



Euro - Centrum

Studia Podyplomowe

EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu

**Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji
Zarządzania Energią**

Badania porównawcze nowoczesnych źródeł światła. Program PELP

mgr inż. Krzysztof Chmielowiec



Badania porównawcze nowoczesnych źródeł światła. Program PELP.

**Studia podyplomowe
Efektywne Użytkowanie Energii Elektrycznej**

**mgr inż. Krzysztof Chmielowiec
15 luty 2013r.**



Agenda

1. Wstęp
2. Przegląd obecnie stosowanych źródeł światła
3. Badania porównawcze
 - efektywność energetyczna
 - własności strumienia świetlnego
 - generacja wyższych harmonicznnych
 - wytrzymałość na częste załączanie
 - wrażliwość na wahania napięcia zasilającego
4. Wnioski

Przegląd obecnie stosowanych źródeł światła

Źródło światła	Główne własności
Tradycyjna żarówka	<ul style="list-style-type: none"> • najstarsze źródło światła, • opierające się na zjawisku żarzenia – ciało o wysokiej temperaturze emituje energię w formie promieniowania widzialnego • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego • skuteczność świetlna – około 12 lm/W (60W)
Lampa halogenowa	<ul style="list-style-type: none"> • opierające się na zjawisku żarzenia • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego oraz domieszek gazów z grupy halogenowej (jod, brom, itd.) • zwiększona trwałość dzięki halogenowemu cyklowi regeneracyjnemu • skuteczność świetlna – około 18 lm/W (60W)



Źródło światła	Główne własności
Tradycyjna żarówka	<ul style="list-style-type: none"> • najstarsze źródło światła, • opierające się na zjawisku żarzenia – ciało o wysokiej temperaturze emituje energię w formie promieniowania widzialnego • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego • skuteczność świetlna – około 12 lm/W (60W)
Lampa halogenowa	<ul style="list-style-type: none"> • opierające się na zjawisku żarzenia • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego oraz domieszek gazów z grupy halogenowej (jod, brom, itd) • zwiększona trwałość dzięki halogenowemu cyklowi regeneracyjnemu • skuteczność świetlna – około 18 lm/W (60W)



Źródło światła	Główne własności
Tradycyjna żarówka	<ul style="list-style-type: none"> • najstarsze źródło światła, • opierające się na zjawisku żarzenia – ciało o wysokiej temperaturze emituje energię w formie promieniowania widzialnego • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego • skuteczność świetlna – około 12 lm/W (60W)
Lampa halogenowa	<ul style="list-style-type: none"> • opierające się na zjawisku żarzenia • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego oraz domieszek gazów z grupy halogenowej (jod, brom, itp.) • zwiększona trwałość dzięki halogenowemu cyklowi regeneracyjnemu • skuteczność świetlna – około 18 lm/W (60W)



Źródło światła	Główne własności
Tradycyjna żarówka	<ul style="list-style-type: none"> • najstarsze źródło światła, • opierające się na zjawisku żarzenia – ciało o wysokiej temperaturze emituje energię w formie promieniowania widzialnego • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego • skuteczność świetlna – około 12 lm/W (60W)
Lampa halogenowa	<ul style="list-style-type: none"> • opierające się na zjawisku żarzenia • żarnik znajduje się w otoczeniu gazu obojętnego oraz domieszek gazów z grupy halogenowej (jod, brom, itp.) • zwiększona trwałość dzięki halogenowemu cyklowi regeneracyjnemu • skuteczność świetlna – około 18 lm/W (60W)



Źródło światła	Główne własności
CFL	<ul style="list-style-type: none"> • wyładowcze źródło światła • opierające się na zjawisku luminescencji – światło jest wytwarzane inną metodą niż poprzez rozgrzanie ich do odpowiednio wysokiej temperatury • dwa główne elementy (wypełniona gazem bańka oraz elektroniczny balast), • skuteczność świetlna – około 55-65 lm/W
Lampa LED	<ul style="list-style-type: none"> • wykorzystuje diody LED jako źródło światła • najczęściej w dwóch wykonaniach: jedna <i>high-power</i> LED lub jako obwód złożony z wielu diod LED małej mocy • wyposażona w układ zasilający • skuteczność świetlna – zależnie od modelu może osiągać nawet 140 lm/W



Źródło światła	Główne własności
CFL	<ul style="list-style-type: none"> • wyładowcze źródło światła • opierające się na zjawisku luminescencji – światło jest wytwarzane inną metodą niż poprzez rozgrzanie ich do odpowiednio wysokiej temperatury • dwa główne elementy (wypełniona gazem bańka oraz elektroniczny balast), • skuteczność świetlna – około 55-65 lm/W
Lampa LED	<ul style="list-style-type: none"> • wykorzystuje diody LED jako źródło światła • najczęściej w dwóch wykonaniach: jedna <i>high-power</i> LED lub jako obwód złożony z wielu diod LED małej mocy • wyposażona w układ zasilający • skuteczność świetlna – zależnie od modelu może osiągać nawet 140 lm/W



Źródło światła	Główne własności
CFL	<ul style="list-style-type: none"> • wyładowcze źródło światła • opierające się na zjawisku luminescencji – światło jest wytwarzane inną metodą niż poprzez rozgrzanie ich do odpowiednio wysokiej temperatury • dwa główne elementy (wypełniona gazem bańka oraz elektroniczny balast) • skuteczność świetlna – około 55-65 lm/W
Lampa LED	<ul style="list-style-type: none"> • wykorzystuje diody LED jako źródło światła • najczęściej w dwóch wykonaniach: jedna <i>high-power</i> LED lub jako obwód złożony z wielu diod LED małej mocy • wyposażona w układ zasilający • skuteczność świetlna – zależnie od modelu może osiągać nawet 140 lm/W



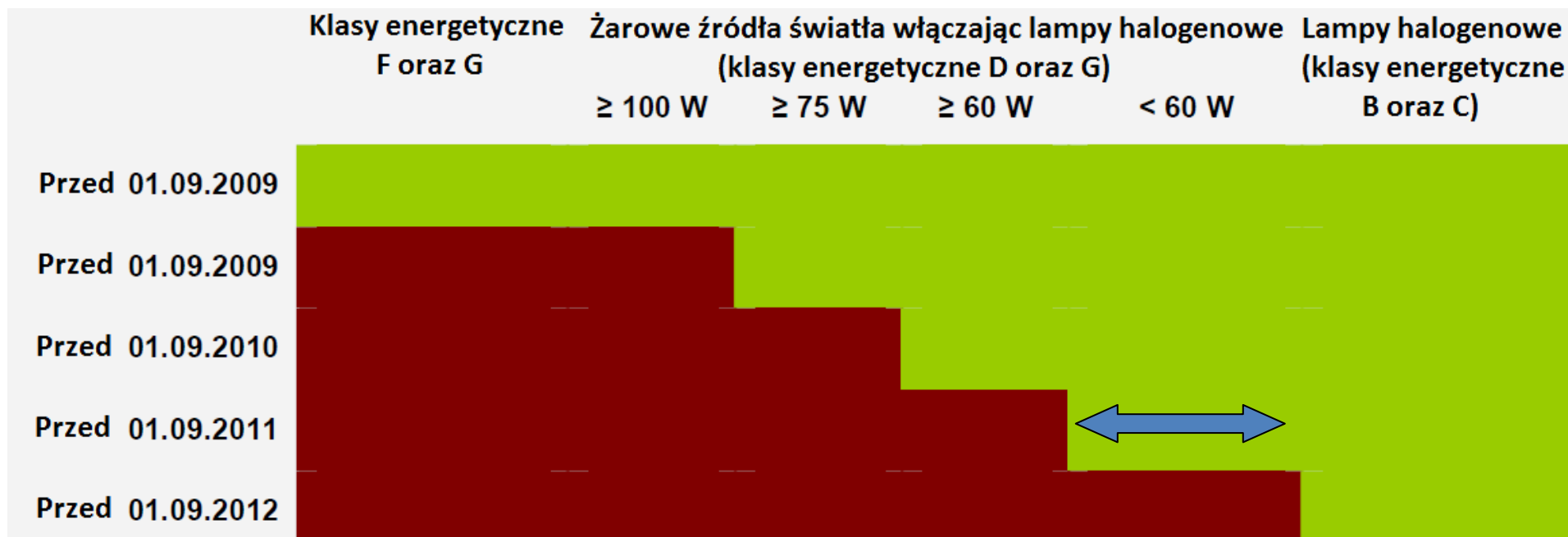
Źródło światła	Główne własności
CFL	<ul style="list-style-type: none"> • wyładowcze źródło światła • opierające się na zjawisku luminescencji – światło jest wytwarzane inną metodą niż poprzez rozgrzanie ich do odpowiednio wysokiej temperatury • dwa główne elementy (wypełniona gazem bańka oraz elektroniczny balast), • skuteczność świetlna – około 55-65 lm/W
Lampa LED	<ul style="list-style-type: none"> • wykorzystuje diody LED jako źródło światła • najczęściej w dwóch wykonaniach: jedna <i>high-power</i> LED lub jako obwód złożony z wielu diod LED małej mocy • wyposażona w układ zasilający • skuteczność świetlna – 65-85 lm/W



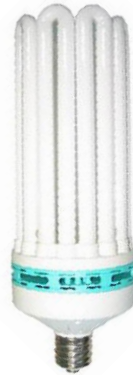




Harmonogram wycofywania żarowych źródeł światła na terenie UE



Na podstawie **Rozporządzenia Komisji Europejskiej. Nr 244/2009. z dnia 18.05.2009.**



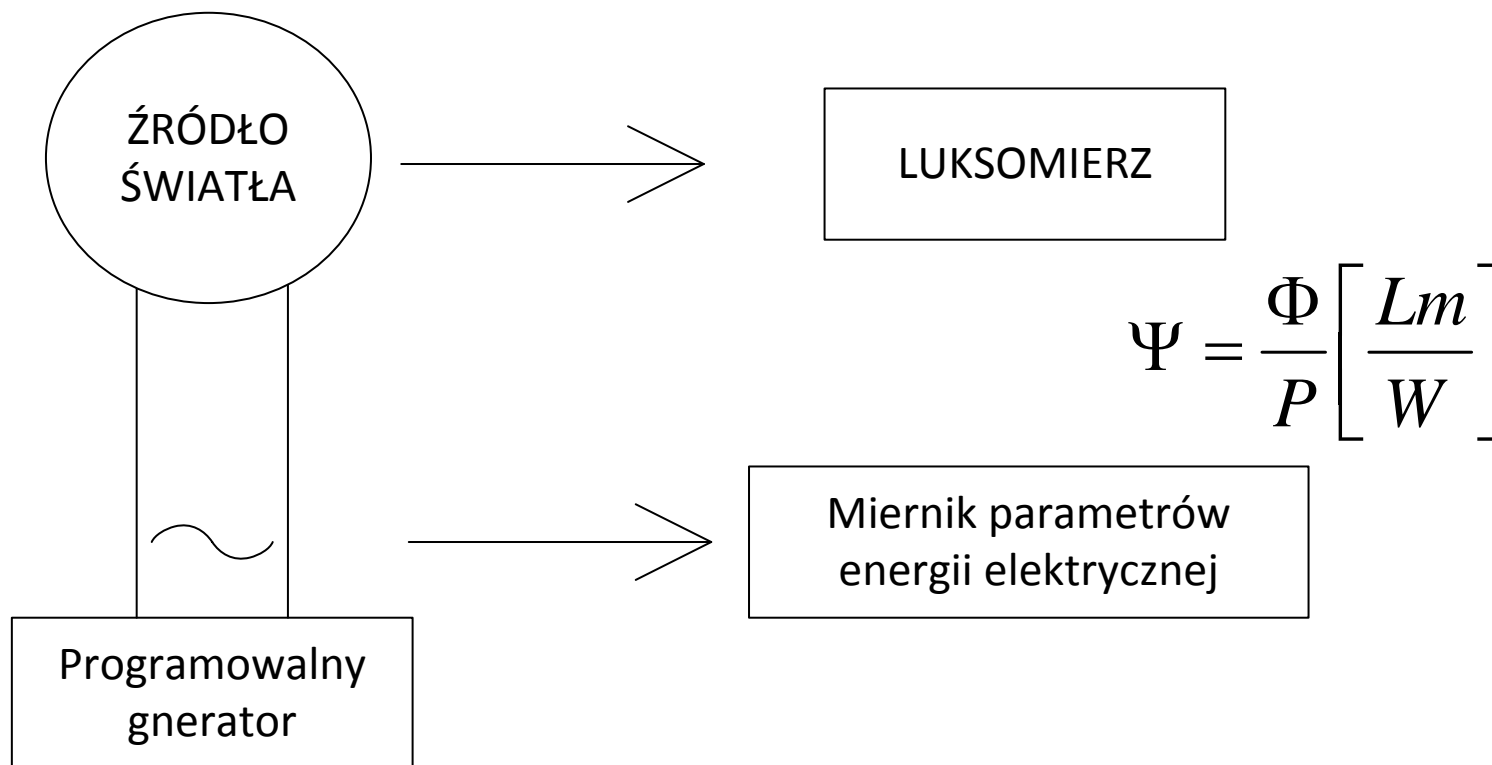


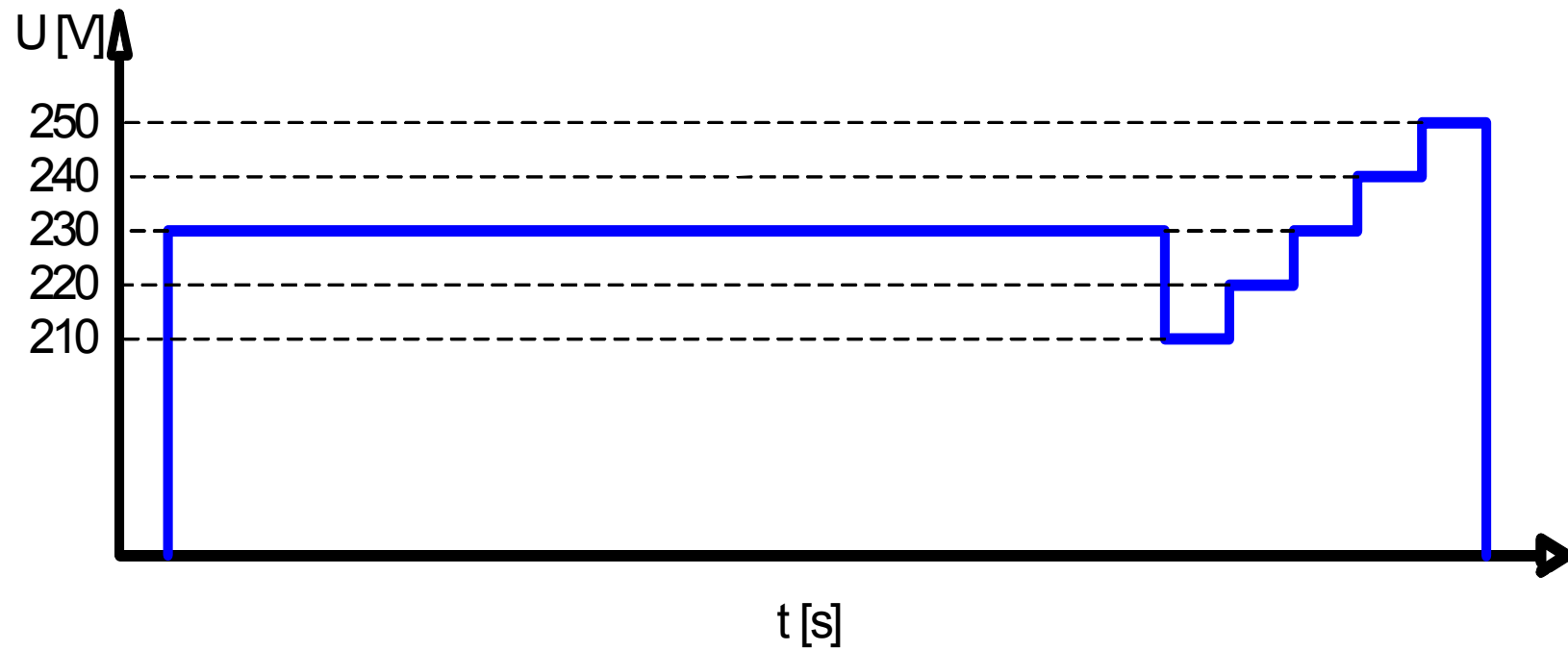
Świetlówka	Producent	Model	Moc znamionowa [W]
S01	CMI		9
S02	CMI		11
S03	CMI		15
S04	General Electric	EnergySaving	23
S05	General Electric	EnergySaving	20
S06	General Electric	EnergySaving	15
S07	North-Star	classic 2U	15
S08	OSRAM	DuluxLonglife	30
S09	OSRAM	DuluxStar	24
S10	OSRAM	DuluxStar	21
S11	OSRAM	DuluxStar	17
S12	OSRAM	DuluxStar	14
S13	OSRAM	DuluxStar	11
S14	OSRAM	DuluxStar	8
S15	OSRAM	DIMMABLE	20
S16	OSRAM	Energy Saver	22
S17	Philips	Economy	9
S18	Philips	Economy	11
S19	Philips	Economy	14
S20	Polux		30
S21	Polux		24
S22	Polux		20
S23	Polux		15
S24	Polux		13
S25	Polux		9
S26	SYLVANIA	Mini-Lynx Economy	15
S27	SYLVANIA	Mini-Lynx FAST-Start	15





Lampa LED	Producent	Model	Moc znamionowa [W]
L01	ECO-LED	45 LED B50 Biała	2,3
L02	ECO-LED	45 LED B50 Ciepła	2,3
L03	ECO-LED	60 LED B60 Biała	3
L04	ECO-LED	60 LED B60 Ciepła	3
L05	ECO-LED	60 LED C35 Milk Biała	3
L06	ECO-LED	60 LED C35 Milk Ciepła	3
L07	ECO-LED	90 LED P55 Biała	4,5
L08	Kanlux	Kali led36 E27-WW	2
L09	Kanlux	Luca led48 E27-WW	3
L10	Kanlux	Nesta led54 E27-WW	6
L11	Kanlux	Nesta led86 E27-WW	10
L12	Kanlux	Oksa led90 E27-WW	4,5
L13	Kanlux	LED 60 E27-WW	3,8
L14	ECO-LED	A19 Multichip ciepła	7
L15	Osram	LED Parathom Pro	12
L16	Osram	LED Parathom	2
L17	ANS	classic LED	4,1
L18	ANS	classic LED	4,3
L19	ANS	classic LED	6
L20	Philips	MyVision	9
L21	Philips	Econic	5



