

Janusz GONDEK*
Sławomir KORDOWIAK**
Maciej SIWCZYŃSKI**

HYBRYDOWE ZINTEGROWANE STEROWNIKI DIOD LED I ELEMENTÓW AUTOMATYKI

Techniki hybrydowa i monolitycznych układów scalonych umożliwiają konstrukcję zintegrowanych programowalnych sterowników umożliwiających zasilanie i sterowanie większością dostępnych na rynku źródeł światła LED a także elementów automatyki: zaworów, silników, siłowników, zespołów napędowych itd., oraz elementów grzejnych itp. Zintegrowane sterowniki pozwalają na budowę najbardziej zróżnicowanych układów regulacji i obustronnej transmisji danych na duże odległości. Uzyskuje się przy tym dużą rozdzielczość sterowania PWM. Tego typu sterowniki mogą być stosowane w inteligentnych systemach sterowania budynków mieszkalnych oraz np. w oświetleniu drogowym (dróg szybkiego ruchu i autostrad) [3, 6, 8, 9, 11].

SŁOWA KLUCZOWE: diody LED, sterowniki LED, sterowniki programowalne, falowniki, DALI, PWM

1. WSTĘP

Rozwój możliwości stosowania diod LED-mocy do celów oświetleniowych postępuje ściśle w ślad za poprawą ich parametrów funkcjonalnych: barwy światła, skuteczności świetlnej, strumienia świetlnego i mocy pojedynczej diody. Wysoka żywotność diod LED sięgająca 60÷100 tys. godzin, narzuca dodatkowe wymagania techniczne na układy zasilająco-sterujące (sterowniki), szczególnie w zakresie niezawodności działania i trwałości. Takie warunki mogą spełniać tylko hybrydowe sterowniki, odporne na narażenia techno-klimatyczne.

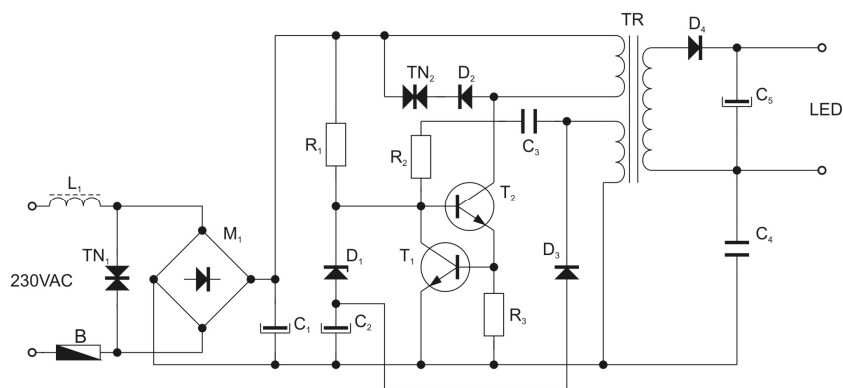
Artykuł przedstawia wyniki prac badawczych prowadzonych na Politechnice Krakowskiej i w Prywatnym Instytucie Technik Elektronicznych w Krakowie, w zakresie nowoczesnych rozwiązań układowych hybrydowych sterowników LED oraz elementów automatyki, spełniających wymagania w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) i dużej odporności na niekorzystne czynniki techniczno-klimatyczne. Do ich praktycznej realizacji zastosowano mikroelektroniczną technologię warstw grubych (TF), co pozwoliło na ich dużą miniaturyzację i optymalizację parametrów z punktu widzenia niezawodności działania i trwałości [1, 3, 6, 7, 8, 11].

* Prywatny Instytut Technik Elektronicznych, Kraków.

