

**POLITECHNIKA**



**BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ**



**INŻYNIERII  
ZARZĄDZANIA**

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

## ***Systemy kontrolno-pomiarowe***

Kod przedmiotu: **KSU011012, KNU011012**

### **Ćwiczenie Nr 3**

#### ***Pomiary natężenia oświetlenia za pomocą bezprzewodowego systemu RTR***

Opracował:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

*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:** zapoznanie studentów z bezprzewodowymi systemami pomiarowymi oraz metodyką pomiaru natężenia oświetlenia i przesyłu danych za pomocą systemu RTR

## 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:

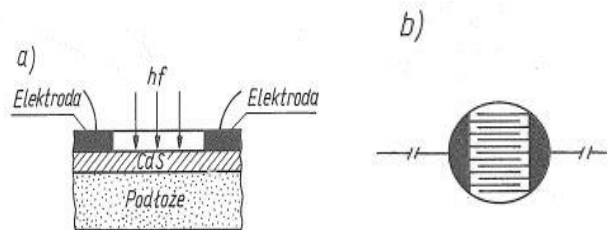
$E$  – natężenie oświetlenia;

$d\Phi$  –strumień świetlny;

$dS$ - powierzchnia.

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. 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.

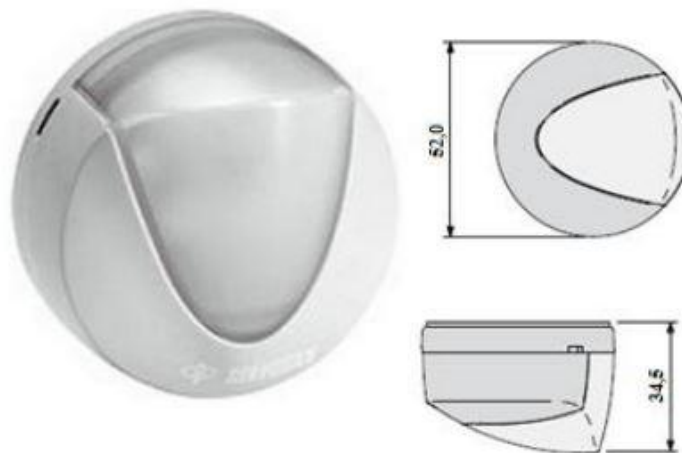


Rys. 2. Widok luksonierza LX-105

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 luksonierza LX-105 oraz budową czujnika Servodan.

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

Tabela 2. Dane techniczne czujnika

Wejście	
Napięcie zasilania	24V DC $\pm$ 10%
Wyjście	
Napięcie wyjściowe	0 – 10V
Wydajność	
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].

