

Konrad DOMKE*

PORÓWNAWCZE BADANIA TERMICZNE OPRAW OŚWIETLENIA DROGOWEGO Z SODOWYMI I LEDOWYMI ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA

W pracy przedstawiono wyniki badań termicznych opraw oświetlenia drogowego wyposażonych w sodowe i ledowe źródła światła mocy 400 i 100W. Dokonano analizy teoretycznej dróg przepływu ciepła w oprawach oraz przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych wybranych opraw oświetleniowych. Zbadano dynamikę przyrostów temperatury oraz wpływ temperatury zewnętrznej (otoczenia) na nagrzewanie się termicznie wrażliwych elementów opraw oświetleniowych.

1. WSTĘP

Powszechnie stosowanym źródłem światła w oprawach oświetlenia drogowego są lampy wysokoprężne sodowe o mocach 50-1000W. Same lampy ze względu na sprawność energetyczną ok. 30% są znaczącym źródłem ciepła wydzielanego w zamkniętej oprawie. Dodatkowo źródłem ciepła może być montowany w oprawie statecznik. Najbardziej narażonym elementem oprawy oświetleniowej jest – wykonany z elementów elektronicznych i montowany często wewnątrz oprawy – układ zapłonowy i sterujący.

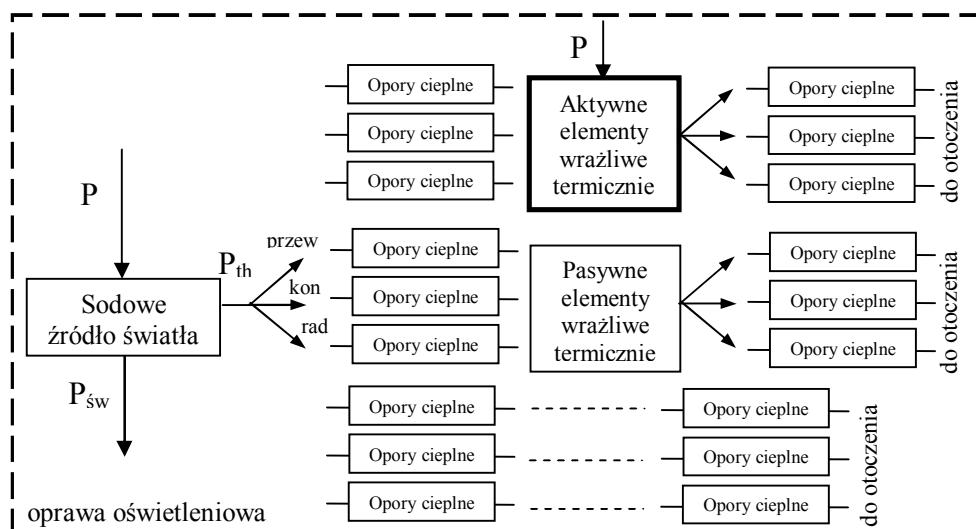
Innym, coraz popularniejszym źródłem światła w oprawach ulicznych, są diody LED. Zainstalowane w takich oprawach moce to 20-300W, przy czym ok. 75% tej mocy wydziela się w postaci ciepła w pojedynczych diodach LED. Grupowane w moduły, pojedyncze diody LED dużej mocy (1-1.5 W) o sprawności energetycznej ok. 25% są jednocześnie i źródłem ciepła i elementem najbardziej narażonym na termiczną degradację.