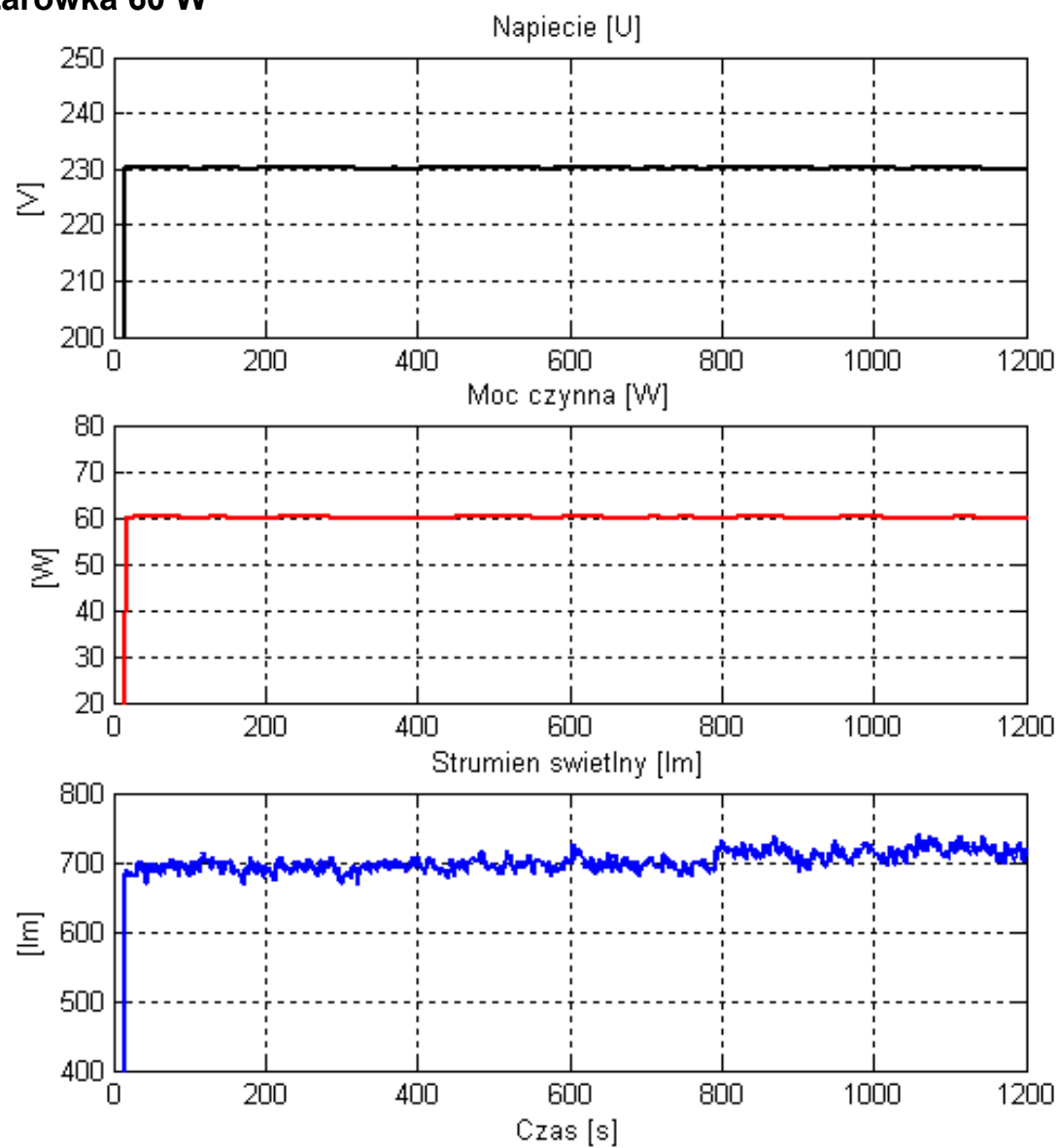




Wybrane świetlówki kompaktowe

Producent	Typ	Moc [W]
General Electric	CFL	20
Philips	CFL	14
Pollux	CFL	24
Osram	CFL	21
Pila	Żarówka	60

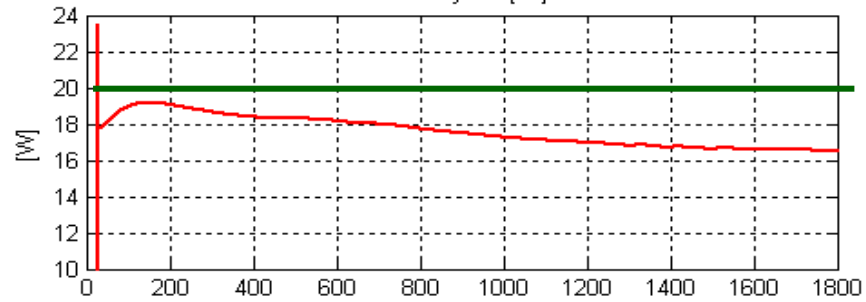
Żarówka 60 W



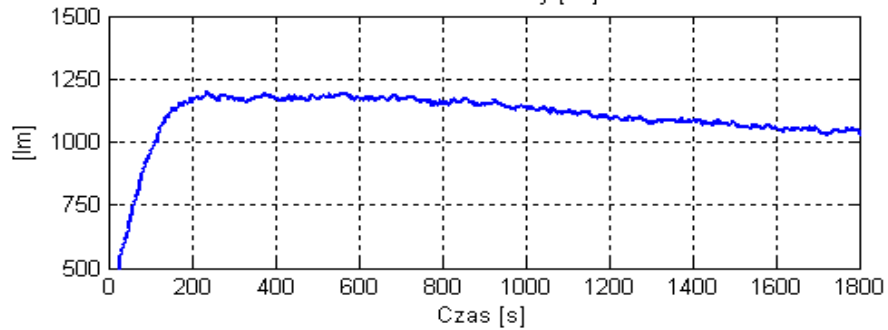
Skuteczność świetlna świetlówek kompaktowych

General Electric 20 W

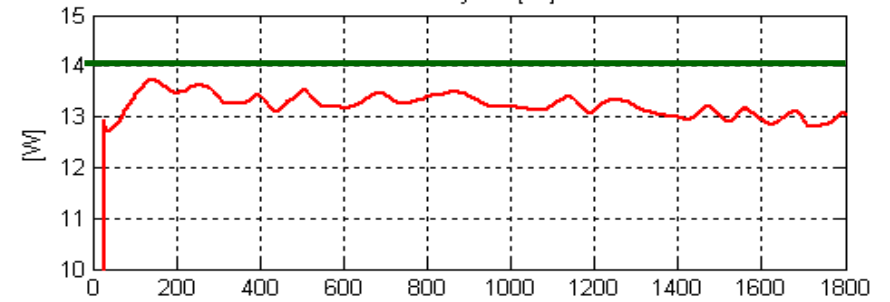
Moc czynna [W]



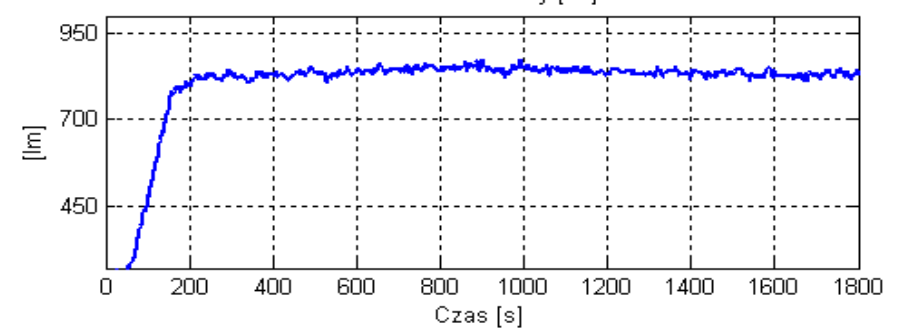
Strumień świetlny [lm]

**Philips 14 W**

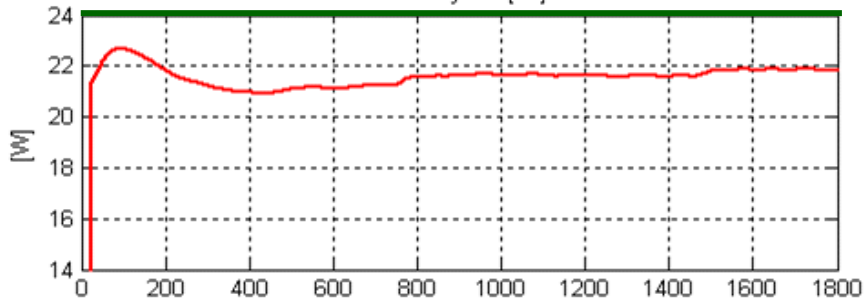
Moc czynna [W]



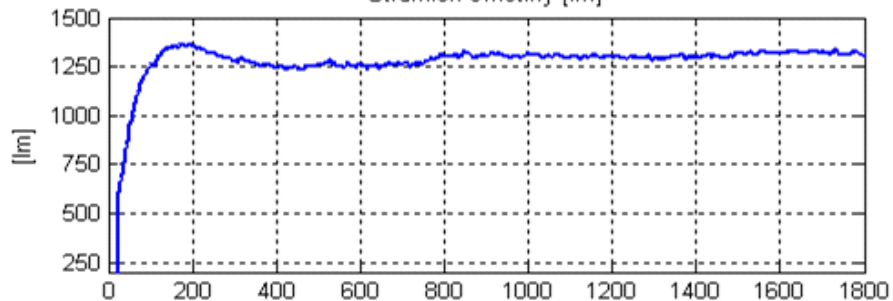
Strumień świetlny [lm]

**Pollux 24 W**

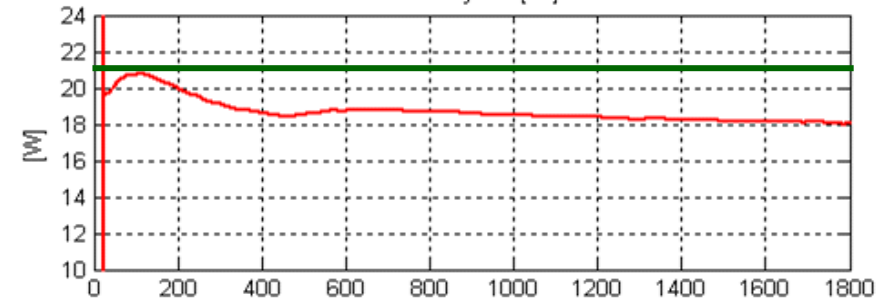
Moc czynna [W]



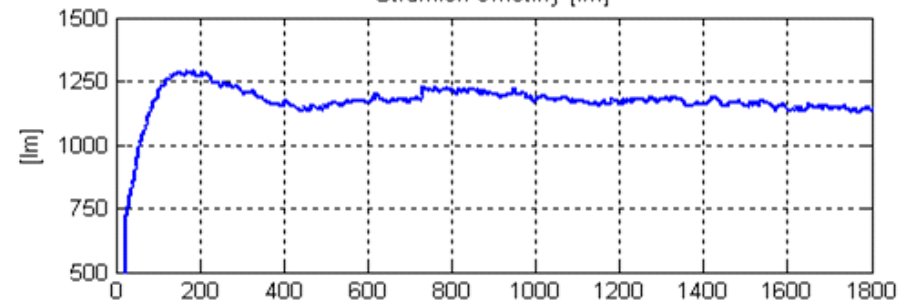
Strumień świetlny [lm]

**Osram 21 W**

Moc czynna [W]



Strumień świetlny [lm]





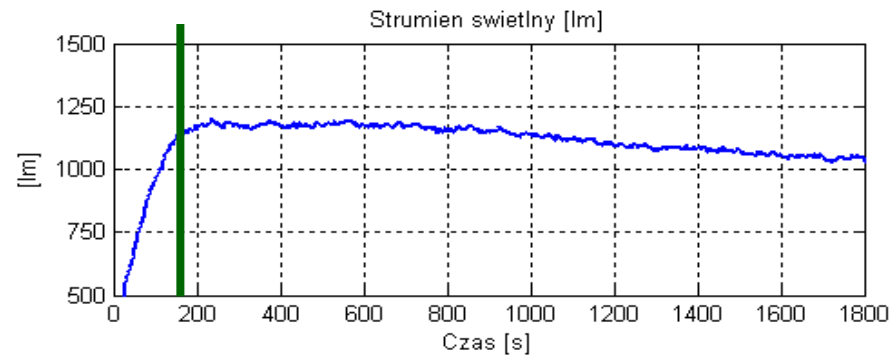
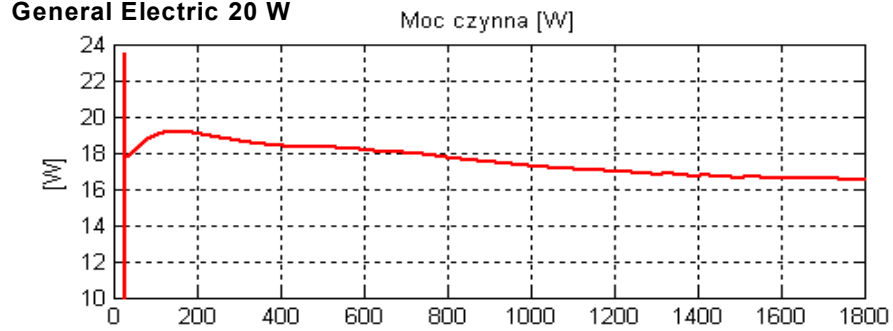
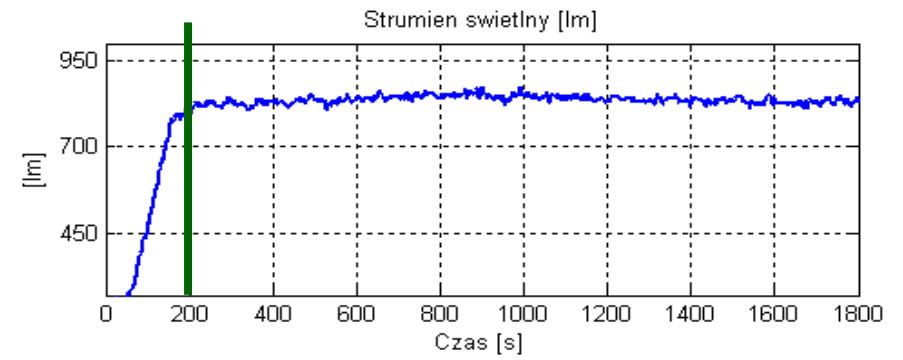
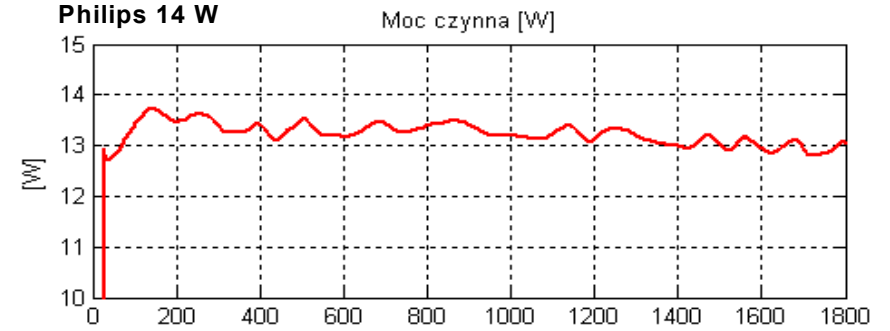
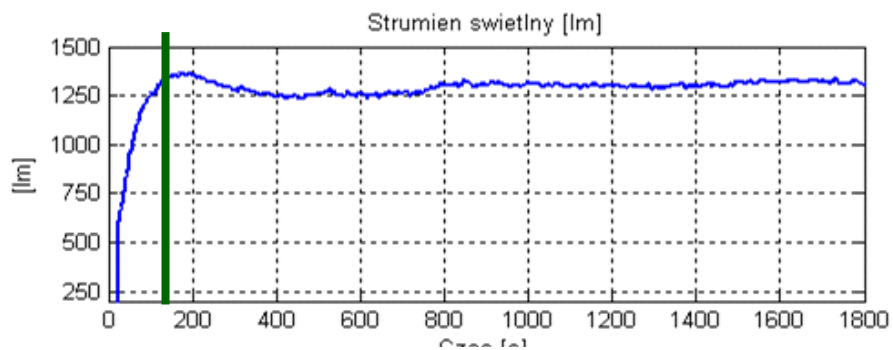
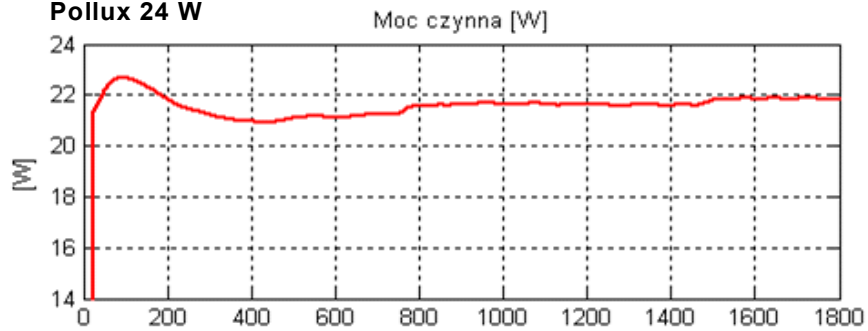
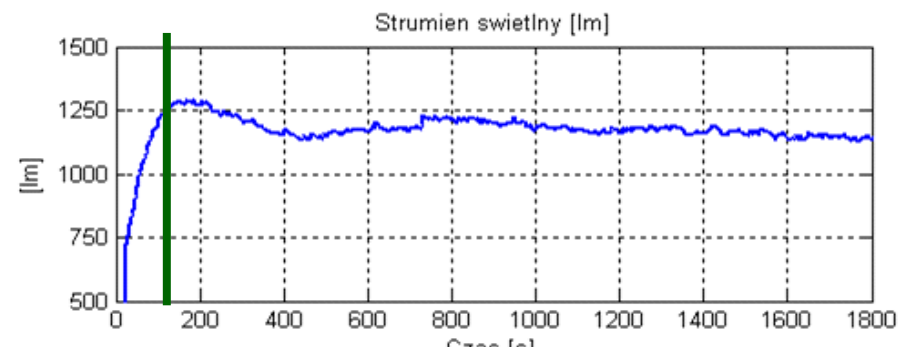
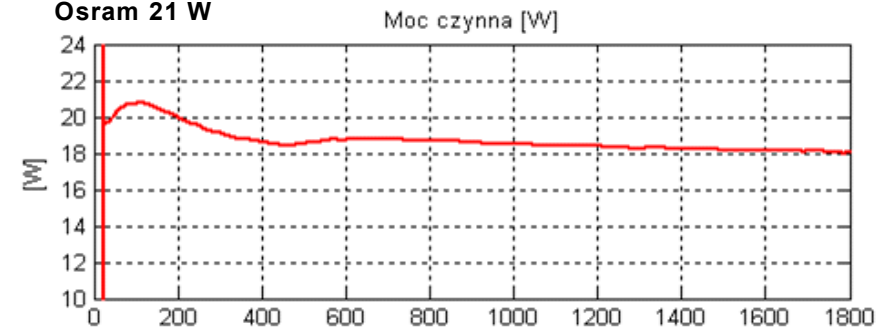
Skuteczność świetlna świetlówek kompaktowych

