

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ЗА ПУЛЬСАЦІЄЮ ОСВІТЛЕННЯ

Кубатін Д.Г., студент; Курінний Е.Г., д.т.н., проф.

(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Ефективність електричних джерел світла (ламп) можна оцінювати за різними параметрами електротехнічного й світлотехнічного режимів, одним з яких є пульсація освітлення. Вона призводить до додаткової втоми людини, внаслідок чого зменшується продуктивність праці й погіршується зір. У [1] встановлено норми на коефіцієнт пульсації K_p , однак цей показник не дає об'єктивної оцінки негативних наслідків пульсації, оскільки враховує лише діапазон миттєвих значень e освітленості без урахування її форми і частоти. В ДонНТУ запропоновано універсальний показник – дозу пульсації (ДП) P_{Sp} [2]. Метою статті є експериментальний аналіз пульсацій, які створюються лампами різного виду, та встановлення залежностей продуктивності праці від ДП.

При незмінній напрузі крива освітлення $e(t)$ є періодичною функцією часу, тому застосовувалися методи гармонічного аналізу. Несинусоїдальність кривої освітлення утруднює визначення фактичної тривалості циклу t_p . Тому ця тривалість визначається шляхом сплайн-інтерполяції кривої напруги, яка не має великих спотворень, що дозволяє чітко визначити точки переходу через нуль – границі циклів.

За фізичним смислом основна частота λ_{n1} пульсації дорівнює $1/t_i$, а відповідні гармоніки порядку m мають частоти m/t_i . Проте через завади частотою 50 Гц, коливання і несинусоїдальність напруги при вимірюваннях можуть з'явитися неканонічні гармоніки, що збільшує основну частоту до $1/2t_i$. Для повного виключення завад пропонується дослідити криві спочатку розкласти в ряд Фур'є по гармоніках порядку n з основною частотою $1/2t_i$. Усі непарні гармоніки мають частоти, не кратні $1/t_i$, тому вони повністю виключаються, а парним гармонікам присвоюється порядок $m = n/2$, якому відповідає частота $\lambda_{im} = m/t_i$. При частоті напруги рівно 50 Гц непарні гармоніки дорівнюють 50, 150, ... Гц. Постійна складова – середнє значення E_{nc} пульсації – не змінюється.

Інерційність фотодатчика згладжує пульсації, тому діючі значення \tilde{E}_{im} гармонік є заниженими. Датчик звичайно моделюється інерційною ланкою зі сталою часу T , тому множник $k_{\phi m}$, що корегує, є величиною, оберненою до частотної функції ланки. Скоореговані значення гармонік

$$E_{im} = \tilde{E}_{im} k_{\phi m} = \tilde{E}_{im} \sqrt{1 + (2\pi m \lambda_{i1} T)^2}.$$

Для ілюстрації в табл. 1 частково приведено результати визначення гармонік і їх корегування при $T = 0,0003$ с для 1КЛЛ потужністю 20 Вт (Philips, Голландія). Гармоніки виражено у процентах від середнього значення.

У зоні частот, більших за 100 Гц, вплив пульсації зменшується обернено частоті, тому достатньо враховувати не більш ніж 20 гармонік. ДП розраховується за формулою з [1]

$$P_{Si} = 0,1 \sqrt{2 \sum_{m=1}^{20} (E_{im}^2 / m^2)}.$$

m	λ_{nm} Гц	\tilde{E}_{nm} %	$k_{\phi m}$	E_{nm} %
1	100	5,373	1,018	5,468
2	200	1,017	1,069	1,087
...
9	900	0,047	1,969	0,093
10	1000	0,015	2,134	0,032

Допустимі значення \hat{P}_{Si} доз дорівнюють 1; 1,5; 2 – відповідно для розрядів I і II, III і IV; IV-VIII зорової роботи. Технічну умову допустимості пульсацій визначає нерівність $P_{Si} \leq \hat{P}_{Si}$. Проте навіть при виконанні цієї умови економічно доцільним може виявитися перехід до ламп з меншою ДП. Для цього потрібно оцінювати продуктивність праці. В [2] приведено залежності продуктивності від доз у вигляді кусково-лінійних функцій. Було виконано їх апроксимацію безперервними функціями у вигляді сум двох експонент.

Використання норм \hat{K}_i на коефіцієнти пульсації завищує оцінку допустимості пульсації у

$$k_{ci} = (K_i / \hat{K}_i) / (P_{Si} / \hat{P}_{Si}) = K_i \hat{P}_{Si} / \hat{K}_i P_{Si}.$$

В табл. 2 приведені показники пульсації для наступних ламп: 1КЛЛ, ЛР – лампи розжарювання 60 Вт (Philips, Іспанія), 1ЛЛ – люмінесцентної лампи 40 Вт (Україна), 2ЛЛ – настільної лампи 11 Вт (Фінляндія), 2КЛЛ – 18 Вт (Польща), 3КЛЛ – потужністю 21 Вт (Osram, Німеччина).

Таблиця 2

Лампа	P_{Sn}	K_n %	k_{zn}	ДП _n , %		
				I и II	III	IV-VIII
КЛЛ8	0,78	9,8	1,26	-6,7	-4,22	-1,7
ЛН1	1,25	13,6	1,09	Пульсація недопустима	-4,46	-2,04
ЛЛ2	1,89	24,9	1,32		-2,43	
ЛЛ3	3,08	35,7	1,16			
КЛЛ1	3,76	42,6	1,13			
КЛЛ3	0,17	2,95	1,74	-2,93	-1,82	-0,71

Чим меншою є доза, тим ефективнішою є лампа за пульсацією освітлення. Найкращою виявилася лампа 3КЛЛ, а найгіршою – 2КЛЛ без електронного керування. Таким чином, ефективність ламп потрібно оцінювати за дозою пульсації, яку потрібно ввести у [1] замість коефіцієнта пульсації. Врахування пульсації розширить техніко-економічну область доцільності використання КЛЛ.

Перелік посилань

1. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5.-28-2006. – Київ: Міністерство житлово-комунального господарства України. – Введені в дію 15.05.2006.
2. Курінний Е.Г., Ленко В.Г. Електромагнітна сумісність. Доза пульсації // Світлотехніка та електроенергетика. – Харків: Харківська нац. академія міського господарства. АН ВШУ, 2005, № 5. – С. 48-53.