

Filip PRZEKWAS, Grzegorz WICZYŃSKI\*

## WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA Z DIODAMI LED I ICH WPŁYW NA SIEĆ

Źródła światła z diodami LED to odbiorniki energii elektrycznej małej mocy. Ich popularność w przeciągu kilku ostatnich lat znacznie wzrosła i wypierają one tradycyjne żarówki. Powszechność stosowania takich źródeł światła skłania do badania, oprócz właściwości optycznych, oddziaływania na sieć zasilającą. W referacie zamieszczono wyniki badań oddziaływania wybranych źródeł światła LED na sieć nn poprzez pomiar napięcia i prądu zasilającego oraz analizę tych sygnałów.

SŁOWA KLUCZOWE: diody LED, źródła światła.

### 1. WPROWADZENIE

Źródła światła z diodami elektroluminescencyjnych LED to zazwyczaj odbiorniki energii elektrycznej małej mocy. Najczęściej występują w obudowach z trzonkiem E27 lub R14, przypominających wyglądem zewnętrznym żarówki z włóknem wolframowym. Ułatwia to zastępowanie źródeł żarowych lampami LED. Jednak prowadzi to często do nieuzasadnionego nazywania takich źródeł światła „żarówkami LED”. Światło w źródłach LED emitowane jest przez matrycę diod LED składającą się z oddzielnych elementów zabudowanych na PCB lub struktur półprzewodnikowych umieszczonych w jednej obudowie. Diody LED są przetwornikami prądu na promieniowanie optyczne. Jeżeli takie źródła LED przeznaczone są do zasilania z sieci nn, to niezbędne jest stosowanie zasilacza (umieszczonego w obudowie źródła). O oddziaływaniu źródeł światła z diodami LED na sieć nn decydują właściwości zasilacza.

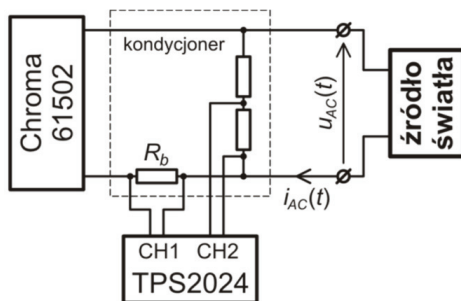
W referacie przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań oddziaływania wybranych źródeł światła LED na sieć nn. Badania polegały na pomiarze i rejestracji przebiegów czasowych napięcia i prądu zasilającego, analizie kształtu przebiegów czasowych, wyznaczeniu wartości mocy i współczynnika odkształcenia prądu. W trakcie badań źródła LED umieszczono w komorze o zadawanej temperaturze. Umożliwiło to określenie wpływu temperatury otoczenia na pracę źródeł LED.

---

\* Politechnika Poznańska

## 2. PRZEBIEGI CZASOWE PRĄDU $i_{AC}(t)$ I NAPIĘCIA $U_{AC}$ ZASILAJĄCEGO ŹRÓDŁO ŚWIATŁA

Pomiary przebiegu prądu wejściowego  $i_{AC}(t)$  wybranych źródeł światła przeprowadzono w układzie pomiarowym o schemacie przedstawionym na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego

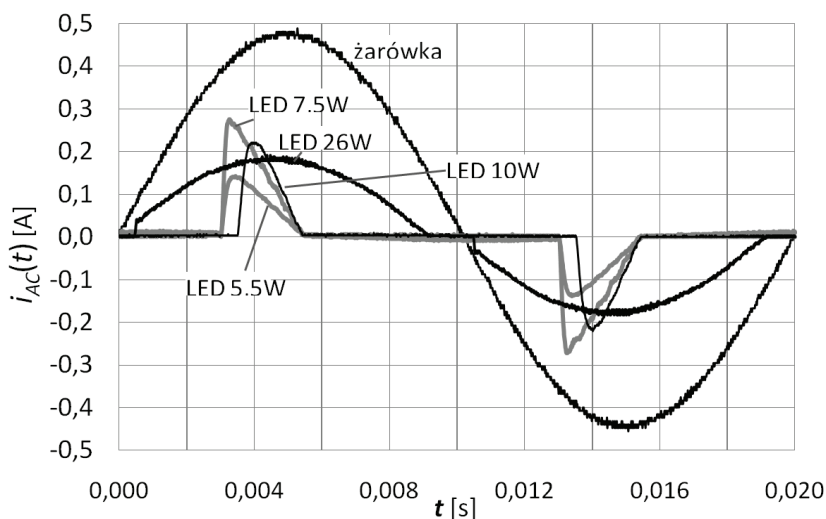
Do generacji napięcia zasilającego  $u_{AC}(t)$  źródło światła wykorzystano Chroma 61502 [1]. W badaniach zastosowano napięcie o częstotliwości  $f_c = 50$  Hz i trzy wartości skuteczne  $U_{AC} \approx 215, 235$  i  $260$  V. Napięcie  $u_{AC}(t)$  i prąd  $i_{AC}(t)$  poddano przeskalowaniu w wykonanym układzie kondycjonera (na schemacie z rys. 1 pominięto część aktywną kondycjonera). Przebiegi prądu  $i_n(t)$  i napięcia  $u_n(t)$  zarejestrowano oscyloskopem TPS 2024 prod. Tektronix [2]. Jest to oscyloskop z czterema kanałami izolowanymi galwanicznie i przetwornikiem A/C o rozdzielczości 8-bitów. Niska rozdzielczość przetwornika wpłynęła na jakość przebiegów czasowych obrazujących wyniki pomiarów. W referacie zamieszczono wyniki badań pięciu handlowo dostępnych źródeł światła z trzonkiem E27:

- żarówki wolframowej o mocy znamionowej 70 W,
- lampy LED o mocy znamionowej 5,5 W,
- lampy LED o mocy znamionowej 7,5 W,
- lampy LED o mocy znamionowej 10 W,
- lampy LED o mocy znamionowej 26 W.

W trakcie badań rejestrowano 2000 próbek napięcia  $u_{AC}(t)$  i prądu  $i_{AC}(t)$  odpowiadających jednemu okresowi napięcia  $T_c = 20$  ms. Zarejestrowane przebiegi czasowe prądu  $i_{AC}(t)$  dla napięcia  $U_{AC} \approx 235$  V przedstawiono na rys. 2.

Porównując przebiegi czasowe  $i_{AC}(t)$  z rys. 2 widoczna jest różnica kształtów dla każdego z źródeł światła. Przebieg czasowy prądu żarówki jest zbliżony kształtem do sinusoidy. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku lamp LED. Prądy  $i_{AC}(t)$  lamp o mocach znamionowych 5,5, 7,5 i 10 W są wyraźnie odkształcone. Najbardziej zbliżony kształt do sinusoidy z badanych lamp LED jest prąd  $i_{AC}(t)$  lampy o mocy znamionowej 26 W. Duże odkształcenie prądu informuje, że lampy LED mogą być silnym źródłem zakłóceń w sieciach elektroenergetycznych  $nn$ ,

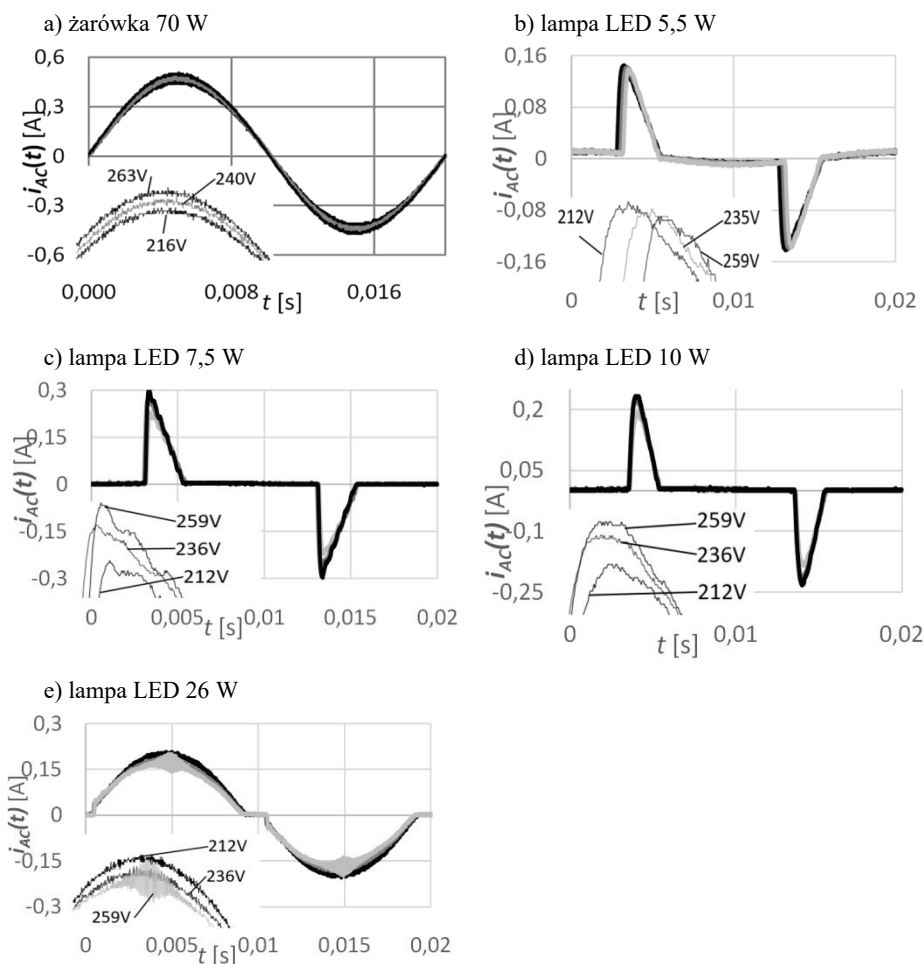
związanych z występowaniem wyższych harmonicznych prądu wywołujących odkształcenie napięcia. O ile oddziaływanie pojedynczej lampy nie powinno być przyczyną znaczącego odkształcenia napięcia, o tyle oddziaływanie grupowe może prowadzić do znaczącego odkształcenia napięcia.