Producent	Typ	Skuteczność świetlna Ψ [lm / W]
General Electric	CFL	63,0
Philips	CFL	64,3
Pollux	CFL	61,0
Osram	CFL	63,0
Pila	Żarówka	11,7

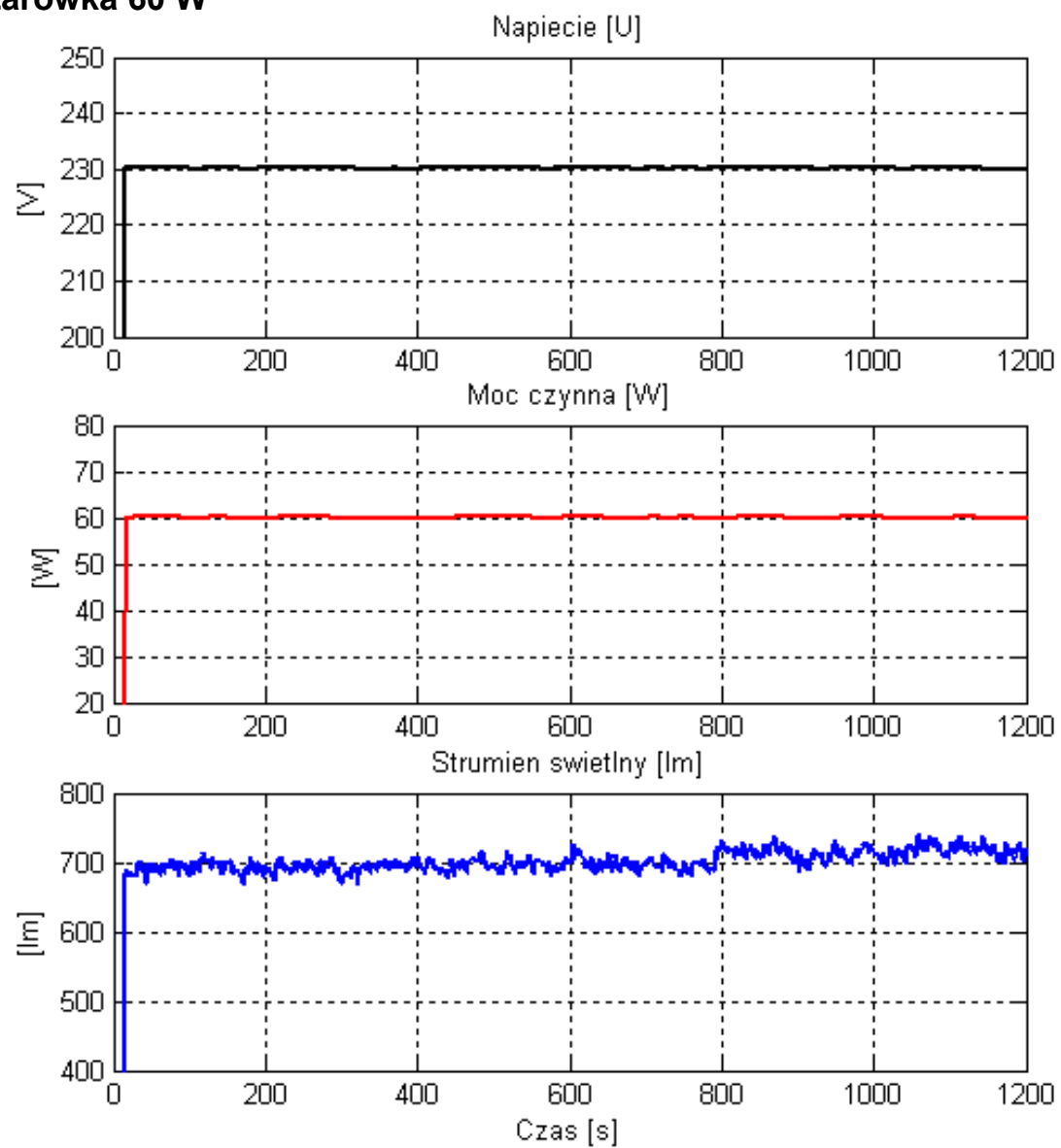
Świetlówki kompaktowe posiadają ~ 5-krotnie większą skuteczność świetlną niż tradycyjna żarówka



Charakterystyka rozruchowa – strumień świetlny

General Electric 20 W**Philips 14 W****Pollux 24 W****Osram 21 W**

Żarówka 60 W

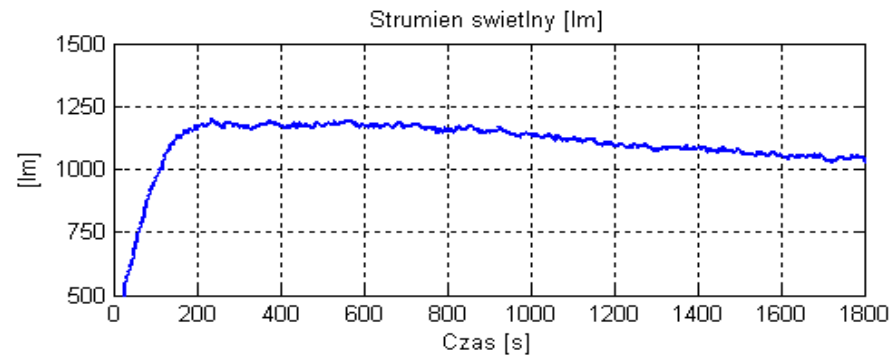
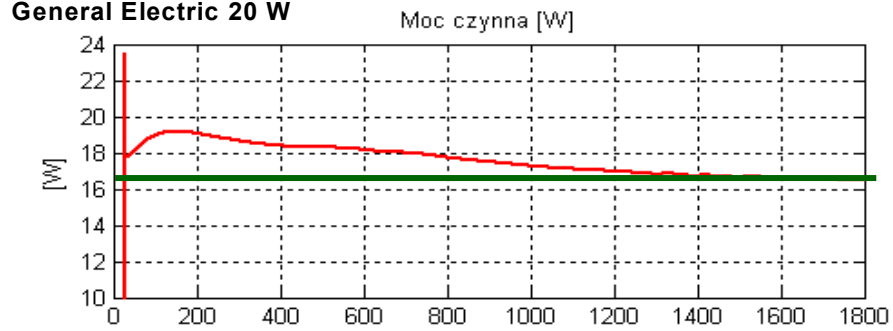
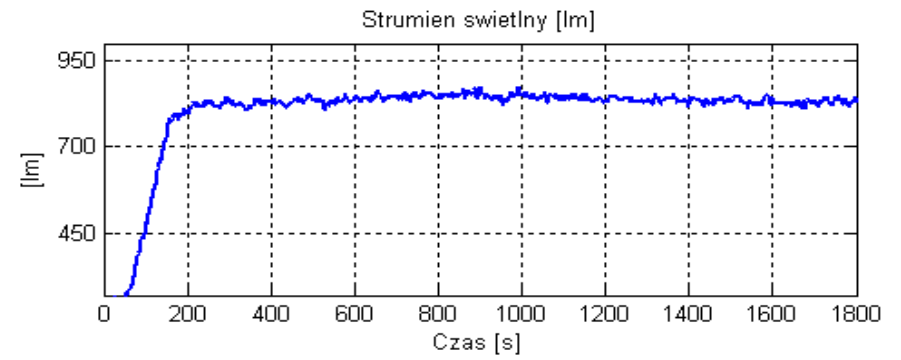
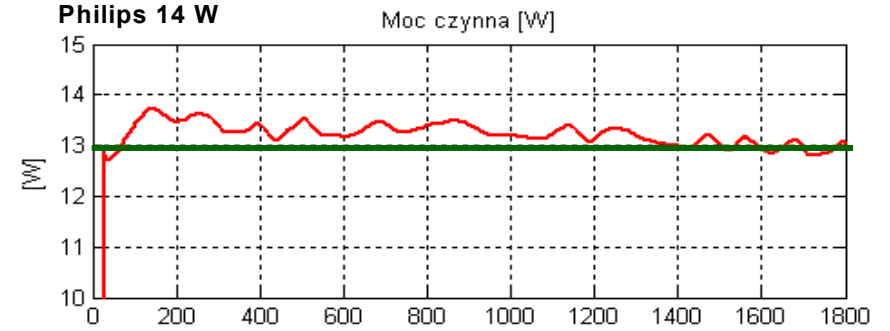
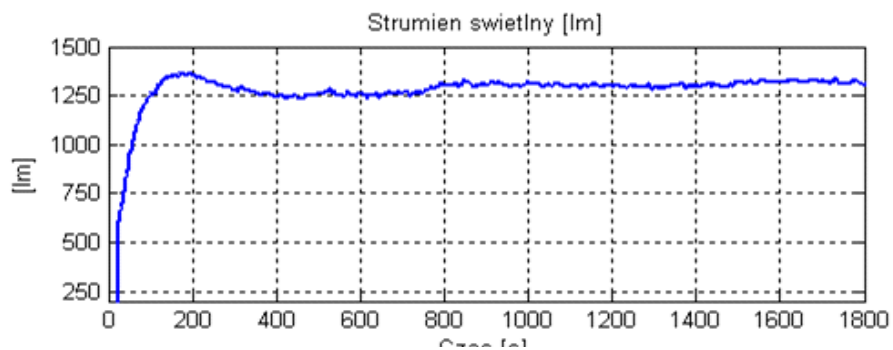
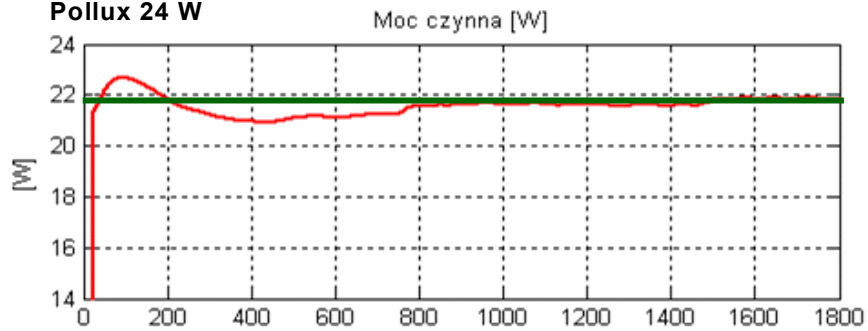
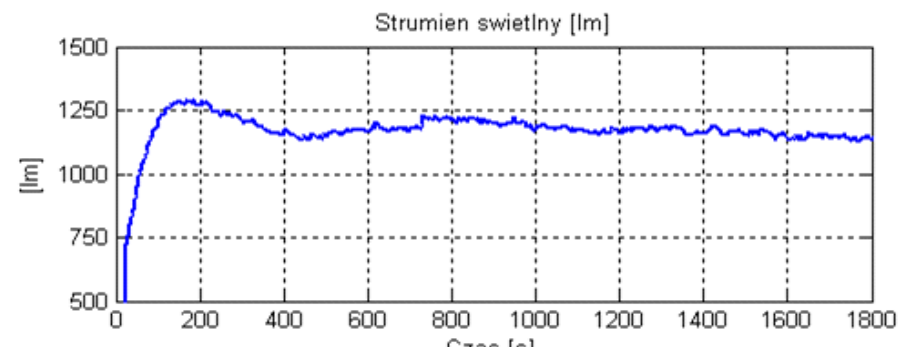
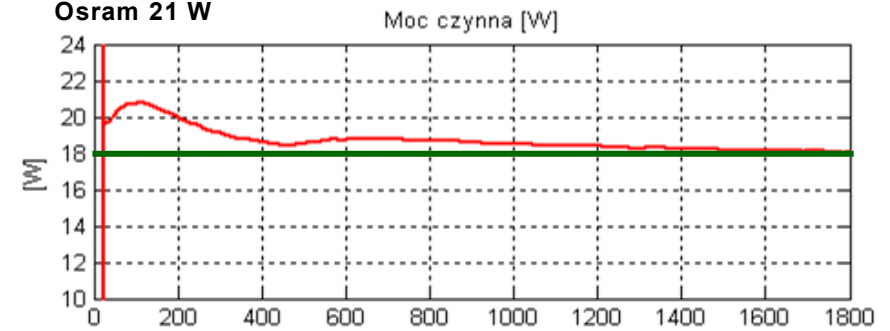




Charakterystyka rozruchowa – strumień świetlny

Producent	Strumień świetlny ustalony Φ_{ust} [lm]	50 % Φ_{ust} [s]	80 % Φ_{ust} [s]
General Electric	1043	< 1	48
Philips	816	60	108
Pollux	1322	10	42
Osram	1138	< 1	26
Pila	700	< 1	< 1

Charakterystyka rozruchowa – moc czynna

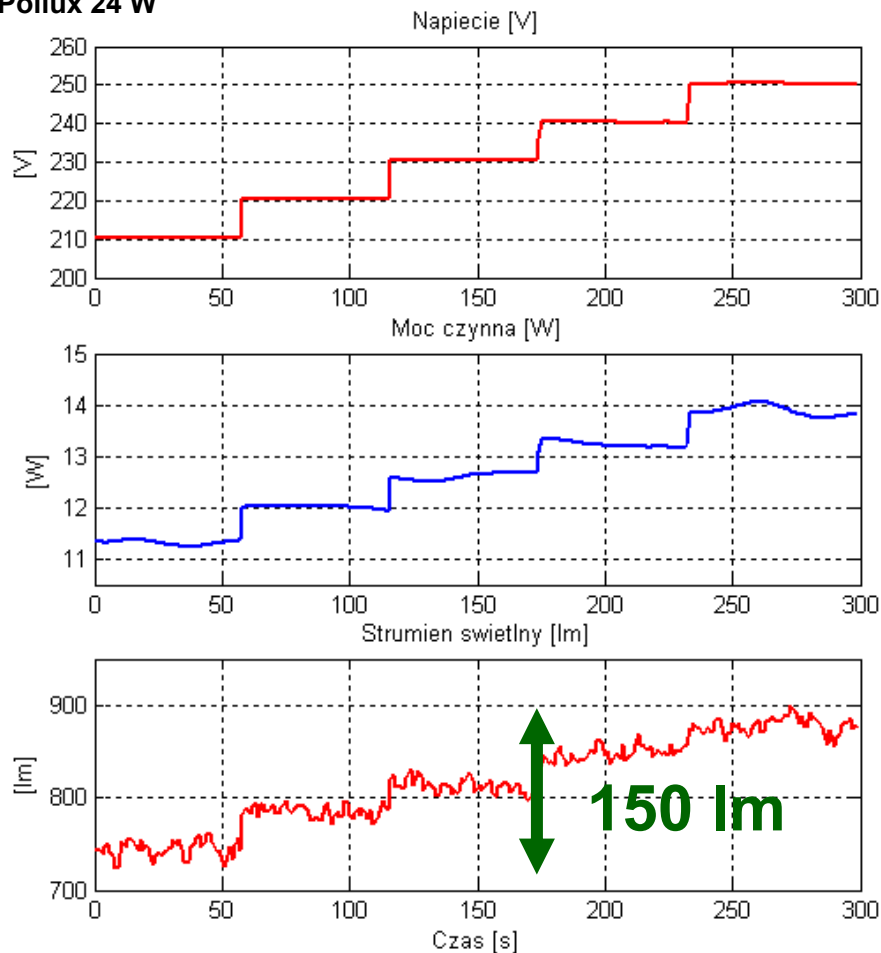
General Electric 20 W**Philips 14 W****Pollux 24 W****Osram 21 W**

Obiekt	Moc ustalona P_{ust} [W]	Czas do osiągnięcia P_{ust} [s]	Nadwyżka pobranej energii E_z [Ws]	Minimalny okres wyłączenia rekompensujący E_z [s]
Żarówka 60 W	60	<1	0	0
GE 20 W	16, 2	1800	1168	71
Philips 14 W	12,5	1400	548	43
Pollux 24 W	22	1600	0	2
Osram 21 W	17,8	1800	794	44

