

**POLITECHNIKA**



**BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ**



**INŻYNIERII**

**ZARZĄDZANIA**

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

*Systemy pomiarowe*

Kod przedmiotu: KS04515, KN04515

**Ćwiczenie Nr 5**

**WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYKI  
PRZETWARZANIA CZUJNIKA  
SERVODAN**

Autor:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2022

str. 1

*Wszystkie prawa zastrzeżone*

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.

**Cel ćwiczenia:** celem ćwiczenia jest zapoznanie się studentów z budową i zasadą działania czujników do pomiaru natężenia oświetlenia oraz metodami wyznaczania charakterystyki przetwarzania wybranego typu czujnika.

## 1. WPROWADZENIE

Rozwój technologiczny powoduje konieczność stosowania nowych metod i technik pomiarów parametrów oświetlenia. Dotyczy to oświetlenia stanowisk pracy, przestrzeni roboczej czy też pomieszczeń użyteczności publicznej. Do poprawnego pomiaru, akwizycji i regulacji parametrów oświetlenia niezbędna jest znajomość charakterystyk przetwarzania pierwotnych czujników pomiaru tych wielkości. Zadaniem techniki świetlnej jest analiza i rozwiązywanie zagadnień związanych z wytwarzaniem światła i formułowaniem rozsyłu, pomiarami światła i oświetlenia, a także stosowaniem oświetlenia w celu prawidłowej interpretacji otoczenia. Technika świetlna posiada swój własny układ jednostek i wielkości, które są nazwane wielkościami fotometrycznymi (tabela 1).

Tabela 1. Podstawowe wielkości i jednostki techniki świetlnej

Wielkość	Symbol	Jednostka
Luminacja	L	cd/m <sup>2</sup>
Strumień świetlny	Φ	lm
Skuteczność świetlna	η	lm/W
Światłość	I	cd
Natężenie oświetlenia	E	lx

Źródło:

**Luminancja** jest umowną i techniczną miarą jaskrawości, czyli pewnej właściwości wrażenia wzrokowego. Wartość luminancji jest przybliżoną miarą intensywności wrażeń świetlnych. Stąd luminancja jest stosunkiem światłości elementu odbijającego, świecącego bądź przepuszczającego światło w podanym kierunku do pola powierzchni tego elementu:

$$L = \frac{I}{S},$$

gdzie:

$I$ -światłość;

$S$  - powierzchnia pozorna świecącej powierzchni widziana przez obserwatora.

**Strumień świetlny  $\Phi$**  jest jedną z ważniejszych wielkości fotometrycznych:

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda} V_\lambda d\lambda ,$$

gdzie:

$K_m$  - fotometryczny równoważnik promieniowania;

$\Phi_{e,\lambda}$  - rozkład widmowy strumienia energetycznego;

$V_\lambda$  – względna skuteczność świetlna promieniowania monochromatycznego;

$d\lambda$  – długość fali elektromagnetycznej.

Lumen (lm) jest jednostką miary strumienia świetlnego, określającego ilość światła emitowanego przez dane źródło światła. Jeden lumen to jednostkowy strumień świetlny dostarczany w jednostkowy kąt bryłowy (1 steradian) przez punktowe źródło światła o światłości 1 kandeli:

$$[\Phi] = cd * sr = lm.$$

**Maksymalna skuteczność świetlna** jest to iloraz strumienia świetlnego do odpowiedniego strumienia energetycznego dla długości fali odpowiadającej największej czułości. Jeśli strumień świetlny mierzy się w lumenach, a strumień energetyczny w watach to  $K_m$  przyjmuje wartość:

$$K_m = 683 \frac{lm}{W}.$$

**Światłość** jest definiowana jako iloraz elementarnego strumienia świetlnego wypromieniowanego przez punktowe źródło światła bądź element świecącej powierzchni do kąta bryłowego obejmującego kierunek promieniowania:

$$I(C, \gamma) = \frac{d\Phi}{d\omega},$$

gdzie:

$I$ - światłość;

$d\Phi$  - elementarny strumień świetlny wypromieniowany przez punktowe źródło światła lub element świecącej powierzchni;

$d\omega$  - kąt bryłowy obejmującego kierunek promieniowania.

**Skuteczność świetlna** jest to stosunek strumienia świetlnego wytwarzanego przez źródło do mocy całkowitej układu  $P$ :

$$\eta = \frac{\Phi}{P},$$

gdzie:

$\eta$ -skuteczność świetlna;

$\Phi$ -strumień świetlny;

$P$ -moc znamionowa.

