

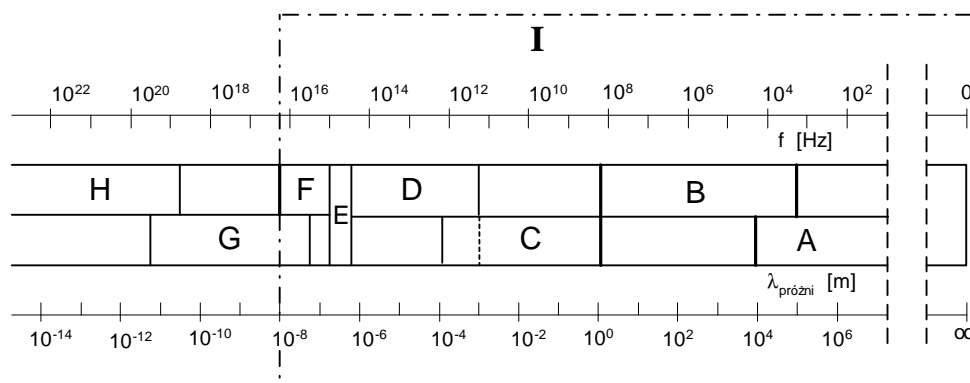
Kierunek: Elektrotechnika, semestr 3
 Zastosowanie promieniowania optycznego
 Laboratorium

Ćwiczenie nr 1-2

Temat: WYZNACZANIE SPRAWNOŚCI ENERGETYCZNYCH LAMP ELEKTRYCZNYCH

1. Wiadomości podstawowe

Promieniowanie optyczne jest promieniowaniem elektromagnetycznym nieciągłym, obejmującym zakres częstotliwości f (lub długości fali w próżni $\lambda_{pr}=c/f$, gdzie prędkość c fali elektromagnetycznej w próżni wynosi ok. $3 \cdot 10^8$ m/s (300 000 km/s)) pomiędzy **promieniowaniem mikrofalowym a rentgenowskim**.



Rys. 1. Widmo fal elektromagnetycznych: **I** zakres widma fal elektromagnetycznych wykorzystywanych w elektrotechnice, **A** fale częstotliwości akustycznej, **B** fale radiowe, **C** mikrofałe, **D** promieniowanie podczerwone, **E** promieniowanie widzialne, **F** promieniowanie nadfioletowe, **D, E, F** promieniowanie optyczne, **G** promieniowanie rentgenowskie, **H** promieniowanie gamma i kosmiczne

Przyjmuje się umownie, że zakresy częstotliwości f i długości fali w próżni λ_{pr} promieniowania optycznego wynoszą odpowiednio:

$$3 \cdot 10^{11} \text{ Hz} < f < 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

$$1000 \mu\text{m} > \lambda_{pr} > 0,01 \mu\text{m}$$

Zakres promieniowania optycznego obejmuje promieniowanie **podczerwone** (IR), **widzialne** (światło) (VIS) i **nadfioletowe** (UV) o przyjętych umownie następujących zakresach f i λ_{pr} :

podczerwone $3 \cdot 10^{11} < f < 3,85 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ $(1000 > \lambda_{pr} > 0,78 \mu\text{m})$,

widzialne $3,85 \cdot 10^{14} < f < 7,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ $(0,78 > \lambda_{pr} > 0,38 \mu\text{m})$,

nadfioletowe $7,9 \cdot 10^{14} < f < 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$ $(0,38 > \lambda_{pr} > 0,01 \mu\text{m})$.



2. Lampy

Lampa jest urządzeniem służącym do wytwarzania promieniowania optycznego, zazwyczaj widzialnego. W zależności od rodzaju energii, z której wytwarzane jest promieniowanie optyczne, lampy dzieli się na nieelektryczne (świeca, pochodnia, lampa olejowa, lampa naftowa) i elektryczne.

Lampy elektryczne (elektryczne promienniki optyczne) są urządzeniami elektrycznymi wytworzonymi w celu zamiany jednoczęstotliwościowej (monochromatycznej, np. $f=50\text{Hz}$) energii elektromagnetycznej na energię użyteczną optycznego (zwykle polichromatycznego (wieloczęstotliwościowego)) promieniowania elektromagnetycznego. Wśród lamp elektrycznych, ze względu na zakres częstotliwości promieniowania optycznego traktowanego jako promieniowanie użyteczne, wyróżnia się **lampy promieniowania nadfioletowego i podczerwonego** (elektryczne promienniki odpowiednio nadfioletu (UV) (np. lampy kwarcowe) i podczerwieni (IR) (np. żarowe promienniki podczerwieni)) oraz **lampy promieniowania widzialnego** (promienniki światła (VIS)).

