

## Sterowanie oświetleniem zewnętrznym – stateczniki elektroniczne do lamp wyładowczych

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono analizę zastosowania stateczników elektronicznych do lamp wyładowczych (lamp metalohalogenkowych). Przedstawiono główne zalety stosowania stateczników elektronicznych zasilających lampy wyładowcze, w porównaniu do stateczników tradycyjnych (magnetycznych). Przedstawiono wyniki pomiarów podstawowych parametrów świetlnych i elektrycznych lamp metalohalogenkowych zasilanych statecznikami elektronicznymi umożliwiającymi regulację mocy. Przedstawiono podstawowe informacje na temat istniejących systemów sterowania oświetleniem zewnętrznym.

**Abstract.** The article presents an analysis of the use of electronic ballasts for discharge lamps (metal halide lamps). Presents the main advantages of using electronic ballasts for HID lamps, in comparison to conventional ballasts (magnetic). Results of measurements of the basic electric parameters and lighting for metal halide lamps powered by electronic ballasts enable power control. It provides basic information about existing external lighting control systems. (**Light Management system in exterior lighting – electronic control gears for HID lamps**).

**Słowa kluczowe:** oświetlenie zewnętrzne, stateczniki elektroniczne, lampy metalohalogenkowe.

**Keywords:** electronic control gear, HID, exterior lighting, light management systems, metalhalide lamps.

### Wstęp

W obecnym czasie do głównych typów źródeł światła stosowanych w oświetleniu zewnętrznym należą lampy sodowe wysokoprężne, lampy metalohalogenkowe oraz diody elektroluminescencyjne (LED). Parametry świetlne, energetyczne oraz eksploatacyjne tych źródeł światła zależą w istotny sposób od sposobu ich zasilania. Rozwój techniczny elektronicznych układów zasilających spowodował coraz szersze ich zastosowanie. Lampy wyładowcze mogą być zasilane zarówno tradycyjnymi układami zasilającymi jak i elektronicznymi statecznikami, natomiast LED wymagają stosowania wyłącznie elektronicznych układów zasilających. W artykule pragnę przedstawić zastosowanie elektronicznych stateczników do lamp sodowych wysokoprężnych i lamp metalohalogenkowych, które umożliwiają regulację mocy tego typu źródeł światła. Przedstawione są również główne zalety stosowania elektronicznych układów zasilających lampy wyładowcze (stateczniki elektroniczne) w porównaniu do tradycyjnych układów zasilających (dławiki magnetyczne). Analiza podstawowych parametrów świetlnych i elektrycznych lamp metalohalogenkowych, zasilanych statecznikami elektronicznymi z możliwością regulacji mocy opracowana jest na podstawie pomiarów. W analizie pominięto wpływ regulacji mocy lamp metalohalogenkowych na zmianę ogólnego wskaźnika oddawania barw i temperatury barwowej wytwarzanego światła. Badane stateczniki przeznaczone są głównie do zastosowania w oświetleniu zewnętrznym, w związku z tym opisano podstawowe własności stateczników elektronicznych stosowanych w systemach sterowania oświetleniem zewnętrznym.

### Główne zalety stateczników elektronicznych stosowanych do zasilania lamp wyładowczych - dane ogólne

W wielu przypadkach stosowanie stateczników elektronicznych do lamp wyładowczych (lamp metalohalogenkowych i lamp sodowych wysokoprężnych) zapewnia wiele korzyści użytkownikom oświetlenia zewnętrznego. Do głównych zalet stosowania stateczników elektronicznych w porównaniu do tradycyjnych układów zasilających można zaliczyć:

1. mniejsze zużycie energii elektrycznej,
2. przedłużenie trwałości lampy,
3. szybszy zapłon lampy,
4. lampa wytwarza światło o stabilniejszej barwie (dotyczy lamp metalohalogenkowych),

5. lampa jest automatycznie wyłączana pod koniec trwałości,
6. dzięki zasilaniu wyższą częstotliwością (np.:165Hz) lampa wytwarza nietętniące światło,
7. parametry pracy lampy (prąd, napięcie, moc) są kontrolowane w całym okresie trwałości,
8. małe wymiary i masa (zmniejszenie masy oprawy oświetleniowej)
9. jeden układ zasilający realizujący zapłon i stabilizację pracy lampy (uproszczenie połączeń elektrycznych w oprawie),
10. cicha praca.