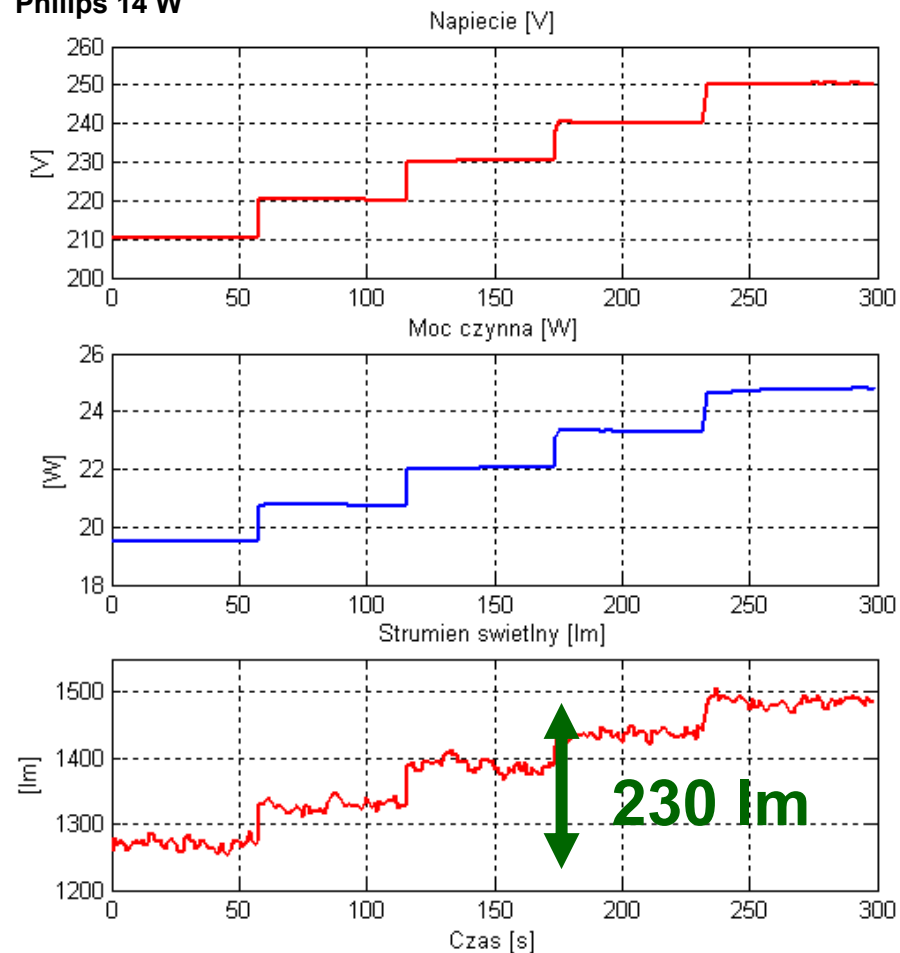


Skuteczność świetlna świetlówek kompaktowych przy różnych napięciach zasilania

Pollux 24 W



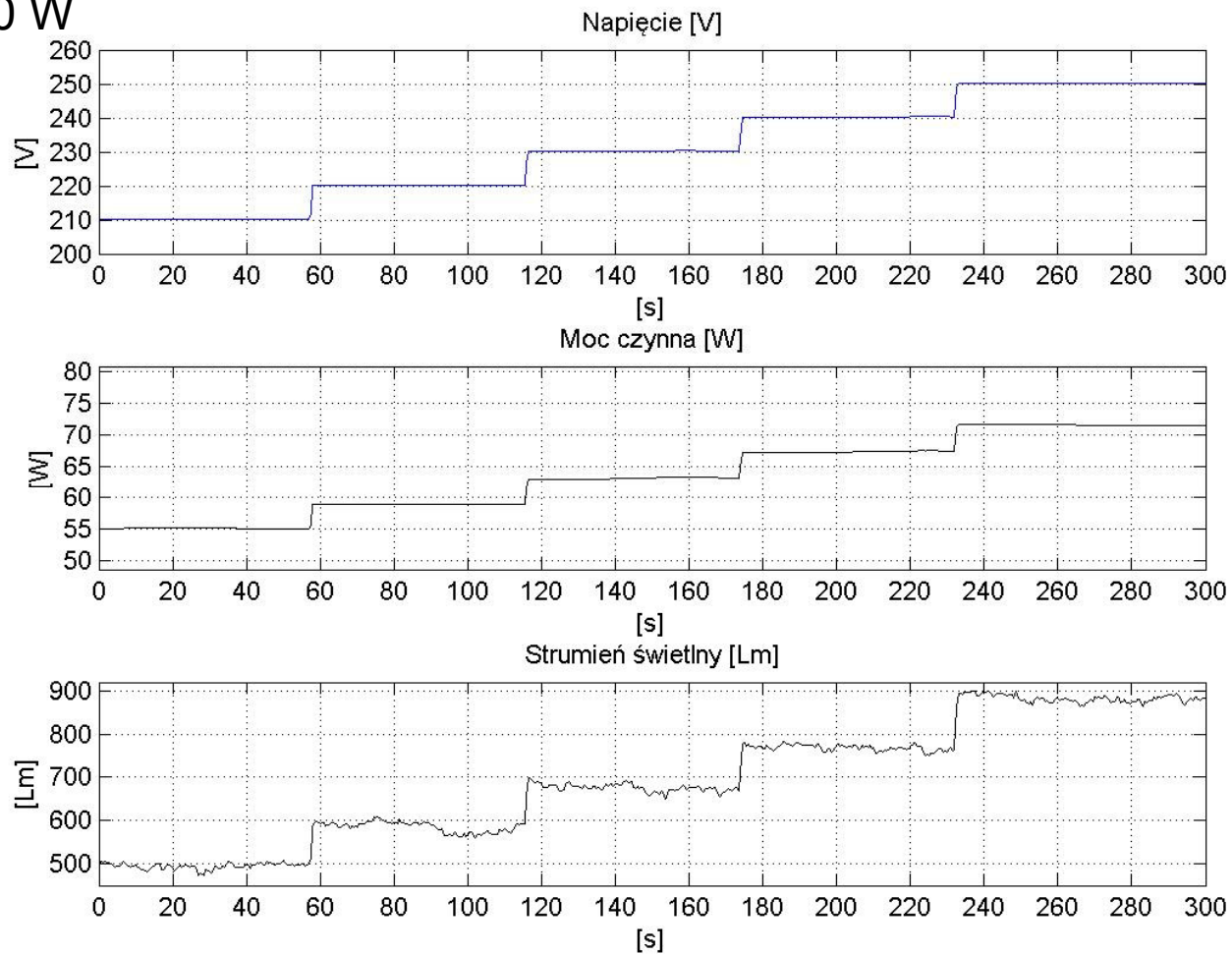
Philips 14 W





Skuteczność świetlna świetlówek kompaktowych przy różnych napięciach zasilania

Żarówka 60 W



400 lm



Skuteczność świetlna świetlówek kompaktowych przy różnych napięciach zasilania

Obiekt	Napięcie U [V]				
	210	220	230	240	250
GE 20 W	65,6	64,6	64,1	62,9	61,3
Philips 14 W	65,9	65,3	64,6	64,2	63,2
Pollux 24 W	65	63,9	63,1	61,6	59,9
Osram 21 W	65,3	64,5	63,7	62,1	61,4

Skuteczność świetlna maleje wraz ze wzrostem napięcia w przedziale (210-250V)



Wybrane lampy LED

Producent	Typ	Moc [W]
Osram	LED	12
Eco-Led	LED	14
Kanlux	LED	4,5

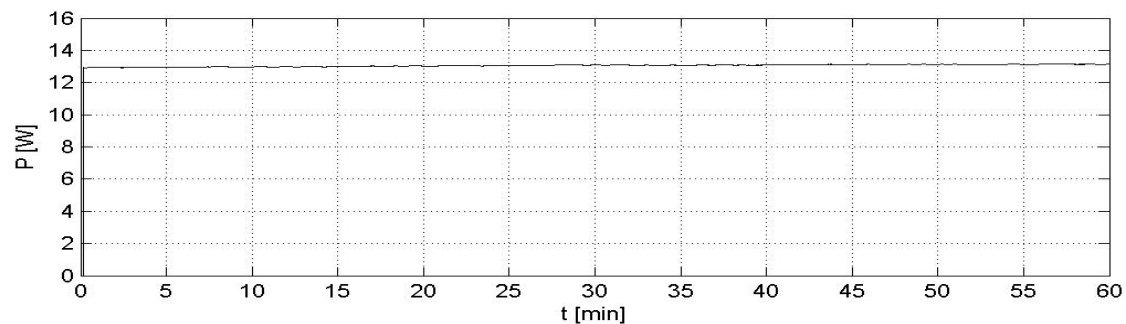


Skuteczność świetlna lamp LED

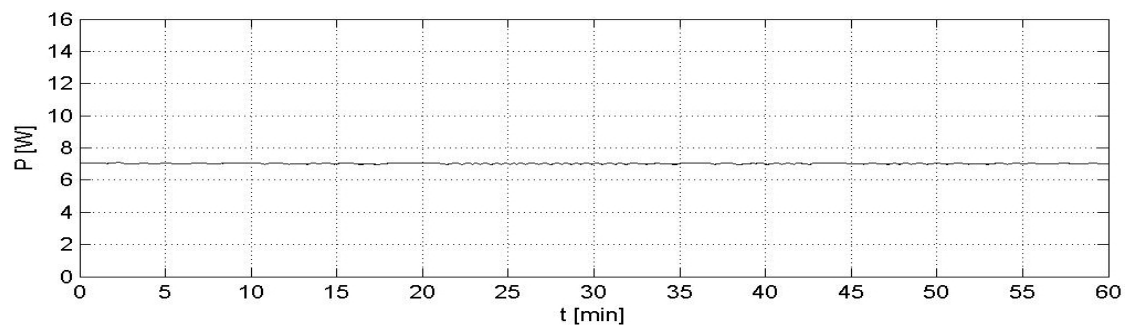


Lampy LED – moc czynna

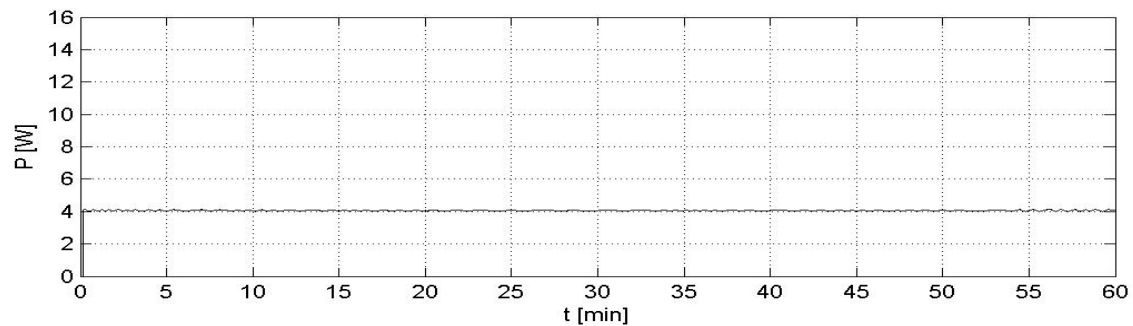
LED: Osram 12W



LED: Eco-Led 7W



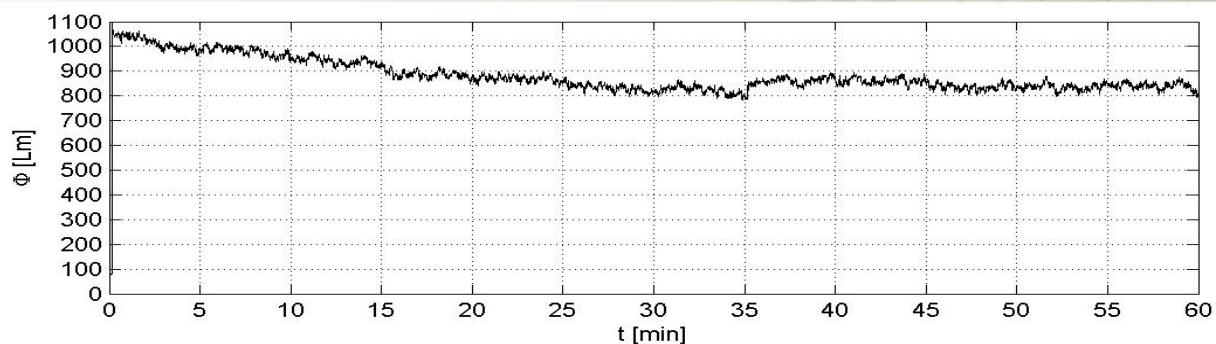
LED: Kanlux 4,5W



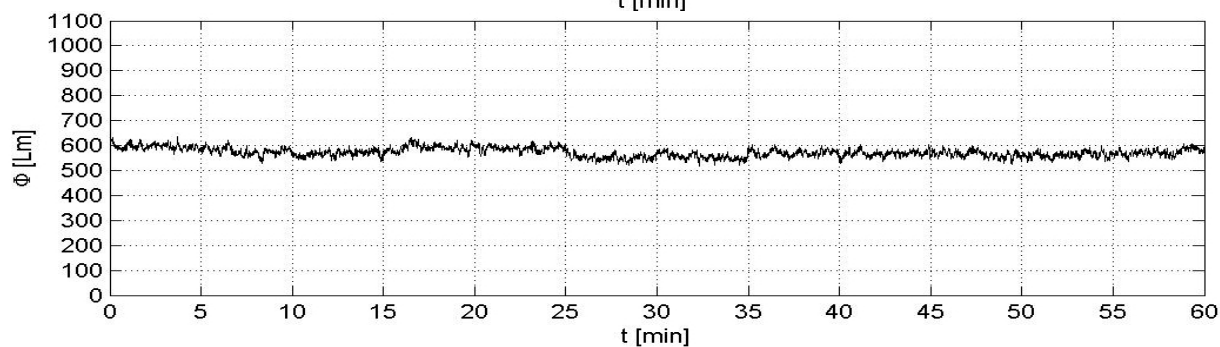


Lampy LED – strumień świetlny

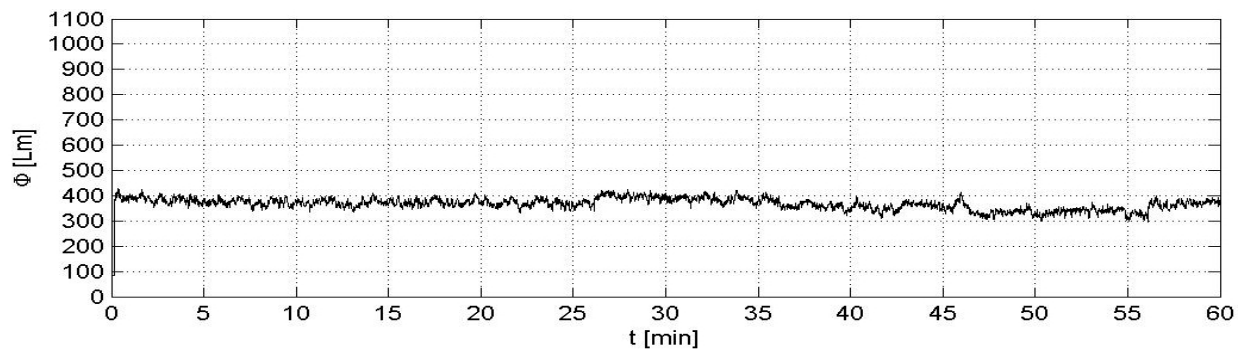
LED: Osram 12W



LED: Eco-Led 7W



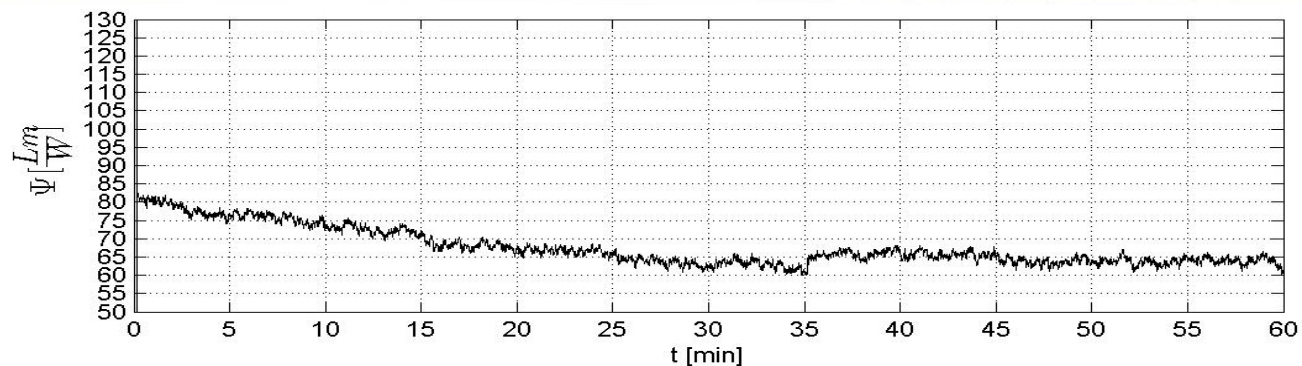
LED: Kanlux 4,5W



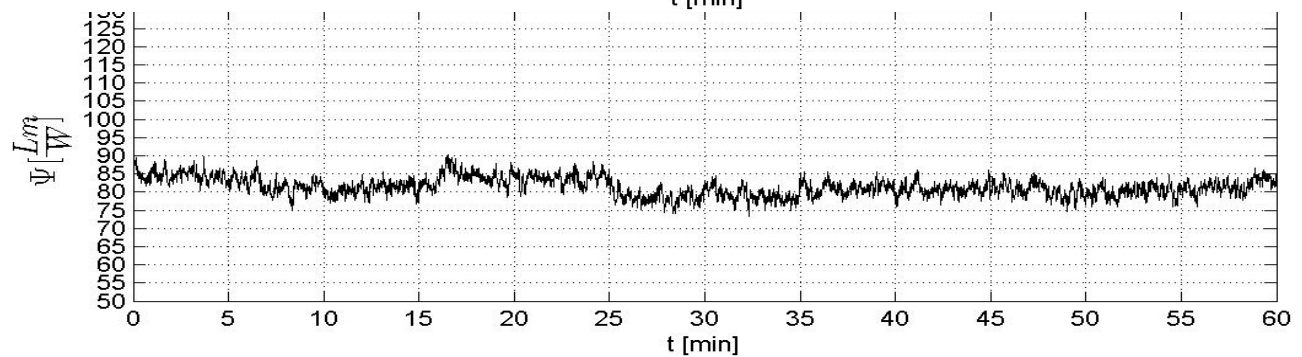


Skuteczność świetlna lamp LED

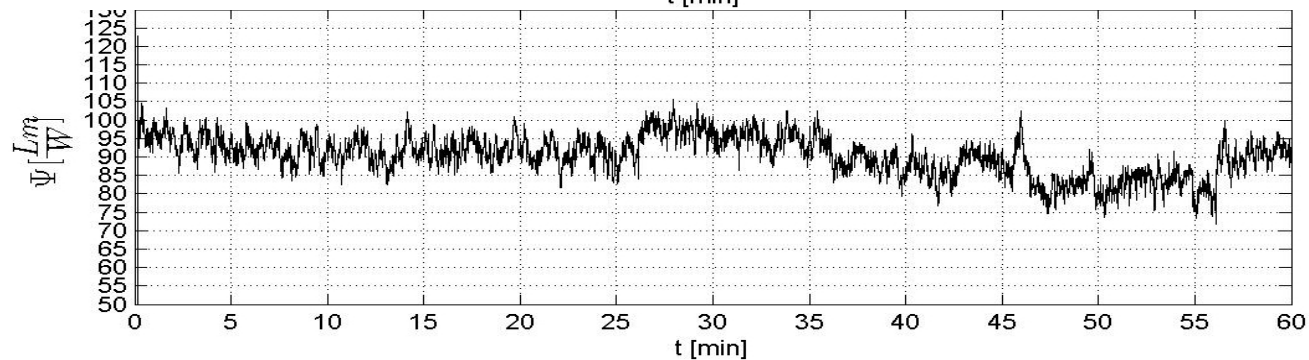
LED: Osram 12W



LED: Eco-Led 7W



LED: Kanlux 4,5W



Skuteczność świetlna lamp LED

Producent	Typ	Skuteczność świetlna Ψ [lm / W]
Osram	LED	65
Eco-Led	LED	80
Kanlux	LED	85
Świetlówki kompaktowe (średnia)	CFL	63
Pila	Żarówka	11,7



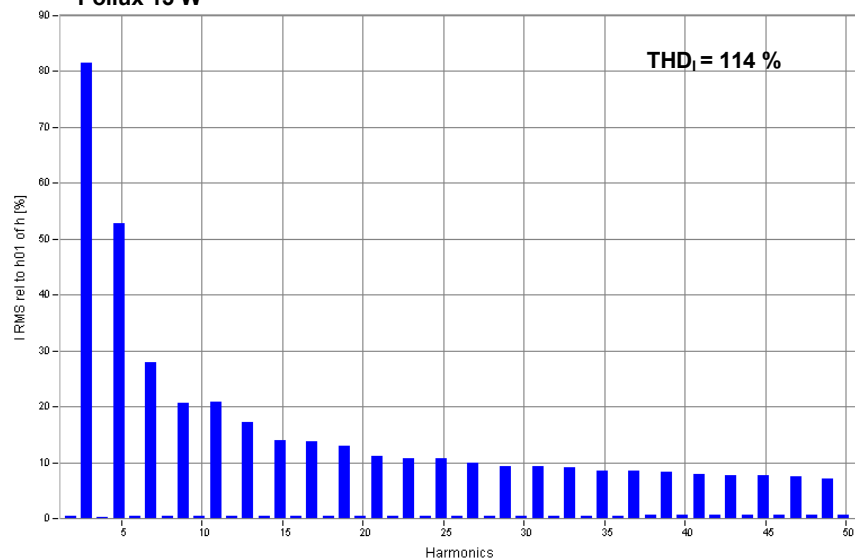
Charakterystyka rozruchowa lamp LED – strumień świetlny