**Natężenie oświetlenia** jest ilorazem elementarnej wartości strumienia świetlnego padającej na daną powierzchnię, która jest elementarnym otoczeniem danego punktu:

$$E = \frac{d\Phi}{dS},$$

gdzie:

$E$  – natężenie oświetlenia;

$d\Phi$  –strumień świetlny;

$dS$ - powierzchnia.

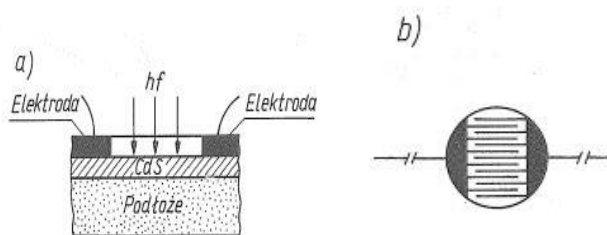
Tabela 2. Przykładowe wartości natężenia oświetlenia w zależności od źródła

<b>Źródło światła</b>	<b>Natężenie oświetlenia [lx]</b>
Światło księżyca	1
Słabe oświetlenie uliczne	10
Miejsce pracy źle oświetlone	100
Miejsce pracy dobrze oświetlone	1000
Stół w sali operacyjnej	10000
Bezchmurny letni dzień	100000

Jedną z najczęściej mierzonych wartości oświetleniowych jest natężenie oświetlenia. Pomiar natężenia prowadzone są w prostym układzie pomiarowym, ponieważ właściwością fotoogniwa jest proporcjonalność prądu fotoelektrycznego do natężenia oświetlenia na powierzchni światłoczułej fotoogniwa. Dokonuje się go przy użyciu miernika zwanego luksomierzem.

str. 5

Podstawą budowy luksomierza jest czujnik oraz wzmacniacz wyposażony w wyświetlacz służący do odczytu wyników pomiarowych. Umieszczenie czujnika w oddaleniu od wyświetlacza daje szansę wykonywania pomiarów w sposób bardziej precyzyjny i wygodny. Obecnie produkowane są luksomierze, których podstawą jest fotoogniwo krzemowe. Innym urządzeniem służącym do pomiarów natężenia oświetlenia jest fotometr wzorcowy wykalibrowany na pomiar natężenia oświetlenia. Fotometry dzieli się na wizualne i obiektywne. Fotometr wizualny dokonuje pomiarów światłości źródeł poprzez porównanie oświetlenia dwóch powierzchni, np. ekranu ze źródłem wzorcowym i źródłem badanym. W fotometrze obiektywnym, jako odbiorniki promieniowania stosuje się zazwyczaj fotoogniwa, fotodiody, fotorezystory, uzyskuje zależność prądu elektrycznego płynącego przez układ pomiarowy od wielkości strumienia świetlnego.



Rys. 1. Fotorezystor: a) budowa, b) grzbietowy kształt elektrod

Źródło: A.Chwaleba, B. Moeschke, G. Płoszajski, *Elektronika*, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1999

Fotorezystory (rys..1) są zbudowane z napyłonej na podłoże izolujące cienkiej warstwy półprzewodnika - przeważnie paska w kształcie meandra. Jako materiał półprzewodnikowy fotorezystorów stosuje się wieloskładnikowe półprzewodniki takie, jak np. siarczek ołowiu (PbS), siarczek kadmu (CdS), selenek ołowiu (PbSe), selenek kadmu (CdSe), tellurek ołowiu (PbTe) czy tellurek kadmu (CdTe). Obudowa fotorezystora zabezpieczona zostaje osłoną ze szkła lub za pomocą przezroczystego tworzywa sztucznego. Charakterystyczną cechą fotorezystorów jest ich niezależność od polaryzacji. Wartość ich rezystancji

maleje wraz ze wzrostem oświetlenia. Zaletą jest prosty układ pomiarowy. Fotorezystory nie należą do elementów szybko reagujących. Czas tej reakcji wynosi od kilku mikrosekund do nawet kilkudziesięciu milisekund. Długotrwałe oświetlenie powoduje, że na elemencie utrzymuje się większa wartość fotorezystancji niż w przypadku, gdy element znajdował się w ciemności. Wadą fotorezystorów wrażliwość na temperaturę. Zaletą jest to, że są one konstruowane z materiałów o czułości widmowej, w której maksimum osiągają w szerokim przedziale widm elektromagnetycznych.

