



Kierunek: Elektrotechnika, semestr 3
Zastosowanie promieniowania optycznego
Laboratorium

Ćwiczenie nr 4

Temat: **BADANIE PROMIENNIKÓW PODCZERWIENI**

1. Wiadomości podstawowe

Promienniki podczerwieni to urządzenia elektryczne lub gazowe służące do nagrzewania promiennikowego wybranych ciał (wsadów) lub pomieszczeń. Nagrzewanie promiennikowe jest oparte na przekazywaniu energii od promiennika do wsadu za pośrednictwem fali elektromagnetycznej głównie pod postacią promieniowania podczerwonego (temperaturowego) przy towarzyszącym temu promieniowaniu widzialnym. Za promieniowanie podczerwone przyjmuje się promieniowanie w zakresie 0.76–1000 μm , za widzialne: promieniowanie w zakresie 0.4–0.76 μm . Każde ciało o temperaturze bezwzględnej większej od 0K emituje promieniowanie elektromagnetyczne, w tym i podczerwone. Temperatura ciała T wyznacza przy tym:

- ~ długość fali, przy którym emitowana jest największa energia ($\lambda_{\text{max}} = b / T$) - prawo Wiena,
- ~ ilość emitowanej mocy ciała czarnego ($P = \sigma S T^4$). prawo Stefana Boltzmana,
- ~ rozkład widmowy promieniowania ($m_\lambda = f(T, \lambda)$) prawo Plancka.

Prawo Plancka opisujące rozkład widmowy wypromieniowywanej energii ciała czarnego (emitującego najlepiej) ma postać:

$$m_{cc,\lambda} = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (1)$$

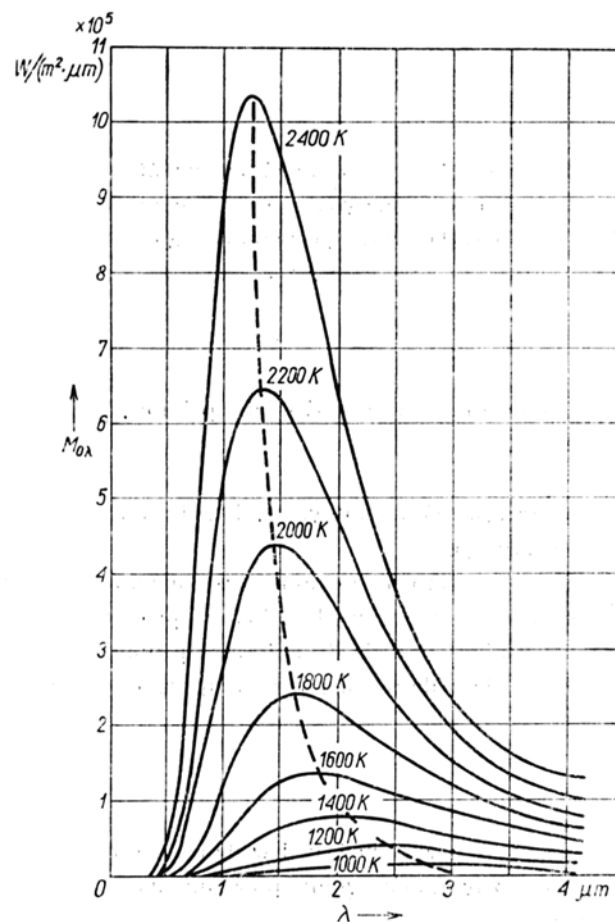
gdzie m – gęstość monochromatyczna emitancji promienistej (monochromatyczna powierzchniowa gęstość mocy), a c_1 i c_2 odpowiednie stałe. Prawo to ma zastosowanie zarówno do źródeł jak i odbiorników promieniowania. Źródło powinno



być tak dobrane aby emitowało jak najwięcej energii w przedziałach w których odbiornik promieniowania ma największe zdolności pochłaniające.

Ze wzrostem temperatury promieniującego ciała maksimum natężenia promieniowania przesuwa się w kierunku mniejszych długości fal. Długość fali, dla której występuje maksimum natężenia promieniowania określa **prawo Wiena**:
Odnosi się ono do ciał czarnych i szarych.

$$\lambda_{\max} T = 2896 \mu\text{m K} \quad (2)$$



Rys.1 Zależność monochromatycznej emitancji energetycznej m_{cc} ciała czarnego od długości fali λ wg Plancka.

Natomiast **prawo Stefana Boltzmana** określa całkowitą (sumaryczną dla wszystkich długości fal) moc wypromieniowywaną przez ciało o temperaturze T.

$$P_{cc} = \int_0^{\infty} m_{cc,\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (3)$$



Urządzenie do elektrycznego nagrzewania promiennikowego (promiennik elektryczny) składa się z elementu grzejjego będącego źródłem promieniowania (żarnika, rurkowego elementu grzejjego, skrętki grzejjej) oraz elementu ukierunkowującego promieniowanie (odbłyśnika, ekranu). Promienniki podczerwieni dzieli się na jasne (świejące) o temperaturze elementu grzejjego ponad ok. 1000°C, i ciemne o temperaturze do ok. 800°C. (patrz rys. 8.3). Temperatura powierzchni promieniujących zawarta jest w przedziale ok. 400-3000K. Maksymalne temperatury żarników to ok. 3500K.