Elektryczne lampy promieniowania: nadfioletowego, widzialnego i podczerwonego przyjęto się nazywać odpowiednio źródłami: nadfioletu (UV), światła (VIS) i podczerwieni (IR).

Niektóre z lamp elektrycznych nie mogą być zasilane bezpośrednio z sieci, lecz muszą współpracować ze specjalnymi elektrycznymi lub elektronicznymi układami zasilającymi. Układy zasilające elektryczne źródła promieniowania (źródła: światła, promieniowania nadfioletowego, promieniowania podczerwonego) służą np. do: regulacji napięcia, wywołania wysokonapięciowego impulsu (zapłonowego), stabilizacji prądu, poprawy współczynnika mocy, filtracji wyższych harmonicznnych.

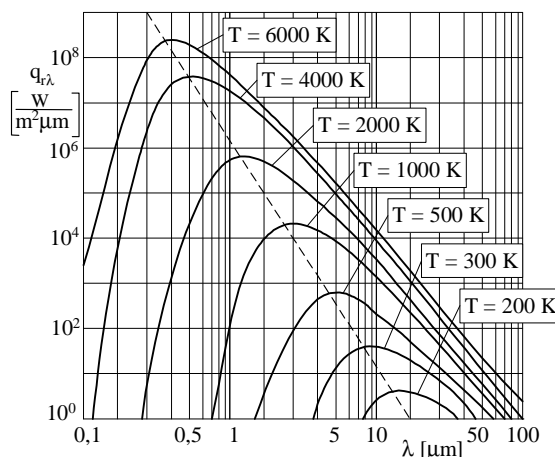
Elektryczne źródło światła, składające się z **przetwornika elektroświatelnego** i z różnych innych części (np. trzonek gwintowany, kołki przyłączeniowe, izolatory ceramiczne, bańka szklana), jest zwykle łatwo wymienialnym urządzeniem elektrycznym mechanicznie zintegrowanym.

Przetwornik elektroświatelny, będący miejscem zamiany jednoczęstotliwościowej energii elektromagnetycznej na energię elektromagnetyczną promieniowania widzialnego, jest najważniejszym jedno- lub wieloczęściowym elementem elektrycznego źródła światła. Przetwornikami elektroświatelnymi są np.: skrętka lub dwuskrętka wolframowa, złącze półprzewodnikowe, obszar wyładowania łukowego o ciśnieniu atmosferycznym, zamknięte (przezroczystymi powierzchniami) obszary wyładowania jarzeniowego lub łukowego o różnym ciśnieniu, złącze półprzewodnikowe lub zamknięty obszar wyładowania łukowego wraz z zamykającą je powierzchnią szklaną pokrytą luminoforem.

Przetworniki elektroświatelne są tzw. pierwotnymi źródłami promieniowania widzialnego. W przypadku niektórych lamp ich wewnętrzne odbłyśniki lub matowe szkła stają się tzw. wtórnymi źródłami światła, odpowiednio odbijającymi lub rozpraszającymi promieniowania pierwotne, pochodzące z przetworników elektroświatelnych.

Ze względu na **sposób wytwarzania promieniowania** elektryczne źródła światła dzieli się na:

- **inkandescencyjne**, tzn. temperaturowe (żarówki próżniowe i gazowane, żarówki halogenowe), o wysyłanym promieniowaniu optycznym zbliżonym do rozkładu Plancka (rys. 2)



Rys. 2. Rodzina funkcji rozkładu widmowego promieniowania wg wzoru Plancka

- **inkandescencyjno-luminescencyjne** (lampy wyładowcze: wysokoprężne rtęciowo-żarowe, atmosferyczne łukowe).
- **luminescencyjne**, tzn. poza temperaturowe:
a wśród nich, ze względu na **rodzaj przetwornika elektroświatelnego** i sposób generacji promieniowania wyróżnia się:
 - **źródła złączowo-półprzewodnikowe** o polichromatycznym promieniowaniu spontanicznym (diody półprzewodnikowe LED) i monochromatycznym promieniowaniu wymuszonym (diodowe lampy laserowe),
 - **źródła wyładowcze** o promieniowaniu wymuszonym (lasery na ciele stałym, lasery gazowe) i o promieniowaniu spontanicznym.