Producent	Strumień świetlny ustalony Φ_{ust} [lm]	50 % Φ_{ust} [s]	80 % Φ_{ust} [s]
Osram 12 W	850	< 1	< 1
Eco-Led 7 W	600	< 1	< 1
Kanlux 4,5 W	400	< 1	< 1

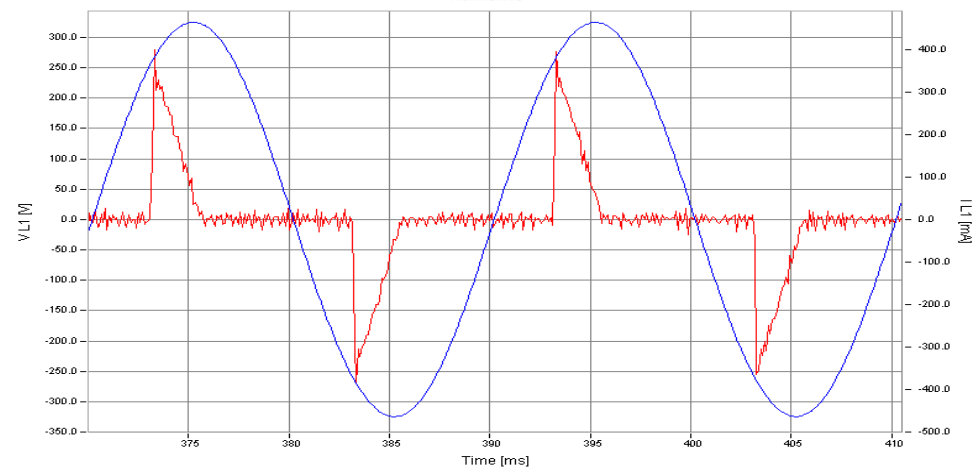
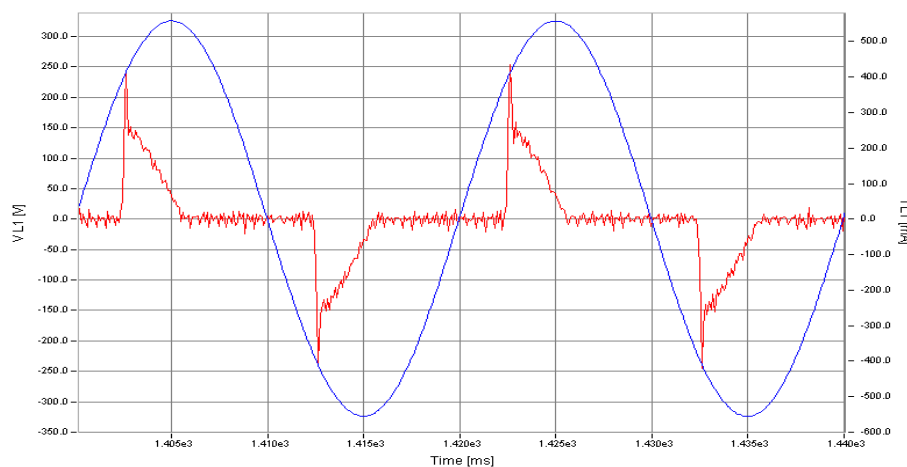
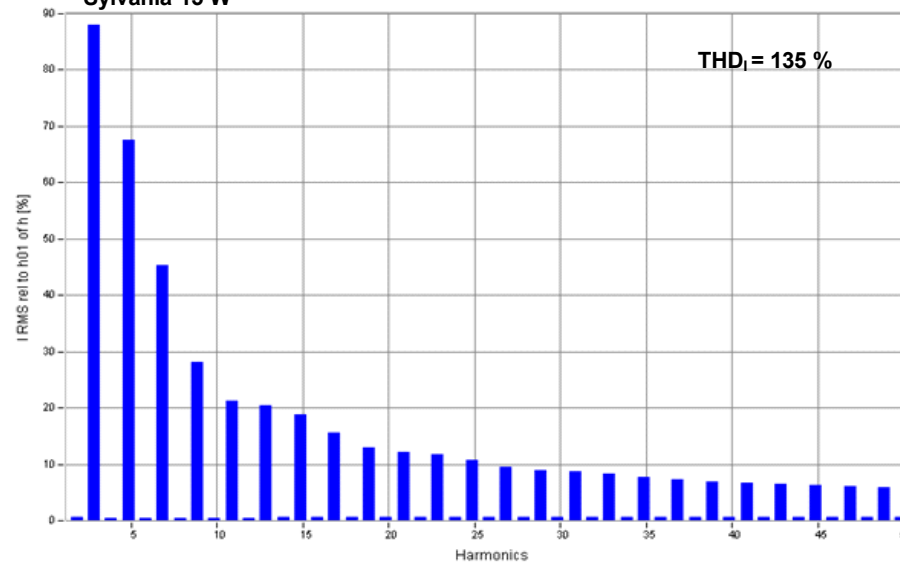


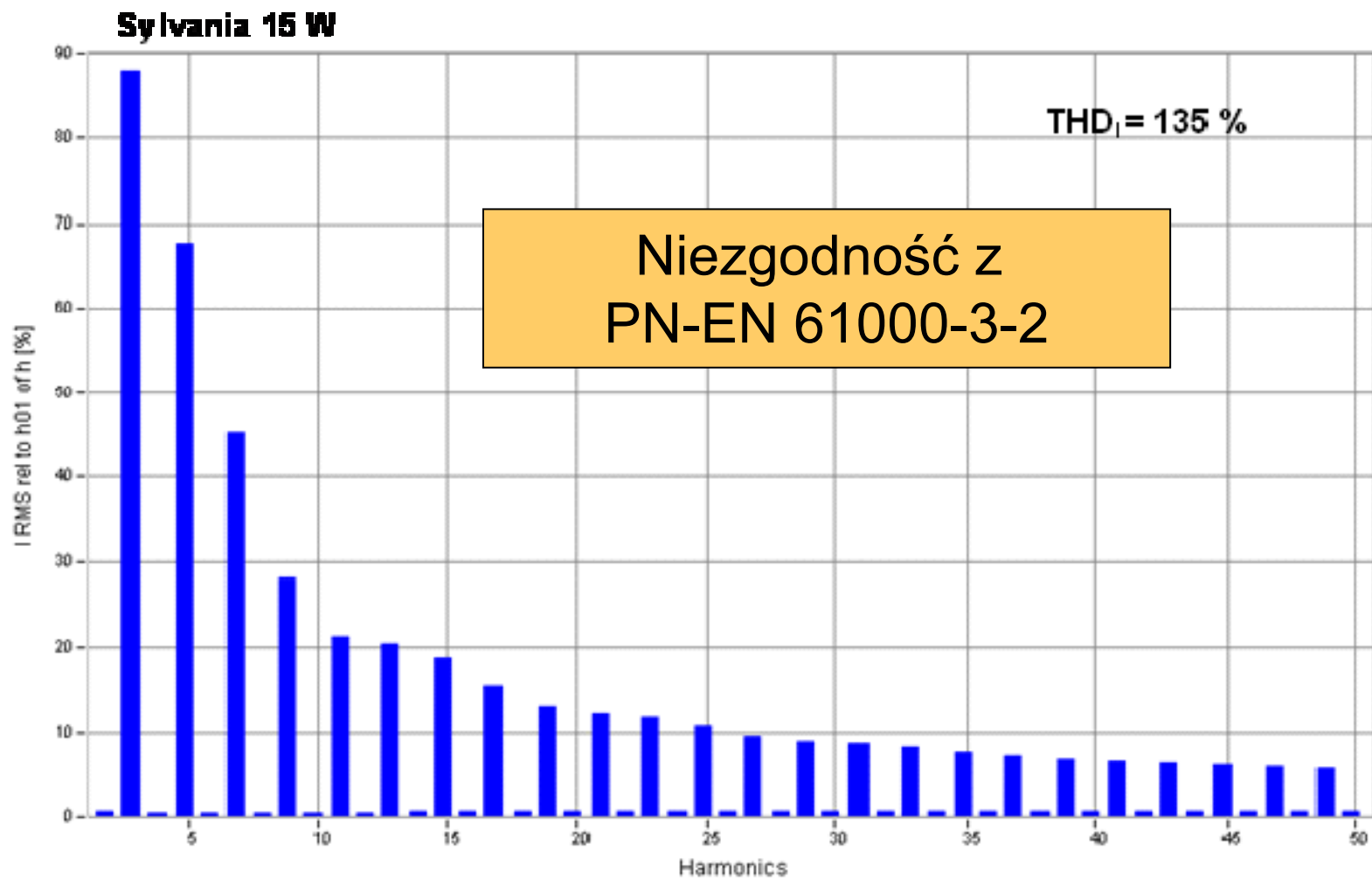
Emisja harmoniczných (LED i CFL)

Pollux 15 W



Sylvania 15 W







Emisja harmonicznych – program PELP

Poland Efficient Lighting Project

Ledbetter M., Pratt R., Gula A., Rudzki P., Hanzelka Z., Filipowicz M.,
Rudek R., Stana P., Puza A

Ocena możliwości odroczenia inwestycji sieciowych
poprzez obniżenie poboru mocy szczytowej w wyniku zastosowania
światełek kompaktowych.



Emisja harmonicznych – program PELP

Chel̩mno

(22 tyś mieszkańców)

100000 \$

Ełk

(54 tyś mieszkańców)

Name of Area	No. of CFLs
Chel̩mno Target Area: Parkowa 2 (P4)	5.36
All of Chel̩mno	1.82
Ełk Target Area: Zatorze	3.76
Ełk Target Area: Centrum	1.78
All of Ełk	1.10
Zywiec Target Area	9.66

Zywiec

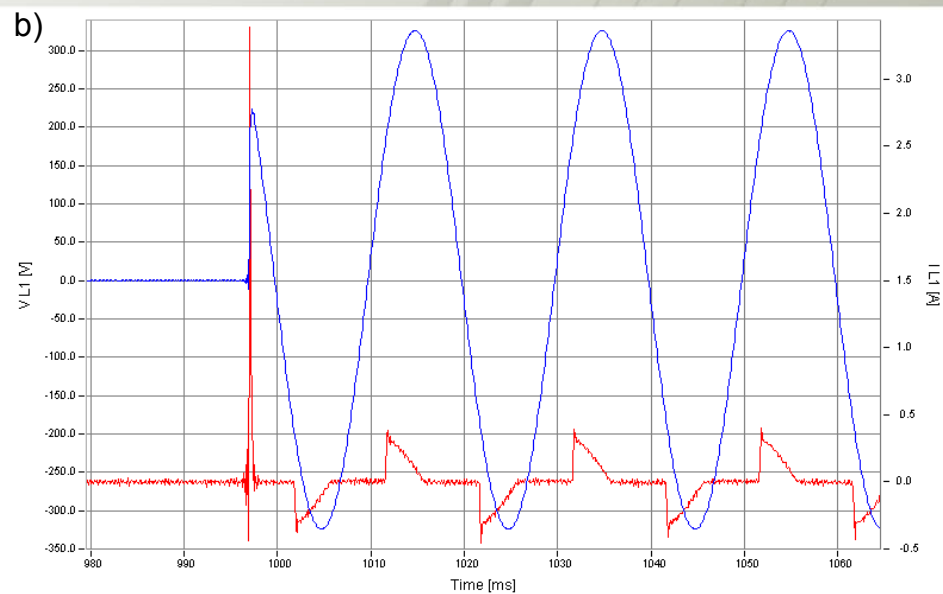
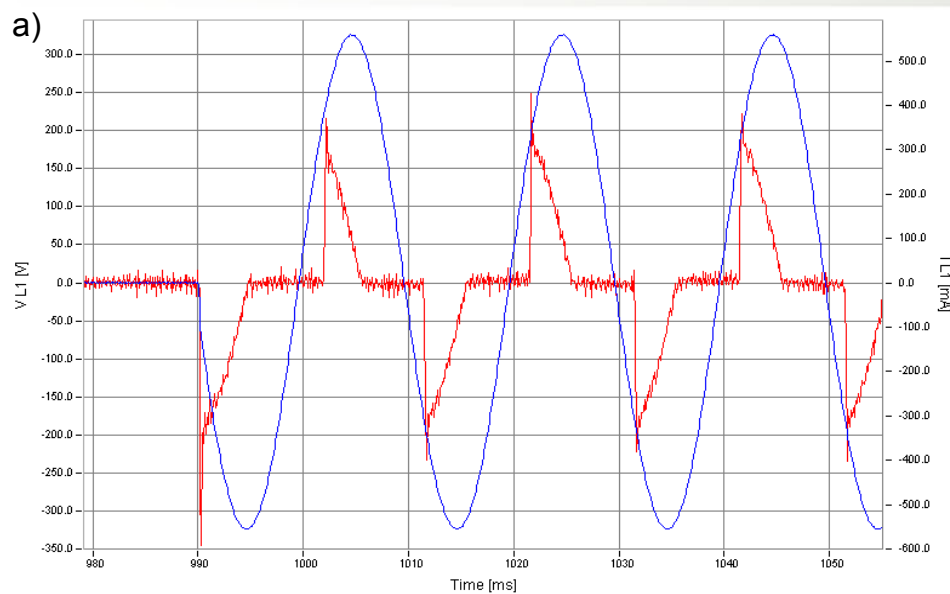
(34 tyś mieszkańców)



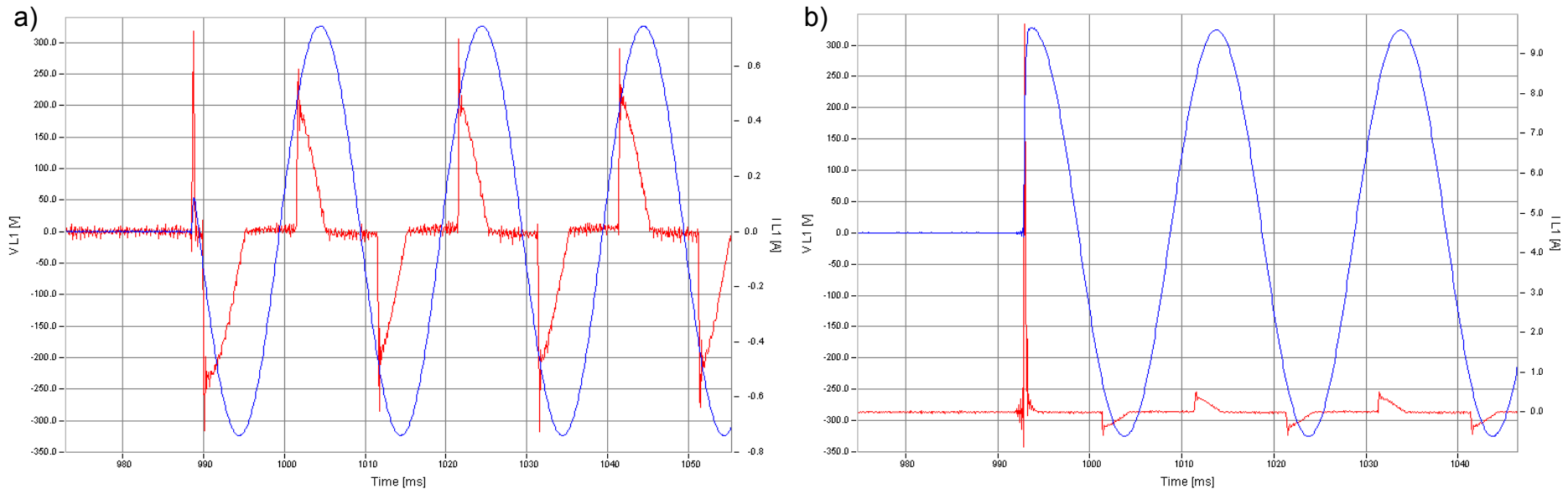
Emisja harmonicznych – program PELP

**Obniżenie wieczornego szczytowego obciążenia
sieci o 15-16%**

Brak ujemnego wpływu na THD_i



Przebiegi napięcia oraz prądu podczas załączania świetlówki Osram 14 W



Przebiegi napięcia oraz prądu załączania świetlówki General Electric 20 W

Prąd rozruchowy = 30–100 * prąd ustalony

Wytrzymałość na częste załączanie

Producent	Model	Typ	Moc znamionowa [W]	Ilość cykli on/off
Eco-light	DIY Button system	CFL	18	> 180 000
Eco-led	60 LED B60	LED	3	> 180 000
Eco-led	60 LED B60	LED	3	> 180 000
Eco-led	A19 Multichip	LED	7	> 180 000
Kanlux	Kali led36 E27-WW	LED	2	> 180 000
Matsushima		CFL	11	5 800 – 6 000
Matsushima		CFL	11	5 700 – 5 900
Matsushima		CFL	11	5 800 – 6 000
Matsushima		CFL	25	5 800 – 6 000
Osram	Energy Saver	CFL	14	> 180 000
Osram	LED Parathom Pro	LED	12	> 180 000



Podsumowanie części „energetycznej”

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że świetlówki kompaktowe oraz lampy LED posiadają 5-7 krotnie większą sprawność niż żarówka wolframowa

W związku z powyższym uzasadnione jest określanie ich mianem „energooszczędnych”

Posiadają one pewne negatywne własności, które są ceną większej energooszczędności

Wrażliwość źródeł światła na wahania napięcia zasilającego



Zjawisko migotania światła (*ang. flicker effect*)

Odnosi się do powtarzalnych zmian w natężeniu oświetlenia, skutkujących zmianami strumienia świetlnego źródła światła.

Wpływa istotnie na ograniczenie zdolności widzenia i zmęczenie organizmu. W skrajnych przypadkach może być przyczyną wypadków przy pracy.

