

METHODS FOR LEDS' LUMINOUS FLUX CONTROL

Assoc. Prof. Petko Mashkov, PhD

Department of MMEEG and Physics,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: 082-888 218

E-mail: pmashkov@uni-ruse.bg

Abstract: *This paper presents an overview of methods for controlling the luminous flux and its spectral composition of LED luminaires. Applications of different power sources - both current and voltage sources are considered. It is desirable modern light sources based on LEDs to allow dimming the light output over a wide range – from zero to nominal value. When used power supply is adjustable constant current source by control of the value of forward current through LEDs it is possible to dim luminous flux and the spectral distribution of the lamp's radiation remains unchanged. This method for dimming is convenient when all LEDs are similar, connected in series and operate at the same current value. Different developed methods for luminous flux spectral characteristics control are presented too. They allow reducing the current through one LED or group of LEDs only. Thereby the total luminous flux can be dimmed by control the current's value of the power supply and by reducing the current through chosen LEDs only the spectral power distribution of the luminous flux can be changed depending upon the particular application. The methods are reliable, ensures stable spectral characteristics, easy for implementation and cheap.*

Keywords: *Power LEDs; LEDs' luminous flux control.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Предимствата на светодиодните източници на светлина са добре известни: много по-добра светлинна ефективност от всички предишни източници на светлина; много по-дълъг живот и по-надеждна работа практически без нужда от периодически обслужване; практически липсват внезапни повреди; лесно димиране без намаляване на светлинната ефективност и т.н. През последните години с навлизането на ефективни светодиоди за различни спектрални области бързо се развиват няколко области на приложение на LED осветлението, което на практика не беше осъществимо от предишни светлинни източници. Първата от тези области е свързана със създаването на регулируеми източници на светлина, които имитират спектралните характеристики на слънчевата радиация. Слънчевата светлина сутрин и по обяд стимулира производството на кортизол и подобрява когнитивните способности, производителността на работа, концентрацията, фокуса и има положителен ефект върху настроението, но потиска производството на мелатонин в човешкото тяло. Вечер спектърът на слънчевата светлина се променя - синята част се намалява значително, а червено - оранжевата част се увеличава. Светлината от този вид не потиска производството на мелатонин и човешкото тяло се подготвя естествено за почивка и сън. Вечер изкуствената синкава светлина (студено бяла и т.н.) води до проблеми със съня и увеличава риска от някои заболявания (SCHEER, 2018; Bellia L., 2013).

Другата област в осветителната техника, която се развива бързо през последните години, е осветлението за домашни птици. Спектралната чувствителност на домашните птици се различава значително от тази на хората и енергийно ефективното осветление изисква осветителни тела със специални спектрални характеристики. Различните птици на различни етапи от своето развитие изискват различно спектрално разпределение на мощността на светлинния поток и осветеност на помещенията. Другата област на голям интерес са индустриалните приложения на светодиодите в растениевъдството. Чрез избор на различни видове светодиоди и контрол на тяхната работа могат да бъдат постигнати желаните спектрални характеристики на лъчистия поток, оптимални за различните стадии на развитие на растенията.

При разработването на източници на светлина за тези области се използват светодиоди с различни спектрални характеристики (различни цветове) и е необходимо управление на работата на различните светодиоди или групи светодиоди. В същото време е необходимо светлинният поток на лампите да бъде димируем и по време на този процес спектралното разпределение на излъчването да остане непроменено. Разбира се, всяка една от тези различни видове LED групи може да бъде независимо захранвана (и контролирана), но това решение повишава цената на осветителното оборудване и значително усложнява управлението на характеристиките на лъчистия поток.