Na rysunku 2 przedstawiony jest widok luksomierza LX-105, a w tabeli 2 - jego dane techniczne.



Rys. 2. Widok luksomierza LX-105

Źródło: [https://ndn.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=144](https://ndn.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id_attachment=144) (17.02.2018)

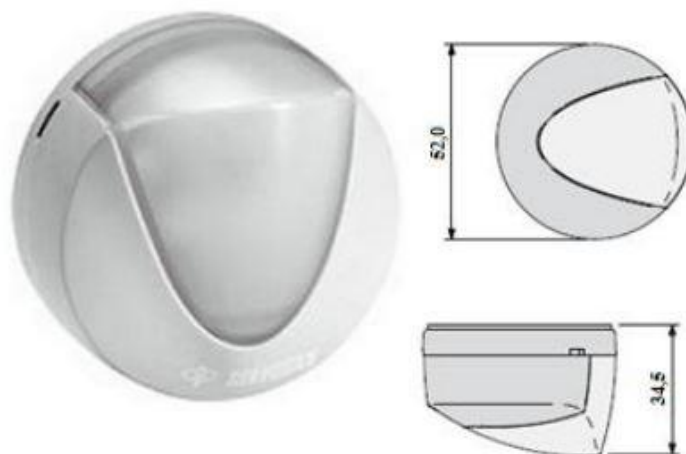
**Uwaga!** Przed rozpoczęciem wykonywania ćwiczenia studenci powinni zapoznać się z metodami aproksymacji i obróbki wyników pomiarów, zasadą działania luksomierza LX-105 oraz budową czujnika Servodan.

Tabela 2. Dane techniczne luksomierza LX-105

DANE TECHNICZNE					
	Lx-103		Lx-105		
Wyświetlacz	13mm LCD, 31/2 cyfry, maks. odczyt 1999; regulacja kontrastu w modelu Lx-105				
Ustrój pomiarowy	jeden układ mikroprocesorowy LSI				
Przetwornik	fotodioda z filtrem korekcji barwy w osobnej głowicy				
Okres próbkowania	około 0,4s				
Wybór rodzaju oświetlenia			dzienne, żarowe, fluorescencyjne, rtęciowe		
Pamięć odczytów			maksymalny, minimalny, średni, bieżący		
Wskaźnik przepelnienia	" 1 "		" - - - - "		
Automatyczny wyłącznik	—		+		
Złącze RS-232C	—		+		
Temperatura pracy	0°C ÷ 50°C				
Wilgotność otoczenia	80% RH				
Zasilanie i pobór prądu	bateria 9V (np. 6F22) / ok. 2,7mA		bateria 9V (np. 6F22) / ok. 5,3mA		
Wymiary i waga	131x70x25mm (sonda 82x55x7mm) / 195 g		180x72x32mm (sonda 82x55x7mm) / 335g		
Wyposażenie	instrukcja obsługi, głowica pomiarowa		instrukcja obsługi, głowica pomiarowa, pokrowiec na głowicę		
Wyposażenie dodatkowe			futerał		
Parametry elektryczne (23°C ±5°C)					
Funkcja	Zakres		Dokładność		Rozdzielczość
	Lx-103	Lx-105	Lx-103	Lx-105	
Luksy (Lx)	0 - 1999 Lx	0 - 1999 Lx	$\pm(5\%rdg^{(1)} + 2dgt^{(2)})$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	1 Lx
	2000 - 19990 Lx	2000 - 19990 Lx	$\pm(5\%rdg + 2dgt)$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	10 Lx
	20000 - 50000 Lx	20000 - 50000 Lx	$\pm(5\%rdg + 2dgt)$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	100 Lx
	0 - 199,9 Fc	0 - 185,9 Fc	$\pm(5\%rdg + 2dgt)$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	0,1 Fc
Stopokandele (Fc)	200 - 1999 Fc	200 - 1860 Fc	$\pm(5\%rdg + 2dgt)$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	1 Fc
	2000- 5000 Fc	2000- 5000 Fc	$\pm(5\%rdg + 2dgt)$	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	10 Fc

Źródło: [https://ndn.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=144](https://ndn.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id_attachment=144) (17.02.2018)

Na ćwiczeniach obiektem badań będzie czujnik Servodan Light Sensor 43-198 o nastawnych zakresach pomiarowych. Budowa czujnika wraz z wymiarami została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Czujnik natężenia oświetlenia Servodan Light Sensor 43-198



Źródło: <https://abcelektro.pl/osprzet-elektryczny/1374-czujnik-natezenia-oswietlenia-0-10v-ip54-4-zakresy-zewnetrzny.html> , [17.02.2018].

