18. POMIARY Z WYKORZYSTANIEM CZUJNIKA ŚWIATŁA

Wojciech Dobrogowski, Andrzej Maziewski
Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu w Białymstoku

Czujnik światła

W układzie pomiarowym poza konsola pomiarową COACHLAB II i oprogramowaniem używamy czujnika pozwalającego na pomiar zmian natężenia światła I. Stosunkowo najprostsze jest badanie zależności czasowych I(t). Sensor tego typu można też zastosować w pomiarach przestrzennego rozkładu natężenia światła, do analizy takich efektów jak : interferencja czy dyfrakcja. Poza posiadaniem odpowiednich źródeł światła (laser), samych szczelin należy układ pomiarowy zaopatrzyć się w odpowiedni mechanizm umożliwiający dokładny pomiar położenia czujnika światła oraz rodzaj kolimatora pozwalającego na większą selektywność przestrzenną (folia aluminiowa z dziurką). Dodatkowo położenie to powinno być przetwarzane na postać cyfrową zapisywaną przez komputer (stosuje się często do tego celu odpowiednie potencjometry).

Niżej przedstawione są możliwie proste układy które wykorzystują wyżej wspomniany czujnik do badanie zmienności I(t) codziennych źródeł światła.

Rys. 1. Czujnik światła CMA 0513. Budowa czujnika oparta jest o diodę Optrex p.n. OP555C mającą charakterystykę liniową. Pozwala na pomiar natężenia światła w zakresie 0.1 –10 W/m^2, z dokładnością do 20 %. Zakres spektralny tego czujnika to 300-1100nm

Ogólnie czujniki światła mogą być wykonane z wykorzystaniem elementów oporowych lub półprzewodnikowych. Można je scharakteryzować następującymi parametrami:

Zakres mierzonego natężenia światła. Parametr ten określa minimalne i maksymalne natężenie światła które powoduje zmianę parametrów elementu światłoczułego w ustalonym zakresie napięć. Przyjmuje się tutaj zazwyczaj zakres liniowej części charakterystyki U(I).

Czas reakcji. Jest to czas w którym właściwości elementu światłoczułego zmienią się zgodnie z opisującą je charakterystyką. Elementy półprzewodnikowe umożliwiają pomiar zmian w czasie rzędu mikrosekund co przekracza czas przetwarzania sygnału wykorzystywanych w szkole interfejsów

Zakres spektralny. Zakres częstotliwości światła na które reagują elementy światłoczułe. Zazwyczaj przekracza on zakres fal widzialnych zarówno w zakresie ultrafioletu jak i

podczerwieni. Odpowiedź czujnika jest jednak uzależniona od częstotliwości padającego światła, to znaczy że charakterystyka spektralna I(f) nie jest płaska/liniowa.

Mając do dyspozycji fotooporник, czy diodę LED można pokusić się o stworzenie własnego czujnika światła. Zbadanie jego charakterystyki i próby wykorzystania w pomiarach elementów własnej konstrukcji pozwolą bardziej przybliżyć zasadę działania tego typu czujników.

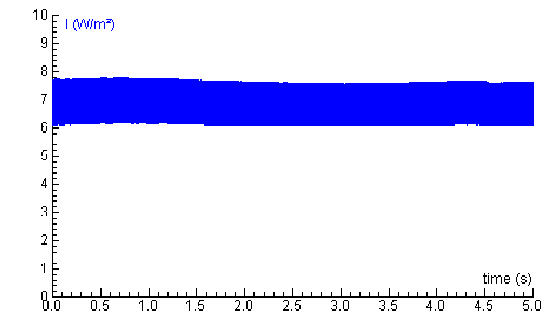
Badanie źródeł światła zasilanych prądem zmiennym

Celem pomiarów jest zapoznanie się z naturą źródeł światła spotykanych na co dzień, zasilanych zmiennym napięciem sieciowym. Ważnym elementem jest też poznanie różnicy między mocą średnią tego typu odbiorników którą wytwórcy charakteryzują swoje produkty, a mocą w rzeczywisty sposób emitowaną przez wyżej wspomniane źródła.

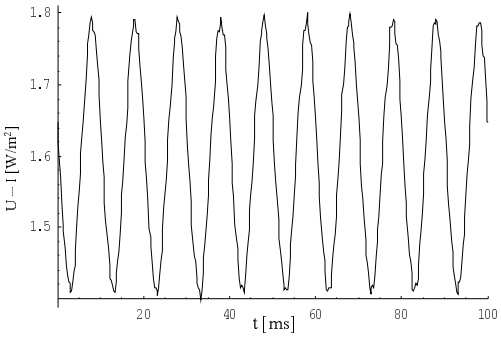
Badanymi obiektami w które należy się zaopatrzyć są żarówka oraz świetlówka. Można wykorzystać zastane oświetlenie pomieszczenia lub lampki nocne z żarówkami lub żarówkami energooszczędnymi. Ostatnia kombinacja pozwala też porównać natężenie światła od źródeł o podobnej mocy lecz wykonanych w różnych technologiach co w wymiarze edukacji proekologicznej niesie dodatkowe walory poznawcze.

Źródło światła umieszczamy w takiej odległości od czujnika by jego natężenie nie powodowało przesterowania, czyli mieściło się w dopuszczalnych granicach zakresu

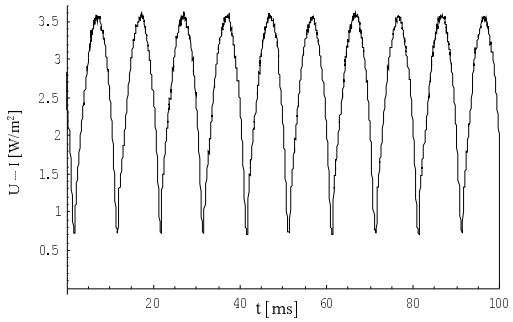
.



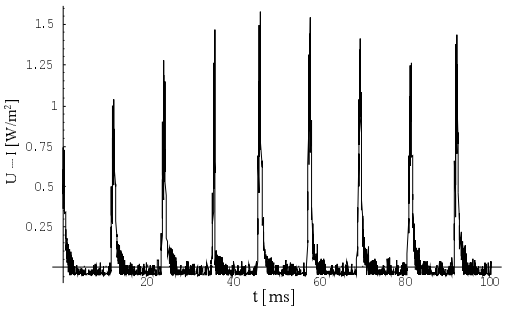
a)



b)



c)



d)

Rys. 2. Wynik pomiaru natężenia światła a) żarówki w czasie 5 s, b) żarówki w czasie 0.1 s, c) świetlówki, d) ekranu monitora komputerowego

mierzonego natężenia. Jeżeli pomiary mają umożliwić porównanie światłości różnych elementów świecących staramy się też o to by element światłoczuły znajdował się w tej samej odległości od badanych źródeł.
Dla każdego ze źródeł wskazane jest wykonanie badania w różnych skalach czasowych np. : (i) kilku sekund; (ii) 100 ms, oczekując widocznych zmian I(t) związanych z częstotliwością (i) zmian napięcia w sieci (żarówki, świetlówki); (ii) odświeżania monitora komputerowego
Na rysunku 2 przedstawione są wyniki pomiarów I(t) wykonane dla :

a) żarówki w czasie 5 s, widoczne są oscylacje (stąd pogrubienie) natężenia światła dające średnią wartość 6.9 W/m^2; oko obserwatora uśrednia docierające do niego światło;

b) żarówki w czasie 0.1 s, I oscyluje wokół wartości średniej $I_{śr} \approx$ 1.6 V (pomiar niekalibrowanym czujnikiem), I(t) można przybliżyć w tym przypadku funkcją $I_ś + \Delta \sin^2(\omega t)$

c) świetlówki, inna jest tu czasowa zależność natężenia światła I(t) w porównaniu z I(t) rejestrowanym dla żarówki rys.2b. Związane jest to z inną fizyką świecenia obu źródeł światła [1].

d) ekranu monitora komputerowego. Pomiar przeprowadzony był przez bezpośrednie przyłożenie czujnika światła do powierzchni kineskopu na którym wyświetlane było białe tło. Pomiar ten pozwala na określenie częstotliwości odświeżania (f_M=85Hz) monitora. f_M jest jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących jego pracę. Różne wartości f_M można uzyskać programowo poprzez zmianę ustawienia monitora : Ekran/Właściwości/Ustawienia/Zaawansowane/Monitor/Częstotliwość

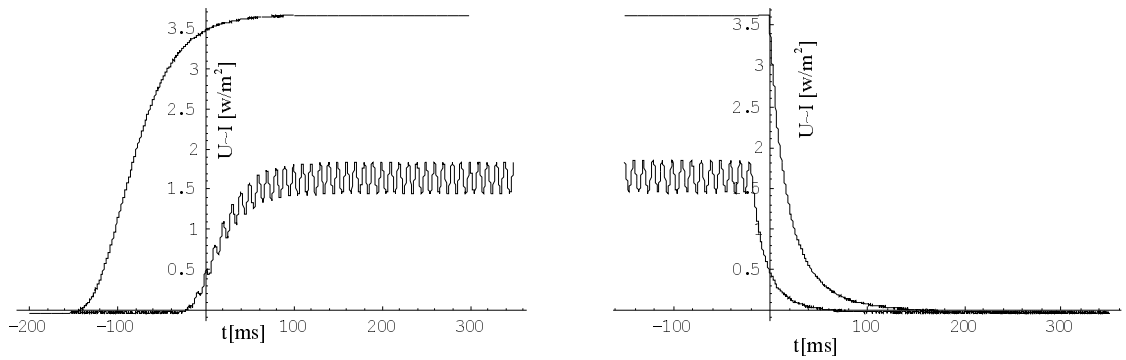
Dynamika świecenia

Celem doświadczenia jest porównanie charakteru zmian natężenia światła przy włączaniu/wyłączaniu źródeł żarowych i półprzewodnikowych, zbadanie dynamiki zmian I(t) - określenie czasu potrzebnego na osiągnięcie stanu emisji maksymalnego natężenia światła, wyznaczenie czasu połowicznego zaniku świecenia

Jako badane źródła światła w tym doświadczeniu posłużą nam : (i) żarówką zasilaną prądem stałym (żarówka z latarki) i przemiennym jako źródła żarowe, oraz (ii) diodą LED –źródło półprzewodnikowe- elektroluminescencyjne. Aby zabezpieczyć diodę przed przepaleniem można połączyć ją szeregowo z opornikiem 100 Ω. Ze względu na małe natężenia światła od żarówki na prąd stały i diody LED czujnik światła należy umieścić dostatecznie blisko, aby mierzony efekt był zadowalający. Układ dobrze też wyposażyć w przełącznik którym będziemy sterować pracą źródeł.

Chcąc uchwycić moment włączania się i wyłączania światła którego czas wynosi około 200 ms musimy skorzystać z opcji pozwalającej na automatyczne wyzwolenie pomiaru. W tym celu wstępnie ustalamy natężenie mierzonego światła, a następnie konfigurujemy kanał na którym zajdzie zdarzenie wyzwalające, poziom napięcia którego przekroczenie ma uruchomić pomiar oraz kierunek jego zmian. Dbając by mierzone natężenie światła nie przekraczało zakresu pracy detektora uruchamiamy pomiar.

W wyniku pomiaru otrzymujemy krzywą na której widzimy wzrost (spadek) natężenia światła powodowany nagrzewaniem się (stygnięciem włókna). Korzystając z możliwości odczytu wartości (narzędzie SCAN dla wykresu w Coach 5) poszczególnych punktów pomiarowych określamy czas jaki potrzebny jest do ustabilizowania się świecenia żarówki.



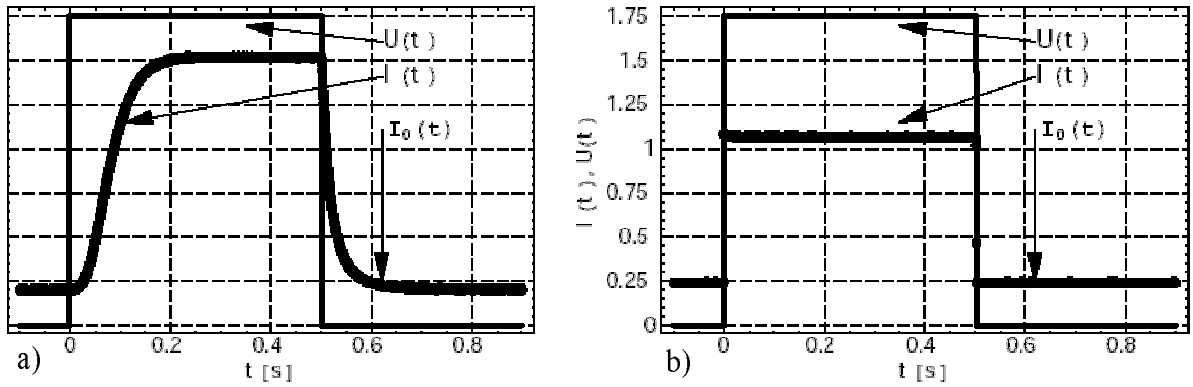
Rys. 3. Wynik pomiaru natężenia światła przy a) włączaniu b) wyłączaniu żarówek. Gładka linia przedstawia zmiany natężenia światła żarówki zasilanej prądem stałym, linia falowana – zmiennym.

Zmiany natężenia I(t) można opisać funkcjami przy :

(i) wyłączeniu żarówki $I(t)=I_0Exp[-(t-t_1)/T_1]$, gdzie I, I_0 to odpowiednio natężenie światła i początkowe natężenie światła, t czas, a T_1 - czas połowicznego zaniku świecenia;

(ii) włączeniu żarówki $I(t)=I_0(1-Exp[-(t-t_2)/T_2])$.

Dzięki funkcji Analyse/Function-Fit, programu Coach 5 możemy wyznaczyć parametry charakteryzujące powyższe funkcje. Po uprzednim wyborze danych za pomocą operacji: Process/Select/Remowe data, włączamy dopasowanie funkcji i wybieramy jej postać, a następnie naciskamy przycisk auto-fit. Z otrzymanych parametrów możemy określić czas połowicznego zaniku świecenia, poziom światła przy pracy ciągłej i natężenie tła (poziom światła rejestrowany przez czujnik z otoczenia). Wyznaczone czasy T_1 i T_2 są rzędu 100 ms.



Rys. 4. Porównanie zmian natężenia światła przy włączaniu i wyłączani a) żarówki, b) diody świecącej. Widoczny jest brak mierzalnego opóźnienia na elemencie półprzewodnikowym.

W przypadku włączania i wyłączania diod LED czujnik światła nie rejestruje mierzalnych opóźnień związanych z przyłożonym napięciem. Wynikiem jest „natychmiastowe" zapalenie (gaśnięcie) diody.

Odnośniki:

- [1]http://www.lighting.pl/vademecu/swietlowki.htm - opis działania świetlówek
- http://ifnt.fizyka.amu.edu.pl/dydaktyka/konkurs/f3/zarowka.doc - wynik konkursu „Komputerowo wspomagany eksperyment szkolny w przedmiotach przyrodniczych"