** Politechnika Krakowska.

2. HYBRYDOWE ZINTEGROWANE STEROWNIKI DIOD LED

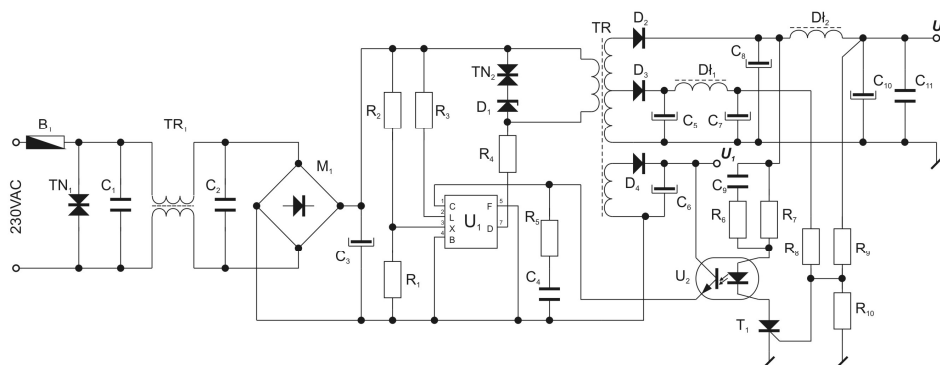
Przykładem nowoczesnego sterownika diod LED, może być układ pokazany na rys. 1, który zawiera prosty generator o sprzężeniu indukcyjnym, zrealizowany na tranzystorach T_1 i T_2 (wysokonapięciowe). Układ sterownika LED [4, 6, 8, 9, 11] zapewnia utrzymanie stałego, niezmiennego prądu zasilającego diody, co jest warunkiem ich niezawodnej, stabilnej pracy. Zrealizowano go w oparciu o źródło prądowe: D_1 , C_2 , R_1 , T_1 . Sterownik zawiera sieciowy filtr EMC, zawierający L_1 , C_1 , TN_1 , który zabezpiecza układ przed wpływem zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych i przepięć. Do likwidacji przepięć, które często występują w sieci zasilającej użyto elementów TRANSIL (TN_1 , TN_2), które mają bardzo szybki czas zadziałania i są przeznaczone do pracy udarowej. TN_1 likwiduje przepięcia sieci, natomiast TN_2 przepięcia pojawiające się na transformatorze TR przy pracy impulsowej. Sterownik pozwala na zasilanie diod LED o mocy max. do 4 W. W wersji hybrydowej posiada niewielkie rozmiary, jest stabilny termicznie i umożliwia łatwe odprowadzenie ciepła. Układ wykonano w technologii grubowarstwowej z zastosowaniem elementów SMD.



Rys. 1. Prosty sterownik diod LED o mocy max. 4 W

Z kolei rys. 2 przedstawia układ sterownika diod LED średniej mocy (20 W) zrealizowanego na wyspecjalizowanym układzie scalonym TOP 245 [11]. Jest on wyposażony w sieciowy symetryczny filtr EMC typu Π , z zabezpieczeniem przeciwprzepięciowym TN_1 (TRANSIL). Posiada izolację galwaniczną napięcia wyjściowego (U_2), od napięcia sieci zasilającej. Jest dodatkowo zabezpieczony przed zwarcie obwodu wyjściowego (U_2) i przegrzaniem termicznym diod LED. Rolę tę pełni układ zrealizowany na elementach: R_8 , R_9 , R_{10} , T_1 , U_2 (transoptor), który dodatkowo stabilizuje parametry wyjściowe sterownika. Posiada układ tzw. miękkiego startu, dzięki czemu zasilane diody LED, nie są narażone na udary prądowe przy włączaniu sterownika do sieci zasilającej. Układ „startuje” z

pewnym opóźnieniem realizowanym na elementach: C_5 , C_7 , D_{I1} , R_7 , T_1 (tyrystor małej mocy). Pojawiające się stany nieustalone (przebiecia) na transformatorze TR, likwiduje układ zabezpieczenia przeciwprzebieciowego TN_2 (TRANSIL), D_1 . W wersji hybrydowej, układ sterownika wymaga stosowania radiatora zintegrowanego termicznie z płytką ceramiczną, na której przylutowane są: mostek diodowy M_1 i układ scalony U_1 . W układzie sterownika, wszystkie podzespoły są wykonane technologią SMD, Badania sterownika wykonane w trudnych warunkach techno-klimatycznych ($T = 40^\circ\text{C}$, $t = 48 \text{ h}$, $\text{RH} = 95\% \text{ w.w.}$) potwierdziły jego pełną przydatność i niezawodność działania.