Główne zalety statecznika elektronicznego w porównaniu do statecznika tradycyjnego przedstawione są w tabeli 1 [1].

Tabela 1. Główne zalety statecznika elektronicznego [1]

	Konwencjonalny układ zasilający (dławik magnetyczny)	Elektroniczny układ zasilający
Zużycie energii elektrycznej	100	Od 10 do 15% oszczędności w ciągu całego okresu trwałości
Trwałość lampy	100	Do 30% zwiększona trwałość źródła w zależności od typu źródła i warunków pracy
Zapłon	W zależności od typu od 90 do 60 sekund przy osiągnięciu 90% strumienia świetlnego znamionowego	Do 50% szybciej
Stabilność barwy światła	Możliwe wahania barwy wytwarzanego światła (lampy metalohalogenkowe)	Stabilna barwa światła w całym okresie trwałości lampy
Wyłączenie lampy pod koniec trwałości	Bez możliwości lub prosty system mechaniczny	Stała kontrola parametrów lampy. Inteligentny system wyłączenia lampy pod koniec trwałości
Kontrola czasu zapłonu	Tylko z modulem kontroli czasu zapłonu	Kontrolowany czas zapłonu do 18 minut
Tętnienie światła	Dostrzegalne migotanie	Bez migotania światła dzięki pracy z częstotliwością 165 Hz
Wahania mocy	Podwyższanie mocy w czasie pracy (w całym okresie trwałości źródła), zależne od wahań temperatury i napięcia zasilania	+/- 3% w ciągu całego okresu trwałości lampy bez względu na zmiany temperatury i napięcia zasilania
Obsługa	3 elementy, skomplikowany układ połączeń	Jedna jednostka zasilająca, prosty układ połączeń
Wymiary i waga	Ciężki, kilka elementów, duże gabaryty	Lekki i kompaktowy
Współczynnik mocy	0,5-0,95 duże zmiany zależne od procesu starzenia się lampy i układu zasilającego	>0,95
Hałas	Możliwe słyszalne wyraźne brzęczenie	W większości niesłyszalny
Dwukierunkowa wymiana danych	Niemożliwe	Generalnie możliwe

## Główne zalety stateczników elektronicznych - dane szczegółowe

Stosowanie stateczników elektronicznych do lamp wyładowczych umożliwia ograniczenie zużycia energii elektrycznej. Stateczniki elektroniczne umożliwiają automatyczne sterowanie i redukcję mocy źródeł światła. Nowoczesne systemy sterowania oświetleniem stosowane są już dość często w praktyce i dają wymierne korzyści ekonomiczne [2].

### Ograniczenie zużycia energii elektrycznej

W porównaniu z konwencjonalnymi układami zasilającymi, elektroniczne układy zasilające mogą wydatnie obniżyć zużycie energii elektrycznej w ciągu całego okresu trwałości źródła światła. Ograniczenie zużycia energii elektrycznej wynika z dwóch powodów:

- straty mocy w dławiku magnetycznym,
- zwiększenie mocy układu w czasie eksploatacji lampy.

W konwencjonalnych układach zasilających duża część energii jest tracona na ciepło, co wynika z budowy dławika magnetycznego, w odróżnieniu od elektronicznego statecznika, który jest zbudowany z elementów zmniejszających straty do mniej niż 10% mocy znamionowej lampy.

Moc układu w przypadku zasilania lampy przez dławik tradycyjny ulega zwiększeniu w czasie (w procesie zużywania się lampy). Zwiększenie wartości napięcia na lampie jest rezultatem jej zużywania się, napięcie na lampie może wzrosnąć nawet o 30% w stosunku do wartości początkowej. To zjawisko jest przyczyną zwiększania mocy układu w czasie, ponieważ tradycyjny układ nie kontroluje parametrów zasilania lampy. W przypadku zasilania źródeł statecznikiem elektronicznym moc układu jest stała w czasie całego okresu trwałości lampy, ponieważ statecznik kontroluje wartość prądu i napięcia na lampie. Maksymalne dopuszczalne wahania mocy to +/- 3%. Na przykład całkowita moc lampy metalohalogenkowej o mocy 70 W zasilanej przez statecznik elektroniczny wynosi 73 W i jest stała w czasie całego okresu trwałości lampy.