W tabeli 3 przedstawione są dane techniczne badanego czujnika, a na rysunku 4 – sposób zmiany zakresów pomiarowych.

Tabela 3. Dane techniczne czujnika

<b>Wejście</b>	
Napięcie zasilania	24V DC $\pm$ 10%
<b>Wyjście</b>	
Napięcie wyjściowe	0 – 10V
<b>Wydajność</b>	
Zakresy czułości	3 $\div$ 300 lx 30 $\div$ 3 klx 300 $\div$ 30 klx 600 $\div$ 60 klx
Stopień ochrony	IP 54
Połączenie	zaciski śrubowe
Odległość kontrolna	max. 100 m
Kabel: kontrola klasy I	3 x 1,5 mm <sup>2</sup>
Kabel: kontrola klasy II	0,6 mm
Temperatura otoczenia	-40° C...+50° C

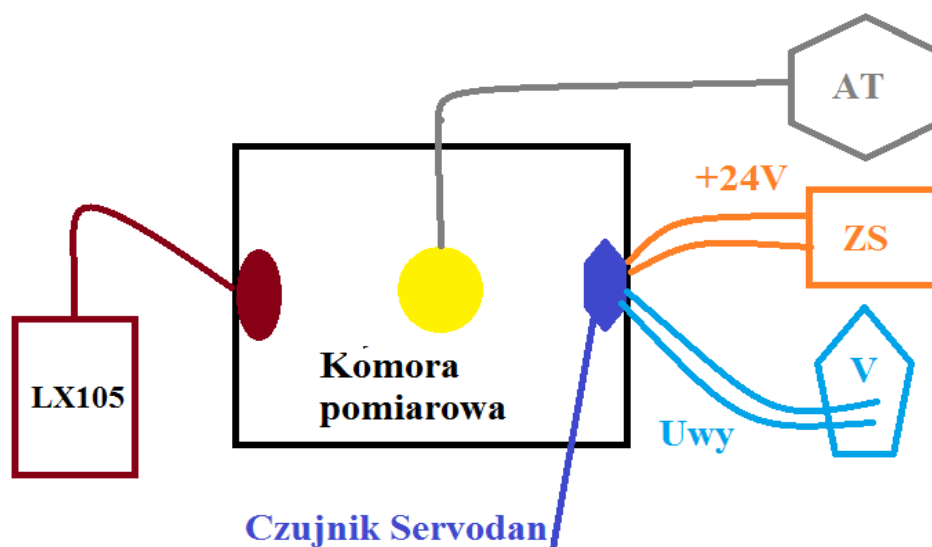
Źródło: [http://www.nikoservodan.com/sites/default/files/product\\_data\\_-\\_43-198\\_gb\\_2.pdf](http://www.nikoservodan.com/sites/default/files/product_data_-_43-198_gb_2.pdf) , 17.02.2018].



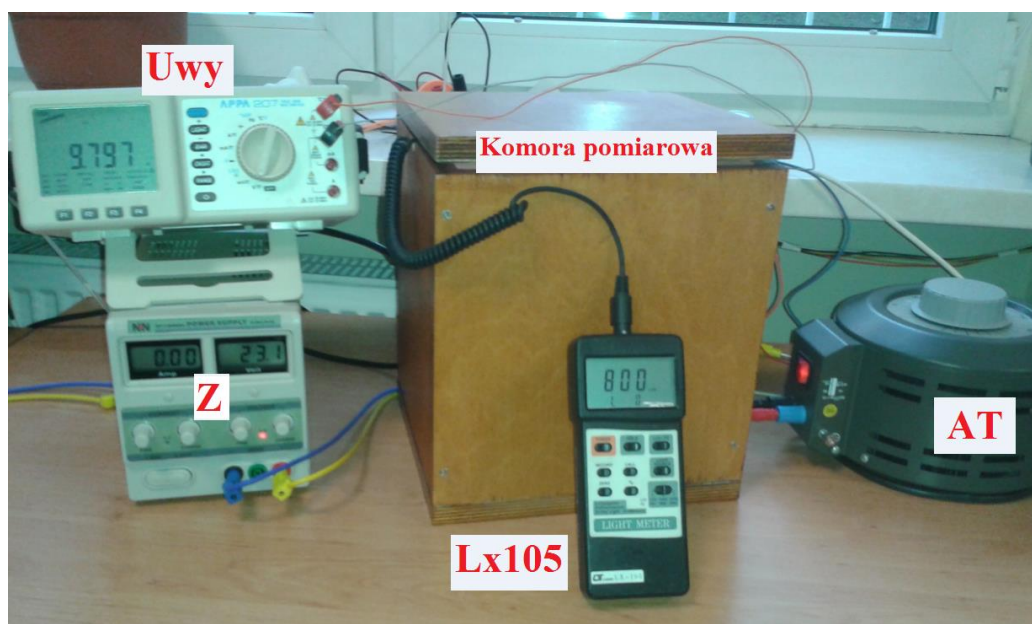
Rys. 4. Ustawienie zakresu czujnika 300÷30000lx