ИЗЛОЖЕНИЕ

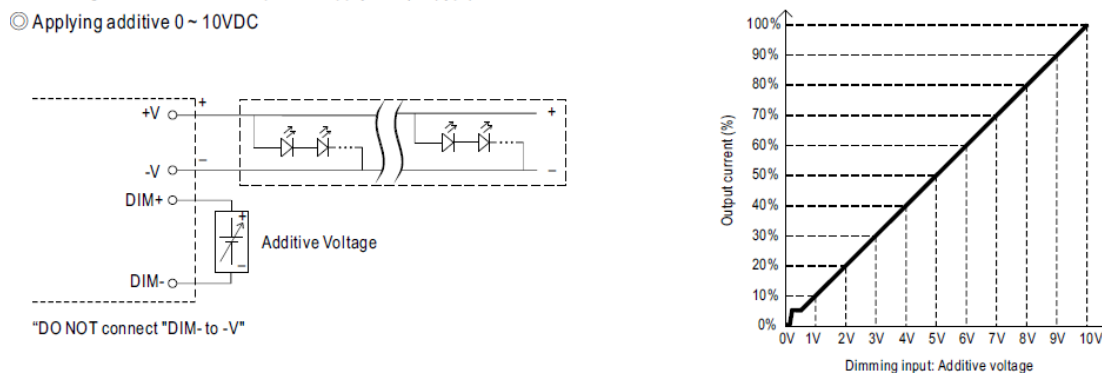
Методи за управление на светлинния поток на светодиоди

В тази работа са представени някои методи за регулиране на светлинния поток на светодиоди в осветително оборудване, които са се доказали в практиката и се отличават с надеждност, простота и удобство при експлоатацията.

- Регулиране на работата на светодиоди чрез използване на управляеми драйвери.

При работа температурата на р-п прехода на светодиодите се променя, което води и до изменение на пада на напрежение върху светодиода. Ето защо във всички случаи е препоръчително управлението на светодиодите да се извършва по ток, а не по напрежение. По-долу са представени примери за някои управляеми драйвери (www.meanwell.com), които работят като източници на ток и дават възможности за различни методи за управление на големината на тока през групи светодиоди в широки граници. Драйверите позволяват големината на тока да се променя в 6 обхвата (от 350 до 1050 mA за LCM 40 и от 500 до 1400 mA за LCM 60). Във всеки един от тези обхвати големината на тока може да се регулира плавно по следните начини:

- Чрез външно напрежение (Фиг. 1а)

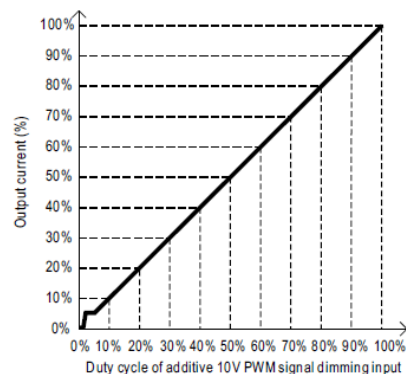
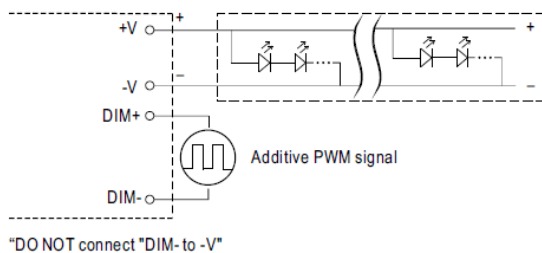


Фиг.1.а. Зависимост на големината на изходния ток на драйвера от външно напрежение

- Управление на големината тока чрез широчинно – импулсна модулация на управляващия сигнал (Фиг. 1б).

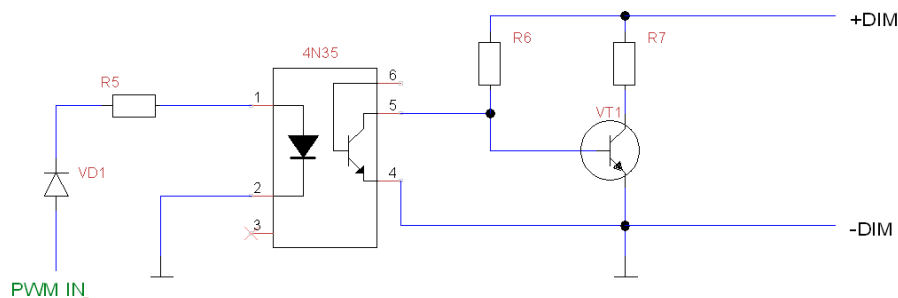
Управлението на работата на драйвера се реализира чрез промяна на коефициента на запълване на управляващия сигнал (ШИМ, PWM). При увеличаване/намаляване на коефициента на запълване токът през светодиодите се увеличава/намалява. Връзката между големината на тока и коефициента на запълване е линейна в границите 10÷100% - Фиг. 1 б.

© Applying additive 10V PWM signal (frequency range 100Hz ~ 3KHz):



Фиг.1.б. Зависимост на големината на изходния ток на драйвера от коефициента на запълване на управляващия сигнал.