Rys. 2. Sterownik diod LED o mocy max. do 20 W

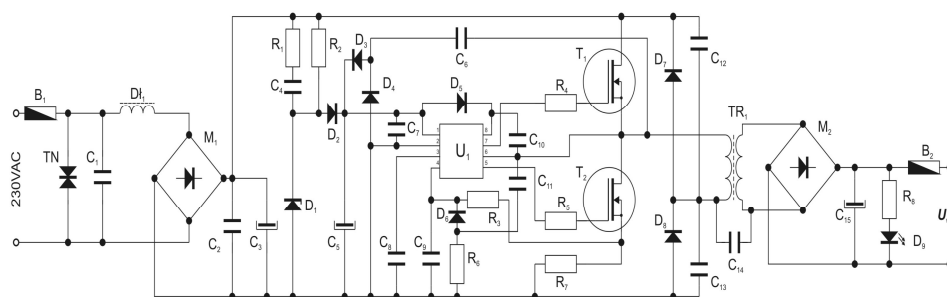
Inny sterownik przedstawiono rys. 3 [1, 10, 11]. Jest to sterownik, który wykorzystuje specjalizowany monolityczny układ scalony (ASIC) firmy International Rectifier (USA) typu: IR2161, który może być zasilany beztransformatorowo z sieci zasilającej 230VAC, Współpracuje z polowymi tranzystorami mocy T_1 i T_2 (MOS-FET lub IGBT), które przez impulsowy transformator mocy zasilają mostek Graetza (M_1) prostujący napięcie, które jest wstępnie „wygładzane” na C_{15} . Pojawienie się napięcia wyjściowego ($U_{wyj} = 12 \text{ V}$), jest sygnalizowane, zaświeceniem się diody LED (D_9).

Układ sterownika pracuje na zasadzie półmostkowej (ang. half-bridge) przetwornicy, w której rolę mostka pełnią elementy: T_1 , T_2 , C_{12} , C_{13} . W przekątną mostka włączony jest impulsowy transformator (mocy), który oddziela galwanicznie wyjście sterownika, od sieci zasilającej 230VAC i obniża napięcie (U_{wyj}) do wartości wymaganej przez obciążenie. Układ sterownika posiada funkcję „miękkiego startu” i jest zabezpieczony przeciwzwarcio i termicznie (C_9 , R_3 , R_7). Gdy wartość prądu zasilającego T_1 i T_2 zaczyna w sposób niekontrolowany wzrastać, rośnie spadek napięcia na R_7 i poprzez R_3 , C_9 steruje układem scalonym IR2161, który wyłącza pracę przetwornicy. Przetwornica po włączeniu zasilania, startuje z częstotliwością $f \approx 120 \text{ kHz}$, a następnie jej częstotliwość spada do ok. 62 kHz (bez obciążenia) lub do ok. 33 kHz (pełne obciążenie). Dzięki temu napięcie wyjściowe wzrasta stopniowo (miękki start). Układ sterownika posiada

filtr sieciowy EMC (C_1 , D_{11}) oraz zabezpieczenie przeciwprzepięciowe TN (TRANSIL) i nadprądowe (B_1 , B_2). Oprócz wersji podanej na rys. 3, w której napięcie wyjściowe jest stałe (12VDC) istnieje wersja sterownika z wyjściem zmiennoprądowym w.cz. (tzn. bez elementów: M_1 , C_{15}).

Typowe parametry sterownika:

- napięcie zasilania: 20 ÷ 240VAC (50/60 Hz)
- maksymalne obciążenie: ≤ 100 W
- napięcie wyjściowe: 12 VDC lub AC (może być też dobrane inne)
- zakres temperatur pracy: 0 ÷ 40°C,
- maksymalna dopuszczalna temperatura obudowy sterownika: 70°C.