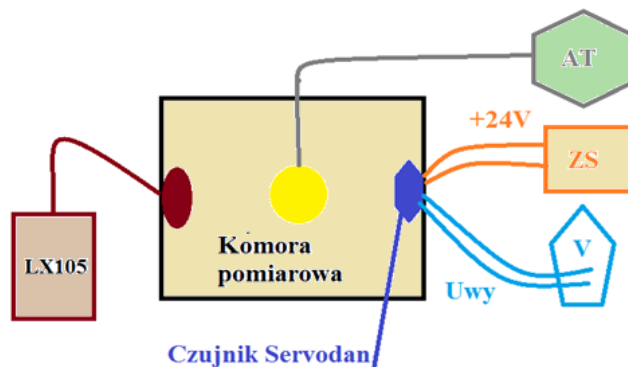


Rys. 4. Ustawienie zakresu czujnika 300 $\div$ 30000lx

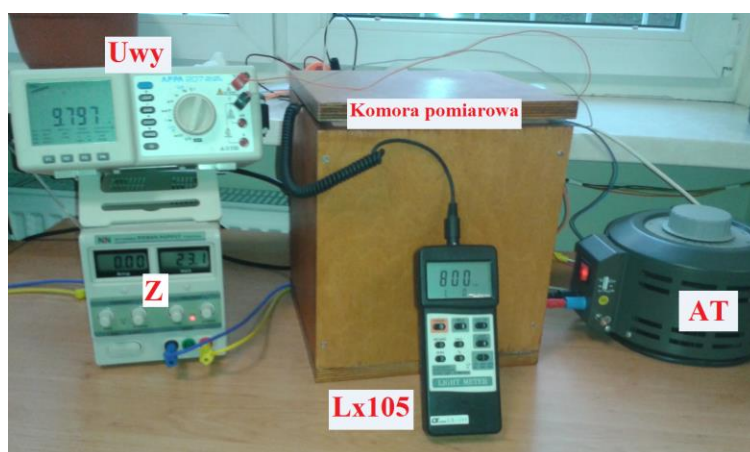


## 2. WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYKI PRZETWARZANIA CZUJNIKA SERVODAN

Na rysunku 5 przedstawiony jest schemat układu do wyznaczania charakterystyki przetwarzania czujnika Servodan, a na rysunku 6 - widok stanowiska pomiarowego z zaznaczoną numeracją miejsc podłączeń mierników.



Rys.5. Schemat układu elektrycznego do wyznaczania charakterystyki czujnika Servodan



Rys.6. Widok stanowiska pomiarowego

Przed przystąpieniem do pomiarów należy ustawić wskazany przez prowadzącego ćwiczenie zakres czujnika Servodan.

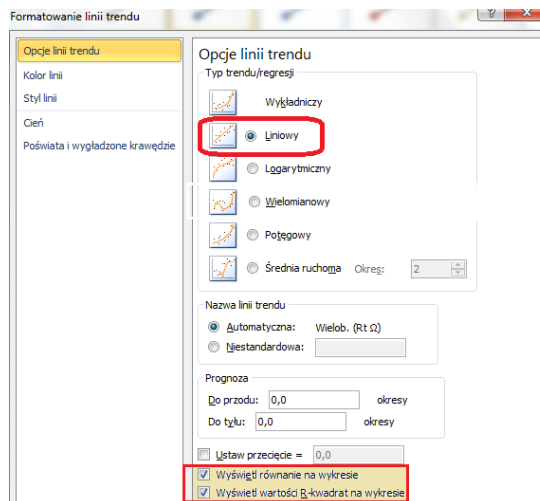
Kolejność wykonywania ćwiczenia:

1. Włączyć wszystkie mierniki i źródła zasilania.
2. Zwiększać pokrętelem autotransformatora napięcie zasilania żarówki do momentu wskazania przez luksomierz LX-105 pierwszej wartości natężenia oświetlenia (z serii wartości podanych przez prowadzącego zajęcia);
3. Wpisać wartość tego natężenia oraz odpowiadająca mu wartość napięcia na wyjściu czujnika Servodan do odpowiednich komórek tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów i obliczeń charakterystyki czujnika Servodan

Lp.	Zakres pomiarowy.....		Równanie przetwarzania .....
			Błąd względny
	E (LX-105)	Uwy (APPA)	$\delta$
	lx	V	%
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			

4. Narysować wykres zmian natężenia oświetlenia w funkcji napięcia wyjściowego czujnika Servodan.
5. Klikając prawym klawiszem myszki na wykres uaktywnić opcję „Dodaj linię trendu”.
6. Następnie uaktywnić rodzaj linii trendu – wielomianowy (rys. 7), wybrać „Liniowy” i zaznaczyć „Wyświetl równanie... i wartości R-kwadrat...”



