

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 621.311.25

В. В. Богачук, к. т. н.;

Ю. О. Дмитрієв;

В. В. Кухарчук, д. т. н., проф.;

В. В. Присяжнюк

МЕТОДИКА ВИБОРУ ЛАМПИ РОЗЖАРЮВАННЯ ЯК ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Досліджено залежність електричних та світлових параметрів ламп розжарювання від зміни напруги живлення. Отримано математичну модель джерела випромінювання, яка дозволяє визначити значення світлового потоку з реальної напруги живлення і вибрати тип лампи розжарювання у відповідності з необхідним значенням світлового потоку.

Вступ

В процесі розробки оптичних електронних приладів завжди виникає проблема вибору оптичної пари освітлювач — фотоприймач. Між ними — об'єкт контролю. Об'єктом контролю може бути як водне, дисперсне, тверде, металічне середовище, так і середовище природного походження. Практичні схеми для оптичних вимірювань зводяться до трьох основних різновидів. Це оптичні схеми, пов'язані з проходженням світла крізь об'єкт контролю, оптичні схеми, пов'язані з відбиттям світла від об'єкта контролю та оптичні схеми, пов'язані із заломленням світла в об'єкті контролю.

Оптичні електронні прилади завжди мають елемент, який перетворює світловий потік, що виходить з об'єкта контролю, в електричний сигнал. Таким елементом є фотоприймач.

Перетворення падаючого на фотоприймач світлового потоку в електричний сигнал здійснюється за законом Столетова [1]

$$I_{\text{фп}} = \alpha_{\lambda} \eta_E \Phi_{e\lambda} = \kappa_{\lambda} \Phi_{e\lambda}, \quad (1)$$

де $\eta_E = \frac{\Phi_E}{\Phi_{e\lambda}}$ — енергетичний вихід перетворювання; $I_{\text{фп}}$ — фотострум фотоприймача; Φ_E — ефективно перетворений фотоприймачем світловий потік; $\Phi_{e\lambda}$ — падаючий на фотоприймач світловий потік на визначеній спектральній довжині хвилі світла; α_{λ} — коефіцієнт поглинання фотоприймача на визначеній спектральній довжині хвилі; κ_{λ} — спектральна чутливість фотоприймача.

Із закону Столетова випливає, що фотострум фотоприймача $I_{\text{фп}}$ прямо пропорційно залежить від значення падаючого на нього світлового потоку $\Phi_{e\lambda}$.

Розглянемо підходи до визначення втрат при проходженні світла проміжних елементів оптико-електронної схеми.

1. Експериментально можна визначити втрати при проходженні світлового потоку через ОК або втрати відбитого світла від нього.

2. Фотоприймач, в залежності від розроблюваного оптико-електронного приладу, можна вибрати з довідникової літератури.

3. Втрати на оптичних схемах фотоприймача і освітлювача враховують емпірично. Вони складають від 4 до 7 % від кожної поверхні скла. У випадку використання світлофільтрів, їх втрати оцінюються за паспортними даними на певний світлофільтр.

Розробник завжди обмежений певними рамками під час вибору елементів конструкції приладу і його схемотехнічних рішень. Основна проблема полягає у виборі лампи освітлювача оптико-електронного приладу.

Тому метою роботи є розробка методики проектування джерела випромінювання в оптичних електронних приладах.

Постановка задачі

Вибираючи джерело випромінювання, на перший погляд, необхідно вибрати лампу, світловий потік якої із запасом перекивав би будь-які втрати оптичної схеми приладу, тобто, з великою електричною потужністю. Але цьому перешкоджає теплова енергія, що виділяється електролампю. Відомо, що чим менший нагрів приладу, тим меншими можуть бути його габарити, тим вище його надійність і т. д. Електричні лампи вибираються, виходячи з конструктивних особливостей оптико-електронного приладу та з довідникових даних на електролампи [2] і вимог Держстандартів.

Як відомо, основними параметрами електроламп є такі: 1) напруга живлення — U , В; 2) потужність споживання — W , ВА; 3) світловий потік — Φ , лм (або сила світла, I, кд); 4) строк служби — години.

