

Janusz GONDEK\*  
Sławomir KORDOWIAK\*\*  
Tadeusz HABDANK-WOJEWÓDZKI\*\*\*

## ENERGOOSZCZĘDNE MODUŁY DO ZASILANIA LED-owych LINIOWYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

LED-owe liniowe źródła światła znajdują coraz szersze zastosowanie w technice świetlnej, zastępując tradycyjne fluorescencyjne źródła światła. Charakteryzują się znacznie lepszymi parametrami technicznymi, w tym fotometrycznymi (efektywna skuteczność świetlna LED jest większa niż lamp fluorescencyjnych) [3], [7], [9], [10]. Do ich zasilania konieczne są energooszczędne moduły z układami automatyki i sterowania, umożliwiające współpracę z systemami oświetleniowymi.

### 1. WSTĘP

Diody LED znajdują coraz większe zastosowanie w technice oświetleniowej, powodując eliminację tradycyjnych źródeł światła, w tym lamp fluorescencyjnych. Jedną z takich aplikacji są LED-owe liniowe źródła światła. Typowe fluorescencyjne liniowe źródła (świetlówki) mają okrągły przekrój i w płaszczyźnie tego przekroju emitują światło we wszystkich kierunkach z jednakowym natężeniem a więc świecą tak samo w górę, w dół i na boki, dlatego jedynie około 33% tego promieniowania dociera do oświetlanej powierzchni bez większych strat. Reszta promieniowania poprzez odbłyśnik jest odbijana ze stratami tak, że około 65% całkowitego strumienia świetlnego jest użyteczne. Tych wad nie posiadają lampy LED-owe, których własności fotometryczne, polegające na emisji światła jedynie w dolną półprzestrzeń sprawiają, że prawie cały strumień emitowany przez lampę LED staje się strumieniem użytecznym. Dlatego zastępowanie klasycznych świetlówek LED-owymi lampami liniowymi staje się coraz powszechniejsze. Istotnymi zaletami lamp LED-owych są: wyjątkowa trwałość sięgająca nawet 50–60 tysięcy godzin i energooszczędność wynikająca z zastosowania nowoczesnych diod świecących (LED) typu SMD, dzięki czemu koszty eksploatacji tych lamp są niższe, prawie dwukrotnie w stosunku do lamp wyładowczych. LED-owe lampy liniowe posiadają bardzo wysoką skuteczność świetlną przekraczającą 80lm/W i niewielki spadek strumienia świetlnego w

\* Prywatny Instytut Technik Elektronicznych, Kraków.

\*\*Politechnika Krakowska.

\*\*\*Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków.

trakcie eksploatacji około 6%/10000 godzin [7], [9], [10], [11]. LED-owe liniowe źródła światła nie posiadają wewnętrznego układu zasilania - modułu. Są przeznaczone do współpracy z modułami zasilającymi montowanymi w oprawach oświetleniowych. Zasilane są najczęściej prądem stałym, dzięki czemu nie występuje w nich efekt migotania lub pulsacji, nie emitują też promieniowania ultrafioletowego. Przyjazne są dla środowiska naturalnego, nie zawierają w swej konstrukcji par rtęci, ani innych szkodliwych składników. Z kolei moduły zasilające lampy LED posiadają wysoką sprawność ( $\eta > 0,85$ ), odpowiednie zabezpieczenia przeciw przeciążeniowe i przeciw przepięciowe oraz termiczne. Moduły w niektórych aplikacjach umożliwiają współpracę z inteligentnymi systemami oświetlenia w budynkach. Artykuł przedstawia wyniki prac badawczych przeprowadzonych na Politechnice Krakowskiej we współpracy z Prywatnym Instytutem Techniki Elektronicznych i Akademią Górniczo-Hutniczą w zakresie nowych opracowań energooszczędnych modułów ASICs zasilających LED-owe liniowe źródła światła i propozycje aplikacji.

