

DEŁĄG Mariusz

## WPŁYW CZĘSTOTLIWOŚCI PRĄDU ZASILAJĄCEGO ORAZ TEMPERATURY OTOCZENIA NA ROZKŁAD WIDMOWY PROMIENIOWANIA WIDZIALNEGO EMITOWANEGO PRZEZ NISKOCIŚNIENIOWE LAMPY WYŁADOWCZE

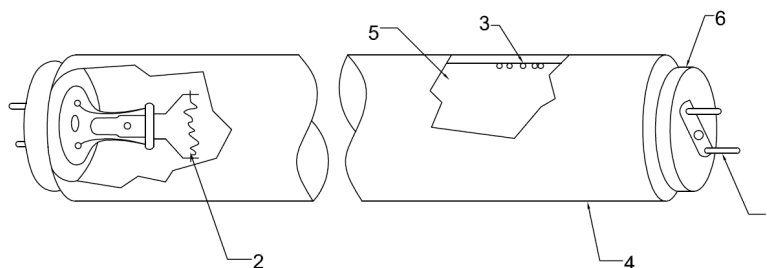
### *Streszczenie*

*Obecnie najczęściej stosowanymi źródłami światła są lampy fluorescencyjne. Parametry techniczne tych lamp zależne są między innymi od częstotliwości prądu zasilającego oraz warunków otoczenia pracy. Większość badań prowadzonych w tej dziedzinie przez producentów oświetlenia nie jest publikowana, a prezentowane dane mają charakter wybiórczy. W artykule przedstawiono analizę rozkładów widm promieniowania świetlówek T5 w funkcji wyżej wymienionych parametrów.*

### WSTĘP

Najbardziej rozpowszechnioną niskociśnieniową rtęciową lampą wyładowczą jest lampa fluorescencyjna zwana również świetlówką. Jest ona szeroko stosowana w oświetlaniu wewnątrz i oświetlaniu zewnętrznym.

Zasada działania lamp fluorescencyjnych opiera się na wyładowaniu elektrycznym w parach rtęci o niskim ciśnieniu. Warstwa luminoforu znajdująca się na wewnętrznej ścianie świetlówki po wzbudzeniu przez promieniowanie nadfioletowe pochodzące z wyładowania emituje światło.



**Rys. 1.** Budowa świetlówki: 1 - kołki stykowe, 2 - elektroda, 3 - rtęć w stanie zimnym, 4 - rura szklana pokryta wewnątrz luminoforem, 5 - wypełnienie gazowe, 6 - trzonek

Rozkład widmowy promieniowania lampy jest ściśle uzależniony od rodzaju użytego luminoforu. Dlatego w produkcji lamp stosuje się takie proszki fluorescencyjne, które absorbują promieniowanie ultrafioletowe o długości fali odpowiadającej długościom linii rezonansowych rtęci, a równocześnie ich pasmo emisyjne jest w zakresie światła widzialnego.

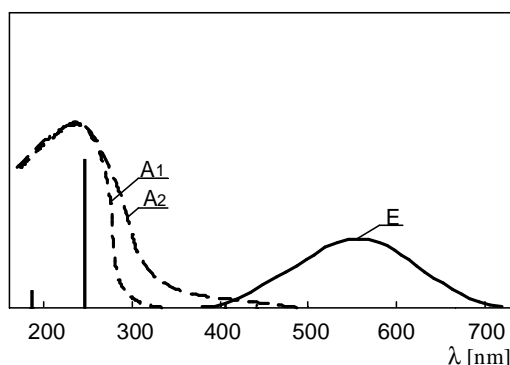
Niewątpliwie czynniki zewnętrzne, leżące poza lampą, takie jak częstotliwość prądu zasilającego oraz temperatura otoczenia mają istotny wpływ na sprawność świetlną oraz czas życia lampy, co zostało niejednokrotnie opisane w literaturze [1,2]. W niniejszym artykule przedstawiono analizę wpływu powyższych czynników zewnętrznych na rozkład widmowy promieniowania emitowanego przez świetlówki T5.