При практическата реализация на управлението е желателно да се извърши галванично разделяне на управляващия сигнал от входа за управление. Примерна схема е представена на Фиг.2.

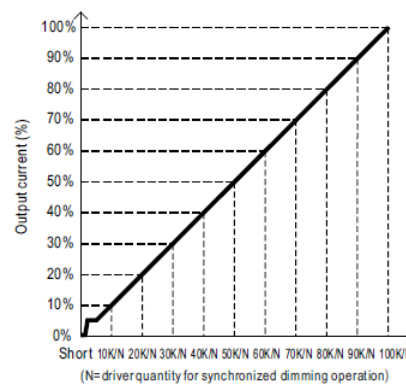
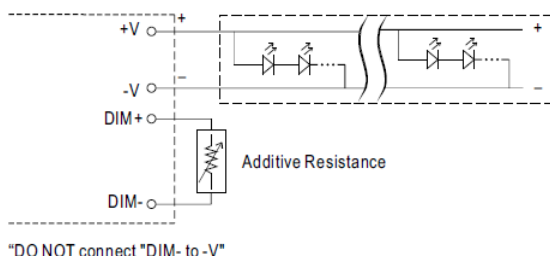


Фиг. 2. Схема за галванично разделяне на управляващия сигнал от входа за управление.

Схемата може да бъде реализирана и без транзистора VT1, но тогава при увеличаване на коефициента на запълване на управляващия сигнал големината на тока намалява. В някои случаи при изчисления това поражда неудобства. Освен това трябва да се има предвид, че някои оптоелектронни прибори променят чувствително характеристиките си по време на експлоатация (най-вече поради деградация на структурите). Добавянето на транзистора VT1 позволява да се осигури безпроблемна работа и при големи изменения на характеристиките на оптрона.

- Управление на големината тока чрез външен потенциометър (Фиг.3).

© Applying additive resistance:



Note: 1. Min. dimming level is about 6% and the output current is not defined when $0\% < I_{out} < 6\%$.
 2. The output current could drop down to 0% when dimming input is about $0k\Omega$ or 0Vdc, or 10V PWM signal with 0% duty cycle.

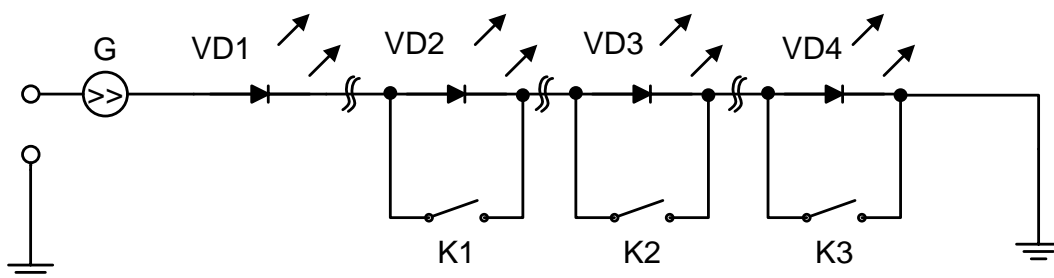
Фиг. 3. Зависимост на големината на изходния ток на драйвера от външен резистор

Драйверите от типа, показан по-горе, са подходящи за захранване на големи групи мощни светодиоди (до над 30) и са много удобни за управление, но са сравнително скъпи и използването им е оправдано за големи осветителни тела или системи за осветление. При по-

малки осветителни тела в много случаи икономически е по-изгодно да се използват неуправляеми драйвери с фиксиран изходен ток (или напрежение). По-долу са представени няколко схеми за управление на работата на светодиоди в такива случаи, които са прости и надеждни при експлоатация.