### Średnia trwałość i kontrola wyłączenia lampy pod koniec jej trwałości

Elektroniczne układy zasilające dają wiele korzyści w dziedzinie zwiększenia średniej trwałości lamp, odpowiednią, stabilną pracą lamp i ich wyłączenie pod koniec trwałości.

Obszerne badania laboratoryjne i doświadczenie praktyczne pokazują, że elektroniczne układy zasilające mają pozytywny wpływ na średnią trwałość lampy. Precyzyjny a zarazem delikatny zapłon lampy, większa stabilność termiczna, stała moc układu (stała moc lampy), gwarantują zwiększoną trwałość lamp metalohalogenkowych nawet do 30%.

Ograniczony czas zapłonu gwarantuje, że zużyte lampy, gdzie stabilne poprawne działanie nie jest już dłużej możliwe są odłączane. W ten sposób unikamy migotania światła, takie rozwiązanie zapobiega również obciążaniu przewodów i układu zasilającego. Statecznik elektroniczny zapewnia stałą kontrolę parametrów takich jak napięcie źródła lub prąd źródła poprzez zintegrowany mikrokontroler i korygowanie tych parametrów do zadanych znamionowych wartości, jak również możliwe jest wyłączenie źródła światła zanim osiągniemy krytyczne warunki jego pracy (zwiększona moc, wyższa wartość napięcia na lampie lub pojawienie się efektu prostownikowego).

### Jakość światła, temperatura barwowa, zapłon

Lampy metalohalogenkowe zasilane statecznikami elektronicznymi utrzymują relatywnie stabilniejszą wartość strumienia świetlnego od zapłonu aż do końca eksploatacji

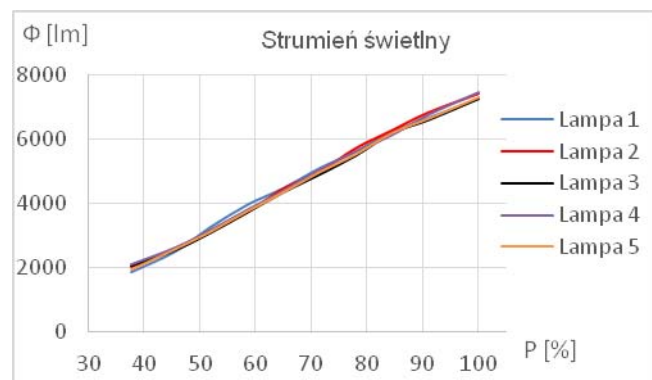
źródła w porównaniu do lamp zasilanych dławikiem magnetycznym. W wyniku utrzymania stałej mocy źródła realizowana jest kompensacja zmian jakości światła co może być spowodowane np. zużywaniem się lampy w czasie. Rezultat jest jeszcze bardziej widoczny w przypadku utrzymania jednolitej temperatury barwowej światła.

Wahania napięcia zasilającego statecznik elektroniczny nie mają wpływu na moc lampy (parametry jej zasilania) a stała moc źródła światła oznacza, że zmiany napięcia zasilającego nie mają wpływu na jakość wytwarzanego światła. Na przykład wiele stateczników elektronicznych (np.: POWERTRONIC® firmy OSRAM) zasilają lampę napięciem prostokątnym, kształt napięcia zasilającego ma duży wpływ na proces stygnięcia elektrod (krótszy czas przejścia przez zero niż w przypadku napięcia sinusoidalnego powoduje, że elektroda krócej stygnie) [3]. Rezultatem wolniejszego schładzania się elektrod jest redukcja emisji materiału elektrod, co w konsekwencji przedłuża trwałość i ogranicza przyciemnianie bańki jarznika lampy. Inny sposób zasilania lampy wpływa również na efektywniejsze wykorzystanie wyładowania, przy nieznacznie wyższej temperaturze plazma osiąga od 3% do 5% wyższą skuteczność świetlną, co ma pozytywny wpływ na strumień świetlny.