Rys. 2. Przebiegi czasowe prądu  $i_{AC}(t)$  badanych źródeł światła dla  $U_{AC} \approx 235$  V

Po przeanalizowaniu przebiegów wartości chwilowych prądu dla wszystkich źródeł postanowiono sprawdzić, jak zmiana napięcia wpływa na poszczególne źródła. Na rys. 3 przedstawiono przebiegi prądu wejściowego dla każdego ze źródeł dla trzech różnych wartości skutecznych napięcia zasilającego  $U_{AC} \approx 215$ , 235 i 260 V. Przyjęte wartości  $U_{AC}$  to wartość znamionowa i wartości graniczne napięcia w sieci elektroenergetycznej  $nn$  [3].

Na rysunku 3 można zaobserwować różny wpływ wartości napięcia  $U_{AC}$  na wartość maksymalną prądu  $i_{AC}(t)$ . Zgodnie z przewidywaniami, zwiększenie wartości  $U_{AC}$  skutkuje wzrostem wartości maksymalnej prądu  $i_{AC}(t)$  żarówki. Taką samą relację stwierdzono dla lamp LED o mocach znamionowych 7,5 W i 10 W. Z kolei dla lamp LED o mocach znamionowych 5,5 W i 26 W określono relację odwrotną, czyli wzrost wartości  $U_{AC}$  skutkuje zmniejszeniem wartości maksymalnej prądu  $i_{AC}(t)$ . Z tej relacji można przyjąć, że lampy LED 5,5 W i 26 W mają wbudowane impulsowe źródło prądowe zasilające diody LED, a lampy o mocach znamionowych 7,5 W i 10 W nie posiadają takiego źródła. Na uwagę zasługuje kształt prądu  $i_{AC}(t)$  lampy LED 26 W (rys. 3e) w okolicach ekstremów. Wskazuje on na występowanie oscylacji wysokoczęstotliwościowych, przy czym oscylacje te narastają ze wzrostem napięcia zasilającego  $U_{AC}$ , dobrze widoczne jest to na zbliżeniu. Przy napięciu zasilającym o wartości ok. 235 V widoczne jest, że oscylacje rozpoczynają się w 0,04 s, a kończą w 0,06 s.



Rys. 3. Zestawienie przebiegów czasowych prądu  $i_{AC}(t)$  badanych źródeł światła dla  $U_{AC} \approx 215, 235$  i  $260$  V

### 3. PARAMETRY ELEKTRYCZNE BADANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Na podstawie zarejestrowanych wartości prądu  $i_{AC}(t)$  i napięcia  $u_{AC}(t)$  wyliczono wartości skuteczne prądu  $I_{AC}$  i napięcia  $U_{AC}$  oraz moce: czynną  $P$ , bierną  $Q$ , odkształcenia  $D$  i pozorną  $S$ . Wymienione wielkości obliczono zgodnie z zależnościami definicyjnymi dla sygnałów dyskretnych, przy czym moc bierną  $Q$  i odkształcenia  $D$  zgodnie z modelem Budeanu [4]. Ponadto obliczono współczynniki odkształcenia prądu  $THD_I$  i mocy  $\cos \varphi$ . Wyliczona została też moc deformacji, ale jej wartość była pomijalnie mała dla każdego ze źródeł. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Obliczone parametry elektryczne badanych źródeł światła dla wybranych wartości napięcia zasilającego.

Źródło światła	$U_{AC}$ [V]	$I_{AC}$ [mA]	THDI [%]	$P$ [W]	$Q$ [var]	$S$ [VA]	$D$ [var]	$\cos \varphi$ [-]
Żarówka	216	306	0,9	69	0,03	65,8	0,5	0,99
	240	325	0,9	78	-0,3	78,1	0,7	0,99
	263	342	1	90	-0,1	89,8	0,9	0,99
LED 5,5 W	212	48,1	107	5,9	-3,5	10,2	7,5	0,59
	235	45,1	112	6,1	-3,6	10,6	7,9	0,57
	259	42,1	123	5,8	-3,7	10,9	8,5	0,53
LED 7,5 W	212	54,5	153	6,2	-1,2	11,5	9,7	0,54
	236	64,5	151	8,2	-1,8	15,2	12,7	0,54
	259	66,4	157	9,0	-1,9	17,2	14,5	0,53
LED 10 W	212	67,5	136	8,1	-2,6	14,3	11,5	0,56
	236	82,4	132	110	-3,9	19,4	15,5	0,57
	259	83,6	141	11,8	-4,1	21,7	17,7	0,55
LED 26 W	212	136	10	28,6	-3,2	28,9	2,8	0,98
	236	123	10	28,6	-3,9	29,0	2,9	0,99
	259	116	10	29,6	-4,7	30,1	3,2	0,98