Konstrukcyjnie promienniki dzielą się na następujące grupy:

- **promienniki o otwartych metalowych żarnikach skrętkowych:** żarnikiem jest skrętka umieszczona w kształtce ceramicznej z odkrytym kanałem. Dodatkowym elementem jest odbłyśnik wykonany z polerowanej blachy stalowej. Moce takich promienników wynoszą do 2 kW, temperatura żarnika do ok. 900°C.
- **promienniki o otwartych żarnikach niemetalowych, lub metalowych rurkowych bądź płytowych:** żarnikiem jest bądź skrętka umieszczona w osłonie rurki metalowej lub w ceramice, bądź pręty ceramiczne. Temperatura pracy dla elementów metalowych ok. 1000°C, dla niemetalowych do ok. 1700°C. Stosuje się odbłyśniki z blach stalowych.
- **promienniki o żarnikach w osłonach szklanych:** żarnikiem jest skrętka umieszczona w osłonie szklanej. Promieniowanie przekazywane jest częściowo bezpośrednio, poprzez przezroczystą osłonę szklaną, częściowo zaś pośrednio – od żarnika nagrzewana jest szklana osłona, która promieniując dalej nagrzewa otoczenie. Są to najczęściej promienniki jasne (jeśli większość promieniowania od żarnika jest przepuszczana przez osłonę) lub ciemne (jeśli całe promieniowanie żarnika jest pochłaniane przez osłonę, która staje się wtórnym źródłem promieniowania). Konstrukcyjnie wyróżnia się 4 podgrupy takich promienników:
 - **lampy żarowe**
 - **promienniki lampowe**
 - **promienniki rurowe**
 - **promienniki płaszczowe.**



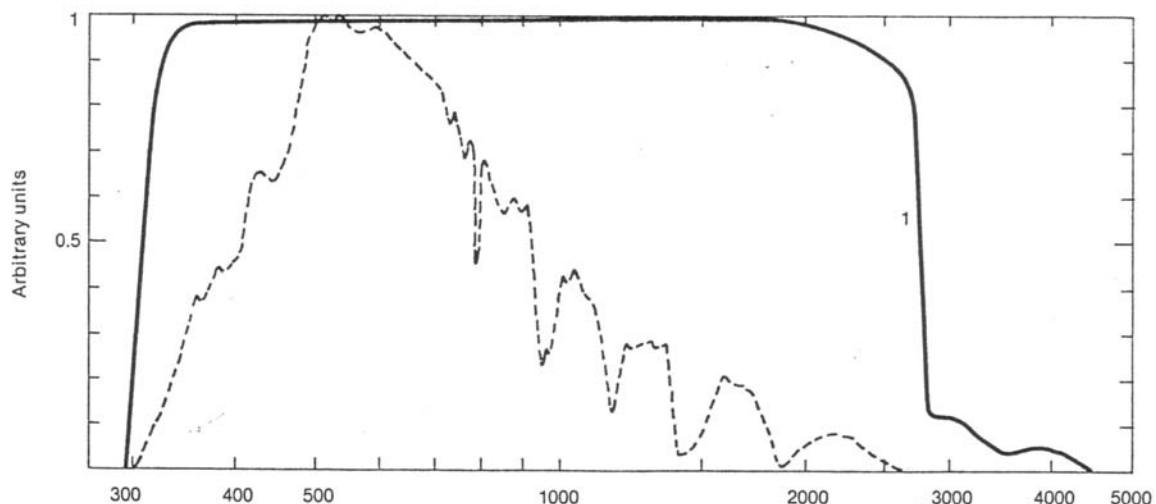
- **promienniki o ceramicznych lub metalowych płaszczach:** żarniki tych promienników zaprasowane są w masie ceramicznej lub we wspólnej metalowej osłonie, której zewnętrzna powierzchnia nagrzana do temperatury 400-750°C promieniuje. Tego typu promienniki buduje się jako promienniki punktowe, liniowe lub płaszczyznowe.
- **łukowe lampy wyładowcze:** zawarta w szklanych bańkach mieszanina par metali i gazów podczas wyładowania elektrycznego promieniuje w zakresie podczerwieni (wyładowcze lampy wysokoprężne rtęciowe, ksenonowe).

Promienniki podczerwieni znajdują zastosowanie głównie do:

- ~ lokalnego nagrzewania wybranych miejsc dla zapewnienia komfortu cieplnego,
- ~ suszenia połączonego najczęściej z odparowywaniem rozpuszczalnika (powłoki malarskie), wody (usuwanie wilgoci),
- ~ obróbki cieplnej metali i niemetalu (wyżarzanie, odpuszczanie, uplastycznienie, topienie, wulkanizowanie).

Promiennikowe urządzenia grzewcze należą do elektrotermicznych oporowych urządzeń nagrzewania pośredniego bezkomorowego lub komorowego.