2. ANALIZA TEORETYCZNA

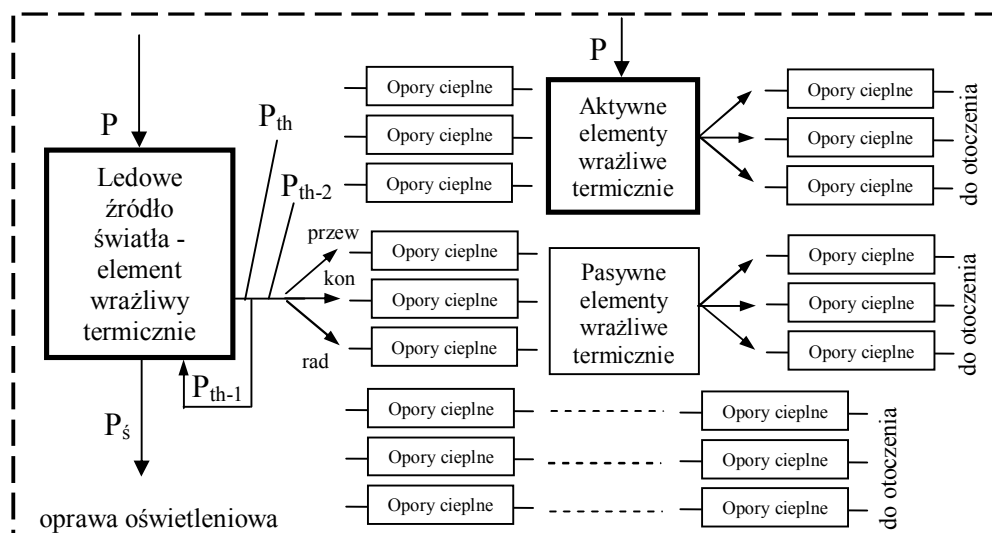
Wymiana ciepła, tak samo w oprawach wyposażonych w sodowe źródła światła jak i w źródła półprzewodnikowe (diody LED), podlega prawom określającym przewodzenie (prawo Fouriera), przejmowanie (prawo Newtona) i radiację (prawo Stefana-Boltzmana). Ze względu jednak na różne w obu tych przypadkach

* Politechnika Poznańska.

umieszczenie i skupienie źródeł ciepła oraz różne rozmieszczenie wrażliwych ciepłnie elementów oprawy, model wymiany ciepła w przypadku źródeł sodowych i źródeł półprzewodnikowych jest inny. Schematycznie ilustruje to rys. 1 i 2.



Rys. 1. Schemat układu przepływu mocy cieplnych w oprawach z lampami sodowymi



Rys. 2. Schemat układu przepływu mocy cieplnych w oprawach z ledowymi źródłami światła

W obu przypadkach ciepło wydziela się głównie w lampie (źródle światła). Inna jest jednak odporność termiczna elementów oprawy w obu porównywanych przypadkach.

Analiza teoretyczna i badania praktyczne wskazują, że do najbardziej zagrożonych termicznie elementów opraw należą: w przypadku lamp sodowych – elektroniczne elementy wyposażenia, a dla lamp ledowych – diody LED. Elementy te oraz odpowiadające im drogi przepływu ciepła na rys. 1 i 2 zostały dodatkowo wyróżnione.

3. ZAKRES BADAŃ TERMICZNYCH I UKŁAD POMIAROWY

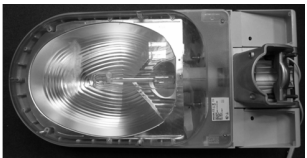


Przebadano szereg opraw oświetleniowych z sodowymi i ledowymi źródłami światła, opraw różnych producentów, o mocach 100-400W, mierząc temperaturę w różnych punktach opraw. Wyselekcjonowano moce, przy których nagrzewanie się elementów opraw jest zagadnieniem istotnym oraz określono jakich elementów oprawy to dotyczy.

Przykładowe wyniki badań 2 opraw drogowych o mocy 400W wyposażonych w sodowe źródło światła oraz oprawy 100 W z ledowymi źródłami światła opisano poniżej. Typy prezentowanych opraw oświetleniowych przedstawia tabela 1, a tabela 2 ich widok ogólny.

Tabela 1. Wybrane typy badanych opraw oświetleniowych

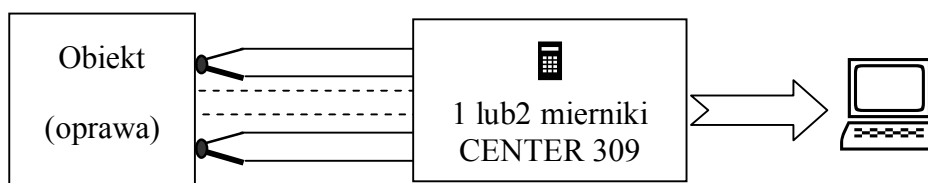
Lp.	Typ oprawy	Typ lampy	Moc [W]
1	SGS306 TP PE 400W	SON-T-Plus-400W	400
2	IVF 4 7035B 400W	SON-T-Plus-400W	400
3	LED4UC2	Diody LED HP	107

Tabela 2. Wybrane oprawy oświetleniowe

Badane oprawy		
		
SGS306 TP PE 400W	IVF 4 7035B 400W	LED4UC2

Pomiary realizowano w układzie przedstawionym na rys. 3 przy wykorzystaniu termopar NiCr-Ni o średnicy 0.2 mm oraz 4 kanałowego rejestratora typ C309 firmy CENTER. Końcową obróbkę danych przeprowadzano w programie graficznym XXXXX.