Dane z tabeli 1 potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia, że dla lamp LED o mocy znamionowej 5,5 i 26 W wartość prądu maleje wraz ze wzrostem wartości  $U_{AC}$ , a moc czynna  $P$  pozostaje stała (dla rzeczywistych źródeł światła w przybliżeniu stała). Natomiast dla żarówki i pozostałych lamp LED, tj. o mocy znamionowej 7,5 i 10 W, wraz ze wzrostem napięcia zasilającego rośnie prąd  $I_{AC}$  i moc czynna  $P$ . Z wartości wyliczonych mocy  $P$ ,  $Q$  i  $S$  oraz współczynnika mocy  $PF$  stwierdzono, że źródła LED pobierają znaczną ilość mocy biernej w porównaniu do tradycyjnej żarówki. Dla lampy LED 5,5 W stosunek pobranej mocy biernej do czynnej to ponad 50%. Wartość  $\cos \varphi$  dla tego źródła wynosiła też zaledwie ok. 0,5, co oznacza, że znaczna część pobranej energii pobranej jest nieużyteczna. Dla źródeł LED o mocy 7,5 i 10 W wartość  $\cos \varphi$  również była bliska 0,5. Współczynnik  $\cos \varphi$  dla lampy LED o mocy znamionowej 26 W miał wartość zbliżoną do 1, podobnie jak żarówka. Zaobserwowano również, że lampa LED o mocy 26 W pobiera taką samą ilość mocy biernej jak lampa LED o mocy 10 W. Wartość współczynnika THD przekraczająca 100% dla lamp LED o mocach znamionowych 5,5-

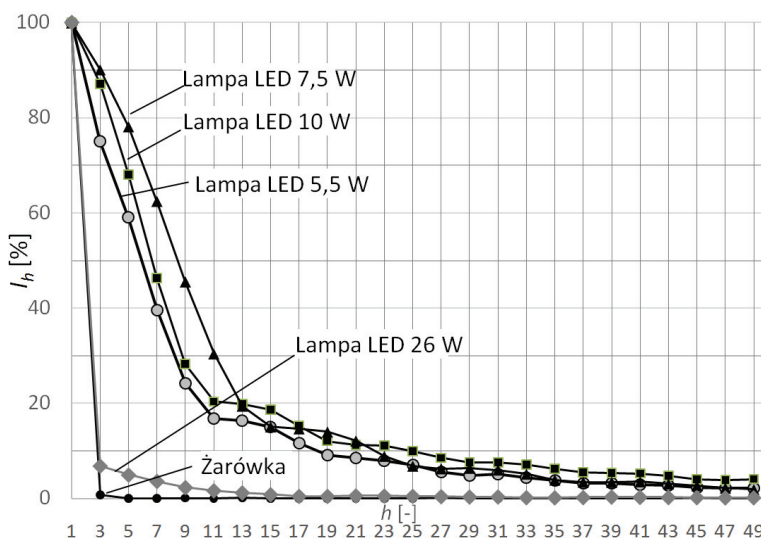
10 W potwierdza, że przebiegi czasowe prądu  $i_{AC}(t)$  tych lamp są silnie odkształcone. Mniejsze odkształcenie występuje w przypadku lampy o mocy 26 W, dla której wartość THD wynosi ok. 10%. Dla żarówki wartość wsp. THD jest bliska zeru.

Tak wysoka wartość współczynnika THD dla zbadanych źródeł LED-owych może sugerować występowanie u nich wyższych harmonicznych. By to sprawdzić, zbadano widma amplitudowe prądów wejściowych dla tych zbadanych źródeł.

#### 4. WIDMA AMPLITUDOWE PRĄDÓW ZASILANIA $i_{AC}(t)$ BADANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

W celu wyznaczenia widma amplitudowego prądu zasilania  $i_{AC}(t)$  obliczono wartości poszczególnych harmonicznych  $I_h$  zgodnie z algorytmem DFT na podstawie zbioru 2000 próbek [5]. Widma amplitudowe  $I_h = f(h)$  badanych źródeł światła zamieszczono na rys. 4. Na tych charakterystykach, dla lepszej czytelności, pokazano tylko nieparzyste harmoniczne (parzyste harmoniczne są pomijalnie małe).