## 2. PRZEBIEG POMIARÓW

W celu wykonania pomiarów należy skonfigurować stanowisko zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5.



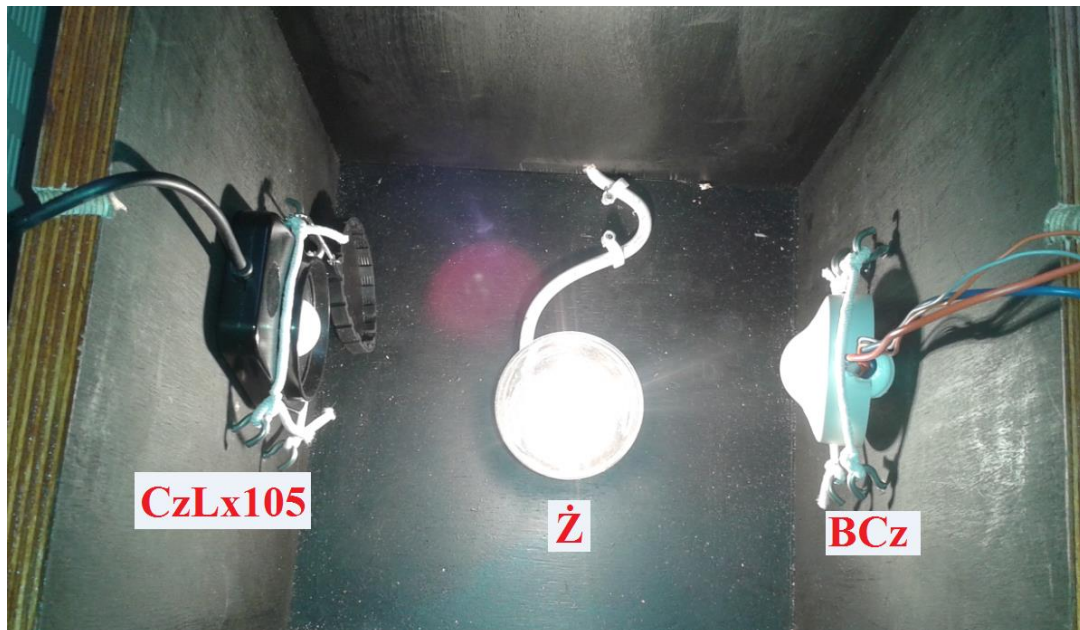
Rys. 5. Schemat połączeń układu pomiarowego do wyznaczenia charakterystyki pomiarowej czujnika Servodan: AT – autotransformator METREL HSN 0203, ZS – zasilacz stabilizowany DF173003C NDN, V – woltomierz cyfrowy APPA 109N  
Przykładowa konfiguracja układu pomiarowego przedstawiona jest na rysunku 6.



Rys. 5. Połączony układ pomiarowy do wyznaczenia charakterystyki pomiarowej czujnika Servodan

**Przed rozpoczęciem pomiarów prowadzący ćwiczenia powinien sprawdzić poprawność połączeń!!!!**

Należy też sprawdzić po każdej zmianie zakresu pomiarowego czujnika Servodan prawidłowość rozmieszczenia czujników: badanego i luksomierza w komorze pomiarowej (rys. 6).