Statecznik elektroniczny powoduje szybszy zapłon lampy w stosunku do zasilania konwencjonalnego. W przypadku zasilania lampy metalohalogenkowej o mocy 70W (statecznik POWERTRONIC® [3]) osiąga ona 90% maksymalnego strumienia świetlnego po około 40 sekundach od włączenia. Taki sam poziom strumienia świetlnego w przypadku zasilania przez konwencjonalny układ zasilający jest osiągany po 65-70 sekundach. Krótszy czas zapłonu lampy o około 40% spowodowany jest przez większy prąd zapłonu, statecznik elektroniczny dostarcza zdecydowanie większą moc do lampy, w pierwszej fazie jej zapłonu, co wpływa na szybsze jej zaświecenie.

### Przykładowe pomiary podstawowych wielkości świetlnych i elektrycznych lamp metalohalogenkowych sterowanych statecznikami elektronicznymi

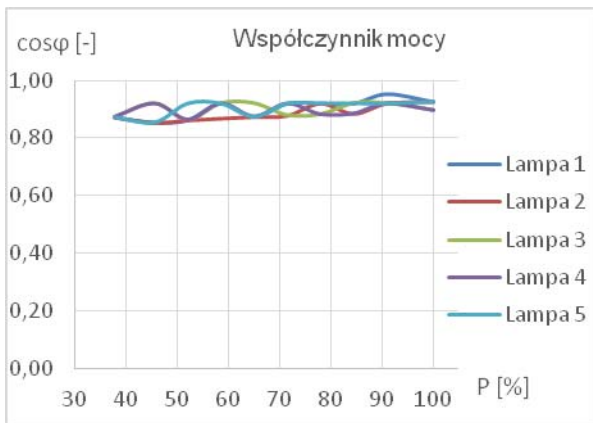
Analizie poddano 8 lamp metalohalogenkowych, sterowanych dwoma typami stateczników elektronicznych. Wykonano pomiary podstawowych parametrów świetlnych (strumień świetlny) i elektrycznych (moc) oraz obliczono wartość skuteczności świetlnej i współczynnika mocy. Do pomiarów użyto stateczników elektronicznych (z możliwością regulacji mocy) o mocy 70 W i 150 W. Pomiary wykonano dla 5 lamp metalohalogenkowych o mocy 70 W i 3 lamp o mocy 150 W wykonanych w technologii ceramicznej [4]. Wyniki pomiarów podstawowych wielkości świetlnych i elektrycznych oraz obliczenia współczynnika mocy i skuteczności świetlnej układu lampy – statecznik w funkcji zmian mocy przedstawione są na rysunkach od 1 do 6.



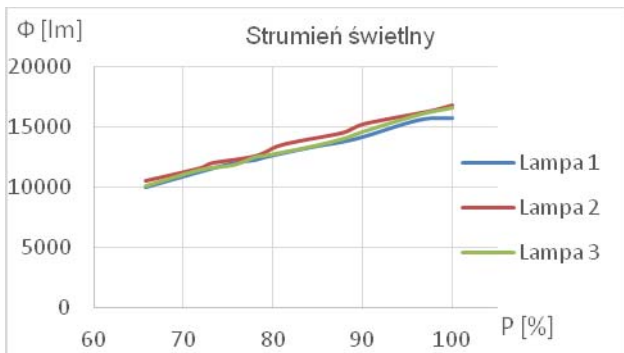
Rys. 1. Wpływ zmian mocy na wartość strumienia świetlnego wytwarzanego przez lampy metalohalogenkowe o mocy 70 W