Uciążliwość migotania światła zależy od kilku czynników:

- częstości zmian napięcia
- amplitudy zmian napięcia
- poziomu światła otoczenia
- rodzaju źródła światła

Mierzone źródła światła

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Tradycyjne żarówki	INC1	60	
	INC2	60	
Lampy halogenowe	H1	42	
	H2	53	
	H3	60	
Świetlówki kompaktowe	CFL1	9	
	CFL2	23	
	CFL3	24	
	CFL4	25	

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Świetlówki kompaktowe	CFL5	15	
	CFL6	24	
	CFL7	15	
	CFL8	18	do współpracy ze ściemniaczem
Lampy LED	LED1	7	high power LED
	LED2	12	high power LED
	LED3	4.5	wiele diod LED
	LED4	10	wiele diod LED
	LED5	4.5	wiele diod LED
	LED6	1.6	wiele diod LED
	LED7	12	high power LED
	LED8	2	LED smd

Mierzone źródła światła

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Tradycyjne żarówki	INC1	60	
	INC2	60	
Lampy halogenowe	H1	42	
	H2	53	
	H3	60	
Świetlówki kompaktowe	CFL1	9	
	CFL2	23	
	CFL3	24	
	CFL4	25	

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Świetlówki kompaktowe	CFL5	15	
	CFL6	24	
	CFL7	15	
	CFL8	18	do współpracy ze ściemniaczem
Lampy LED	LED1	7	high power LED
	LED2	12	high power LED
	LED3	4.5	wiele diod LED
	LED4	10	wiele diod LED
	LED5	4.5	wiele diod LED
	LED6	1.6	wiele diod LED
	LED7	12	high power LED
	LED8	2	LED smd

Mierzone źródła światła

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Tradycyjne żarówki	INC1	60	
	INC2	60	
Lampy halogenowe	H1	42	
	H2	53	
	H3	60	
Świetlówki kompaktowe	CFL1	9	
	CFL2	23	
	CFL3	24	
	CFL4	25	

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Świetlówki kompaktowe	CFL5	15	
	CFL6	24	
	CFL7	15	
	CFL8	18	do współpracy ze ściemniaczem
Lampy LED	LED1	7	high power LED
	LED2	12	high power LED
	LED3	4.5	wiele diod LED
	LED4	10	wiele diod LED
	LED5	4.5	wiele diod LED
	LED6	1.6	wiele diod LED
	LED7	12	high power LED
	LED8	2	LED smd

Mierzone źródła światła

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Tradycyjne żarówki	INC1	60	
	INC2	60	
Lampy halogenowe	H1	42	
	H2	53	
	H3	60	
Świetlówki kompaktowe	CFL1	9	
	CFL2	23	
	CFL3	24	
	CFL4	25	

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Świetlówki kompaktowe	CFL5	15	
	CFL6	24	
	CFL7	15	
	CFL8	18	do współpracy ze ściemniaczem
Lampy LED	LED1	7	high power LED
	LED2	12	high power LED
	LED3	4.5	wiele diod LED
	LED4	10	wiele diod LED
	LED5	4.5	wiele diod LED
	LED6	1.6	wiele diod LED
	LED7	12	high power LED
	LED8	2	LED smd

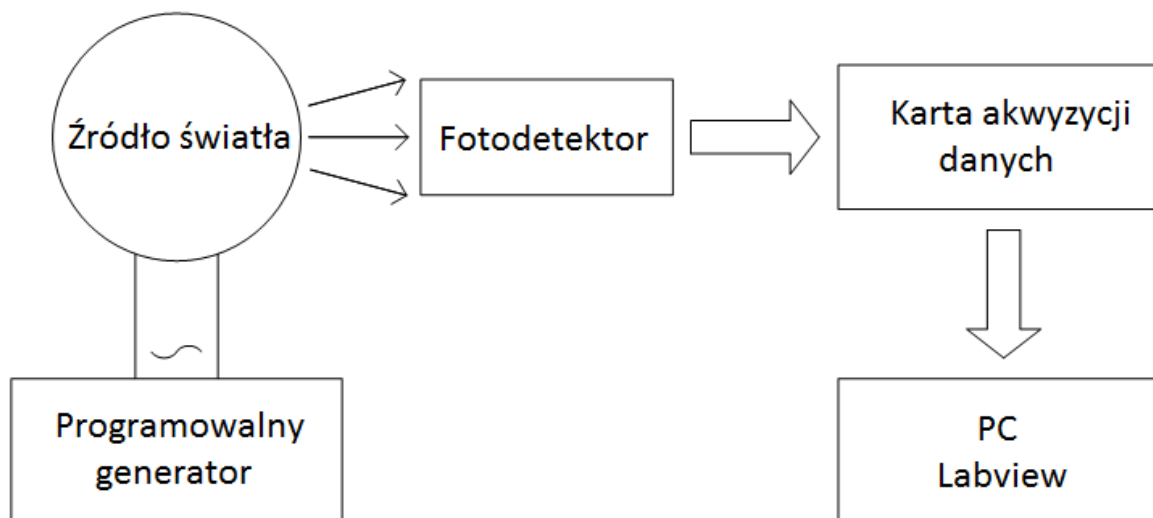
Mierzone źródła światła

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Tradycyjne żarówki	INC1	60	
	INC2	60	
Lampy halogenowe	H1	42	
	H2	53	
	H3	60	
Świetlówki kompaktowe	CFL1	9	
	CFL2	23	
	CFL3	24	
	CFL4	25	

Rodzaj	Symbol	Moc [W]	Informacje dodatkowe
Świetlówki kompaktowe	CFL5	15	
	CFL6	24	
	CFL7	15	
	CFL8	18	do współpracy ze ściemniaczem
Lampy LED	LED1	7	high power LED
	LED2	12	high power LED
	LED3	4.5	wiele diod LED
	LED4	10	wiele diod LED
	LED5	4.5	wiele diod LED
	LED6	1.6	wiele diod LED
	LED7	12	high power LED
	LED8	2	LED smd

Metoda oceny

Opiera się na analizie Fouriera sygnału strumienia świetlnego



Metoda oceny

Opiera się na analizie Fouriera sygnału strumienia świetlnego

Źródło zasilania		Strumień świetlny
50 Hz		DC + 100 Hz

Metoda oceny

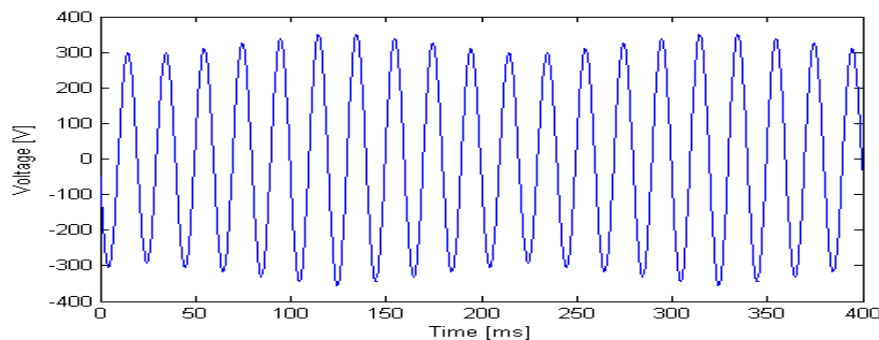
Opiera się na analizie Fouriera sygnału strumienia świetlnego

Źródło zasilania		Natężenie światła
50 Hz		DC + 100 Hz
50 Hz + f_{mod}		DC + 100 Hz + f_{mod}

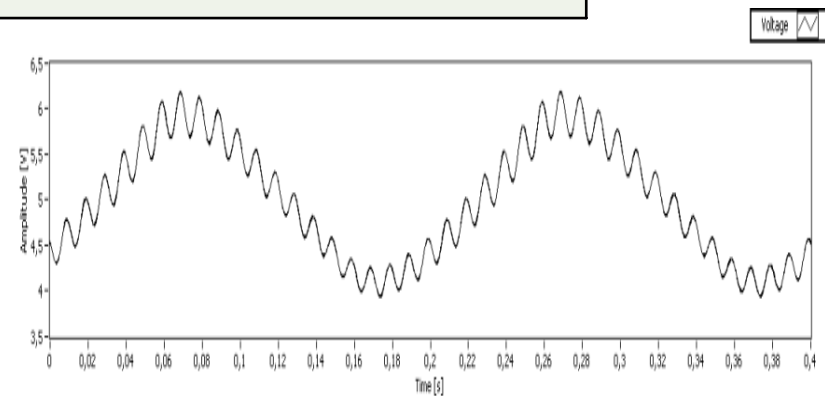
Metoda oceny

Opiera się na analizie Fouriera sygnału strumienia świetlnego

Źródło zasilania		Strumień świetlny
50 Hz		DC + 100 Hz
50 Hz + f_{mod}		DC + 100 Hz + f_{mod}

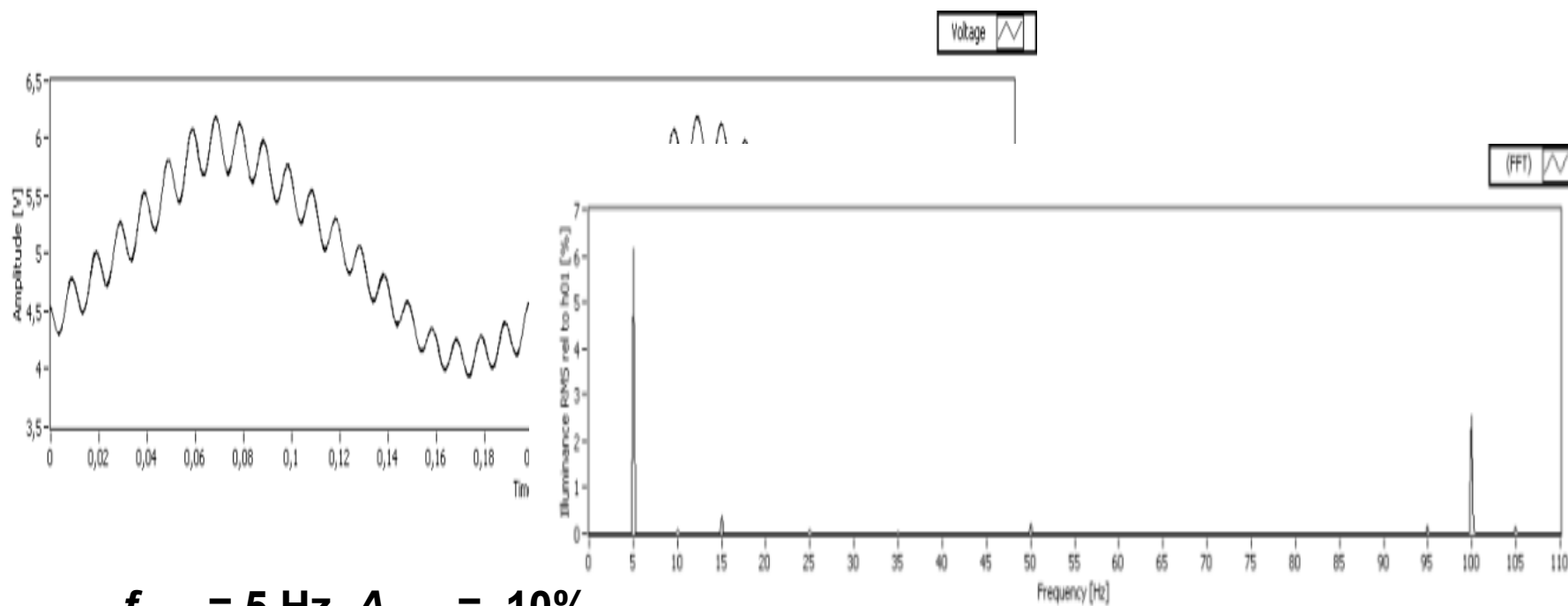


$$f_{mod} = 5 \text{ Hz}, A_{mod} = 10\%$$



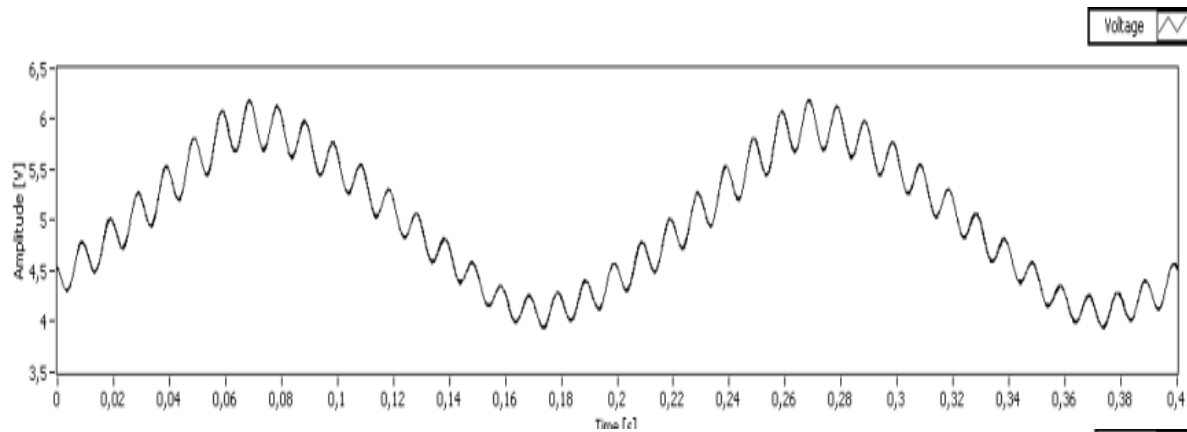
Metoda oceny

Źródło zasilania		Strumień świetlny
50 Hz + f_{mod}		DC + 100 Hz + f_{mod}



$$f_{mod} = 5 \text{ Hz}, A_{mod} = 10\%$$

Metoda oceny - wskaźnik $L_r(f_m)$

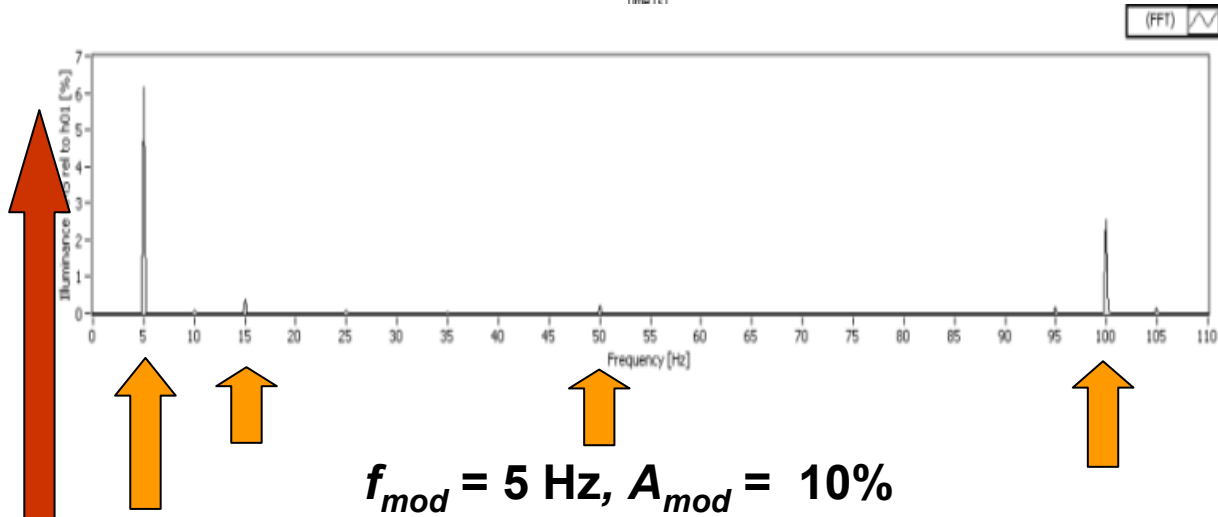


$$L_r(f_m) = \frac{L_{f_m}}{L_{av}} \times 100$$

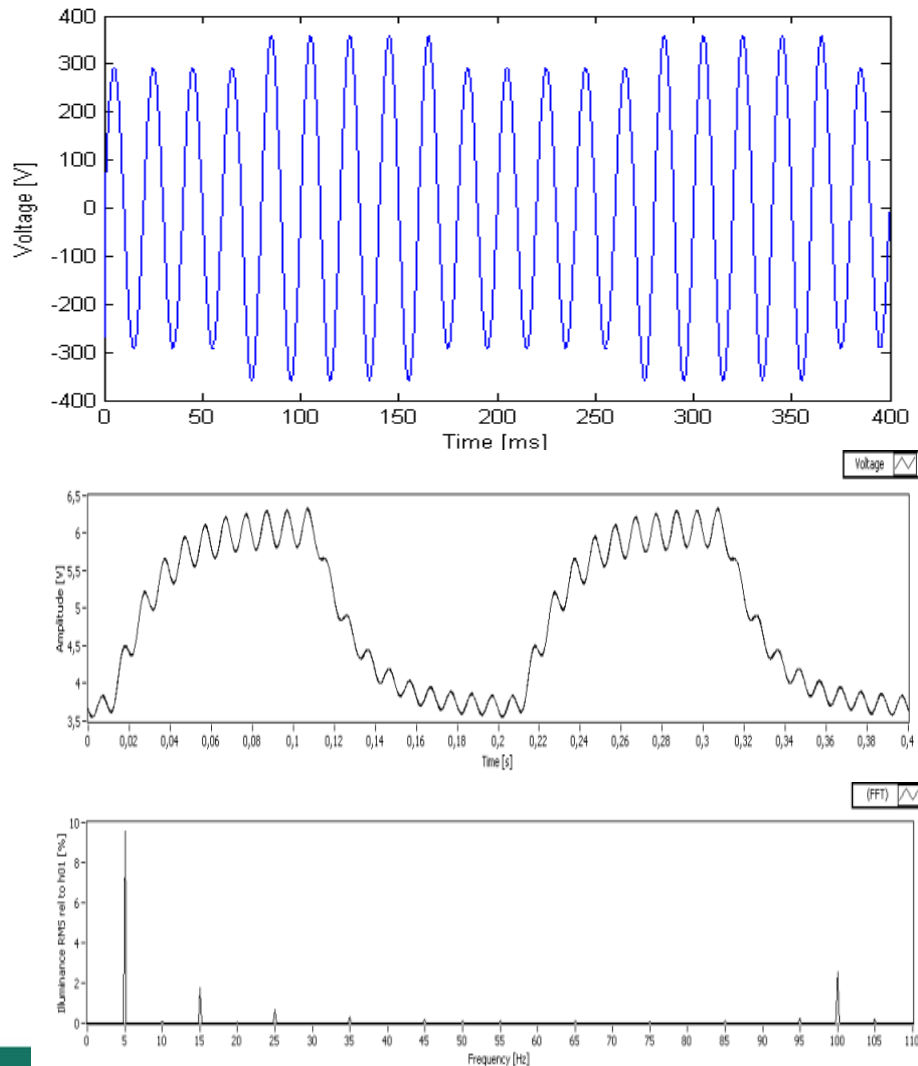
$L_r(f_m)$ – wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego

L_{f_m} – wartość składowej f_m w strumieniu świetlnym lampy

L_{av} – wartość średnia strumienia świetlnego lampy



Metoda oceny - wskaźnik $L_r(f_m)$



$$L_r(f_m) = \frac{L_{f_m}}{L_{av}} \times 100$$

$L_r(f_m)$ – wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego

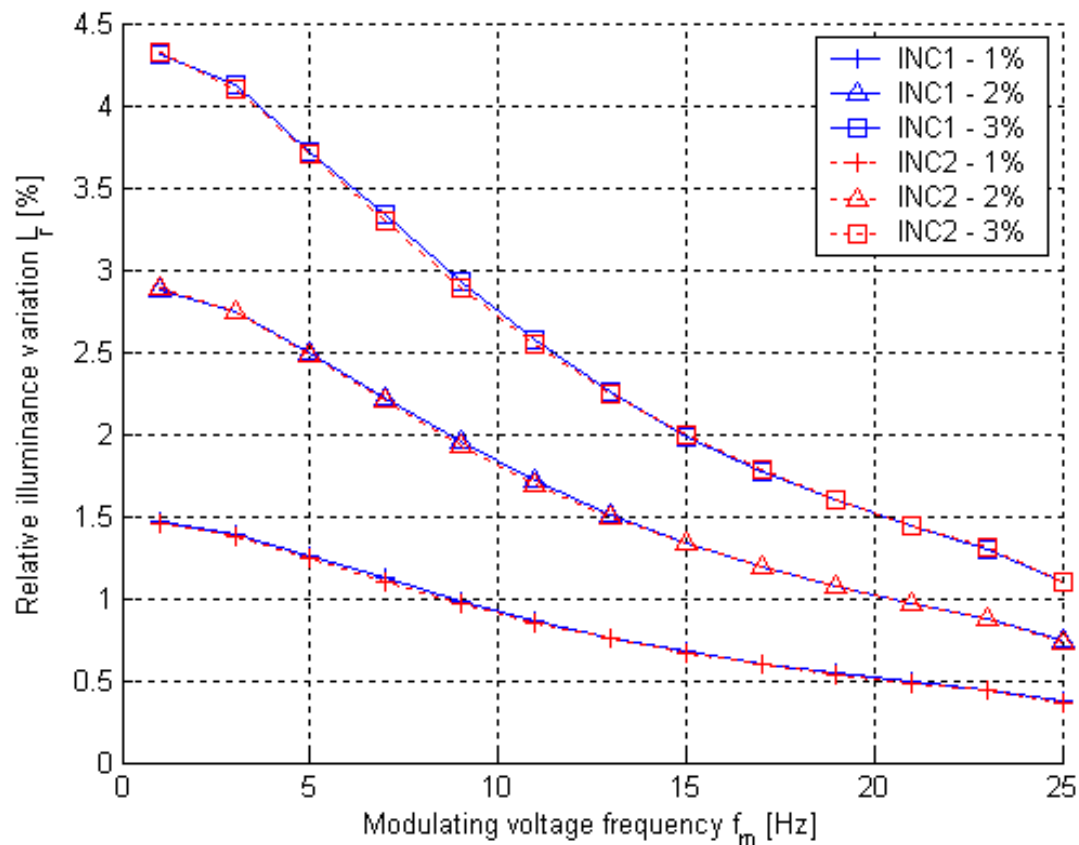
L_{f_m} – wartość składowej f_m w strumieniu świetlnym lampy

L_{av} – wartość średnia strumienia świetlnego lampy

$$f_{mod} = 5 \text{ Hz}, A_{mod} = 10\%$$

Wyniki pomiarów

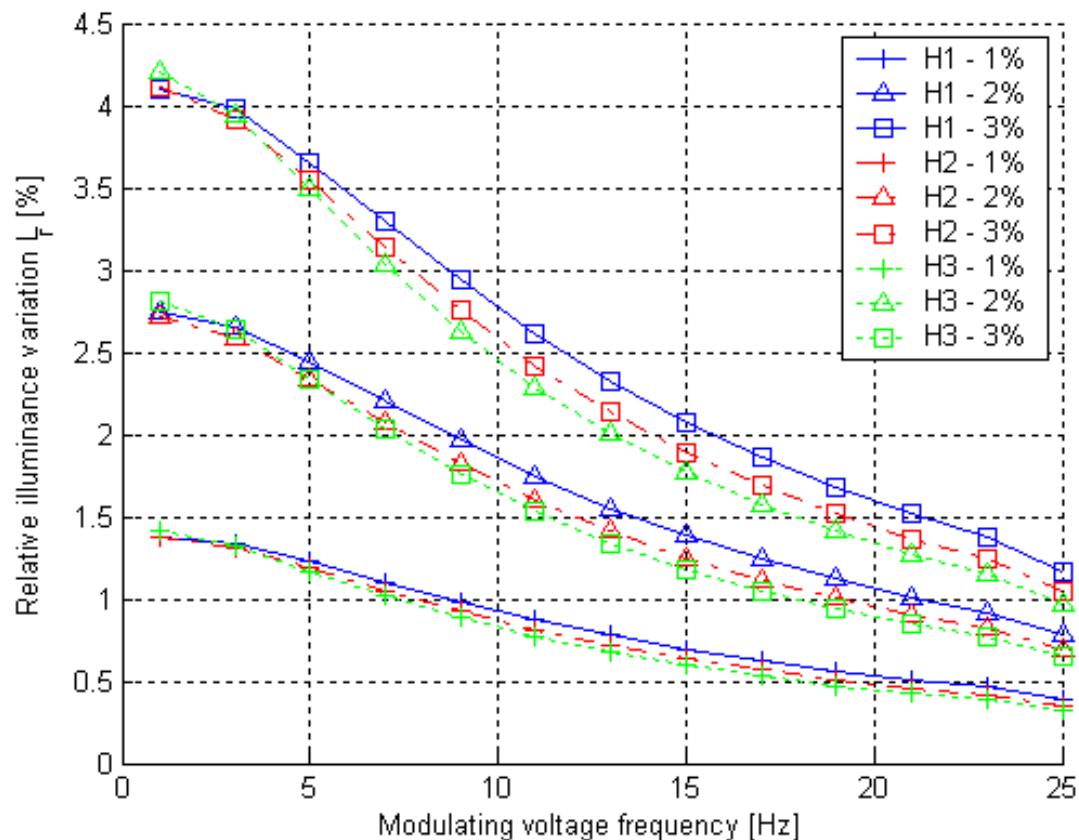
1.1. Modulacja sinusoidalna – żarówki



	$L_r(f_m)$ [%], dla $A_{mod} = 3\%$		
Źródło światła	1 Hz	13 Hz	25 Hz
Żarówka	4.35	2.25	1.10

Wyniki pomiarów

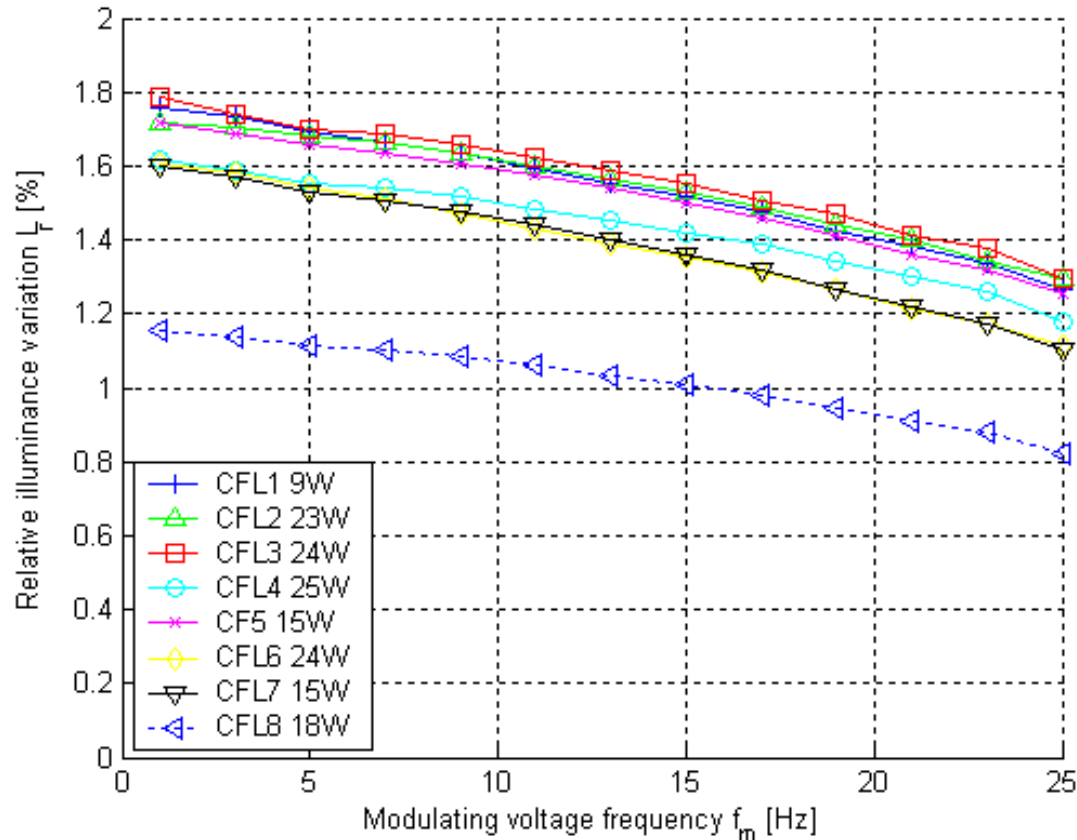
1.2. Modulacja sinusoidalna – lampy halogenowe



	$L_r(f_m)$ [%], dla $A_{mod} = 3\%$		
Źródło światła	1 Hz	13 Hz	25 Hz
Żarówka	4.35	2.25	1.10
Halogen	4.15	2.20	1.05

Wyniki pomiarów

1.3. Modulacja sinusoidalna – świetlówki kompaktowe

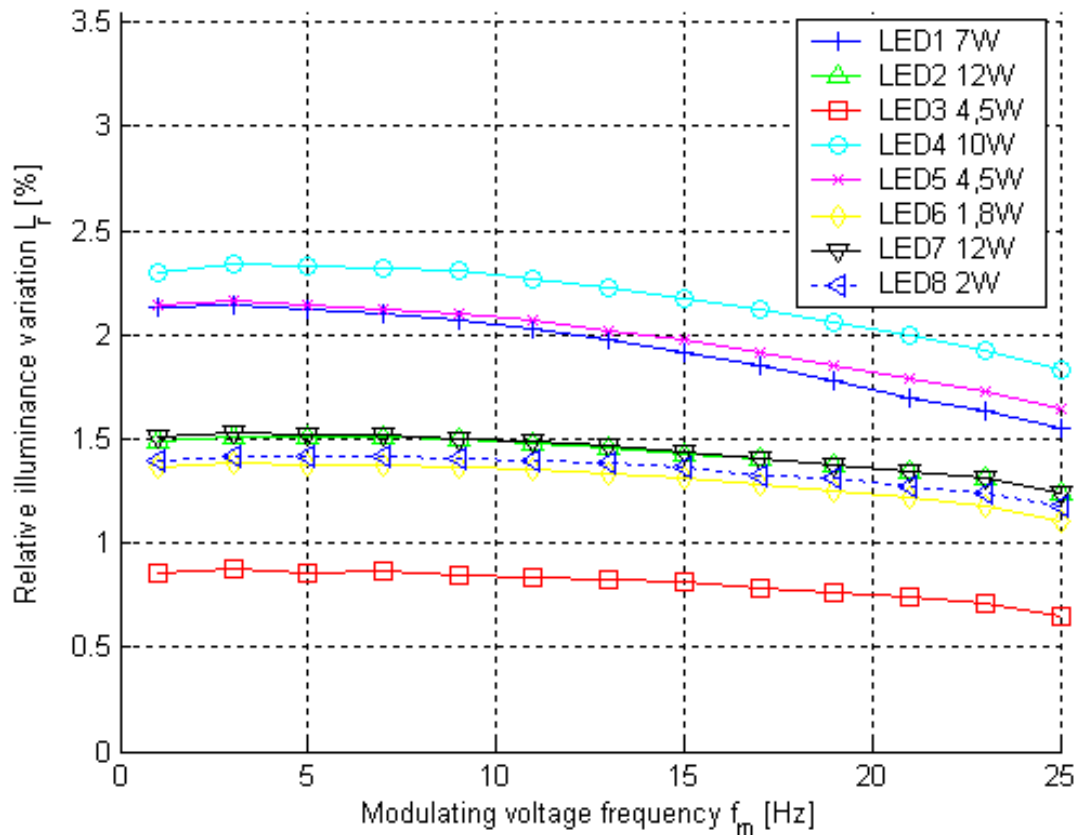


$$A_{mod} = 3 \%$$

	$L_r(f_m)$ [%], dla $A_{mod} = 3 \%$		
Źródło światła	1 Hz	13 Hz	25 Hz
INC	4.35	2.25	1.10
Halogen	4.15	2.20	1.05
CFL	1.73	1.57	1.21

Wyniki pomiarów

1.4. Modulacja sinusoidalna – lampy LED



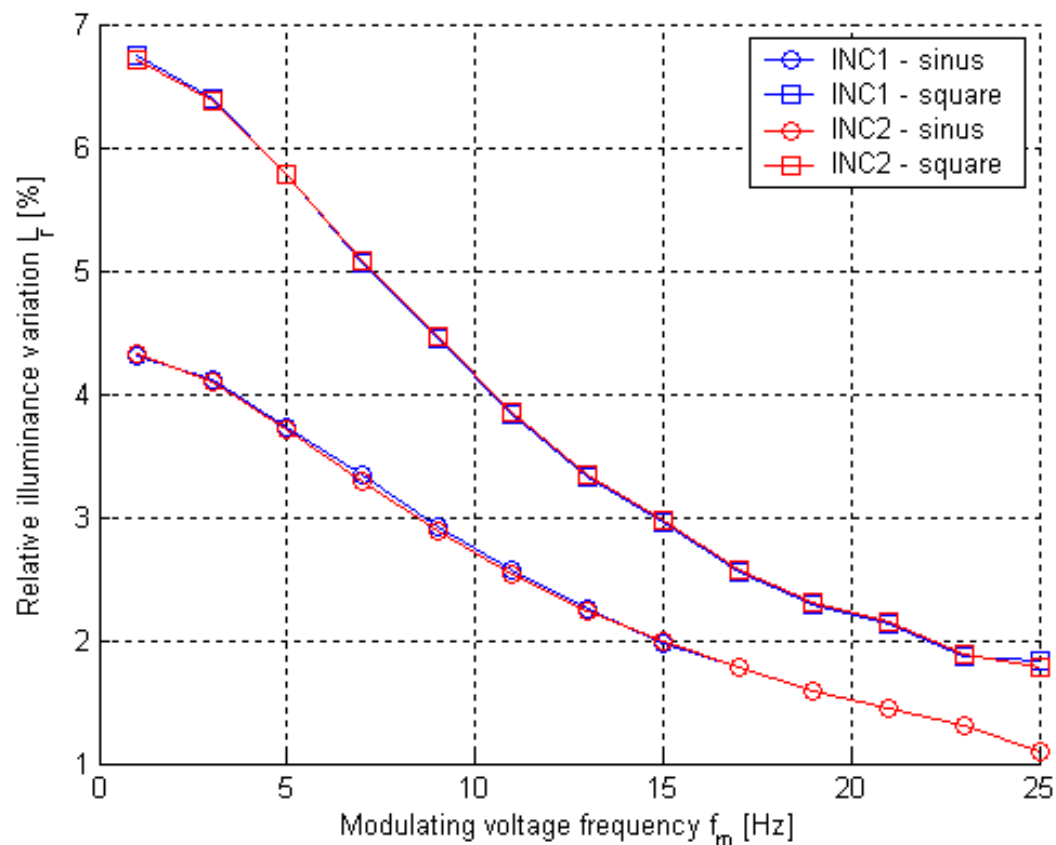
$A_{mod} = 3 \%$

	$L_r(f_m)$ [%], dla $A_{mod} = 3 \%$		
Źródło światła	1 Hz	13 Hz	25 Hz
Żarówka	4.35	2.25	1.10
Halogen	4.15	2.20	1.05
CFL	1.73	1.57	1.21
LED	1.58	1.57	1.40

Lampy LED – duże różnice przebiegów

Wyniki pomiarów

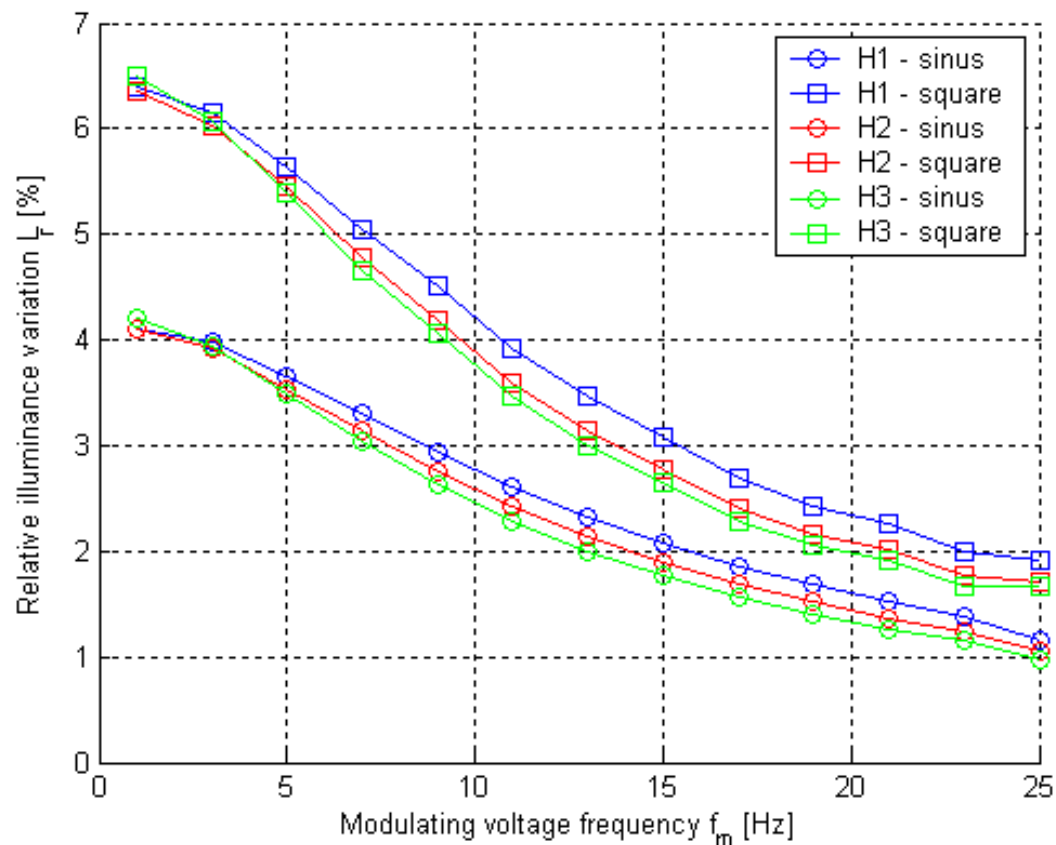
2.1. Modulacja sinusoidalna vs prostokątna – żarówki