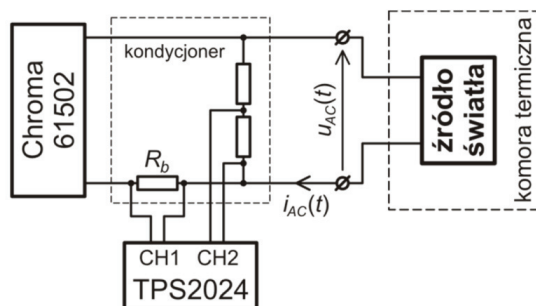
Wykres z rys. 4 potwierdza wnioski z obserwacji przebiegów czasowych prądów  $i_{AC}(t)$ . Najprostszym widmem charakteryzuje się prąd zasilania żarówki. Nieco bardziej rozbudowane widmo opisuje prąd lampy LED 26 W. Za to widma prądów pozostałych lamp LED, tj. 5,5, 7,5 i 10 W są rozbudowane na tyle, że ograniczenie zamieszczonej charakterystyki do harmonicznej rzędu  $h = 50$  uniemożliwia przedstawienie pełnego widma.



Rys. 4. Widma amplitudowe prądu  $I_h = f(h)$  badanych źródeł światła dla  $U_{AC} \approx 235$  V

## 5. WPLYW TEMPERATURY OTOCZENIA NA PARAMETRY ELEKTRYCZNE BADANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

W rozdziałach 2–4 przedstawiono wyniki badań wybranych źródeł światła wykonanych w laboratorium o niestabilizowanej temperaturze. W celu określenia wpływu temperatury otoczenia na parametry elektryczne badanych źródeł światła powtórzono uprzednio przedstawione badania z tym, że źródła światła umieszczono w komorze termicznej o zadawanej temperaturze. Schemat stanowiska pomiarowego z komorą pokazano na rys. 5.

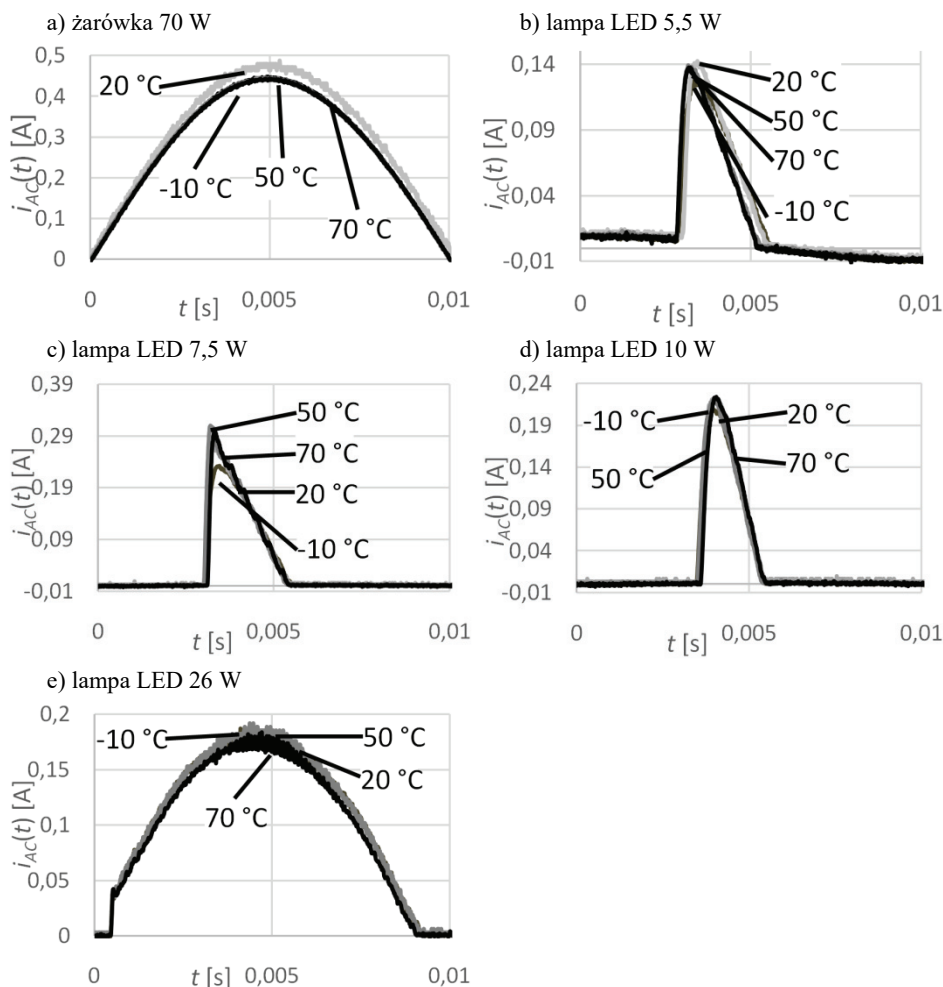


Rys. 5. Schemat stanowiska do badania wpływu temperatury otoczenia na parametry elektryczne źródeł światła