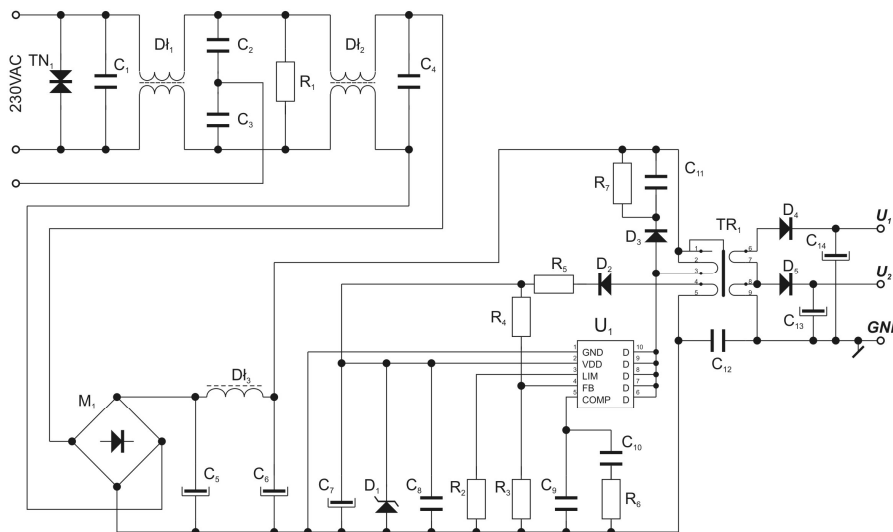
Rys. 3. Hybrydowy sterownik dużej mocy (100W) na układzie scalonym IR2161 firmy International Rectifier (USA)

Jeśli w praktyce będzie wykorzystywane wyjście zmiennoprądowe (w.cz.) sterownika, to długość i przekrój przewodów wyjściowych, należy dobrać z tabeli 1, która określa parametry przewodów (przy $U_{wyj} = 12$ VAC) przy określonej mocy obciążenia [11]. Sterownik został wykonany w hybrydowej technologii warstw grubych (H-TF), z zastosowaniem elementów SMD. Tranzystory mocy T_1 i T_2 umieszczono na odrębnej płytce z ceramiki Al_2O_3 , którą przyklejono do radiatora. Przy obciążeniu rezystancyjnym o mocy 100 W, temperatura sterownika nie przekroczyła wartości granicznych. Sterownik tego typu może być stosowany do zasilania diod LED dużej mocy, grzejników, lamp halogenowych i elementów wykonawczych automatyki przemysłowej.

Z kolei rys. 4 przedstawia układ sterownika diod LED, zrealizowany na układzie VIPER06HS firmy STMicroelectronics [6, 11]. Układy serii VIPER to zintegrowane w jednej obudowie sterowniki impulsowe, z wysokonapięciowymi końcówkami mocy. Wszystkie układy VIPER są wyposażone w system zapewniający poprawny start przetwornicy po włączeniu zasilania, zabezpieczenia przed zbyt wysokim i zbyt niskim napięciem zasilającym oraz przed zwarcieniem obwodu wyjściowego i przed przekroczeniem bezpiecznej temperatury pracy sterownika.

Tabela 1. Parametry przewodów zasilających obciążenie (wyjście zmiennoprądowe)