## 1. ROZKŁAD WIDMOWY PROMIENIOWANIA EMITOWANEGO PRZEZ ŚWIETLÓWKI

W lampach fluorescencyjnych w zależności od ich przeznaczenia stosuje się luminofory różnego typu. Wyróżnia się dwa podstawowe typy luminoforów [3,4]:

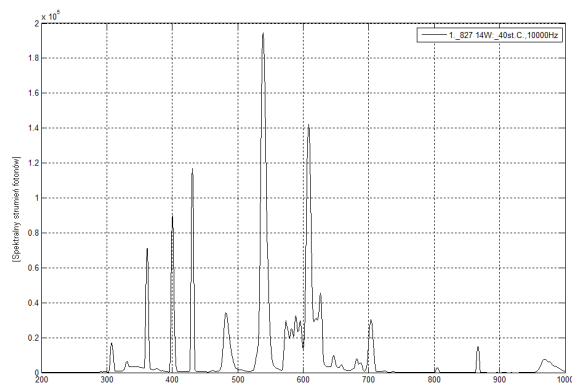
- standardowe – zwykle są to halofosforany wapnia aktywowane antymonem i manganem,
- wąskopasmowe – przeważnie są to gliniiany lub borany aktywowane lantanowcami (europem lub terbem).

Luminofory stosowane w niskociśnieniowych rtęciowych lampach wyładowczych powodują konwersję promieniowania UV na widzialne. Użyte w lampach fluorescencyjnych powinny oczywiście być zdolne absorbować promieniowanie 184,9, 253,7, 313 nm – w przypadku lamp klasy 1b (krzywa A1) i 184,9, 253,7, 313, 365, 405, 435 – w przypadku lamp klasy 1a (krzywa A2), pochodzące z niskociśnieniowego wyładowania rtęci (rys. 2). Pasma emisyjne luminoforu z kolei powinno być możliwie szerokie i leżeć głównie w widzialnej części widma elektromagnetycznego.

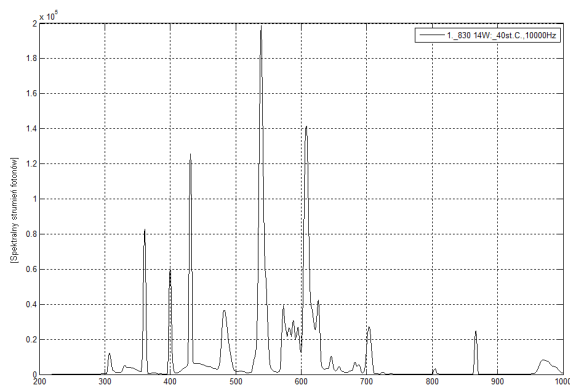


**Rys. 2.** Pasma absorpcji (A1 – luminoforu lamp klasy 1b, A2 – luminoforu lamp klasy 1a) i pasmo emisyjne (E – luminoforu lamp klasy 1b i 1a)

W zależności od procentowego udziału użytych luminoforów w proszku fluorescencyjnym uzyskuje się różne temperatury barwowe świetlówek [5]. W dalszej części rozważania prowadzone będą w odniesieniu do świetlówek typu T5, mocy 14W i temperaturach barwowych 2700K, 3000K, 4000K oraz 6500K, których zmierzone widma promieniowania przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

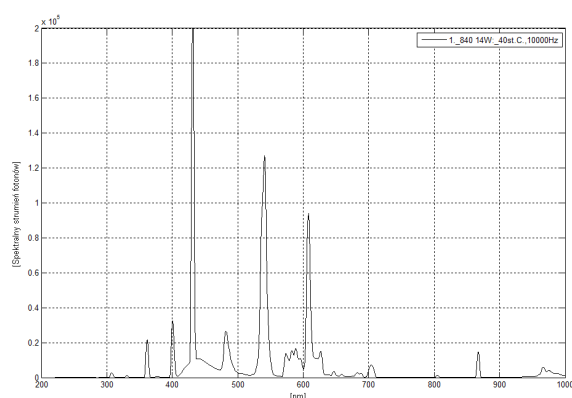


a)