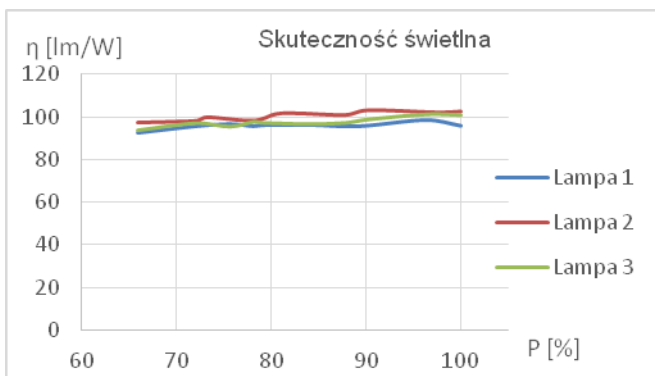
Rys . 2. Wpływ zmian mocy na wartość skuteczności świetlnej układu o mocy 70 W



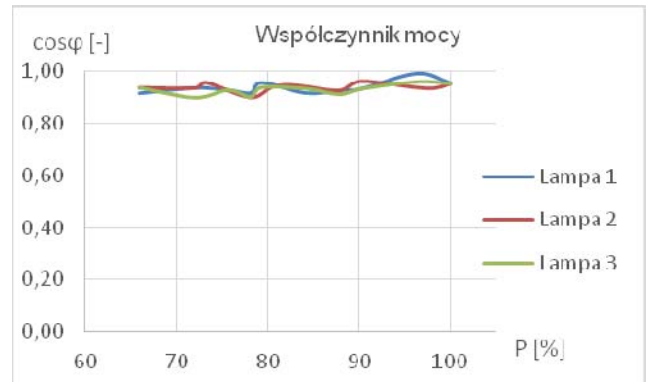
Rys . 3. Wpływ zmian mocy na wartość współczynnika mocy układu o mocy 70 W



Rys . 4. Wpływ zmian mocy na wartość strumienia świetlnego wytwarzanego przez lampy metalohalogenkowe o mocy 150 W



Rys . 5. Wpływ zmian mocy na wartość skuteczności świetlnej układu o mocy 150 W



Rys . 6. Wpływ zmian mocy na wartość współczynnika mocy układu o mocy 150 W

Względnie liniowa charakterystyka regulacji (wpływ zmian mocy na wartość strumienia świetlnego wytwarzanego przez lampy metalohalogenkowe) wskazuje na uzyskanie stałej wartości skuteczności świetlnej układu w badanym zakresie regulacji. Uzyskanie relatywnie małych zmian wartości skuteczności świetlnej w funkcji regulacji mocy zapewnia utrzymanie stałej wartości efektywności energetycznej systemu. Z uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń wynika, że statecznik do lamp o mocy 150 W zapewnia wyższą stabilność skuteczności świetlnej podczas regulacji mocy niż statecznik do lamp o mocy 70 W. W obydwu przypadkach stateczniki utrzymywały względnie stałą wartość współczynnika mocy w badanym zakresie regulacji mocy.

### Zastosowanie stateczników elektronicznych do lamp wyładowczych w systemach sterowania oświetleniem zewnętrznym

Stosowanie stateczników elektronicznych umożliwia realizację sterowania oświetleniem zewnętrznym. Przykład stateczników elektronicznych, które umożliwiają wielofunkcyjne sterowanie strumieniem świetlnym lamp metalohalogenkowych i lamp sodowych wysokoprężnych przedstawiony jest na przykładzie elektronicznych stateczników POWERTRONIC 3DIM firmy OSRAM. Stateczniki POWERTRONIC 3DIM przystosowane są do zasilania i sterowania lampami metalohalogenkowymi i sodowymi wysokoprężnymi o mocach: 35 W, 50 W, 70 W, 100 W, 150 W, 250 W [4,5]. Przykład budowy statecznika POWERTRONIC przedstawiony jest na rysunku numer 7.



Rys. 7. Przykład konstrukcji statecznika POWERTRONIC 3DIM [2]

Stateczniki POWERTRONIC 3DIM charakteryzują się następującymi własnościami:

- wyposażone w szczelną plastikową obudowę do montażu w oprawie oświetleniowej,
- możliwość trzystopniowej regulacji strumienia świetlnego (3DIM),

- trwałość  $\geq 60\ 000$  h przy maks. temp. w punkcie  $t_c$  (wskaźnik awaryjności  $< 8\%$ ),
- zwiększone zabezpieczenie przepięciowe (do 4 kV),
- zabezpieczenie przeciw odgromowe do 10 kV,
- odporność na drgania zgodnie z EN/IEC 60598-1 pkt. 4.20),
- są przystosowane do zasilania lamp o standardowych mocach i mają znormalizowany system zasilania lamp,
- konstrukcja umożliwia zastosowanie w oprawach oświetleniowych o klasach ochronności I i II.