- Схема за управление при захранване с драйвер, източник на ток:

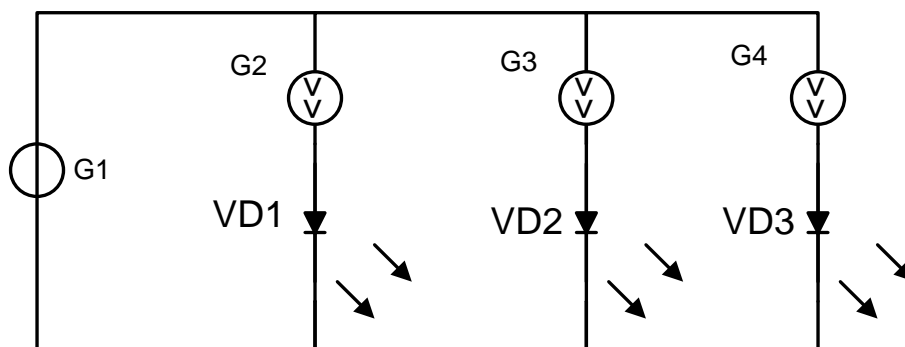
Всички светодиоди са свързани последователно и работят на един и същ постоянен ток. Когато лампата е включена, част от светодиодите са включени винаги; чрез допълнителни ключове K1 ÷ K3 може да се шунтират отделни групи светодиоди (например с различни цветове - зелени, сини или червени – по този начин цветната температура на светлинния поток може да се изменя в широки граници (Фиг. 4).



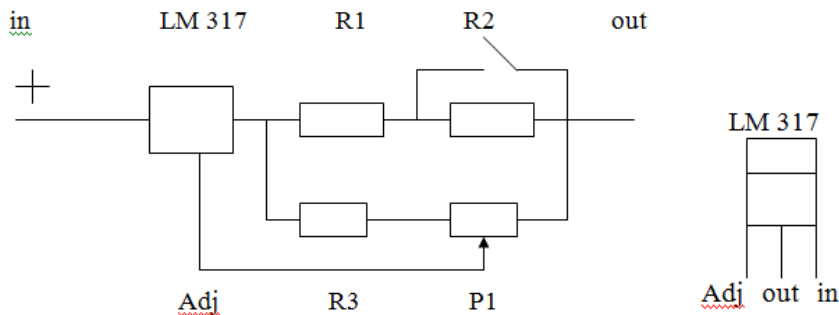
Фиг. 4. Схема за управление на работата на осветително тяло. G – драйвер, източник на ток; VD1 – група на белите светодиоди, VD2, VD3, VD4 – групи на зелените, сините и червените светодиоди

- Схема за управление, при която за захранване се използва източник на напрежение.

Светодиодите се разделят на групи, работата на които се управлява от отделни източници на ток (Фиг. 5). Токът през отделните групи се управлява чрез регулируем източник на ток в границите от 0 до 400 mA, при което спектралните характеристики и цветната температура на лъчението може да се променя в широки граници. Управлението на работата на осветителното тяло може да бъде ръчно или дистанционно.



Фиг.5. Схема за управление на работата на осветително тяло. G1 – захранване (източник на напрежение); G2- източник на постоянен ток; G3, G4 – регулируеми източници на ток. VD1 – група на белите и зелени светодиоди; VD2, VD3, – групи на сините и червените светодиоди. При експерименталните изследвания са използвани регулируеми източници на ток, реализирани на базата на интегрална схема LM317 – прости за реализация, надеждни и евтини.



Фиг.6. Схема за приложението на интегрална схема LM 317 за реализирането на регулируем източник на ток

Схемата поддържа 1.25 V между Adj и out. По минималния ток I_{min} се изчислява R1 (или R1 + R2). След избирането им I_{min} не може да се намалява повече.

a) $I_{min} = 300 \text{ mA}$ $I_{min} = 1.25V / (R1 + R2)$ $R1 = 1.25 / 0.3 = 4\Omega$

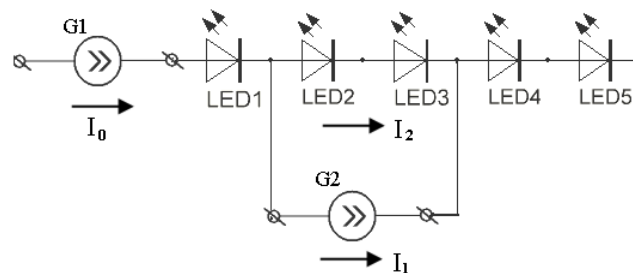
b) $I_{min} = 60\text{mA}$ $R1 + R2 = 1.25/0.06 = 22 \Omega$

Съотношението между максималния и минималния ток $k = (R3 + P1) / R3$.