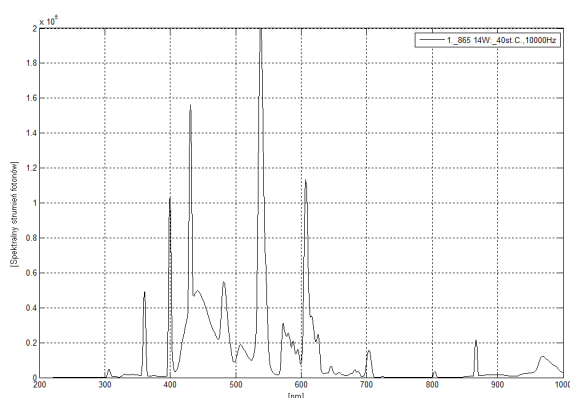


b)

**Rys. 3.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, a) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 827, b) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 830.



a)



b)

**Rys. 4.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, a) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 840, b) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 865.

## 2. WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

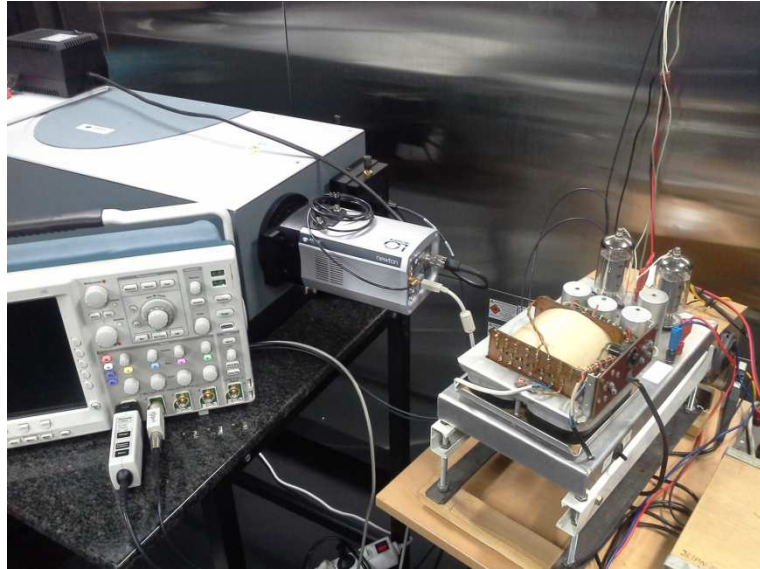
Aby określić wpływ zmian częstotliwości prądu oraz temperatury otoczenia, dokonano pomiarów widma promieniowania świetlówek T5 w zakresie od 200 do 1000nm. Czynniki zmienne brano pod uwagę:

- zmiana częstotliwości prądu zasilającego, w zakresie od 200Hz do 30kHz,
- zmiana temperatury otoczenia, w zakresie od -30st.C. do +50st.C.

Celem wykonania pomiarów przygotowano stanowisko pomiarowe, w skład którego wchodziły główne urządzenia:

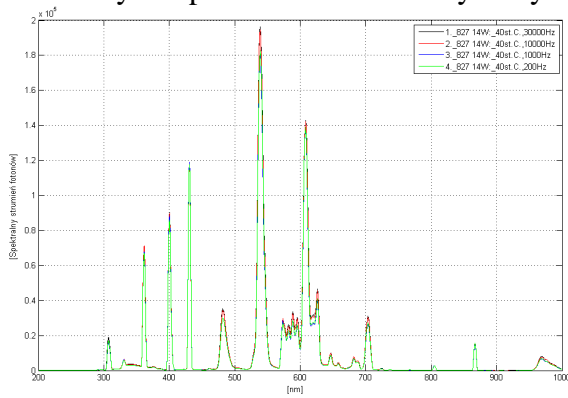
- spektrometr Shamrock SR-750-C z kamerą UV
- spektrometr Konica-Minolta CS-2000
- komora klimatyczna ESPEC
- wzmacniacz mocy z generatorem sygnału
- oscyloskop Tectronix

Stanowisko pomiarowe przedstawione zostało na rys. 5.