Podobnie jak w pierwszym stanowisku (rys. 1) do generacji napięcia zasilającego  $u_{AC}(t)$  wykorzystano Chroma 61502 [1], a napięcie  $u_{AC}(t)$  i prąd  $i_{AC}(t)$  poddano przeskalowaniu w układzie kondycjonera. Źródła światła zasilano napięciem o wartości skutecznej  $U_{AC} \approx 235$  V i częstotliwości  $f_c = 50$  Hz. Przebiegi prądu  $i_n(t)$  i napięcia  $u_n(t)$  zarejestrowano oscyloskopem wirtualnym PicoScope 5444d [6] (z 14-bitowym przetwarzaniem analogowo-cyfrowym) połączonym z komputerem. Rejestrowano 2000 próbek odtwarzających jeden okres napięcia  $u_n(t)$  i prądu  $i_n(t)$ . Ze względu na brak separacji galwanicznej niezbędne było zachowanie szczególnej ostrożności podczas wykonywania pomiarów. Zasadniczą modyfikacją stanowiska pomiarowego (względem konfiguracji z rys. 1) było umieszczenie badanego źródła światła w komorze termicznej ILW 53 [7]. Pomiarów i rejestracji napięcia  $u_{AC}(t)$  i prądu  $i_{AC}(t)$  dokonywano dla trzech wartości temperatury wewnątrz komory:  $-10$ ,  $50$  i  $70^\circ\text{C}$ . Przed rozpoczęciem pomiarów źródła światła umieszczano w komorze celem ich nagrzania/schłodzenia. Dane zgromadzone dla  $U_{AC} \approx 235$  V w układzie na rys. 1 wykorzystano jako wyniki pomiarów dla temperatury  $\vartheta = 20^\circ\text{C}$ . W badaniach użyto uprzednio wymienione pięć źródeł światła (rys. 6).

Analizując przebiegi czasowe z rys. 6 można zauważyć wpływ temperatury  $\vartheta$  na kształt przebiegów czasowych  $i_{AC}(t)$  dla lamp LED o mocach znamionowych 7,5

i 5,5 W. Dla tych lamp uwidacznia się on w zmianie kształtu w okolicach ekstremów przebiegów czasowych  $i_{AC}(t)$ . Dla pozostałych źródeł światła wpływ temperatury  $\vartheta$  na kształt prądu  $i_{AC}(t)$  nie jest zauważalny. Analiza wzorkowa oscylogramu ma charakter zgrubny. Dlatego niezbędne jest wyliczenie parametrów elektrycznych badanych źródeł światła i skorelowanie z wartościami temperatury  $\vartheta$ .



Rys. 6. Zestawienie przebiegów czasowych prądu  $i_{AC}(t)$  badanych źródeł światła dla  $U_{AC} \approx 235$  V i wybranych temperatur  $\vartheta$



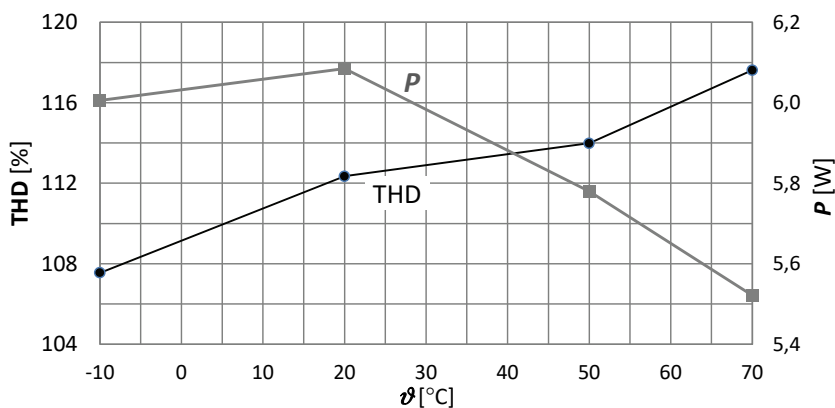
## 6. PARAMETRY ELEKTRYCZNE BADANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA DLA ZADANYCH TEMPERATUR OTOCZENIA

Na podstawie zarejestrowanych próbek prądu  $i_{AC}(t)$  i napięcia  $u_{AC}(t)$  źródeł światła umieszczonych w komorze termicznej wyliczono wartości skuteczne prądu  $I_{AC}$  i napięcia  $U_{AC}$ , moce: czynną  $P$ , bierną  $Q$  i pozorną  $S$  oraz współczynniki odkształcenia prądu THD i mocy PF. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Obliczone parametry elektryczne badanych źródeł światła dla wybranych wartości temperatury  $\vartheta$  i  $U_{AC} \approx 231$  V.