Według kryterium **rodzaju wyładowania** wyładowcze źródła światła o promieniowaniu spontanicznym dzieli się natomiast na:

- źródła o **wyładowaniu świetlącym** (lampy tłące, lampy (rury) jarzeniowe (wysokonapięciowe)),
- źródła o **niskoprężnym wyładowaniu łukowym** zachodzącym w parach sodu (niskoprężne lampy sodowe) lub rtęci (niskoprężne lampy rtęciowo-fluorescencyjne o różnych kształtach rur wyładowczych (np. świetlówki o rurach przestrzennie rozciągniętych (np. (prosto)liniowe, kołowe), świetlówki kompaktowe o rurach przestrzennie upakowanych), lampy indukcyjne (wysokoczęstotliwościowe i bezelektrodowe)),
- źródła o **wysokoprężnym wyładowaniu łukowym** zachodzącym w parach sodu (wysokoprężne lampy sodowe), parach rtęci (wysokoprężne lampy rtęciowe, wysokoprężne lampy rtęciowo-fluorescencyjne) i w parach rtęciowo-halogenkowo-metalowych (lampy metalohalogenkowe (rtęciowo-halogenkowe)).



Luminescencyjne źródła promieniowania wymagają stosowania różnych elektrycznych lub elektronicznych **układów zasilających**.

Dla **luminescencyjnych wyładowczych źródeł promieniowania**, wymagających wysokiego napięcia zapłonu i utrzymywania stałej wartości prądu wyładowania, elektryczne (tradycyjne, dławikowe, transformatorowo-rozproszeniowe) lub elektroniczne układy zasilające nazywane są układami **stabilizacyjno-zapłonowymi**.

Elektroniczne układy zasilające wyładowczych źródeł światła będące falownikami o częstotliwości napięć wyjściowych wynoszącej najczęściej 25 ± 45 kHz i umożliwiające zasilanie źródeł wyładowczych m.in. z sieci stałoprądowych w porównaniu z tradycyjnymi układami zasilającymi charakteryzują się wieloma zaletami. Natomiast elektroniczne układy zasilające półprzewodnikowych diod LED to układy prostownicze o niewielkich wartościach napięć wyjściowych.

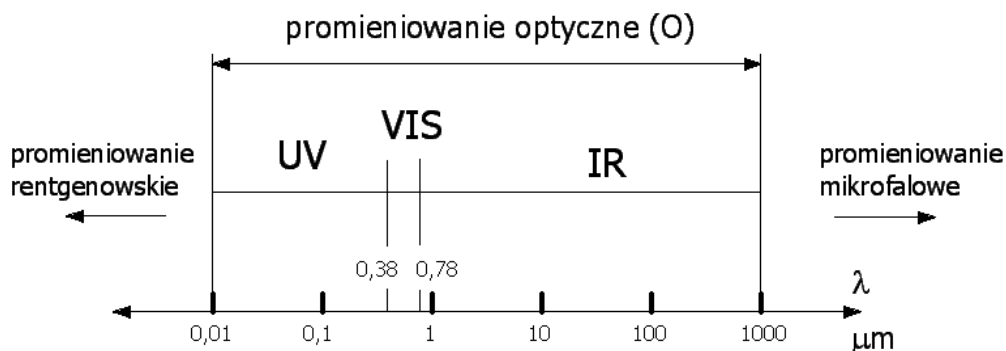
W przypadku gabarytowo niewielkich elektronicznych układów zasilających łączy się je czasami z wyładowczym kompaktowym (przestrzennie upakowanym) źródłem światła lub z wieloma kompaktowymi (przestrzennie upakowanymi) lampami LED w jedną elektromechaniczną i łatwo wymienialną całość, którą nazywa się **zintegrowanym źródłem światła** (np. zintegrowana świetlówka kompaktowa, zintegrowane kompaktowe lampy LED).

Obecny rozwój w dziedzinie źródeł światła związany jest głównie z poszerzeniem asortymentu istniejących już rodzin źródeł światła i z coraz szybszym rozwojem elektronicznych układów zasilających. Obserwuje się szczególnie dynamiczny rozwój wysokoprężnych lamp rtęciowo-halogenkowych i diodowych lamp elektroluminescencyjnych oraz stabilizacyjno--zapłonowo-sterujących układów elektronicznych do zasilania wysokoprężnych lamp wyładowczych. Układy te umożliwiają stosowanie zarówno analogowych, jak i cyfrowych układów sterowania źródłami światła i pozwalają coraz częściej na płynną regulację strumienia świetlnego lamp wyładowczych.

Do powszechnie stosowanych elektrycznych źródeł światła można zaliczyć: żarówki, żarówki halogenowe, świetlówki o różnych kształtach ((prosto)liniowe, kołowe, U-kształtne itp.) i zintegrowane świetlówki kompaktowe, wysokoprężne lampy rtęciowe i rtęciowo-żarowe, wysokoprężne lampy rtęciowo-halogenkowe, nisko- i wysokoprężne lampy sodowe oraz półprzewodnikowe lampy (diody) LED.

3. Sprawności lamp elektrycznych

Na rys. 3 przedstawiono poszczególne promieniowania wchodzące w skład promieniowania **optycznego**, a na rysunku 4 zobrazowano moce elektromagnetyczne w pracujących lampach elektrycznych.