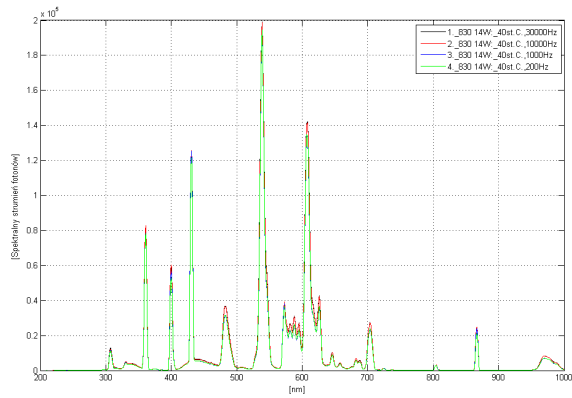


**Rys. 5.** Stanowisko pomiarowe.

W pierwszej kolejności dokonano pomiarów widma promieniowania świetlówek dla zmieniającej się częstotliwości prądu zasilającego. Zakres zmian wynosił od 200Hz do 30kHz. Wyniki przedstawione zostały na rysunkach 6 oraz 7.

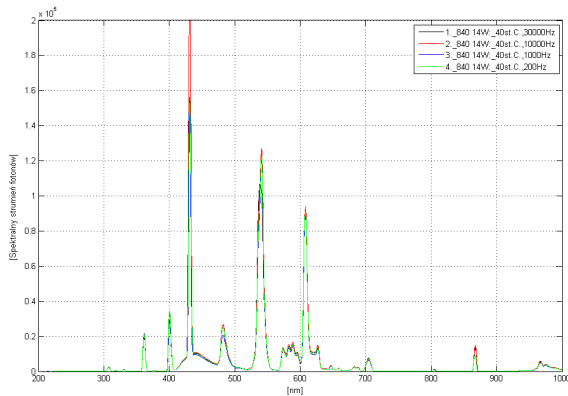


a)

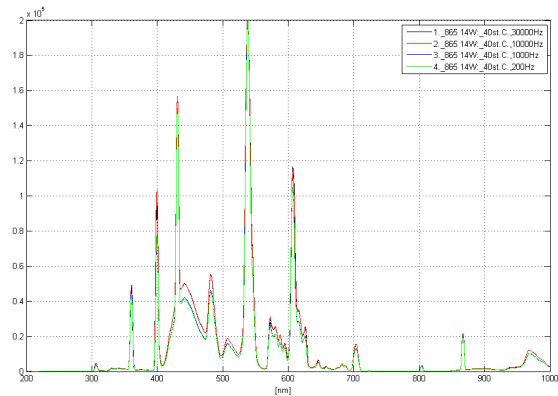


b)

**Rys. 6.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian częstotliwości prądu zasilającego w zakresie od 200Hz do 30kHz, a) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 827, b) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 830.



a)



b)

**Rys. 7.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian częstotliwości prądu zasilającego w zakresie od 200Hz do 30kHz, a) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 840, b) dla świetlówki T5 14W, kod barwy 865.

Z otrzymanych pomiarów wynika, że zmiana częstotliwości prądu zasilającego powoduje podobne zmiany widma promieniowania w całym badanym zakresie (200-1000nm). Czego potwierdzeniem są niemal pokrywające się wykresy widmowe.

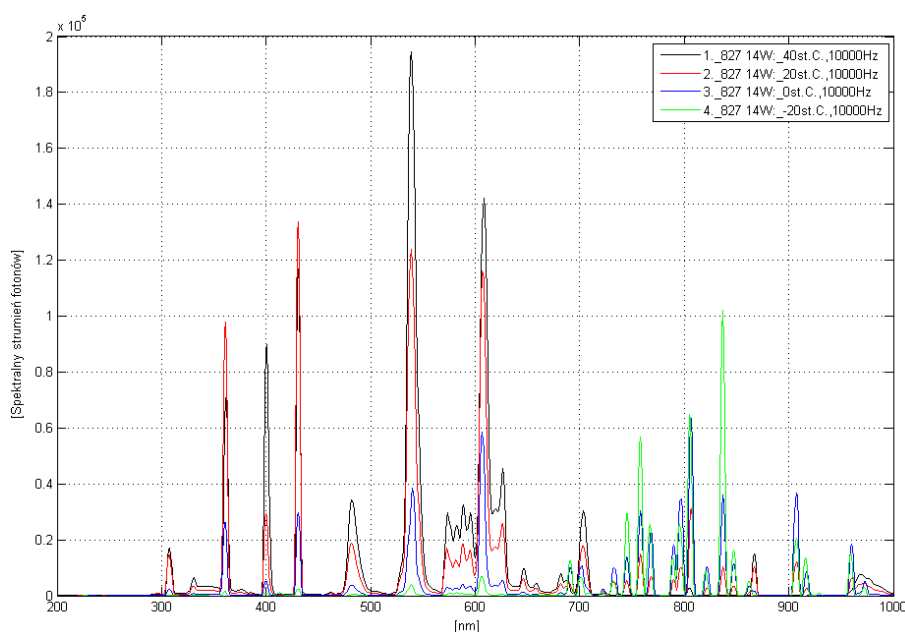
Aby określić wielkość zmian dokonano analizy zmian energii promieniowanej w poszczególnych przedziałach widma:

1. od 200 do 380 nm - promieniowanie UV,
2. od 380 do 495 nm - barwa fiolet, niebieski,
3. od 495 do 627 nm - barwa zielony, żółty, pomarańczowy,
4. od 627 do 780 nm - kolor czerwony,
5. od 780 do 1000nm - podczerwień.

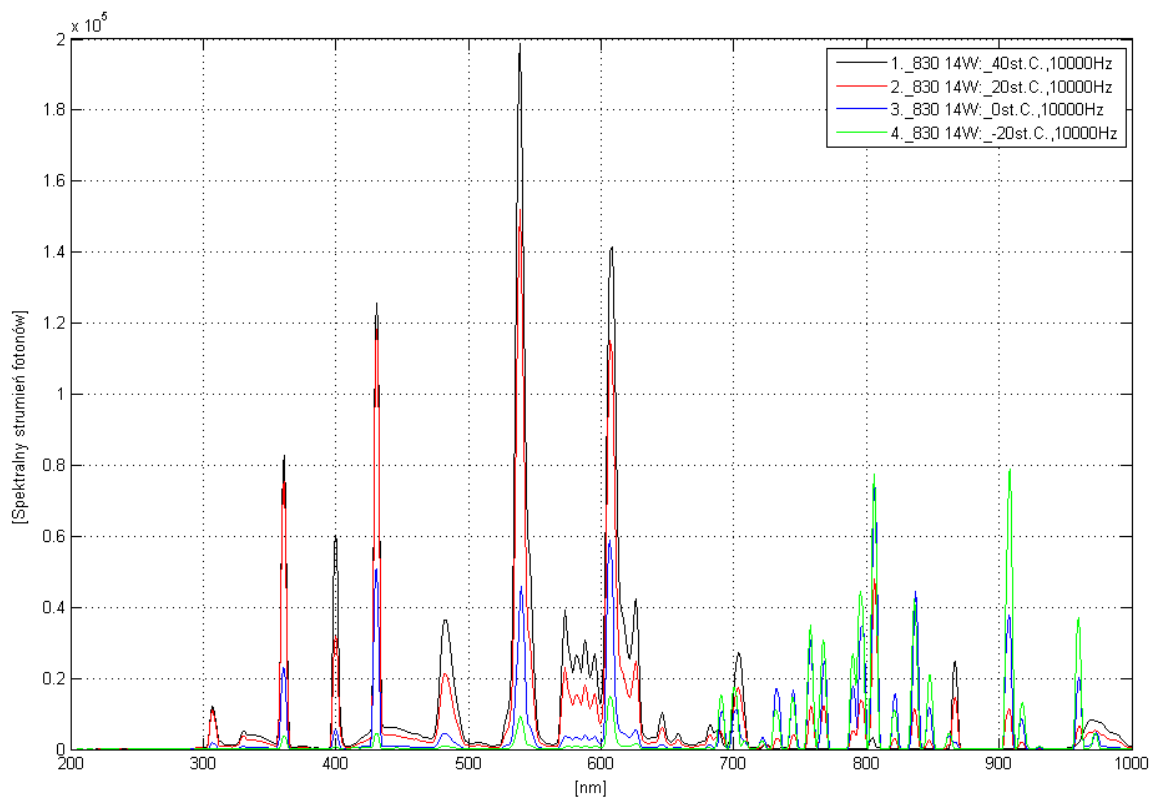
Analiza zmian energii w poszczególnych przedziałach wskazuje, że zmiany widma wyrażone jako stosunek maksymalnej zmierzonej energii do minimalnej zmierzonej energii w każdym z przedziałów wahają się w zakresie od 13 do 29% dla poszczególnych świetlówek, przy czym największe rozbieżności występują dla świetlówek o wyższej temperaturze barwowej.

Przy wzroście częstotliwości prądu w obwodzie lampy skraca się czas dejonizacji plazmy wyładowania, czyli proces ponownego zapłonu lampy trwa coraz krócej. Prowadzi to do wzrostu generacji promieniowania rezonansowego w wyładowaniu w parach rtęci. W wyniku oddziaływania wyładowania o wyższej wartości na luminofor zwiększa się strumień świetlny lampy (2).

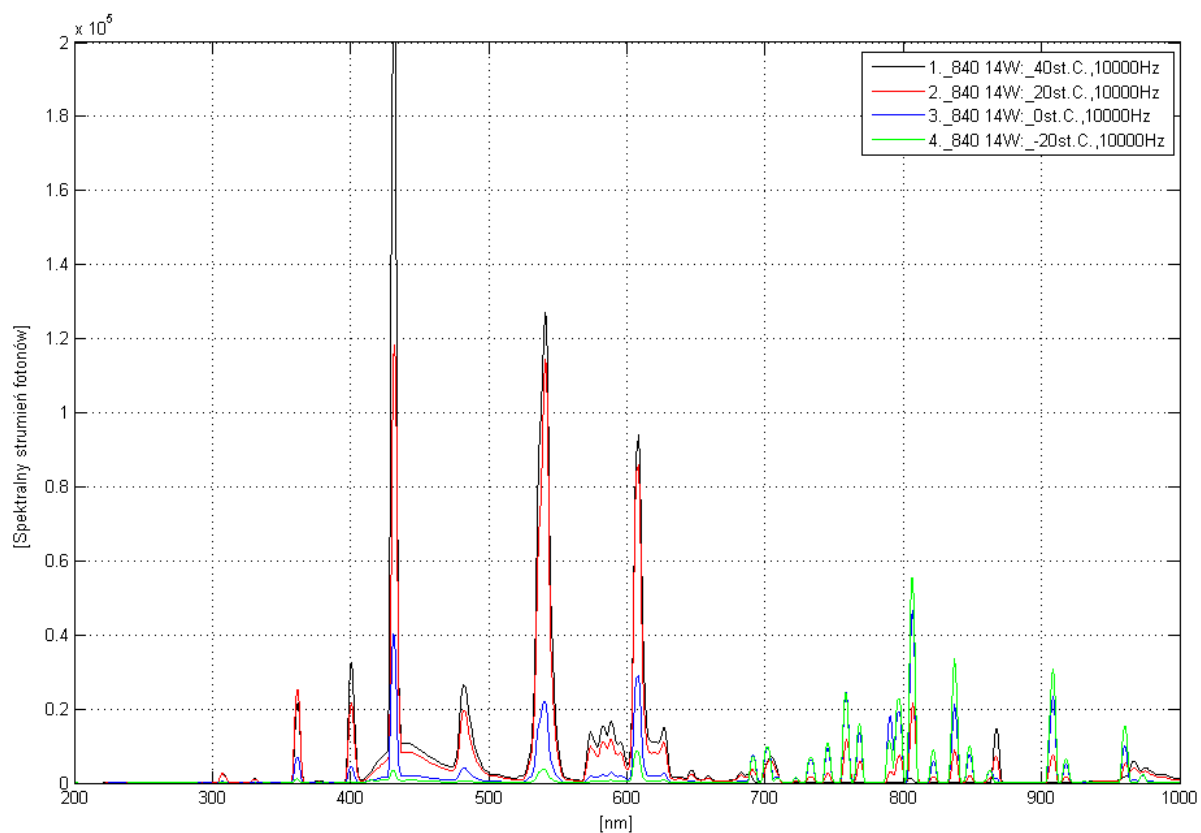
W kolejnym kroku dokonano pomiarów widma promieniowania świetlówek dla zmieniającej się temperatury otoczenia w czasie pracy świetlówki. Zakres zmian wynosił od -20st.C. do +40st.C. Wyniki przedstawione zostały na rysunkach 8, 9, 10 oraz 11.