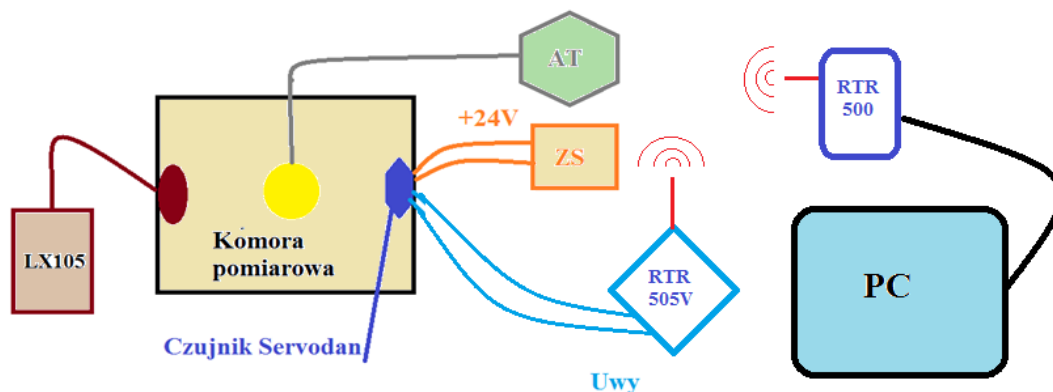
Rys.7. Wybór parametrów linii trendu

- Przepisać uzyskane równanie do tabeli 3, a w domu obliczyć wartość błędu względnego charakterystyki przetwarzania.

### 3. POMIAR NATEŻENIA OSWIETLENIA ZA POMOCĄ SYSTEMU RTR

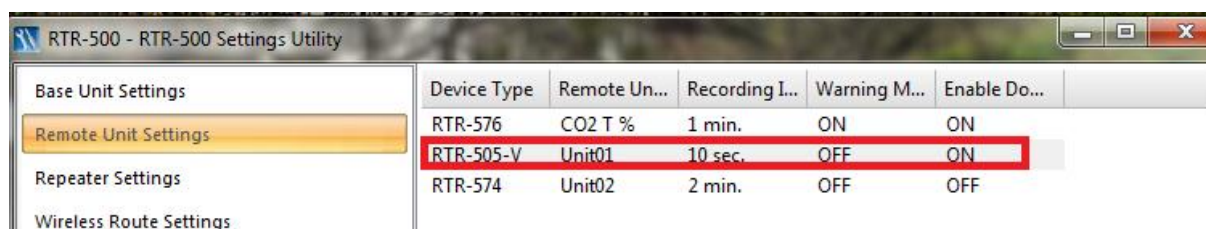
Kolejność wykonywania pomiarów:

- Uruchomić program RTR i połączyć przewody z sygnałem napięcia wyjściowego czujnika Servodan do modułu RTR 505V (rys. 8).



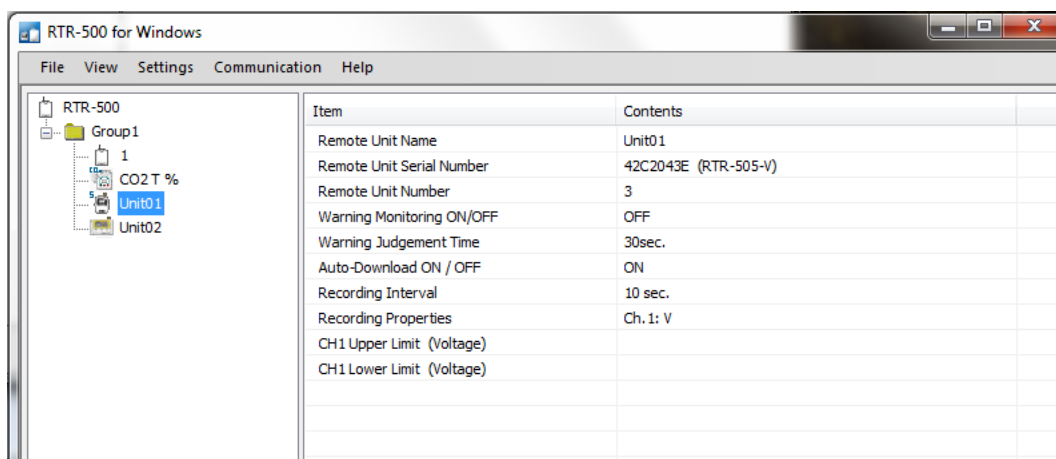
Rys.7. Schemat połączeń czujnika Servodan z systemem RTR

- Wybrać w programie RTR moduł RTR 505V i uaktywnić go (rys.8).