Uproszczony schemat układu pomiarowego przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Układ pomiarowy

Dla lamp sodowych mierzono: temperaturę górnej powierzchni statecznika (T1) – żółty kolor na wykresach, bocznej powierzchni statecznika lub powierzchni zapłonika - jeśli w oprawie występował jako oddzielny element elektroniczny (T2) – kolor jasno niebieski, – atmosfery wewnątrz komory zawierającej układy elektroniczne i statecznik (T3) - kolor zielony, i atmosferę zewnętrzną (T4) – fioletowy kolor na wykresach.

Dla lampy z ledowymi źródłami światła mierzono temperaturę: górnej powierzchni soczewki diody (T1) – kolor żółty, skrajnego lewego punktu pod soczewką diody (T2) – kolor jasno niebieski, atmosfery wewnątrz oprawy (T4) – fiolet, radiatora w połowie zębra (T1-2) – czerwony, atmosfery zewnętrznej (T2-2) – biały.

4. WYNIKI POMIARÓW

Dla opraw z tabeli 1 i 2 zarejestrowane przebiegi temperatury oraz ich wartości maksymalne (ustalone) przedstawiają się następująco:

Tabela 3. Maksymalne (ustalone) temperatury oprawy SGS 306 SON-T 400W

Lp.	Miejsce pomiaru temperatury	Symbol	Temp. max [°C]
1	górną powierzchnia statecznika	T1	104.8
2	bocznej powierzchnia statecznika lub zapłonika	T2	76.7
3	atmosfera wewnątrz komory	T3	74.8
4	atmosfera zewnętrzna	T4	22

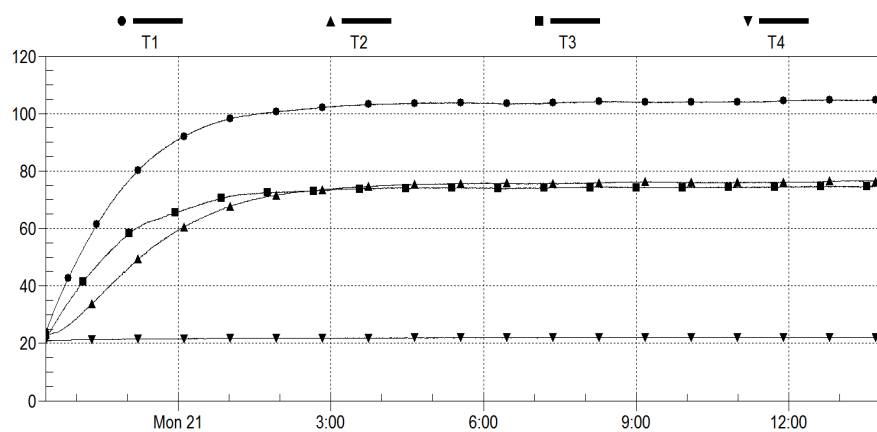
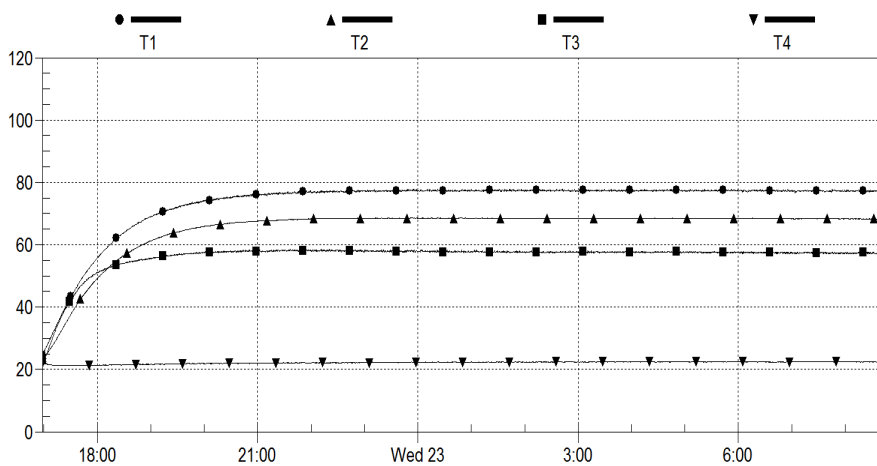
Rys. 4. Wykres zmian temperatury dla oprawy SGS 306 SON-T 400W przy $t_a = 20^{\circ}\text{C}$ Rys. 5. Wykres zmian temperatury dla oprawy IVF4 7035B CII S400W przy $t_a = 20^{\circ}\text{C}$