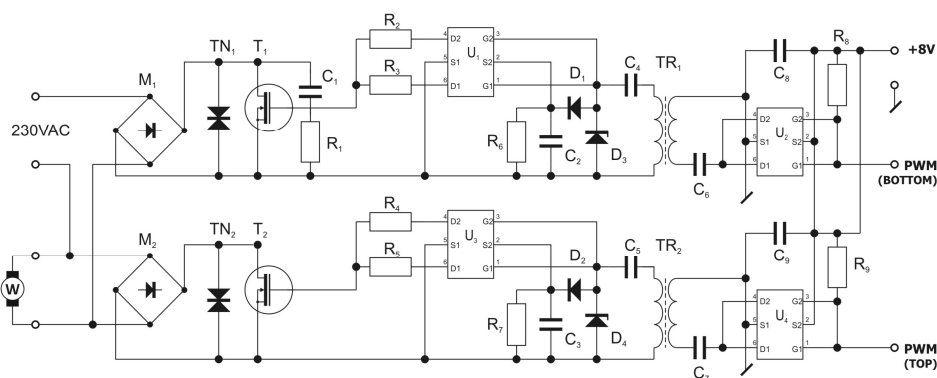
Moc obciążenia [W]	Maksymalna długość przewodów[m]				
	Przekrój [ϕ]				
	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4,0 mm ²	6,0 mm ²	10,0 mm ²
20	8,57	14,12	21,82	33,80	57,14
40	4,29	7,06	10,91	16,90	28,57
50	3,43	5,65	8,73	13,52	22,86
60	2,86	4,71	7,27	11,27	19,05
70	2,45	4,03	6,23	9,66	16,33
80	2,14	3,53	5,45	8,45	14,29
90	1,90	3,14	4,85	7,51	12,70
100	1,71	2,82	4,36	6,76	11,43
110	1,56	2,57	3,97	6,15	10,39
120	1,43	2,35	3,64	5,63	9,52
130	1,32	2,17	3,36	5,20	8,79
140	1,22	2,02	3,12	4,83	8,16
150	1,14	1,88	2,91	4,51	7,62
200	0,86	1,41	2,18	3,38	5,71
250		1,13	1,75	2,70	4,57
300			1,45	2,25	3,81



Rys. 4. Sterownik diod LED mocy na układzie scalonym VIPER06HS firmy STMicroelectronics

Sterownik LED wg rys. 4. wyposażono w symetryczny filtr sieciowy (C_1 , D_{l1} , C_2 , C_3 , R_1 , D_{l2} , C_4) EMC (podwójny typu Π) z zabezpieczeniem przeciwprzepięciowym zrealizowanym na elemencie TN_1 (TRANSIL). Dodatkowy filtr EMC (C_5 , D_{l3} , C_6) znajduje się za mostkiem Graetza (M_1) i zabezpiecza przed przenikaniem do sieci zasilającej zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych, generowanych przez sterownik. Napięcie sieciowe 230VAC po wyprostowaniu (mostek M_1) zasila układ przetwornicy impulsowej pracującej na częstotliwości $f = 117 \text{ kHz} \pm 8 \text{ kHz}$. Na wyjściu z transformatora impulsowego TR_1 uzyskuje się dwa różne napięcia U_1 i U_2 do zasilania diod LED mocy. Układ sterownika wg proponowanego rozwiązania, jest praktycznie niewrażliwy na zaburzenia elektromagnetyczne, przychodzące z sieci. W wykonaniu hybrydowym jest odporny na przeciążenia termiczne i typowe narażenia techno-klimatyczne.

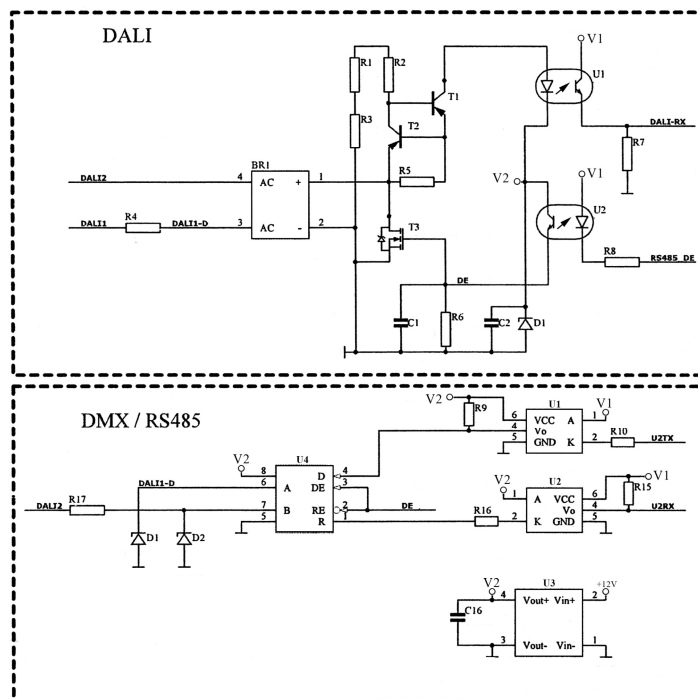
Zupełnie inny typ sterownika przedstawia rys. 5 [2, 11]. Jest to typowy uproszczony układ falownika, sterowanego PWM do zasilania i regulacji obrotów silników elektrycznych (W). Składa się on z dwóch niezależnych gałęzi układowych zrealizowanych na specjalizowanych układach scalonych typu AO6602, oddzielonych galwanicznie od napięcia sieci. Jako elementy wykonawcze mocy, pracują tranzystory polowe T_1 i T_2 oraz mostki prostownicze M_1 i M_2 . Tranzystory polowe zabezpieczone są przeciwprzepięciowo transilami TN_1 i TN_2 . Układ falownika sterowany jest PWM i pozwala na regulację obrotów, w zakresie od $10 \div 100\%$.