Rys. 3. Zakresy długości fal elektromagnetycznych w próżni (λ_{pr}) odpowiadające promieniowaniu: optycznemu (O), nadfioletowemu (UV), widzialnemu (VIS) i podczerwonemu (IR)

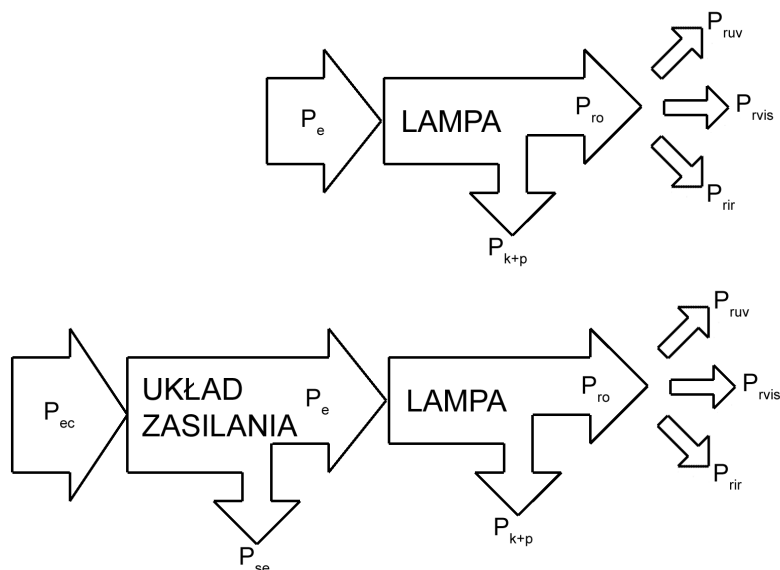
W ćwiczeniu w celu określenia ilościowych zależności mocy wypromieniowanych przez źródło promieniowania w poszczególnych (UV,VIS,IR) podzakresach zastosowane będą filtry.

Filtr UV - odcinający promieniowanie z zakresu UV a przepuszczający ok. 90% promieniowania VIS i IR



Filtr IR - przepuszczający promieniowanie IR a odcinający promieniowanie UV i VIS





Rys. 4. Schemat ideowy przetwarzania mocy elektromagnetycznych w lampach elektrycznych

Sprawność energetyczna (mocowa) η_{en} lampy elektrycznej, czyli elektrycznego źródła promieniowania optycznego, jest sprawnością zachodzącej w lampie przemiany mocy elektrycznej P_e (w W) dochodzącej do lampy a pobieranej ze źródła zasilania, na moc promienistą (strumień promienisty) P_{ro} (w W) wysyłaną przez nią promieniowania optycznego, tzn. (rys. 4):

$$\eta_{en} = \frac{P_{ro}}{P_e} = \frac{P_e - P_{k+p}}{P_e} \quad (1)$$

gdzie: P_{k+p} jest mocą cieplną przekazywaną do otoczenia na drodze konwekcji i przewodzenia

W przypadku lamp elektrycznych współpracujących z zasilającymi je układami elektrycznymi (np. lampy wyładowcze, lampy złączowo-półprzewodnikowe), ich **sprawność energetyczna całkowita η_{enc}** , równa jest iloczynowi sprawności energetycznej lampy η_{en} i sprawności energetycznej układu zasilającego η_{enz} , wyniesie (rys. 4):

$$\eta_{enc} = \eta_{enz} \cdot \eta_{en} = \frac{P_e}{P_{ec}} \cdot \frac{P_{ro}}{P_e} = \frac{P_{ec} - P_{se}}{P_{ec}} \cdot \frac{P_e - P_{k+p}}{P_e} = \frac{P_{ro}}{P_{ec}} \quad (2)$$

gdzie: P_{ec} (w W) - moc pobierana z sieci przez lampę i układ elektryczny ją zasilający, P_{se} – moc strat elektrycznych układu zasilania.

Sprawności energetyczne lub sprawności energetyczne całkowite (wraz z układami zasilającymi) lamp promieniowania: widzialnego (źródła światła) (η_{envis} lub η_{encvis}), podczerwonego (η_{enir} lub η_{encir}) i nadfioletowego (η_{enuv} lub η_{encuv}) są równe stosunkowi strumieni promienistych odpowiednio: widzialnego (P_{rvis}), podczerwonego (P_{rir}) i nadfioletowego (P_{ruv}) do mocy elektrycznej P_e pobieranej przez lampę lub



mocy elektrycznej całkowitej P_{ec} pobieranej przez lampę wraz z układem zasilającym, tzn. (rys. 4, rys. 3):