Stateczniki te przystosowane są do trzech systemów sterowania oświetleniem (3DIM): DALI, StepDim oraz AstroDim.

System sterowania DALI charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- sygnał sterujący DALI dociera do oprawy różnymi drogami (np. linią zasilającą (PLC), falami radiowymi, sygnałem GSM...),
- statecznik PTo 3DIM jest sterowany sygnałem DALI<sup>®</sup>, który jest znormalizowany,

system sterowania DALI<sup>®</sup> umożliwia otrzymywanie informacji zwrotnych o stanie systemu np.: stanie pracy lampy lub statecznika (informacja o awariach), czasu pracy statecznika i źródła umożliwiającą optymalizację systemu konserwacji oświetlenia.

System sterowania StepDim charakteryzuje się następującymi własnościami:

- system ten zastępuje tradycyjne dławiki magnetyczne z odczepem służącym do skokowej zmiany mocy lampy (strumienia świetlnego),
- możliwe jest wykorzystanie istniejącej instalacji elektrycznej i sterującej,
- przewód sterujący „control phase” realizujący opcję zmiany mocy lampy podłączany jest bezpośrednio do statecznika,
- konfiguracja sterowania może być zmieniana za pomocą programu.

System sterowania AstroDim charakteryzuje się następującymi własnościami:

- regulacja nie wymaga dodatkowych elementów sterujących ani dodatkowej instalacji sterującej,
- automatyczna kontrola regulacji mocy bazująca na aktywnym rocznym cyklu włączeń i regulacji mocy oświetlenia zapisanym w wewnętrznym zegarze,

- mikrokontroler kontroluje cyklem redukcji mocy zapisanym za pomocą parametrów wprowadzanych domyślnie lub wprowadzanych indywidualnie,
- możliwe jest realizacja kilku kroków redukcji mocy (stanów pracy),
- parametry statecznika mogą być zmieniane indywidualnie za pomocą programu.

### Wnioski

Stosowanie elektronicznych układów zasilających umożliwia sterowanie oświetleniem zewnętrznym. Wykorzystanie różnorodnych systemów sterowania znacznie rozszerza możliwość stosowania tych układów. W obecnym czasie źródło światła i elektroniczny układ zasilający tworzą spójny element oprawy oświetleniowej. Oprócz możliwości sterowania oświetleniem, użytkownicy uzyskują długotrwały, energooszczędny i możliwie tani w eksploatacji system oświetleniowy. W przypadku stosowania lamp metalohalogenkowych w układach ze sterowaniem mocy należy liczyć się ze zmianą ogólnego wskaźnika oddawania barw i temperatury barwowej wytwarzanego światła. Z tego względu należy zwracać uwagę na dozwolony zakres regulacji mocy lamp metalohalogenkowych, zwykle zakres ten podawany jest przez producentów stateczników. Rozwój konstrukcji elektronicznych układów zasilających źródła światła jest w obecnym czasie stałym elementem rozwoju techniki świetlnej.

**Autor:** dr inż. Andrzej Wiśniewski, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: [Andrzej.Wisniewski@jen.pw.edu.pl](mailto:Andrzej.Wisniewski@jen.pw.edu.pl)

### LITERATURA

- [1] Materiały techniczne firmy OSRAM, POWERTRONIC Technical Guide. Electronic Power Supplies for HID lamps.
- [2] Zajkowski M., Program SOWA modernizacji oświetlenia drogowego w gminie *Przegląd Elektrotechniczny* 91 (2015), n.7, 85-88
- [3] High Intensity Discharge Lamps – Technical information on reducing the wattage, materiały techniczne firmy OSRAM, 2015
- [4] Wiśniewski A., Źródła światła, *COSIW monografie naukowo techniczne*, Warszawa 2013 r.
- [5] Katalog firmy OSRAM – program produkcji 2015