові каскади де вони підсилюються і подаються на лампи розжарювання. В якості ключових каскадів використано польові транзистори, так як вони менше нагріваються в процесі роботи ніж біполярні. До транзисторів висуваються наступні вимоги:

- струм стоку – не менше 6 А, опір каналу – не більше 1 Ом;
- напруга стік-витік – не менше 600 В;
- двосторонній обмежувач напруги на затворі.

Виходячи з цих вимог обрано транзистори MOSFET фірми Toshiba а саме 2SK2545, які забезпечують усі зазначені вимоги та володіють необхідними параметрами.

У розробленій системі регулювання передбачено, її захист від: короткого замикання навантаження, перевищення потужності, а також захист від нестабільності мережі живлення, і аварійного підвищення напруги живлення до 380 В, що забезпечується запобіжником (на струм 0,1 А) і захисним діодом 1.5KE400CA [5].

Як впливає з аналізу принципової схеми, споживаний струм складається з суми: струму дільника напруги $I_{д}$, струму мікросхеми живлення $I_{ст}$ і струму навантаження блоку живлення $I_{н}$. В силу малих величин, зворотні струми захисного діода, випрамного моста, транзисторів, а також струми витoku конденсаторів не враховуються. Таким чином розсіювана потужність спроектованої системи регулювання визначається

$$P = U_{вх} * (I_{д} + I_{ст} + I_{н}) = 220 * [0,00016 + 0,00021 + 0,0038] = 0,92 \text{ Вт}$$

На рис. 4 зображено практичну реалізацію мікроконтролерної системи регулювання ламп розжарювання.



Рис.4.Зовнішній вигляд реалізованої мікроконтролерна система регулювання ламп розжарювання

Робочі параметри розробленої мікроконтролерної системи регулювання яскравості ламп розжарювання узагальнено та представлено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Параметри розробленої системи регулювання

№	Параметр	Значення
1	Кількість каналів	2
2	Потужність ламп	60 Вт на кожний канал
3	Споживана потужність	не більше 0,92 Вт
4	Діапазон регулювання напруги	12 – 88 %
5	Частота напруги	50 Гц + / -0,4 Гц
6	Напруга живлення	220 В

ВИСНОВКИ

Розроблено та реалізовано схемотехнічне рішення мікроконтролерної системи регулятора яскравості ламп розжарювання. Дослідження експериментального зразку встановили відповідність розробки сучасним вимогам до таких систем, зокрема: споживана потужність в режимі очікування 0,92 Вт; діапазон регулювання напруги 12 – 88%; потужність навантаження 60 Вт на кожний канал.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Європейська директива 1275/2008 : [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:339:0045:0052:en:PDF>
2. Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В.Н. Баранов. – М.: Издательский дом “Додека – 001”, 2004. – 288 с.
3. Пельман Б. Л. “Полупроводниковые приборы”. Справочник /Б. Л. Пельман. – М.: 1997. – 254 с.
4. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры/ Г.Д. Фрумкин. - М.: Высшая школа, 1988. – 288 с.
5. Кечиев Л. Н, Пожидаев Е. Д. "Защита электронных средств от воздействия статического электричества"/ Л. Н. Кечиев, Е. Д. Пожидаев - М.: ИД "Технологии", 2005. – 366 с.

Надійшла до редакції 10.12.2013р.

АНТОНОВ АРТЕМ ВАСИЛЬОВИЧ – студент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

КОВАЛЬ КОНСТЯНТИН ОЛЕГОВИЧ – кандидат технічних наук, науковий співробітник, ст. викладач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

ІВАНЕНКО ІВАН ІГОРОВИЧ – студент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

БАРЧУК ВІТАЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ – аспірант кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.