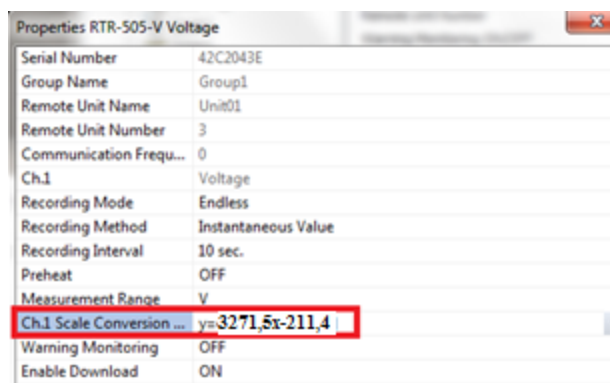
Rys.8. Aktywacja modułu RTR 505V

### 3. Ustawić parametry pomiarów (rys. 9).



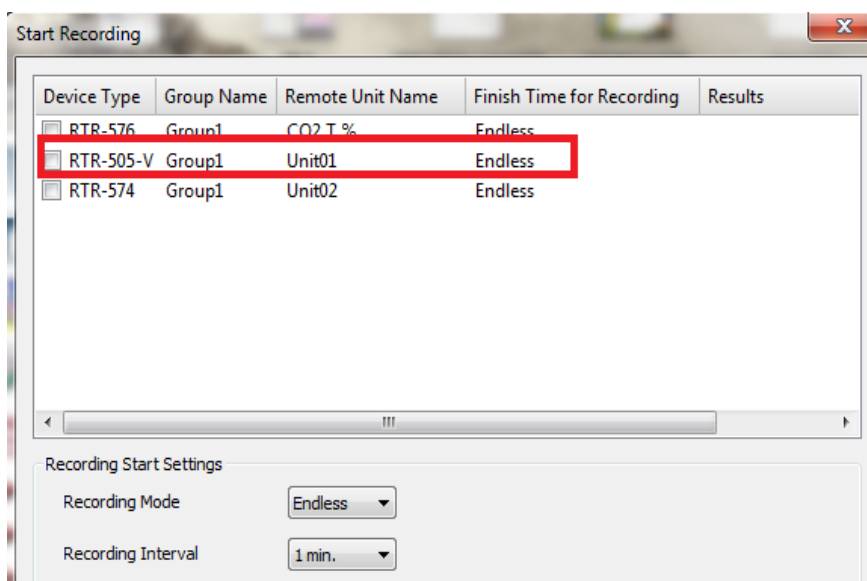
Rys.9. Parametry pomiarów za pomocą modułu RTR 505V

### 4. Wpisać otrzymaną funkcję przetwarzania (rys. 10).



Rys.10. Wprowadzenie funkcji przetwarzania

### 5. Ustawić parametry rejestracji (rys. 11).



Rys.11. Parametry rejestracji

6. Włączyć wszystkie mierniki i źródła zasilania.

7. Zwiększać pokrętle autotransformatora napięcie zasilania żarówki do momentu wskazania przez luksomierz LX-105 pierwszej wartości natężenia oświetlenia (z serii wartości podanych przez prowadzącego zajęcia).

8. Wpisać wartość tego natężenia oraz odpowiadająca mu mierzona czujnikiem Servodan (z ekranu PC) do odpowiednich komórek tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia systemem RTR 500

Lp.	$E_{Lx}$ (LX-105)	$E_s$ (Servodan)	$\delta$
	lx	lx	%
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			

9. Obliczyć wartość błędu względnego pomiaru natężenia oświetlenia:

$$\delta_E = \frac{E_{Lx} - E_S}{E_{Lx}} 100\%,$$

#### **SPRAWOZDANIE POWINNO ZAWIERAĆ**

1. Uwagi o przebiegu ćwiczenia.
2. Interpretacja wyników pomiarów natężenia oświetlenia.
3. Analizę przyczyn rozbieżności między wynikami pomiarów.

### **4. PYTANIA 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. Wymień rodzaje systemów bezprzewodowych i opisz jeden z nich.
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. K. Pyka, *Teledetekcja i fotogrametria*, AGH 2007.

## 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 wskazanymi 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 braki w wyposażeniu stanowiska 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