Порівняльний аналіз значень розрахункових і довідникових світлових потоків та параметри електричних ламп [2] широкого застосування наведено в табл. 1. Очевидно, що дані параметри даються на граничні значення напруги та потужності. При цьому світловий потік має розсіювання до 20 % в сторону зменшення. Викликають зацікавленість лампи, в яких за однакової потужності та напруги живлення спостерігаються різні світлові потоки, причому розсіювання може досягати 25 %. Це зумовлено, в першу чергу, їхніми конструктивними особливостями.

Наприклад, лампи № 1 — ОП 6-15, № 4 — СЦ-3 при однаковій потужності і напрузі живлення мають різні світлові потоки. Це ж стосується і ламп № 2 — ПЛ-13 і № 3 — ММ-32 та № 7 — К 12-30 і № 8 — СЦ-4. В той же час, лампи № 15 — СМ 26-15 і № 16 — ОП 26-15 мають однакові світлові потоки.

Математична модель джерела світла

Розробникам зазвичай необхідно визначити світловий потік не за номінальної напруги, вказаної у паспорті, а за реальної. Наприклад, автомобільна лампа А12-21 розрахована на напругу 13,5 В, а використовується при 12 В і т. д. В інших випадках лампи використовують в регульованому режимі, тобто в діапазоні зміни їх напруг живлення.

В [1] показано, що за незначних змін напруги (в межах $\Delta U \leq \pm 0,1 U_n$), зміну світлового потоку можна визначити з похибкою до 1—2 % за формулою

$$\frac{\Phi_x}{\Phi_0} = \left(\frac{U_x}{U_0} \right)^{3,6}, \quad (2)$$

де Φ_0 — значення номінального світлового потоку; U_0 — значення номінальної напруги; Φ_x — реальне значення світлового потоку; U_x — реальне значення напруги.

Але, невідомим є значення номінального світлового потоку Φ_0 . Крім того, діапазон зміни реальних значень напруг живлення значно ширший.

Виходячи з цих передумов, для визначення світло-

Таблиця 1

Значення розрахункових світлових потоків Φ_p у порівнянні з довідниковими Φ

№ з/п	Тип лампи	U , В	W , ВА	Φ , лм	Φ_p , лм
1	ОП6-15	6	15	225	147
2	ПЛ-13	6	3	15	11,4
3	ММ-32	6	3	21,6	11,4
4	СЦ-3	6	15	188	147
5	СЦ-69	6	25	340	303
6	СЦ-61	8	20	250	230
7	К12-30	12	30	528	505
8	СЦ-4	12	30	500	505
9	ММ-27	12	12	142	105
10	КГМ12-100	12	100	2900	2950
11	СМ13-5	13	5	40	33
12	СМ13-25	13	25	362	358
13	СЦ-43	13	25	400	358
14	ОП13-50	13	50	1500	1280
15	СМ26-15	26	15	142	153
16	ОП26-15	26	15	142	153
17	СМ26-5	26	5	40	36,6
18	А12-3кд	12	4	23,5	23,8
19	А12-21кд	12	15	165	157
20	А12—21	12	21	280	245
21	СМ13-10	13	10	80	58

вих потоків різних ламп, авторами пропонується така емпірична залежність світлового потоку від енергетичних параметрів електроламп

$$\Phi = I^4 (R_H^{\kappa_1} + \kappa_2), \tag{3}$$

де
$$\kappa_1 = \frac{\ln R_H}{\ln U + \left(\ln WU + \ln \frac{R_H}{I \ln(W + U)} \right) 0,1}; \tag{4}$$

$$\kappa_2 = \ln \frac{R_H}{\ln U + \frac{1}{\ln W + \ln R_H}}, \tag{5}$$

I — сила струму живлення лампи; R_H — опір вольфрамової нитки.