$$\eta_{envis} = \eta_{en} \cdot \eta_{ovis} = \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{rvis}}{P_{ro}} = \frac{P_{rvis}}{P_e} \quad \text{lub} \quad \eta_{encvis} = \eta_{enz} \cdot \eta_{en} \cdot \eta_{ovis} = \frac{P_e}{P_{ec}} \cdot \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{rvis}}{P_{ro}} = \frac{P_{rvis}}{P_{ec}} \quad (3a)$$

$$\eta_{enir} = \eta_{en} \cdot \eta_{oir} = \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{rir}}{P_{ro}} = \frac{P_{rir}}{P_e} \quad \text{lub} \quad \eta_{encir} = \eta_{enz} \cdot \eta_{en} \cdot \eta_{oir} = \frac{P_e}{P_{ec}} \cdot \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{rir}}{P_{ro}} = \frac{P_{rir}}{P_{ec}} \quad (3b)$$

$$\eta_{enuv} = \eta_{en} \cdot \eta_{ouuv} = \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{ruv}}{P_{ro}} = \frac{P_{ruv}}{P_e} \quad \text{lub} \quad \eta_{encuv} = \eta_{enz} \cdot \eta_{en} \cdot \eta_{ouuv} = \frac{P_e}{P_{ec}} \cdot \frac{P_{ro}}{P_e} \cdot \frac{P_{ruv}}{P_{ro}} = \frac{P_{ruv}}{P_{ec}} \quad (3c)$$

Sprawnością optyczną (wydajnością energetyczną) promieniowania: widzialnego (η_{ovis}), podczerwonego (η_{oir}) lub nadfioletowego (η_{ouuv}) nazywa się stosunek strumienia promienistego (mocy promienistej) odpowiednio: widzialnego (P_{rvis}), podczerwonego (P_{rir}) lub nadfioletowego (P_{ruv}) do strumienia promienistego (mocy promienistej) P_{ro} promieniowania optycznego, tzn. (rys. 4, rys. 3):

$$\eta_{ovis} = \frac{P_{rvis}}{P_{ro}} \quad \eta_{oir} = \frac{P_{rir}}{P_{ro}} \quad \eta_{ouuv} = \frac{P_{ruv}}{P_{ro}} \quad (4)$$



4. Pomiary

Dla wymienionych na stronie 12 opracowania lamp elektrycznych połączyć odpowiednie układy pomiarowe wg schematów z rys. 5.

- Ustawić na właściwej wysokości głowicę pomiarową, źródło światła oraz przesłonę pomiędzy nimi.
- Dobrać zakresy mierników mając na uwadze: - napięcia zasilania układów, przewidywane prądy płynące w obwodach, moce źródeł, współczynnik $\cos\varphi_e$ i $\cos\varphi_{ec}$
- Zasilać każdą z lamp kolejno napięciami: $0,9U_{zn}$, U_{zn} , $1,1U_{zn}$ i każdorazowo poczekać na ustabilizowanie się elektrycznych i fotometrycznych parametrów lampy.
- Dla każdej lampy i każdej wartości napięcia należy:
 - ustawić głowicę pomiarową MPO względem badanego źródła światła w niezmiennym (podczas przeprowadzania niżej wymienionych pomiarów dla wszystkich trzech wartości napięcia) położeniu,
 - Odczytać na watomierzu(ach) wartości mocy P_e pobieranej przez lampę (lub/i mocy P_{ec} pobieranej przez lampę wraz z układem zasilającym), oraz na woltomierzu (lub wotomierzach) i amperomierzu (lub amperomierzach) wartości napięcia U_{ec} (lub napięć U_{ec} i U_L) i prądu I_{ec} (lub prądów I_{ec} i I_L),
 - Odczytać na mierniku cyfrowym MPO liczbę L_{1ro} obrazującą wartość mocy promienistej P_{1ro} (w W),
 - Przesłonić głowicę pomiarową MPO filtrem UV i odczytać na mierniku cyfrowym MPO liczbę $L_{r(vis+1ir)}$, która podzielona przez 0,9 (tzn. pomnożona przez 1,1 zob. (10) i (11)) obrazuje wartość $P_{r(vis+1ir)}$, czyli wartość sumy mocy P_{rvis} i P_{1rir} ,
 - wstawić w głowicę pomiarową MPO filtr IR () i odczytać na mierniku cyfrowym MPO liczbę L_{1rir} obrazującą wartość mocy P_{1rir} .

Uwaga!