Tabela 4. Maksymalne (ustalone) temperatury oprawy IVF4 7035B CII S400W

L.p.	Miejsce pomiaru temperatury	Symbol	Temp. max [$^{\circ}\text{C}$]
1	górną powierzchnią statecznika	T1	77.9
2	boczną powierzchnią statecznika lub zapłonika	T2	68.6
3	atmosferę wewnątrz oprawy	T3	58.6
4	atmosferę zewnętrzną	T4	22

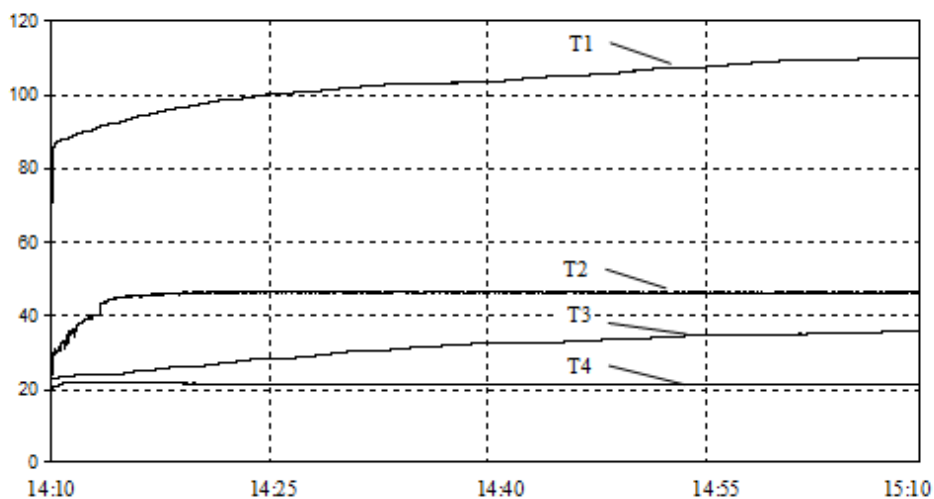
Rys. 6. Wykres początkowych zmian temperatury dla oprawy LED4UC2 100W przy $t_a = 20^\circ\text{C}$

Tabela 5. Maksymalne (ustalone) temperatury oprawy LED4UC2 100W

L.p.	Miejsce pomiaru temperatury	Symbol	Temp. max [$^\circ\text{C}$]
1	wierzchołek soczewki diody LED	T1	115.1
2	radiator oprawy	T2	46.5
3	atmosfera wewnątrz oprawy	T3	37.5
4	atmosfera zewnętrzna	T4	21.2

Przeprowadzono także badanie mające na celu wyjaśnić jaki wpływ ma temperatura zewnętrznej atmosfery na temperaturę badanych elementów oprawy oświetleniowej. Uzyskane wyniki dla opraw wyposażonych w sodowe źródła światła przy $t_a=20^\circ\text{C}$ i $t_a=30^\circ\text{C}$ prezentuje tabela 6.