Źródło światła	Wzrost wartości wskaźnika $L_r(f_m)$ [%]
Żarówka	51.3

Wyniki pomiarów

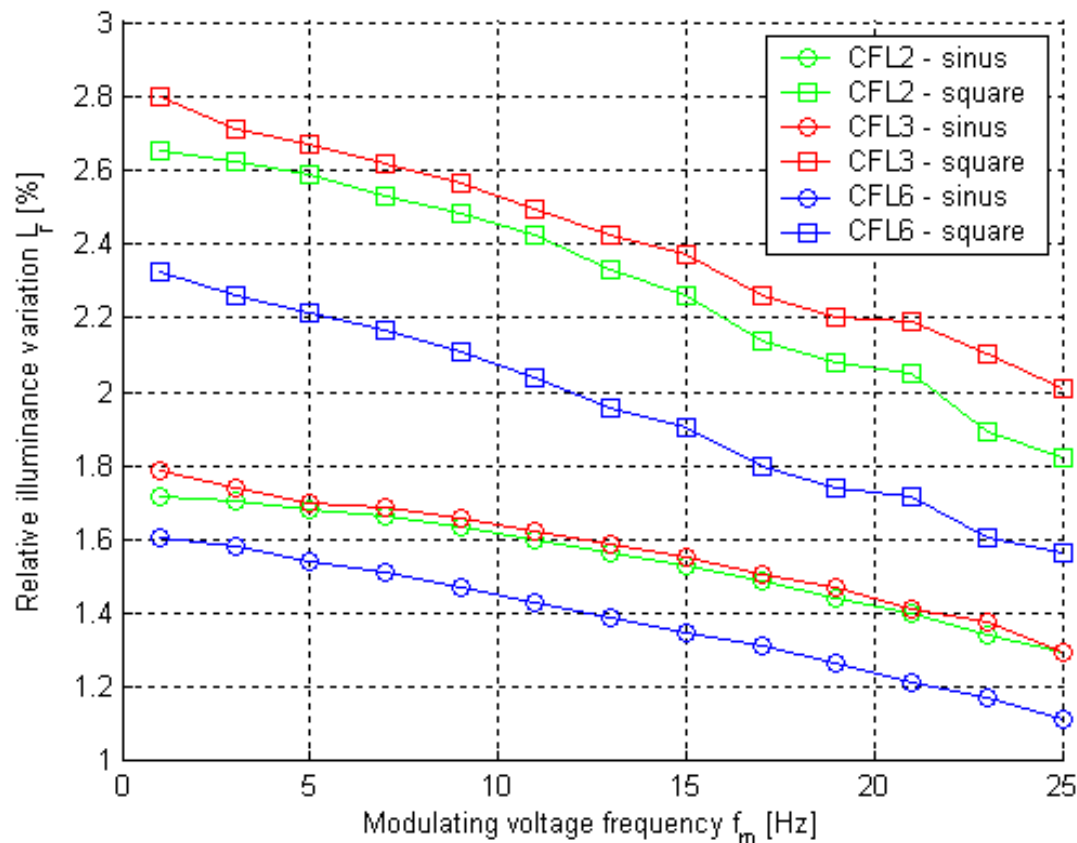
2.2. Modulacja sinusoidalna vs prostokątna – lampy halogenowe



Źródło światła	Wzrost wartości wskaźnika $L_r(f_m)$ [%]
Żarówka	51.3
Halogen	51.1

Wyniki pomiarów

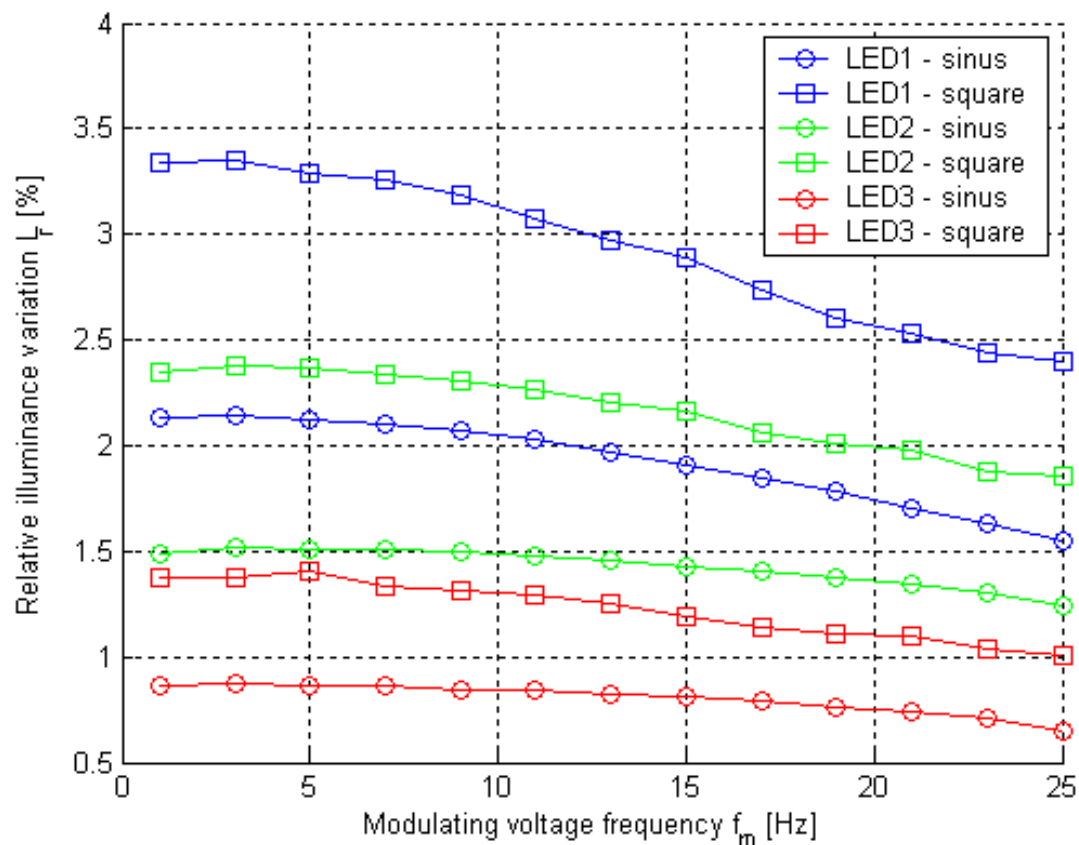
2.1. Modulacja sinusoidalna vs prostokątna – CFL



Źródło światła	Wzrost wartości wskaźnika $L_r(f_m)$ [%]
Żarówka	51.3
Halogen	51.1
CFL	47.9

Wyniki pomiarów

2.1. Modulacja sinusoidalna vs prostokątna – lampyLED



Źródło światła	Wzrost wartości wskaźnika $L_r(f_m)$ [%]
Żarówka	51.3
Halogen	51.1
CFL	47.9
LED	52.1

Wyniki pomiarów

3. Jednostkowy wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego $L_{unit}(f_m)$



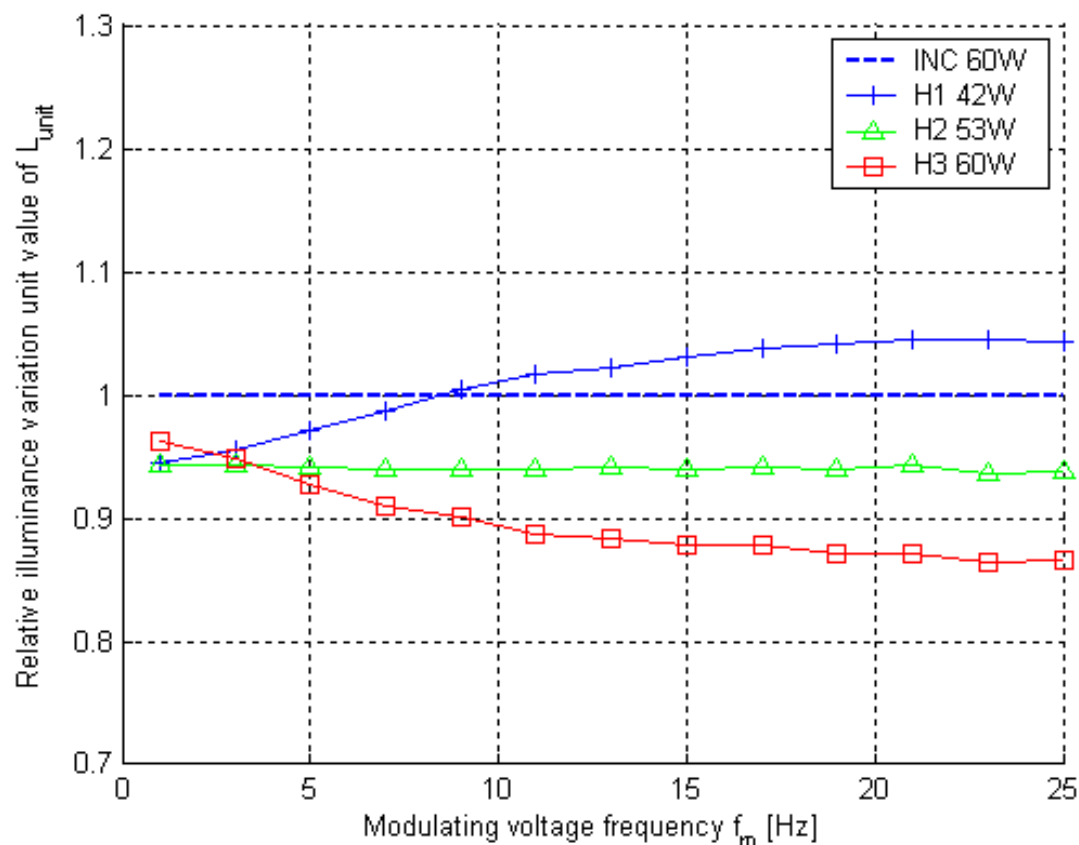
$$L_{unit}(f_m) = \frac{L_r(f_m)}{L_b(f_m)} \times 100$$

$L_r(f_m)$ – wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego badanej lampy

$L_b(f_m)$ – wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego żarówki 60 W

Wyniki pomiarów

3.1. Jednostkowy wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego $L_{unit}(f_m)$



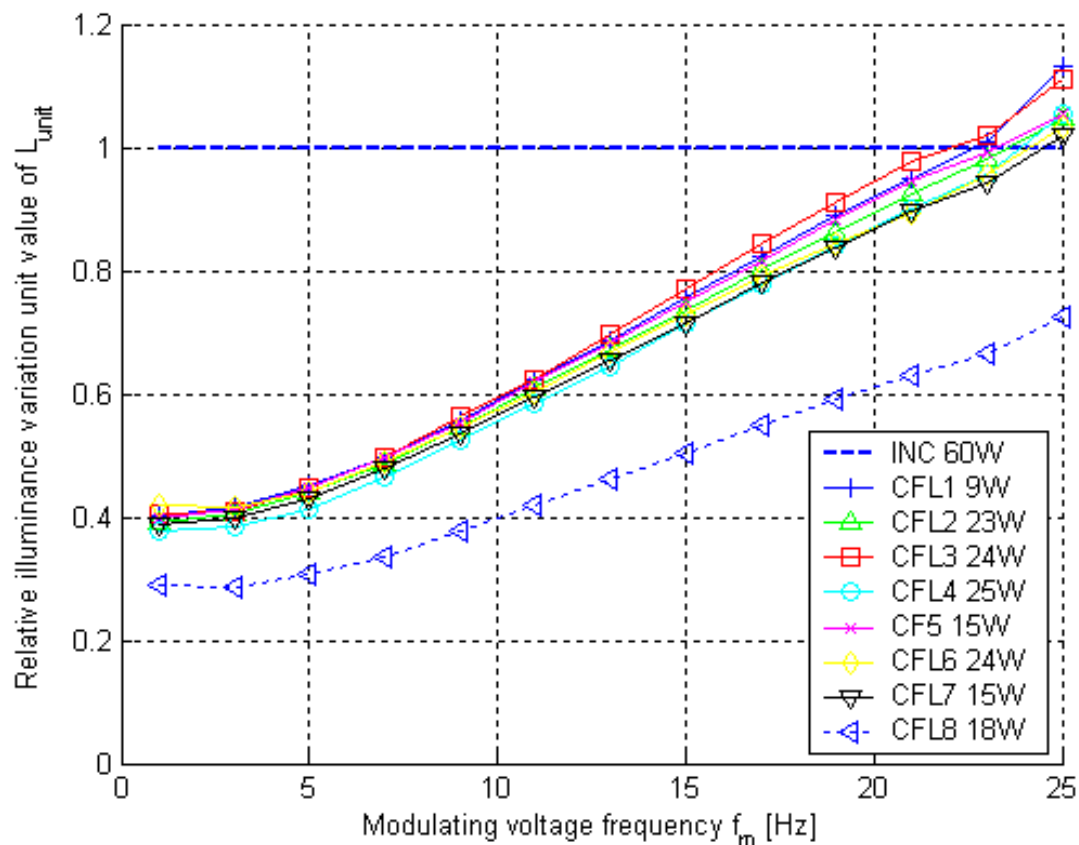
Charakterystyki lamp halogenowych są zbliżone do charakterystyk żarówek

H1 – jest mniej wrażliwy na zmiany napięcia od żarówek w zakresie f_{mod} mniejszej od 9 Hz

H2 oraz H3 są mniej wrażliwe na zmiany napięcia w całym rozważanym zakresie częstotliwości (0 – 25 Hz)

Wyniki pomiarów

3.2. Jednostkowy wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego $L_{unit}(f_m)$

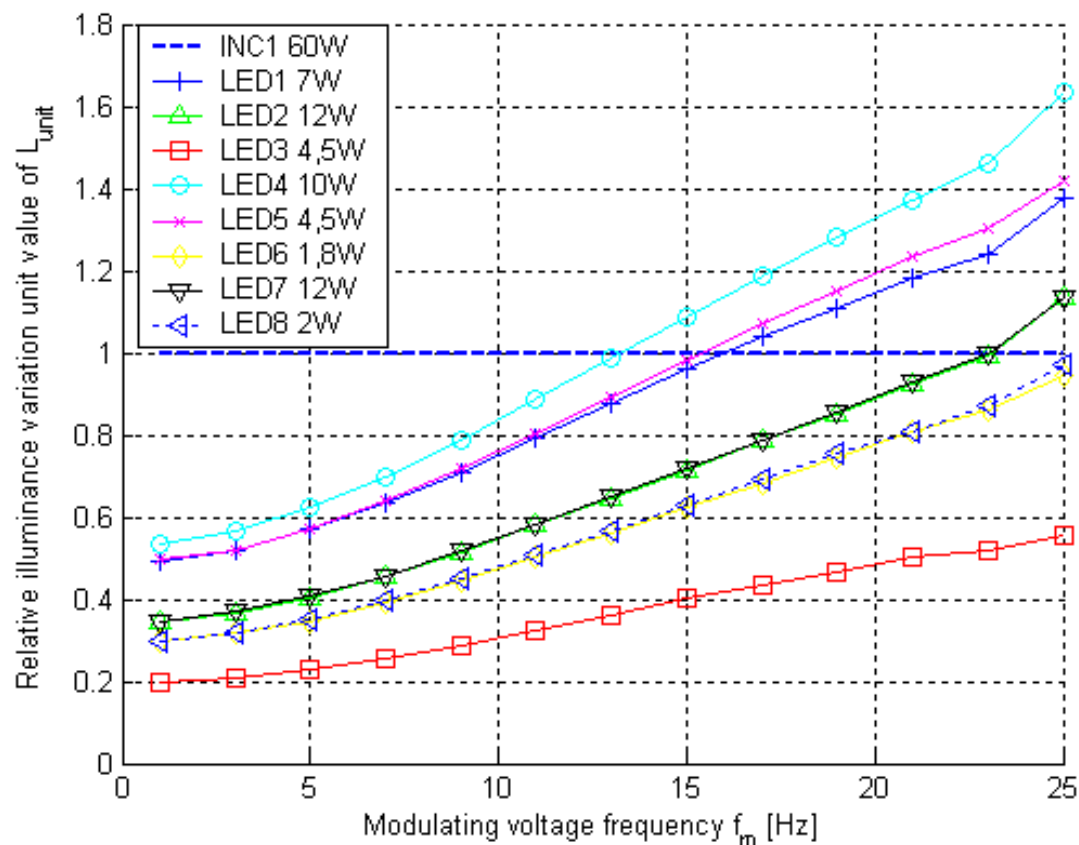


Świetlówki kompaktowe są przeważnie mniej wrażliwe na zmiany napięcia niż żarówki

Dla pewnych częstotliwości powyższe zdanie nie ma racji

Wyniki pomiarów

3.3. Jednostkowy wskaźnik względnej zmiany strumienia świetlnego $L_{unit}(f_m)$



Znaczny rozrzut przebiegów

Ocena powinna dotyczyć każdej jednostki oddzielnie



Wnioski

Najbardziej czułymi na efekt migotania światła są żarowe źródła światła (włączając lampy halogenowe)

W przypadku świetlówek kompaktowych zjawisko migotania światła jest przeważnie mniej odczuwalne niż wśród źródeł żarowych. Wraz ze wzrostem częstotliwości do 25 Hz różnica między nimi maleje do zera

Jednoznaczna ocena czułości lamp LED nie jest możliwa z uwagi na duży rozrzut zmierzonych wartości



Wnioski

Najbardziej czułymi na efekt migotania światła są żarowe źródła światła (włączając lampy halogenowe)

W przypadku świetlówek kompaktowych zjawisko migotania światła jest przeważnie mniej odczuwalne niż wśród źródeł żarowych. Wraz ze wzrostem częstotliwości do 25 Hz różnica między nimi maleje do zera

Jednoznaczna ocena czułości lamp LED nie jest możliwa z uwagi na duży rozrzut zmierzonych wartości



Wnioski

Najbardziej czułymi na efekt migotania światła są żarowe źródła światła (włączając lampy halogenowe)

W przypadku świetlówek kompaktowych zjawisko migotania światła jest przeważnie mniej odczuwalne niż wśród źródeł żarowych. Wraz ze wzrostem częstotliwości do 25 Hz różnica między nimi maleje do zera

Jednoznaczna ocena czułości lamp LED nie jest możliwa z uwagi na duży rozrzut zmierzonych wartości



Wnioski

Najbardziej czułymi na efekt migotania światła są żarowe źródła światła (włączając lampy halogenowe)

W przypadku świetlówek kompaktowych zjawisko migotania światła jest przeważnie mniej odczuwalne niż wśród źródeł żarowych. Wraz ze wzrostem częstotliwości do 25 Hz różnica między nimi maleje do zera

Jednoznaczna ocena czułości lamp LED nie jest możliwa z uwagi na duży rozrzut zmierzonych wartości

- Commission Regulation (EC) No 244/2009 of 18 March 2009
- R. Cai, J.F.G. Cobben, J.M.A. Myrzik, J.H. Blom, W.L. Kling, "*Flicker responses of different lamp types*" IET Gener. Transm. Distrib., 2009, Vol. 3, Iss. 9, pp. 816-824.
- K. Chmielowiec, P. Seredyński, K. Szałwia, "*Compact fluorescent lamps as electric appliances*" (in Polish), Elektro.info 4/2011, pp. 82-87.
- M. Górczewska, A. Gandecki, W. Kędziora, M. Zalesińska, "*Comparative study of integrated type compact fluorescent lamps*" (in Polish), Przegląd Elektrotechniczny R. 80 NR 5/2004
- IEC 61000-3-3 Electromagnetic compatibility (EMC): Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection.
- IEC 61000-3-3 Electromagnetic compatibility (EMC): Limits - Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A.
- IEC 61000-4-15 Electromagnetic compatibility (EMC): Testing and measurement techniques - Flickermeter - Functional and design specifications.



Dziękuję za uwagę