## 2. LED-owe LINIOWE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

LED-owe liniowe źródła światła LED Line, zostały opracowane, aby wyeliminować świetlówki liniowe. Jako elementarne źródła światła w lampach LED Line, zastosowano diody LED wykonane w technologii SMD, montowanych na podłużnych płytkach drukowanych techniką montażu powierzchniowego SMT (Surface Mount Technology). Lampy LED Line nie posiadają generalnie wewnętrznego układu zasilającego. Są przeznaczone do współpracy z elektronicznym modułem, montowanym osobno w oprawie oświetleniowej. Podstawowymi zaletami lamp LED Line są ich wysoka trwałość sięgająca 60.000 godzin i energooszczędność. Dzięki temu koszty eksploatacji znacznie maleją. Lampy LED Line wykonuje się z trwałych, odpornych na narażenia mechaniczne materiałów, najczęściej aluminium i tworzywa sztucznego, którym jest polimetakrylan metylu PMMA. Rośnie w ten sposób bezpieczeństwo użytkowania tego typu lamp.

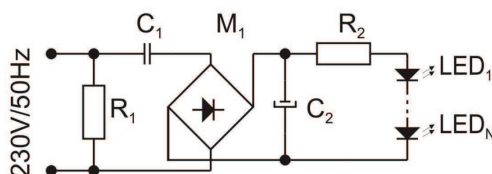
Lampy LED Line są produkowane w trzech podstawowych temperaturach barwowych światła tj. 2600 K÷3700 K, tzw. ciepło białą, 4200 K÷4700 K neutralna białą, 6000 K÷6500 K dzienna białą oraz w kilku rodzajach klosza np. przezroczystym, satynowanym i mlecznym. Są lampy LED Line zasilane bezpośrednio z sieci 230 V/50 Hz lub poprzez zewnętrzny moduł zasilający, wbudowany w oprawę oświetleniową. Lampy LED Line nadają się doskonale do zastosowania ich w istniejących oprawach oświetleniowych, w budynkach użyteczności publicznej, szkołach, szpitalach, urzędach i instytucjach, placówkach handlowych i usługowych, a także w przemyśle, pomieszczeniach produkcyjnych i magazynowych. Ich zaletą jest fakt, że mogą pracować w ujemnych temperaturach, bez wyraźnej zmiany natężenia strumienia świetlnego. Tej cechy nie posiadają

standardowe świetlówki. Lampy LED Line mogą być zatem stosowane w urządzeniach chłodniczych i do pracy w zewnętrznych instalacjach oświetleniowych przy ujemnych temperaturach. Obecnie produkowane są już lampy LED Line T8 o mocach  $10\text{ W} \div 12\text{ W}$ , zastępujące świetlówki liniowe  $18\text{ W}$ , o mocach  $20\text{ W} \div 24\text{ W}$ , następujące świetlówki liniowe  $36\text{ W}$  i o mocach  $25\text{ W} \div 27\text{ W}$ , zastępujące świetlówki  $58\text{ W}$ .

Lampy LED Line mogą być stosowane do rastrowych opraw oświetleniowych, charakteryzujących się wysoką jakością oświetlenia, dzięki parabolicznym układom optycznym. Poprawia to efektywność energetyczną instalacji oświetleniowych, zgodnie z postanowieniami dyrektywy 2006/32/EC Unii Europejskiej. Dyrektywa ta oraz jej modyfikacja w postaci dyrektywy 2009/125/EC, nakłada wysokie minimalne wymagania na sprzęt oświetleniowy i źródła światła, eliminując stosowanie produktów o niskiej efektywności energetycznej, które posiadają małą skuteczność świetlną, wysokie straty mocy w układach zasilających, małą skuteczność świetlną itp.

### 3. MODUŁY ZASILANIA LED-owych, LINIOWYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Zasilanie diod LED napięciem sieci energetycznej, odbywa się za pośrednictwem zasilacza prądu stałego. Najprostszy układ tego zasilacza przedstawiono na rysunku 1. Kondensator  $C_1$  ogranicza wartość napięcia podawanego na mostek  $M_1$ . Można w ten sposób zasilic kilkadziesiąt LED. Wadą jest wpływ wahań napięcia sieci na emisję światła diod oraz galwaniczne połączenie z siecią.