Tabela 6. Temperatura wrażliwych termicznie elementów opraw przy różnych t_a

Typ oprawy	Moc [W]	Temperatury [$^\circ\text{C}$]				
		T1	T2	T3	T4	
SGS 340 SON-T 400W	400	$t_a=20^\circ\text{C}$	104.8	76.7	74.8	22
		$t_a=30^\circ\text{C}$	110,5	80,7	78,8	31,1e
IVF4 7035B CII S 400W	400	$t_a=20^\circ\text{C}$	77.9	68.6	58.6	22
		$t_a=30^\circ\text{C}$	81,2*	70,5*	65,5	31,1

T1-T4 tak jak na rys. 4-5

Analiza danych pomiarowych pozwala także na wyznaczenie dynamiki nagrzewania się najbardziej wrażliwych elementów badanych opraw. Znajomość tych wartości ma znaczenie przy rozpatrywaniu krótkotrwałych załączeń opraw. Uzyskane wyniki prezentuje tabela 7.

Tabela 7. Dynamika przyrostu temperatury wrażliwych termicznie elementów oprawy z ledowymi i sodowym źródłem światła

Typ oprawy	Przyrost temperatury* ΔT		Czas nagrzewania
	% wartości max.	°C	sek/min/h
LED4UC2 100W	50%	46	3 sek
	75%	69	3 min 10 sek
	80%	73,6	8 min 20sek
	95%	87,4	53 min
	100%	92	ok. 2 h
SGS 306 SON-T 400W	50%	41.3	1 h
	75%	61.9	2 h
	80%	66.1	2 h i 20 min
	95%	78.5	4 h i 20 min
	100%	82.6	ok. 14 h

* dla oprawy LED przyrost temperatury ponad temperaturę otoczenia na soczewce diody, dla SGS na górnej powierzchni statecznika

5. WNIOSKI

1. Przy rozpatrywaniu termicznych ograniczeń występujących podczas pracy oprawy oświetleniowej istotnym jest nagrzewanie się tylko jej wrażliwych termicznie elementów. Są to najczęściej półprzewodnikowe elementy sterowania i regulacji (także stateczniki), dla których producent określa dopuszczalną temperaturę pracy. Inne elementy oprawy (korpus, klosz, odbłyśnik) praktycznie nie osiągają temperatur zagrażających ich eksploatacji.
2. Przy umiejscowieniu elementów wrażliwych termicznie w oddzielnej części oprawy oświetleniowej, poza bezpośrednim oddziaływaniem promieniowania źródła, dla opraw o typowych wymiarach z sodowymi źródłami światła ograniczenia termiczne mogą wystąpić dopiero przy mocach źródła równych lub większych 400W.
3. Dla opraw oświetleniowych wyposażonych w ledowe źródła światła bez względu na ich moc i rozmieszczenie występuje termiczne zagrożenie diody LED. Wynika to z faktu, iż diody mocy LED są wrażliwym termicznie elementem oprawy i jednocześnie znaczącym źródłem ciepła.

4. Zmiana temperatury otoczenia nieznacznie wpływa na ustalone temperatury wrażliwych elementów pracującej oprawy oświetleniowej.
5. W badanych oprawach czas ustalania się temperatury na poziomie 95% wartości maksymalnej (stan quasiustalony) jest rzędu 1-5 godzin, natomiast 50% wartości ustalonej uzyskuje się: dla ledowych źródeł światła po kilku sekundach, a dla sodowych źródeł po ok. 1 godzinie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Domke K.: Generacja i przepływ ciepła w oprawach oświetleniowych z diodami LED jako źródłami światła, *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 5, 2010, ss. 339-341.
- [2] Domke K., Wandachowicz K.: Thermal investigation of light emitting diodes. in: *Advanced Computational Methods and Experiments in Heat Transfer X*, ed, B. Sundén, C.A. Brebbia. WITPress, Southampton, Boston, 2008, pp. 159-168.
- [3] Hering M.: *Termokinetyka dla elektryków*. Warszawa: WNT, 1980.
- [4] Janna W. S. *Engineering Heat Transfer* 2nd ed., Boca Raton, London, Washington, CRC Press, 2000.

COMPERATIVE THERMAL TESTS OF ROAD LIGHTING LUMINAIRES WITH HIGH PRESSURE SODIUM AND LED LIGHT SOURCES

The results of thermal testing of road lighting luminaires fitted with a sodium high pressure lamps (400W) and LEDs (100W) were presented in the papier. An analysis of the theoretical heat flow paths in the luminaires and the results of laboratory testing of selected luminaires, results of examined the dynamics of temperature rise and the effect of external temperature (ambient) to the heating of the thermally sensitive elements of the lighting luminaires were also mentioned in the presented papier.