(Ако $k = 3$, а $P1 = 4.7k \Omega$ $R3 = 2.2k \Omega$)

Проверка по мощност: $P_{R1} = 4 * I_{max}^2 = 4 * 1 = 4W$; $P_{(R1+r2)} = 22 * (0.18)^2 = 0.7W$

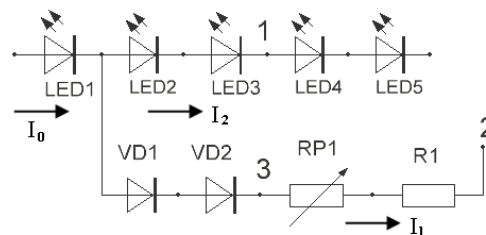
- Схема за управление при захранване с драйвер, източник на ток и плавно регулиране на големината на тока през отделни групи светодиоди.



Фиг.7. Схема за плавно управление на големината на тока през отделни групи светодиоди

Захранването за всички светодиоди G1 е регулируем източник на ток. Той поддържа постоянен ток I_0 във веригата, която включва всички светодиоди последователно (Фиг7). Ако е необходимо да се намали светлинният поток, излъчван от групите светодиоди LED1 и LED2, те се шунтират от втория източник на ток G2, като през него тече ток I_1 . Токът през групите LED1 и LED2 е: $I_2 = I_0 - I_1$. Токът през останалите светодиоди остава непроменен.

Разработен е и опростен вариант на тези схема – Фиг.8. Вместо източник на ток (G2, Фиг.7) са използвани няколко резистора и диоди.



Фиг.8. Схема за управление на големината на тока през групи светодиоди

Например, за да се намали тока през LED 2 и LED 3 – Фиг.8, е необходимо да се свържат точки 1 и 2. Тогава токът I_2 през LED 2 и LED 3 може да се изчисли:

$$I_2 = I_0 - I_1$$

Чрез управление на стойността на RP1 стойността на тока I_1 може да се променя, така че токът през светодиодите може да се контролира. Ако се използва потенциометърът (както е показано на фигура 8), промяната на тока може да бъде плавна. Всъщност в много случаи е достатъчно и по-удобно управлението да се осъществява на стъпки – тогава потенциометърът може да бъде заменен с няколко резистора.

Ролята на диодите VD1 и VD2 е да осигурят температурна стабилност на предложения метод за управление. По време на работа температурите на p-n преходите на светодиодите могат да варират в широк диапазон – до над 100°C. Падовете на напрежението върху светодиодите също варират. В зависимост от типа на светодиодите тези вариации са различни – например за сините XPE светодиоди температурният коефициент на напрежение е около -3,3 mV/°C; за червените XPC светодиоди температурният коефициент на напрежение е -2,0 mV/°C (www.cree.com).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представени са методи за регулиране на спектралните характеристики на LED осветителни тела, които са доказали своята технологичност в практиката. Методите позволяват димиране на светлинния поток на определени светодиоди или групи светодиоди, като по този начин спектралните характеристики на лампата могат да се регулират в зависимост от конкретното приложение. Представените методи са надеждни, осигуряват стабилни спектрални характеристики, лесни за изпълнение и евтини.

ACKNOWLEDGMENT

Тази статия представя резултати от работата по проект № 2021–FT-02, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

REFERENCES

Bellia L., A. Pedace, G. Barbato, (2013). Lighting in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants, *Building and Environment*, 68 (2013), pp. 50-65.

Berson DM (2007). "Phototransduction in ganglion-cell photoreceptors". *Pflügers Archiv* 454 (5): 849–55. doi: 10.1007/s00424-007-0242-2. PMID 17351786.

Ellis E. V. , E. W. Gonzalez, D. A. Kratzer, D. L. McEachron, G. Yeutter, (2013), Auto-tuning Daylight with LEDs: Sustainable Lighting for Health and Wellbeing, ARCC 2013 , The Visibility of Research Sustainability: Visualization Sustainability and Performance, pp.465-473.

Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks - SCHEER (2018), Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs); The SCHEER adopted this Opinion during its 9 th plenary meeting on 5-6 June 2018.

Tingzhu Wu, Yue Lin, Honghui Zhu, Ziquan Guo, Lili Zheng, Yijun Lu, Tien-Mo Shih, And Zhong Chen, (2016), Multi-function indoor light sources based on light-emitting diodes—a solution for healthy lighting, *OPTICS EXPRESS*, Vol. 24, No. 21 , 2016, pp.24401-24412.

URL: <https://www.cree.com> (Accessed on 06.10.2021)

URL: <https://www.meanwell.com/productPdf.aspx?i=259> (Accessed on 06.10.2021)