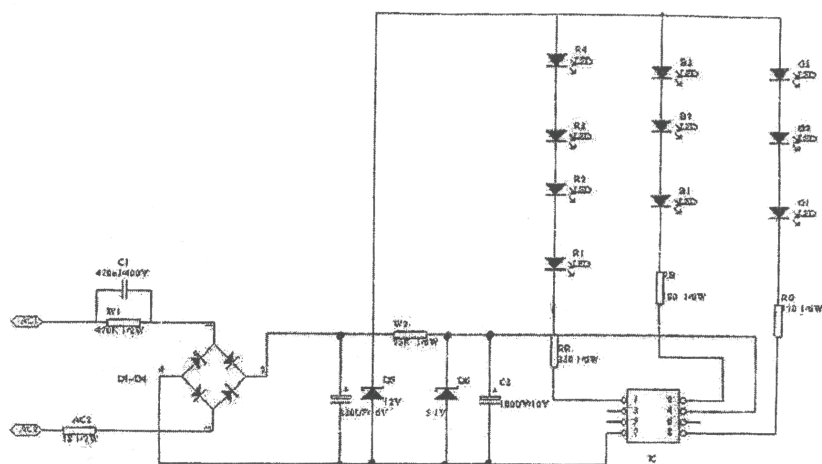


Rys. 1. Prosty zasilacz sieciowy diod LED

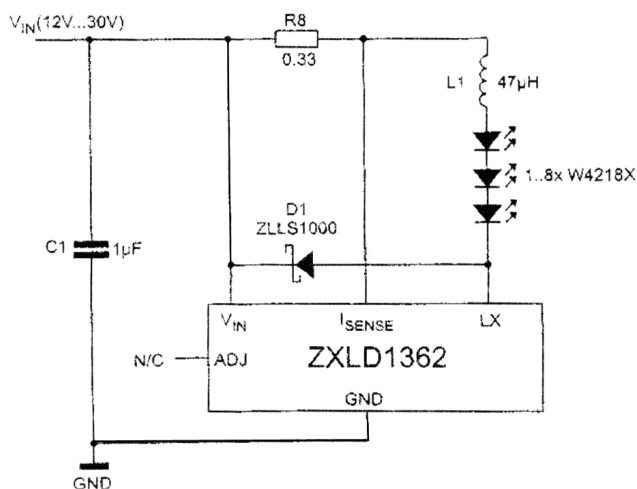
Rysunek 2 przedstawia zasilacz sieciowy LED, zrealizowany na układzie scalonym M134G. Układ jest bardziej odporny na wahania napięcia sieciowego, jest jednak galwanicznie połączony z siecią.

Kompletną realizację zasilacza LED na scalonej przetwornicy DC/DC z układem ZXLD 1362 przedstawiono na rysunku 3.

Zasilacz ten zasilany jest z akumulatorów kwasowych  $12\text{ V}/24\text{ V}$ . Wśród różnych producentów diod LED-mocy wyróżnia się firma CREE, której diody świecące posiadają wysoki strumień świetlny oraz dobre parametry termiczne, dla diod emitujących światło białe, podano w Tabeli 1.



Rys. 2. Zasilacz sieciowy diod LED (10 szt.) na układzie M 134G



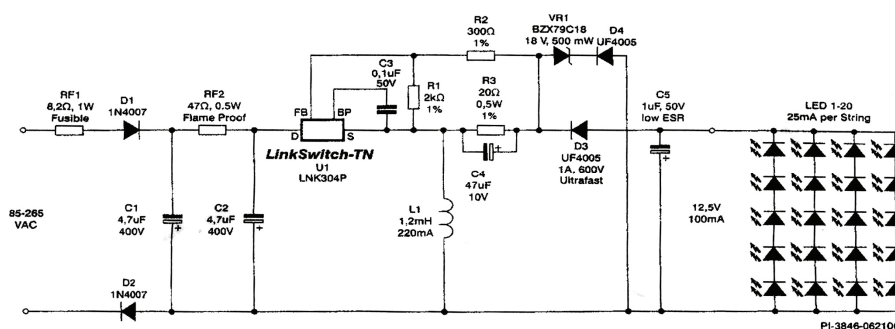
Rys. 3. Zasilacz diod LED do zastosowań w transporcie drogowym