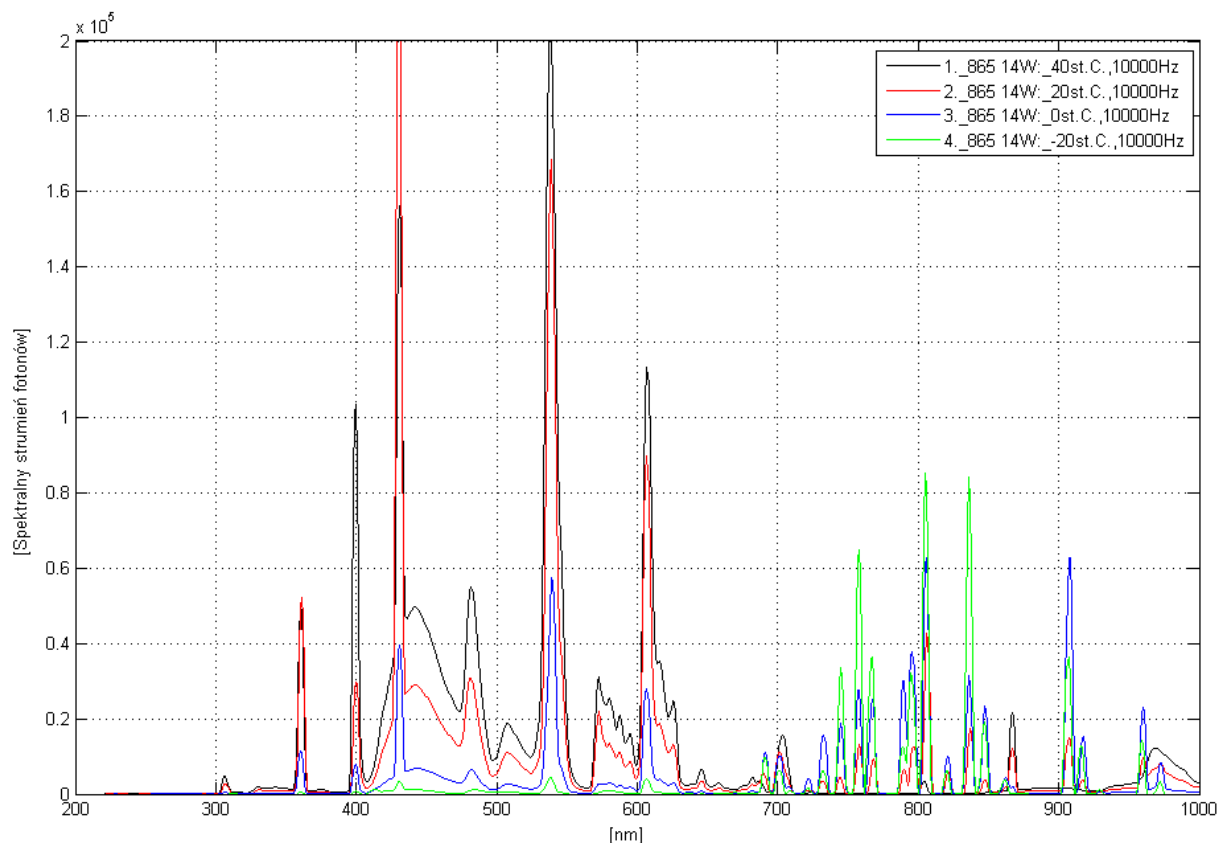
**Rys. 8.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian temperatury otoczenia w zakresie od -20st.C. do +40st., dla świetlówki T5 14W, kod barwy 827.



**Rys. 9.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian temperatury otoczenia w zakresie od -20st.C. do +40st., dla świetlówki T5 14W, kod barwy 830.



**Rys. 10.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian temperatury otoczenia w zakresie od -20st.C. do +40st., dla świetlówki T5 14W, kod barwy 840.