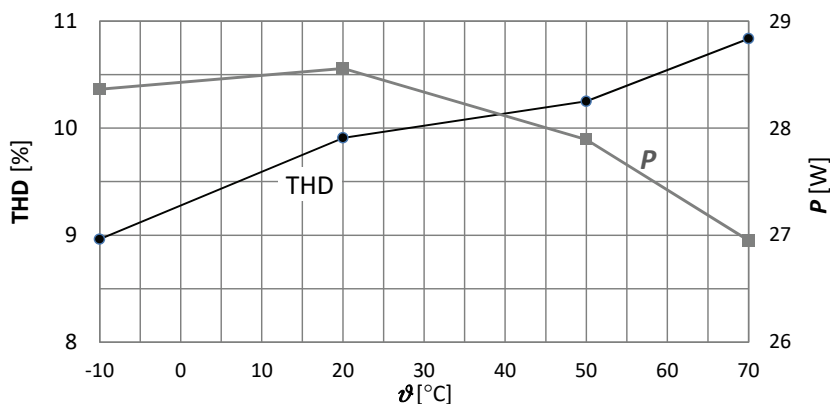
Źródło światła	$\vartheta$ [°C]	$U_{AC}$ [V]	$I_{AC}$ [mA]	THDI [%]	$P$ [W]	$Q$ [var]	$S$ [VA]	$D$ [var]	$\cos \varphi$ [-]
Żarówka	-10	231	314	0,8	73	-0,1	73	0,6	0,99
	20	240	325	0,8	78	-0,3	78	0,7	0,99
	50	231	312	0,7	72	-0,1	72	0,5	0,99
	70	231	312	0,7	72	-0,1	72	0,5	0,99
LED 5,5 W	-10	231	44,6	107	6,0	-3,6	10,3	7,6	0,58
	20	235	45,1	112	6,1	-3,6	10,6	7,9	0,57
	50	232	44,0	114	5,8	-3,4	10,2	7,7	0,57
	70	231	43,1	118	5,5	-3,3	10,0	7,6	0,55
LED 7,5 W	-10	231	62,3	149	7,8	-1,8	14,4	12,0	0,54
	20	236	64,5	151	8,2	-1,8	15,2	12,7	0,54
	50	231	63,4	153	7,8	-1,8	14,7	12,3	0,53
	70	231	63,7	155	7,8	-1,7	14,7	12,4	0,53
LED 10 W	-10	231	75,8	127	10,3	-3,4	17,5	13,8	0,59
	20	236	82,4	132	11,0	-3,9	19,4	15,5	0,57
	50	232	86,7	134	11,3	-4,2	20,1	16,1	0,56
	70	231	82,7	138	10,5	-3,9	19,1	15,5	0,55
LED 26 W	-10	231	124	9	28,4	-3,8	28,7	2,6	0,99
	20	236	123	10	28,6	-3,9	29,0	2,9	0,99
	50	232	122	10	27,9	-3,7	28,3	2,9	0,99
	70	231	118	11	26,95	-3,7	27,4	3,0	0,98

Analizując dane z tabeli 2 trudno wskazać silny wpływ temperatury  $\vartheta$  na obliczone parametry. Przykładowo, dla lampy LED 5,5 W widoczny jest wpływ temperatury  $\vartheta$  na wsp. odkształcenia THD i mocy czynnej  $P$  zobrazowany na rys. 7. Wartość napięcia  $U_{AC}$  dla  $\vartheta = 20^\circ\text{C}$  odbiega od wartości tego napięcia dla pozostałych temperatur  $\vartheta$ . Po przeanalizowaniu warunków pomiaru przyjęto, że jest to związane z zastosowaniem różnych przyrządów pomiarowych. W trakcie pomiarów dla  $\vartheta = 20^\circ\text{C}$  zastosowano oscyloskop TPS 2024, a dla pozostałych temperatur wykorzystano oscyloskop wirtualny PicoScope 5444d.



Rys. 7. Zależności  $\text{THD} = f(\vartheta)$  i  $P = f(\vartheta)$  dla lampy LED 5,5 W i  $U_{AC} \approx 231$  V

Interesujący jest związek pomiędzy temperaturą  $\vartheta$  i mocą czynną  $P$  lampy LED 26 W. Na rys. 8 przedstawiono wykres zależności  $\text{THD} = f(\vartheta)$  i  $P = f(\vartheta)$  dla lampy LED 26 W.