Rys. 5. Układ falownika dla silników elektrycznych

Do przesyłania sygnałów sterujących na większe odległości, stosowane są najczęściej magistrale i układy interfejsów, pracujących w standardach: DALI i DMX/RS485. Przykłady takich interfejsów, pokazano na rys. 6 [2, 3, 8].

Dzięki temu istnieje możliwość łączenia wielu sterowników w jeden system, który jest uniwersalny i elastyczny.



Rys. 6. Układy interfejsów DALI i DMX/RS485

3. PODSUMOWANIE

Opracowane sterowniki hybrydowe pozwalają na zasilanie różnego typu źródeł światła LED - małej i średniej mocy. Niektóre z nich mogą być stosowane w automatyce, do zasilania i sterowania zaworami, siłownikami, silnikami, zespołami napędowymi, grzałkami itd. Sterowniki wykonano technologią hybrydową, z wykorzystaniem mikroelektronicznej technologii warstw grubych i elementów technologii SMT. Uzyskano w ten sposób dobrą stabilizację parametrów termicznych, maksymalną miniaturyzację sterowników i ich wysoką niezawodność działania.

LITERATURA

- [1] Energoozczędne oświetlenie, perspektywy rozwoju w Europie i w Polsce. Międzynarodowa konferencja – 100-lecie Przemysłu Oświetleniowego w Polsce, 20 czerwca 2007, Warszawa, Poland.
- [2] Zarębski K.: Komputerowe wspomaganie prac inżynierskich. Akwizycja danych pomiarowych. Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007, ISBN 978-83-922898-4-5.

- [3] Gondek J., Kordowiak S., Ratyński K.: Cyfrowe programowalne, sterowniki hybrydowe dla diod LED. Poznań University of Technology Academic Journals ELECTRICAL ENGINEERING RING 2014, ISSN 1897-0737.
- [4] Zaremba k., Pawlak A.: Parameters of model luminare with high power LED diodes. Przegląd Elektrotechniczny, 05/2007.
- [5] Ronat O.: The Digital Addressable Lighting Interface (DALI). An Emerging Energy-Conserving Lighting Solution. International Rectifier.
- [6] Gondek J., Kordowiak S., Habdank-Wojewódzki T.: Hybrydowe sterowniki LED do opraw oświetlenia awaryjnego. XVII Conference Computer Applications in Electrical Engineering 2012, ISSN 1897-0757, Poznan University of Technology Academic Journals No 69, 2012.
- [7] Żagań W.: Podstawy techniki świetlnej, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej 2005, ISBN 83-7207-541-7.
- [8] www.enterius.pl
- [9] Oświetlenie INFO Nr 4, październik grudzień 2012.
- [10] International Rectifier – materiały firmowe, 2012.
- [11] PITE – materiały własne, 2014.

HYBRID INTEGRATED LED DRIVERS AND AUTOMATIC ELEMENTS

The paper contains the result of research work carried out in Private Institute of Electronic Engineering together with Cracow University of Technology. The works were dedicated for elaboration new hybrid integrated LED drivers and automatic elements, thick-film technology were used.