Rys. 6. Poprawne rozmieszczenie czujników podczas wykonywania ćwiczenia

#### Wykonanie pomiarów:

- po sprawdzeniu przez prowadzącego ćwiczenie poprawności połączeń układu pomiarowego i ustawieniu odpowiedniego zakresu pomiarowego czujnika Servodan zamknąć komorę pomiarową;
- zwiększać pokrętkiem autotransformatora napięcie zasilania żarówki do momentu wskazania przez luksomierz LX-105 pierwszej wartości natężenia oświetlenia (z serii wartości podanych przez prowadzącego zajęcia);
- wpisać wartość tego natężenia oraz odpowiadająca mu wartość napięcia na wyjściu czujnika Servodan do odpowiednich komórek tabeli 4;
- wykonać analogiczne czynności dla pozostałych wartości natężenia oświetlenia.

Po wykonaniu pełnej serii pomiarów zmienić zakres pomiarowy czujnika Servodan i powtórzyć wykonanie punktów b-d.

Tabela 4. Wyniki pomiarów

Lp.	Zakres pomiarowy.....		Zakres pomiarowy.....	
	E (LX-105)	Uwy (APPA)	E (LX-105)	Uwy (APPA)
	lx	V	lx	V
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
26.				
27.				
28.				
29.				
30.				

Tabela 5. Wyniki pomiarów i obliczeń

Lp	Zakres pomiarowy.....						
	równanie	liniowa		Wielomian 2-go rzędu		Wielomian 3-go rzędu	
		E	E <sub>l</sub>	δ	E <sub>w2</sub>	δ	E <sub>w3</sub>
	lx	lx	%	lx	%	lx	%
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							
15.							
16.							
17.							
18.							
19.							
20.							
21.							
22.							
23.							
24.							
25.							
26.							
27.							
28.							
29.							
30.							

***W sprawozdaniu należy:***

1. Wykreślić charakterystyki:  $E=f(U_{wy})$  oraz znaleźć następujące postacie równań aproksymacji (w Excelu): liniowa, wielomian 2-go i trzeciego rzędu.
2. Dodatkowo można znaleźć równanie aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów.
3. Zapisać uzyskane postacie równań.
4. Obliczyć wartości błędu względnego aproksymacji według zależności:

$$\delta = \frac{E - E_{ai}}{E} 100\%,$$

gdzie: E – natężenie oświetlenia zmierzone luksomierzem;

$E_{ai}$  - natężenie oświetlenia obliczone za pomocą odpowiedniej funkcji aproksymacji.

5. Zapisać wyniki obliczeń w tabeli 5.
6. Wykreślić dla danego zakresu pomiarowego na jednym wykresie wartości błędów względnych i przeprowadzić analizę uzyskanych zależności.
7. Przedstawić wnioski, jakie nasunęło wykonywane ćwiczenie.

### **3. PYTANIA I ZADANIA KONTROLNE**

1. Wymień podstawowe wielkości techniki świetlnej i omów je.
2. Wymień podstawowe czujniki do pomiaru natężenia oświetlenia i omów jeden z nich.
3. Omów zasadę działania fotorezystora, wady i zalety.
4. Omów budowę i zasadę działania luksomierza.
5. Przyczyny błędów pomiaru natężenia oświetlenia luksomierzem.
6. Omów budowę i zasadę działania czujnika Servodan.
7. Opisz procedurę wyznaczania charakterystyki przetwarzania czujnika Servodan.
8. Wymień przyczyny błędów wyznaczania charakterystyki przetwarzania czujnika Servodan.
9. Wymień metody aproksymacji charakterystyki pomiarowej czujnika i omów jedną z nich.



## 4. LITERATURA

1. J. Strzyżewski, *Vademecum eksploatacji i konserwacji urządzeń oświetleniowych*, POLCEN, Warszawa 2010.
2. W. Żagań, *Podstawy techniki świetlnej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
3. S. Marzec(red.), W. Ślirz, P. Kruczek, *Badanie oświetlenia*, DASL System, Kraków 2011.
4. W. Dybczyński (red.), *Technika świetlna '09*, Zakład Wydawniczy Letter Quality, Warszawa 2009.
5. A. Dobrowolski, Z. Jachna, E. Majda, M. Wierzbowski, *Elektronika ależ to bardzo proste!*, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2013.

### **Wymagania BHP**

*Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanym i przez prowadzącego.*

*W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad!*

- *Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.*
- *Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.*
- *Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.*
- *Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.*
- *Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.*
- *Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.*
- *W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.*
- *Stwierdzone wszelkie brak w wyposażeniu stanowisk oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.*
- *Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.*
- *W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.*