W nowych rozwiązaniach zasilaczy diod LED stosuje się prawie wyłącznie zasilacze impulsowe, które zapewniają wysoką sprawność  $> 85\%$ , możliwość pracy w szerokim zakresie napięć zasilających  $84 \text{ VAC} \div 265 \text{ VAC}$  i spełnienie ostrych wymagań dyrektywy UE w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. Uzyskuje się to poprzez zastosowanie pasywnych lub aktywnych korektorów współczynnika mocy PFC. Dodatkowo uzyskuje się napięcie stabilizowane na wyjściu na poziomie  $380 \text{ VAC} \div 400 \text{ VDC}$ .

Tabela 1. Parametry techniczne diod LED firmy CREE, światło białe

Rodzina	Temperatura barwowa	CCT [K]	Maks. prąd [mA]	Kąt świecenia [°]	Strumień świetlny 350mA [lm]
XR-E	Zimna biała (dzienna)	10000...5000	1000	90	62...100
	Neutralna biała (naturalna)	5000...3700	700	90	62...73,9
	Ciepła biała	3700...2600	700	90	58,6...67,2
XR-C	Zimna biała (dzienna)	10000...5000	500	90	45,7...56,8
	Neutralna biała (naturalna)	5000...3700	500	90	45,7...56,8
	Ciepła biała	3700...2600	500	90	39,8...51,7

Aplikację układową zasilacza diod LED małej mocy z układem scalonym LNK394P Power Integrations podano na Rys.4.