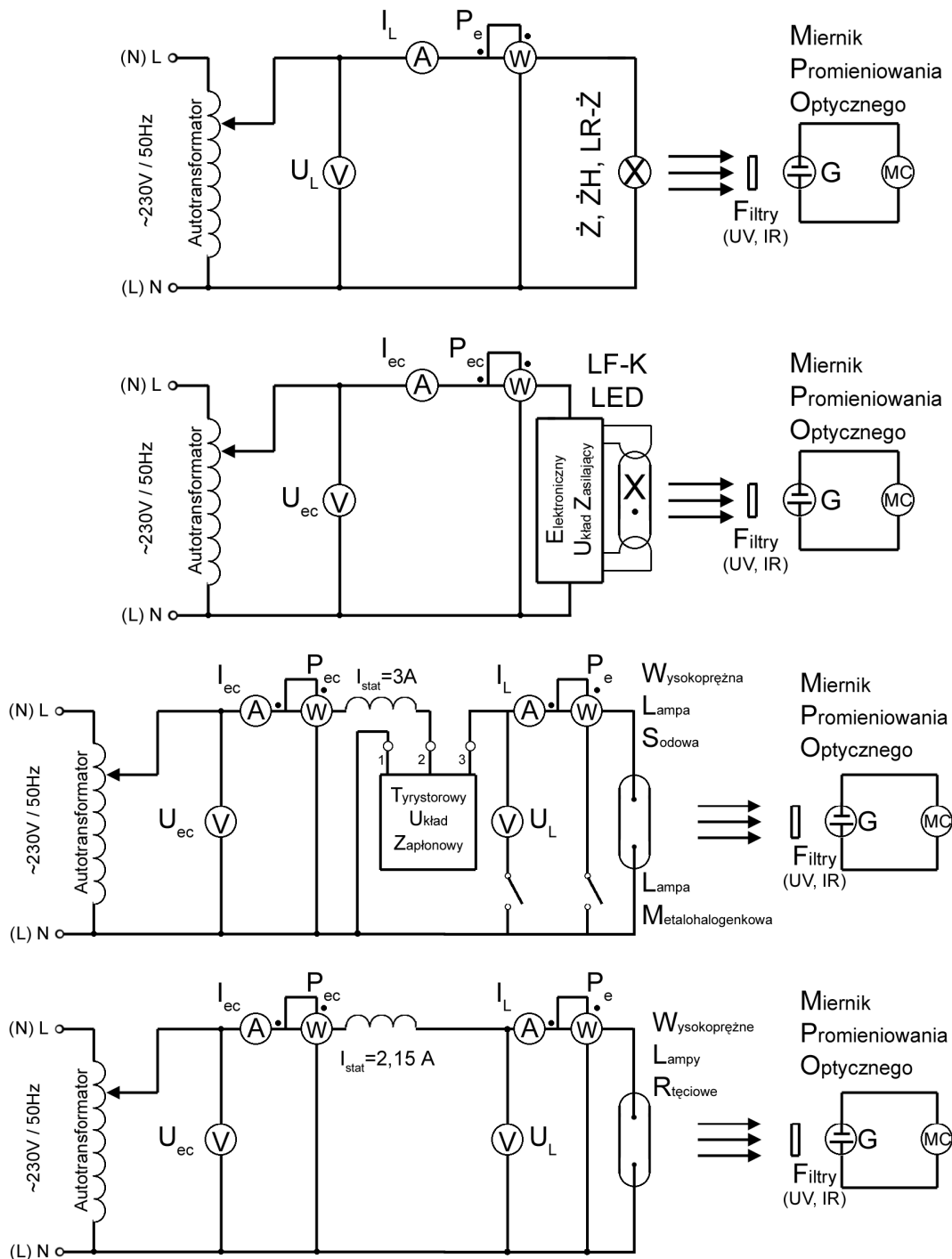
Miernik mocy promieniowania optycznego (MPO) (rys. 5) reaguje na część P_{1ro} mocy całkowitej P_{ro} promieniowania optycznego źródła, będącą sumą mocy promieniowania P_{ruv} , P_{rvis} oraz P_{1rir} jedynie w zakresie od $0,78\mu m$ do ok. $3\mu m$, tzn:

$$P_{1ro} = P_{ruv} + P_{rvis} + P_{1rir} \quad (5)$$

Pozostała część $P_{2ro} = P_{2rir}$ mocy całkowitej P_{ro} promieniowania optycznego źródła, równej:

$$P_{ro} = P_{1ro} + P_{2ro} \quad (6)$$

na którą **nie reaguje** MPO, wysyłana jest w zakresie od ok. $3\mu m$ do ok. $1000\mu m$ promieniowania IR.



Rys. 5. Schematy układów pomiarowych badanych lamp

- dla żarówki głównego szeregu (Ż), żarówki halogenowej (ŻH) i lampy ręcniowo-żarowej (LR-Ż)
- zintegrowanej świetlówki kompaktowej (LF-K) i zintegrowanych lamp LED
- wysokopięźnej lampy sodowej (WLS) i lampy metalohalogenkowej (LM)
- wysokopięźnej lampy ręcniowej z luminoforem oraz bez luminoforu (WLR)

MPO – miernik mocy promieniowania optycznego, G – głowica pomiarowa, MC – miernik cyfrowy wyskalowany w W/m^2 , F - filtry

5. Obliczenia

Uwaga!

Moc elektryczna P_e pobierana przez lampę zostaje po przetworzeniu oddana do otoczenia jako suma: mocy cieplnej P_{k+p} przekazywanej na drodze konwekcji (P_k) i przewodzenia (P_p) oraz mocy promieniowania optycznego P_{ro} tzn. (zob. (5) i (6)):

$$P_e = P_{k+p} + P_{ro} = P_{k+p} + P_{1ro} + P_{2ro} \quad (7)$$

Po podzieleniu stronami wzoru (7) przez wartość P_e otrzymuje się:

$$1 = A + B = A + B_1 + B_2 \quad (8)$$

gdzie:

$$A = \frac{P_{k+p}}{P_e} \quad B = \frac{P_{ro}}{P_e} \quad B_1 = \frac{P_{1ro}}{P_e} \quad B_2 = \frac{P_{2ro}}{P_e} \quad (9)$$

Dla każdej badanej lampy zostaną podane przez prowadzącego przybliżone wartości współczynników: A , B , B_1 i B_2 , pozwalające, po zmierzeniu wartości mocy P_e , wyliczyć dla każdej wartości napięcia wartości mocy: P_{k+p} , P_{ro} , P_{1ro} i P_{2ro} (w W).

Obliczyć, dla każdej z wartości napięcia każdej lampy, liczby działek L_{1r} (L_r) odpowiadających promieniowaniu z zakresu UV, IR i VIS oraz, po wyznaczeniu wartości P_{1ro} (zob. (8) i (9)), moce promieniste P_{1r} (P_r) (w W) promieniowania z zakresu UV, IR i VIS według wzorów:

$$L_{1rir} = L_{1rir} \quad L_{ruv} = L_{1ro} - 1,1 \cdot L_{r(vis+1ir)} \quad L_{rvis} = L_{1ro} - L_{ruv} - L_{1rir} \quad (10)$$

$$P_{1rir} = P_{1ro} (L_{1rir}/L_{1ro}) \quad P_{ruv} = P_{1ro} (L_{ruv}/L_{1ro}) \quad P_{rvis} = P_{1ro} (L_{rvis}/L_{1ro}) \quad (11)$$

Obliczyć, dla każdej z wartości napięcia każdej lampy, po wyznaczeniu wartości P_{ro} (zob. (5)÷(9)):

sprawność energetyczną (mocową) η_{en} lampy elektrycznej, czyli elektrycznego źródła promieniowania optycznego (zob. (1) ÷ (9)):

$$\eta_{en} = \frac{P_{ro}}{P_e} \quad \eta_{enc} = \eta_{enz} \cdot \eta_{en} = \frac{P_e}{P_{ec}} \cdot \frac{P_{ro}}{P_e} = \frac{P_{ro}}{P_{ec}} \quad (12)$$

sprawność optyczną (wydajność energetyczną) promieniowania widzialnego (η_{ovis}):

$$\eta_{ovis} = \frac{P_{rvis}}{P_{ro}} \quad (13)$$

sprawność energetyczną i/lub sprawność energetyczną całkowitą (wraz z układem zasilającym) lampy promieniowania widzialnego (źródła światła) (η_{envis} i/lub η_{encvis}):

$$\eta_{\text{envis}} = \eta_{\text{en}} \cdot \eta_{\text{ovis}} = \frac{P_{\text{ro}}}{P_{\text{e}}} \cdot \frac{P_{\text{rvis}}}{P_{\text{ro}}} = \frac{P_{\text{rvis}}}{P_{\text{e}}} \quad \text{lub} \quad \eta_{\text{encvis}} = \eta_{\text{enz}} \cdot \eta_{\text{en}} \cdot \eta_{\text{ovis}} = \frac{P_{\text{e}}}{P_{\text{ec}}} \cdot \frac{P_{\text{ro}}}{P_{\text{e}}} \cdot \frac{P_{\text{rvis}}}{P_{\text{ro}}} = \frac{P_{\text{rvis}}}{P_{\text{ec}}} \quad (14)$$

~ współczynnik mocy $\cos\varphi_e$ lampy, ze wzoru:

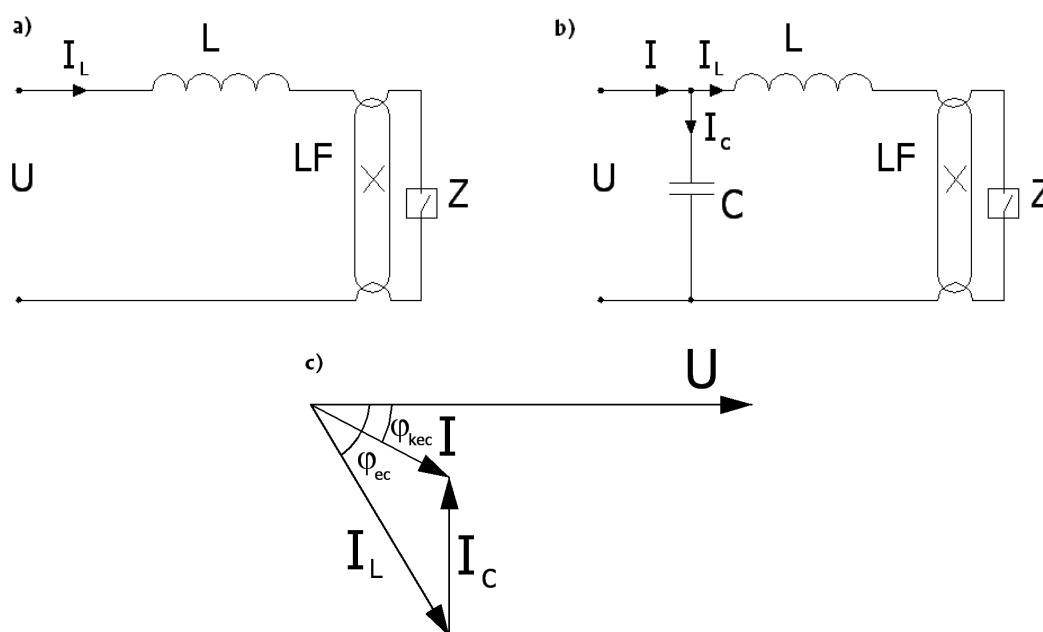
$$\cos\varphi_e = \frac{P_e}{U_L I_L} \quad (15)$$

~ współczynnik mocy $\cos\varphi_{ec}$ lampy wraz z układem zasilającym, ze wzoru:

$$\cos\varphi_{ec} = \frac{P_{ec}}{U_{ec} I_{ec}} \quad (16)$$

Uwaga!

Ze względu na niskie wartości $\cos\varphi_{ec}$, w produkowanych rzeczywistych układach zasilania lamp wyładowczych stosuje się kondensatory, powodujące zwiększenie współczynnika mocy do wartości $\cos\varphi_{kec}$, a więc kompensujące pobór mocy biernej indukcyjnej (zob. rys. 6).



Rys. 6. Układy zasilające lamp wyładowczych bez kompensacji (a) i z kompensacją (b) mocy biernej indukcyjnej oraz wykres wskazowy (c) obrazujący poprawę (zwiększenie) wartości współczynnika mocy



Przybliżone wartości współczynników podziału mocy badanych lamp

1. Żarówka głównego szeregu z bańką przezroczystą

$A=P_{k+p}/P_e$	0,12
$B=P_{ro}/P_e$	0,88
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,26
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,62

2. żarówka halogenowa 105W

$A=P_{k+p}/P_e$	0,1
$B=P_{ro}/P_e$	0,9
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,29
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,61

3. zintegrowana świetlówka kompaktowa LF-K 26W

$A=P_{k+p}/P_{ec}$	0,43
$B=P_{ro}/P_{ec}$	0,57
$B_1=P_{1ro}/P_{ec}$	0,28
$B_2=P_{2ro}/P_{ec}$	0,29

4. lampa rtęciowo-żarowa LRŻ (MIX) 160W

$A=P_{k+p}/P_e$	0,38
$B=P_{ro}/P_e$	0,63
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,43
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,20

5. zintegrowane kompaktowe lampy LED

$A=P_{k+p}/P_{ec}$	0,75
$B=P_{ro}/P_{ec}$	0,25
$B_1=P_{1ro}/P_{ec}$	0,22
$B_2=P_{2ro}/P_{ec}$	0,03

6. wysokoprężna lampa sodowa WLS 250W

$A=P_{k+p}/P_e$	0,15
$B=P_{ro}/P_e$	0,85
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,50
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,35

7. wysokoprężna lampa metalohalogenkowa LMH 150W

$A=P_{k+p}/P_e$	0,15
$B=P_{ro}/P_e$	0,85
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,35
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,50

8. wysokoprężna lampa rtęciowa LFR 250W z luminoforem

$A=P_{k+p}/P_e$	0,23
$B=P_{ro}/P_e$	0,77
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,35
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,42

9. wysokoprężna lampa rtęciowa LRF 250W bez luminoforu

$A=P_{k+p}/P_e$	0,20
$B=P_{ro}/P_e$	0,80
$B_1=P_{1ro}/P_e$	0,25
$B_2=P_{2ro}/P_e$	0,55