**Rys. 11.** Widmo promieniowania świetlówek w zakresie od 200 do 1000nm, dla zmian temperatury otoczenia w zakresie od -20st.C. do +40st., dla świetlówki T5 14W, kod barwy 865.

Z otrzymanych pomiarów wynika, że zmiana temperatury otoczenia powoduje duże zmiany widma promieniowania w całym badanym zakresie (200-1000nm). Analiza zmian energii promieniowanej w poszczególnych przedziałach widma wskazuje, że wraz ze spadkiem temperatury otoczenia spada energia wypromieniowywana w zakresie długości fal od 200 do 627 nm (uv, fiolet, niebieski, zielony, żółty, pomarańczowy). Spadek jest bardzo duży i mieści się w przedziale od -97 do -99%. Z kolei spadek temperatury otoczenia powoduje wzrost energii promieniowania w przedziale od 627 do 1000nm (kolor czerwony, podczerwień). Wzrost wynosi od około +840 do +1080% oraz uzyskuje wyższe wartości dla świetlówek o wyższej temperaturze barwowej. Największe zmiany obserwuje się dla temperatury otoczenia niższej niż 20st.C.

Zmiana temperatury otoczenia powoduje wpływ na zmianę ciśnienia par rtęci, co przekłada się na intensywność promieniowania uv. Optymalna wartość ciśnienia par rtęci wynosi 0,8 Pa i zostaje osiągnięta w temperaturze 40st.C. Przy tej temperaturze strumień świetlny osiąga maksimum. Temperatura poniżej wartości optymalnej jest zbyt mała dla wystarczającego wzbudzenia atomów rtęci. Temperatura powyżej wartości optymalnej powoduje wzrost efektu samoabsorpcji [2].

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdzają zależność kształtu rozkładu widmowego badanych świetlówek w zależności od częstotliwości prądu zasilającego oraz temperatury otoczenia.

Źródła zmian widma mają przyczynę w zjawiskach zachodzących wewnątrz świetlówki, a związane są przede wszystkim ze zmianą ciśnienia par rtęci oraz właściwościami użytych luminoforów. Szczegółowe wyjaśnienie przyczyn zmian wymaga dokładniejszych badań

poszczególnych luminoforów oraz zachowania się par rtęci wewnątrz rury wyładowczej nie pokrytej żadnym luminoforem.

## BIBLIOGRAFIA

1. Gabryjelski Z., Kowalski Z. *Sieci i urządzenia oświetleniowe*. Politechnika Łódzka, Łódź 1997.
2. Różowicz A., *Wpływ częstotliwości prądu zasilającego lampy fluorescencyjne na ich wybrane parametry eksploatacyjne*. Kielce, Politechnika Świętokrzyska, 2004.
3. Mayer Ch., *Discharge lamps*. Deventer, Antwerpen, 1988.
4. Różowicz A., *Quantities influencing the light ripple depth of fluorescent lamps supplied with A/C voltage of various frequencies*, Archives of Electrical Engineering. vol. LIV, No.212. pp.193-204, 2005.
5. Różowicz A., *Materiały fluorescencyjne stosowane w niskoprężnych lampach wyładowczych i ich wpływ na tętnienie światła*. Przegląd elektrotechniczny, nr 5/2004, s. 451-455.
6. Godlewski J., *Generacja i detekcja promieniowania optycznego*. PWN Warszawa, 1997.

# THE IMPACT OF CURRENT FREQUENCY AND THE WORKING ENVIRONMENT TEMPERATURE ON THE SPECTRAL DISTRIBUTION OF VISIBLE RADIATION EMITTED BY THE LAMP

### *Abstract*

*Currently, the most commonly used light sources are fluorescent lamps T5 type. Technical parameters of these lamps depend on the current frequency and on the working environment. Most of the research conducted in this area by lighting manufacturers is not published and. Analysis of spectral distribution of radiation as a function of above mentioned parameters is showed.*

### **Autorzy:**

mgr inż. **Mariusz Deląg** – Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Techniki Światlnej, Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



Przy realizacji artykułu wykorzystano sprzęt współfinansowany z funduszy Unijnych.