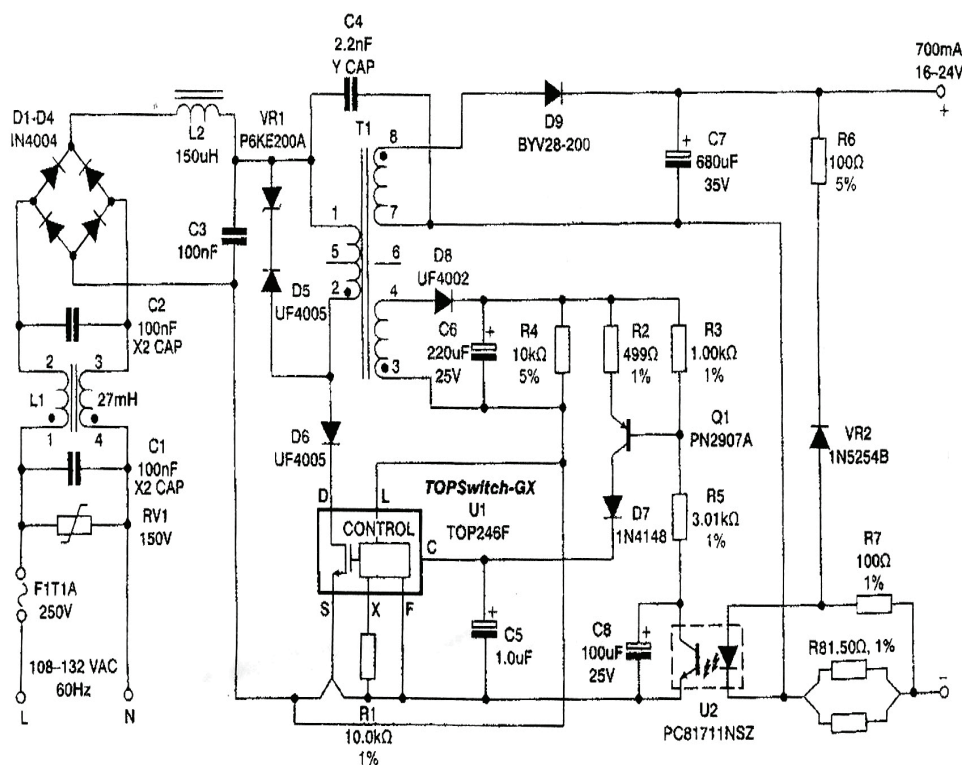


Rys. 4. Zasilacz diod LED małej mocy

Zasilacz o małej mocy 1,25 W zasila łańcuch odpowiednio połączonych diod LED o prądzie 20÷25 mA lub 100 mA. Prąd obciążenia jest stabilizowany w pętli sprzężenia zwrotnego (spadek napięcia na  $R_3$ ). Układ posiada zabezpieczenie przed rozwarciem obwodu obciążenia, zrealizowane na obwodach  $VR_1$ ,  $D_4$ . Wiodącą firmą oferującą specjalizowane scalone układy mocy ASICs do realizacji zasilaczy LED, o mocach 1÷250 W, jest firma Power Integrations. Najbardziej przydatne do zasilaczy impulsowych LED są układy scalone Link Switch–TN, TOP Switch–GX oraz Tiny Switch–III.

Przykładowe zastosowanie układu TOP246F w zasilaczu diod LED-mocy podano na Rys. 5. Maksymalne obciążenie wyjścia zasilacza to 17 W przy prądzie 700 mA. Zasilacz pracuje w topologii flyback, w warunkach nieciągłego prądu DCM i jest tak skonstruowany, że występuje tu automatyczna korekcja

współczynnika mocy, bez układu PFC - duża stała czasowa pętli sprzężenia zwrotnego. Uzyskuje się w ten sposób  $PF \approx 0,98$  i  $THD \leq 10\%$ .



Rys. 5. Zasilacz LED-mocy z korekcją PFC, o mocy 17W, na układzie scalonym TOP 246F firmy Power Integrations

W kraju, producentem zasilaczy do LED-owych liniowych źródeł światła jest firma ELGO Lighting, która opracowała serię zasilaczy LPX, np. LPX 350 11W, wyposażonych z zabezpieczenia przeciwzwarceniowe, przeciążeniowe, przepięciowe i termiczne. LPX 350 zasilają LED prądem stałym, stabilizowanym 350 mA.

#### 4. PODSUMOWANIE

Energooszczędne moduły elektroniczne, zasilające LED-owe liniowe źródła światła, realizuje się dwoma technologiami: technologią SMT i technologią grubowarstwową TF technology. Przeprowadzone badania modeli zasilaczy wykazują, że lepsze parametry uzyskuje się w technologii grubowarstwowej, szczególnie jeśli chodzi o narażenia termiczne. Aplikacja tych układów przeznaczona jest do trudnych warunków klimatycznych.

## LITERATURA

- [1] Elektronika Praktyczna, Nr 3/2007.
- [2] Gondek J., Kordowiak S., Habdank-Wojewódzki T., Hybrydowe sterowniki LED do oprav oświetlenia awaryjnego, XVII Conference Computer Application in Electrical Engineering 2012, ISSN 1897-0737, Poznan University of Technology Academic Journals No 69, 2012.
- [3] Materiały informacyjne firmy Power Integrations, 2012.
- [4] Oświetlenie INFO Nr 4 (36), październik – grudzień 2011.
- [5] Zasilacze stabilizowane LED, PITE, materiały własne, 2012.
- [6] Żagan W., Podstawy techniki świetlnej, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej 2005, ISBN 83-7207-541-7.
- [7] [www.cree.com](http://www.cree.com)
- [8] [www.powerint.com](http://www.powerint.com)
- [9] Mroziewicz B., Biało-świejące diody LED rewolucjonizują technikę oświetleniową, Elektronika nr 9/2010, str. 145- 154.
- [10] Wiśniewski A., Diody elektroluminescencyjne (LED) dużej mocy, Przegląd Elektrotechniczny nr 05/2007.
- [11] Materiały firmy ELGO Lighting Industries S.A.

### ENERGY – EFFICIENT MODULES FOR SUPPLYING LED LINE

The paper contain the result of research work out in Cracow University of Technology with AGH University of Science and Technology and Private Institute of Electronic Engineering. The works dedicated for elaboration modules for supplying LED Line. Electronics circuits ASICs are discussed. To perform the modules surface mount technology SMT and thick-film technology were used.