Якщо використовувати вибіркові світлофільтри, то розраховуючи світловий потік, необхідно врахувати спектральний коефіцієнт α_λ випромінювання (поглинання) вольфраму, тобто

$$\Phi_\lambda = \alpha_\lambda \Phi. \tag{6}$$

При цьому α_λ вибирається з графіка на рис. 8 [3]. Наприклад, для довжин хвиль 1,3...1,45 мкм $\alpha_\lambda = 0,35...0,32$.

За формулою (3) розраховано світлові потоки, які випромінюються лампами А12-21, А12-21кд, СМ13-10 і А12-3кд. Результати розрахунків показані в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення електричних і світлових параметрів ламп в залежності від зміни напруги живлення

U _л , В		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
А12-21 278 лм	I _л , А	1,64	1,56	1,48	1,4	1,31	1,21	1,11	1,01	0,89	0,79
	R _н , Ом	7,32	7,05	6,76	6,43	6,11	5,78	5,4	4,95	4,49	3,8
	W, Вт	19,7	17,16	14,8	12,6	10,48	8,47	6,6	5,05	3,56	2,37
	Φ, лм	246,6	193,5	149,5	112,7	81,8	56,4	37,3	23,3	13	6,61
А12-21кд 152 лм	I _л , А	1,27	1,21	1,15	1,08	1,01	0,94	0,86	0,78	0,7	0,6
	R _н , Ом	9,45	9,09	8,69	8,33	7,92	7,44	6,97	6,41	5,71	5
	W, Вт	15,24	13,3	11,5	9,54	8,08	6,6	5,16	3,9	2,8	2,4
	Φ, лм	156,9	124,1	96,4	72,4	52,9	37,33	24,9	15,7	9,22	4,62
СМ13-10 80 лм	I _л , А	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44	0,4	0,35	0,29
	R _н , Ом	17,65	17,18	16,6	16,07	15,38	14,58	13,63	12,5	11,43	10,3
	W, Вт	8,16	7,04	6,0	5,04	4,16	3,36	2,64	2,0	1,4	0,87
	Φ, лм	58,36	46,1	35,52	27,40	20,44	14,86	10,46	7,11	4,53	2,77
А12-3кд 23,45 лм	I _л , А	0,34	0,32	0,3	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17
	R _н , Ом	38,2	37,5	36,6	34,5	33,3	32	30,4	28,6	26,3	23,5
	W, Вт	3,84	3,3	2,9	2,43	2	1,61	1,26	0,95	0,65	0,42
	Φ, лм	23,6	19,17	16,07	12,75	10,05	7,76	5,97	4,5	3,4	2,8

Таблиця 3

Адекватність результатів, наведених в табл. 2, встановлено шляхом порівняння значень світлових потоків при номінальній напрузі живлення для різних типів ламп, що використовуються в оптоелектронних схемах. Наприклад, лампа А 12-21. За дійсне значення візьмемо $\Phi_p = 245$ лм (табл. 1), за вимірне — результати розрахунку за запропонованою моделлю (3): $\Phi = 246,6$ лм (табл. 2).

Значення відносної похибки для різних типів ламп

Тип лампи	А12-21	А12-21кд	СМ13-10	А12-3кд
Φ, лм	246,6	156,9	58,36	23,6
Φ _р , лм	245	157	58	23,8
δ, %	0,65	0,06	0,62	0,84

Оцінимо відносну похибку моделі:
$$\delta = \frac{\Phi - \Phi_p}{\Phi_p} 100 \% = \frac{246,6 - 245}{245} 100 \% = 0,65 \%.$$

Значення похибок для інших типів ламп зведено в табл. 3.

На рис. 1—4 показано залежності світлового потоку, струму, потужності та опору від зміни напруги живлення.