Każdy miernik promieniowania ma określony zakres czułości, mniejszy od zakresu promieniującej powierzchni. Charakterystyka zastosowanego miernika została przedstawiona na rys. 2. Wynika ona z zakresu przepuszczalności szkła.



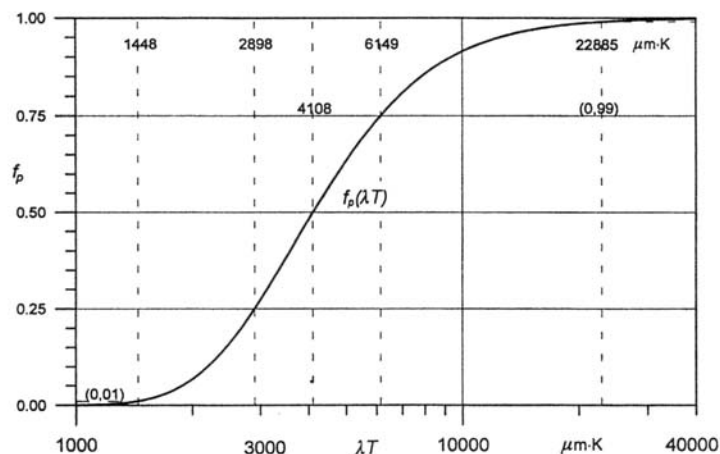
Rys. 2 Charakterystyka względnej czułości częstotliwościowej miernika napromienienia E-meter 202



Dla wyliczenia jaki procent emitowanego promieniowania jest mierzone, należy krzywą z rys.1 (odpowiadającą temperaturze emitującej powierzchni) porównać z charakterystyką czułości miernika rys.2. Można też korzystać z wzorów określających tzw. funkcję promieniowania $f_p(\lambda, T)$ tzn. procent energii emitowany w przedziale długości fali $\Delta\lambda=0-\lambda$

$$f_p(\lambda, T) = \frac{m_{cc,0-\lambda}}{m_{cc,0-\infty}} = \frac{1}{\sigma T^4} \int_0^{\lambda} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1} d\lambda \quad (4)$$

Funkcję promieniowania można także wyznaczyć z wzoru przybliżonego (rozłożenie (4) w szereg) lub odczytać z wykresu:



Rys. 4 Przebieg funkcji promieniowania

Przyrost funkcji promieniowania w zadanym przedziale $\Delta\lambda=\lambda_1-\lambda_2$ określa się jako różnicę:

$$\Delta f_p(\lambda_2 - \lambda_1, T) = f_p(\lambda_2, T) - f_p(\lambda_1, T) \quad (5)$$

2. Przebieg ćwiczenia

Zadanie 1: Zbadać nagrzewanie wybranych części promiennika rurkowego oraz lampowego.

1.1 Do stanowiska pomiarowego podłączyć odpowiednie mierniki. Zasilic układ napięciem kolejno 220V i 230V. Po uzyskaniu stanu cieplnie ustalonego zmierzyć temperaturę wskazanych przez prowadzącego punktów.

Pomiar temperatury elementów promiennika rurkowego

L. p.	napięcie zasilania V	Prąd A	Moc W	Temperatura °C			
				element rurkowy	pkt.1	odbłyśnik pkt.2	pkt.3
1	220						
2	250						

1.2 powtórzyć pomiary z pkt. 2.1 dla promiennika lampowego.

Pomiar temperatury elementów promiennika lampowego

L.p.	napięcie zasilania V	Prąd A	Moc W	Temperatura °C			
				pkt.1	bańka szklana pkt.2	pkt.3	pkt.4
1	220						
2	250						

Zadanie 2: Z badać przestrzenny rozkład natężenia napromienienia E promiennika rurkowego oraz lampowego.

2.1. Zasilic promiennik napięciem 230V i odczekać do chwili osiągnięcia stanu cieplnie ustalonego. W zadanej płaszczyźnie, dla wychylenia głowicy pomiarowej o kąt $\varphi = 0, 15, 30, 45, 60, 75$ i 90° od pionu, zmierzyć rozkład natężenia napromienienia E dla promiennika rurkowego oraz dla promiennika lampowego. Odczytów dokonywać w stanie ustalonym. Wyniki przedstawić graficznie w formie wykresu $E=f(\varphi)$ w przedziale $90^\circ \div -90^\circ$, zakładając symetrię osiową.

Promiennik	Natężenie napromienienia E						
	W/m ²						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
rurkowy							0
lampowy							0

Zadanie 3: Obliczyć procentowy udział promieniowania mierzonego w całkowitym widmie promieniowania promiennika rurkowego. Przyjąć, że temperatura promieniującej powierzchni to zmierzona temperatura elementu rurkowego. Charakterystykę rzeczywistą aproksymować łamaną 2.

Wykorzystać wzór (4)

3. Literatura

1. Hering M.: Podstawy elektrotermii cz. I WNT, Warszawa, 1992
2. Burakowski T., Giziński J., Sala A.: Promienniki podczerwieni. WNT, Warszawa 1970