Rys. 8. Zależności  $\text{THD} = f(\vartheta)$  i  $P = f(\vartheta)$  dla lampy LED 26 W i  $U_{AC} \approx 231$  V

Wraz ze wzrostem temperatury  $\vartheta$  maleje moc pobierana przez lampę LED 26 W. Pomimo braku schematu lampy oraz zaniechania otwarcia jej obudowy zaproponowano następujące wyjaśnienie zależności  $P = f(\vartheta)$ . Na podstawie wcześniejszych analiz przyjęto, że lampa LED 26 W zawiera impulsowe źródło prądu zasilającego diody LED. Jeżeli to założenie jest zgodne ze stanem faktycznym, to zmiana temperatury otoczenia nie powinna istotnie wpływać na wartość prądu. Za to temperatura otoczenia wpływa na temperaturę złącza półprzewodnikowego diod LED. Jeżeli ze wzrostem temperatury złącza maleje napięcie przewodzenia, to przy założeniu stałego prądu, maleje moc dostarczana do diod LED. W przypadku zasilacza impulsowego przekłada się na zmniejszenie mocy czynnej pobieranej przez lampę LED.

## 7. PODSUMOWANIE

Po przeprowadzonych pomiarach i wykonanych na ich podstawie obliczeniach stwierdzono, że źródła te źródła światła z diodami LED oddziałują na sieć niskiego napięcia. Oddziaływanie to objawia się poprzez odkształcenie przebiegu pobieranego prądu oraz tym samym występowanie wyższych harmonicznych w widmie amplitudowym prądu. Oddziaływanie zakłóceń na sieć *nn* dla pojedynczego źródła jest niewielkie. Jednak uwzględniając występowanie w dużych ilościach należy zwrócić uwagę na ten problem. Wyższe harmoniczne mogą być bowiem źródłem zakłóceń, które mogą negatywnie wpływać na inne odbiorniki elektryczne, które podłączone są do sieci i zakłócać ich prawidłowe działanie. Źródła LED pobierają też z sieci znaczną ilość mocy biernej, przez co ich współczynnik mocy ma niższe wartości, dla źródeł o mniejszej mocy znamionowej (5,5–10 W) wartość  $\cos\varphi$  była równa około 0,5. Natomiast dla lampy LED o większej mocy znamionowej, tj. 26 W wartość  $\cos\varphi$  była bliska 1. To źródło LED-owe miało też zdecydowanie mniej zniekształcony przebieg prądu wejściowego, wartości jego parametrów elektrycznych były najbardziej zbliżone do tradycyjnej żarówki. Na podstawie tych obserwacji można przypuszczać, że lampy LED o większej mocy mają lepsze parametry elektryczne i mniejszy wpływ na sieć *nn* niż lampy LED o mniejszej mocy. Te lepsze parametry np. współczynnik mocy o wartości bliskiej 1 wynika z tego, że lampa LED o mocy 26 W spełnia wymagania podane w rozporządzeniu ekoprojektu KE dla lamp elektrycznych, w których zapisane jest że każda lampa o mocy 25 W lub większej musi mieć współczynnik mocy równy 0,9 lub większy.

Po przeanalizowaniu wyników badań źródeł światła przy różnych temperaturach otoczenia stwierdzono, że temperatura ma ograniczony wpływ na parametry niektórych źródeł. Dla lamp LED o mocy znamionowej 5,5 W i 26 W zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury maleje ilość pobieranej mocy oraz wzrasta wartość współczynnika  $\text{THD}_I$ . Może to wynikać z tego, że źródła te są wyposażone w impulsowe źródło prądu zasilającego i temperatura otoczenia wpływa

na temperaturę złącza półprzewodnikowego diod LED. Dla pozostałych badanych źródeł nie zaobserwowano znaczących zmian parametrów pod wpływem różnych temperatur.

### LITERATURA

- [1] <http://www.testequipmenthq.com/datasheets/CHROMA-61502-Datasheet.pdf>.
- [2] <http://www.testequipmenthq.com/datasheets/TEKTRONIX-TPS2024-Datasheet.pdf>.
- [3] Markiewicz H., Klajn A., Zaburzenia napięcia Norma EN 50160 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych”, Politechnika Wroclawska, 2004.
- [4] Bolkowski S., Teoria obwodów elektrycznych, WNT, Warszawa 1989.
- [5] Krakowski M., Elektrotechnika teoretyczna, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995.
- [6] <https://www.picotech.com/download/datasheets/picoscope-5000d-series-datasheet.pdf>.
- [7] <https://www.pol-eko.com.pl/model/inkubator-z-chlodzeniem/inkubator-z-chlodzeniem-ilw-53/>.

### ELECTRICAL PROPERTIES OF LED LUMINAIRES AND THEIR IMPACT ON THE LV POWER GRID

Light sources with LEDs are low-power electricity receivers. Their popularity in the last few years has increased significantly and they are replacing traditional light bulbs. The widespread use of such light sources prompts the study of their optical properties and their impact on the power supply network. In the publication were presented the results of research on the impact of selected LED light sources on the LV network. by measuring the supply voltage and current and analyzing these signals.

*(Received: 04.02.2020, revised: 24.03.2020)*