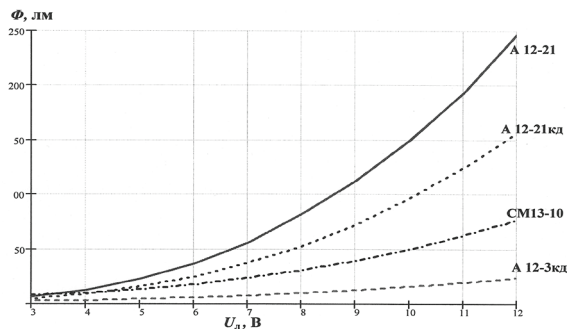


Рис. 1. Залежність світлового потоку від напруги живлення

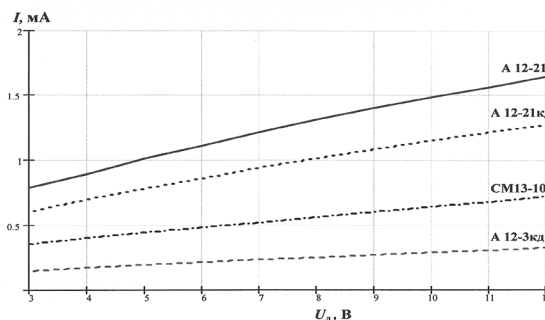


Рис. 2. Залежність струму від напруги живлення

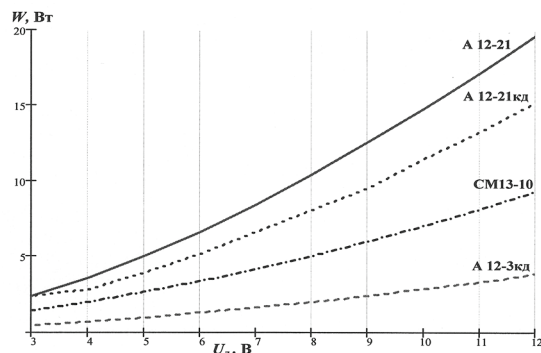


Рис. 3. Залежність потужності від напруги живлення

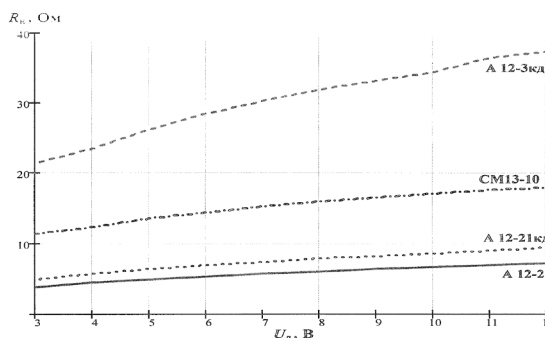


Рис. 4. Залежність опору електролампи від напруги живлення

Висновки

Запропоновано методику вибору лампи розжарювання як джерела випромінювання, яка дозволяє вибирати освітлювач із урахуванням його енергетичних параметрів на стадії розробки оптичних електронних приладів.

В результаті дослідження встановлено:

1. Світловий потік в залежності від зміни напруги живлення змінюється нелінійно (рис. 1). При цьому нелінійність зростає зі збільшенням потужності електролампи.
2. Сила струму, в залежності від зміни напруги живлення, змінюється практично лінійно (рис. 2).
3. Залежність потужності лампи від напруги живлення також нелінійна (рис. 3). Нелінійність зростає пропорційно збільшенню потужності електролампи.
4. Залежність опору лампи від напруги живлення змінюється практично лінійно (рис. 4).
5. Значення відносної похибки запропонованої моделі (3) не перевищує 0,84 % (табл. 3).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуторов М. М. Основы светотехники и источники света: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., доп. и перераб. — М: Энергоатомиздат, 1983. — 384 с.
2. Згурский В. С., Лисицын Б. Л. Элементы индикации. — М.: Энергия, 1974. — 224 с.
- Гуревич М. М. Фотометрия. 2-е изд., доп. и перераб. — Л: Энергоатомиздат, 1983. — 272 с.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Надійшла до редакції 10.04.08
Рекомендована до друку 22.04.08

Богачук Володимир Васильович — доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті; **Кухарчук Василь Васильович** — завідувач кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань;
Дмитрієв Юрій Олександрович — старший науковий співробітник, **Присяжнюк Василь Васильович** — старший викладач.

Кафедра метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет