

Матеріали науково-практичного семінару  
«Міжнародний інвестиційний форум – виставка з  
енергоефективності та енергоощадності 2015»

---

УДК 621.326; 621.327

В.А. Андрійчук, С.Ю. Поталіцин, М.С. Наконечний

*Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя*

## **ЕНЕРГООЩАДНЕ ЗОВНІШНЄ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

У роботі проведено аналіз систем зовнішнього освітлення по областях України за період з 2010 та 2014 рік. Встановлено, що в системах зовнішнього освітлення спостерігається тенденція до зростання кількості компактних люмінесцентних ламп і світлодіодів. Проведено вимірювання похибки індукційного та електронного лічильників при обліку електричної енергії в освітлювальних установках із компактними люмінесцентними лампами та світлодіодами. Встановлено, що похибка досліджуваних лічильників зростає в наслідок наявності високих значень вищих гармонік струму даних джерел світла.

В Україні в системах зовнішнього освітлення ще широко використовуються малоефективні джерела світла: лампи розжарювання (ЛР), дугові ртутні лампи (ДРЛ). Станом на 01.01.2015 р. в освітлювальних установках (ОУ) зовнішнього освітлення експлуатуються 328,886 тис. шт. ЛР та 311,452 тис. шт. ДРЛ, що становить 17,93% та 16,98% від загальної кількості світлоточок відповідно. Одночасно спостерігається тенденція впровадження енергоефективних джерел світла, а саме компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) та світлодіодів (СД). Станом на 01.01.2015 р. в установках зовнішнього освітлення експлуатуються 278,005 тис. шт. КЛЛ та 80,837 тис. шт. СД, що становить 15,16% та 4,41% від загальної кількості

світлоточок, відповідно. Гістограма зміни кількості світлоточок в установках зовнішнього освітлення за типами джерел світла представлено на рис. 1 [1 – 4].

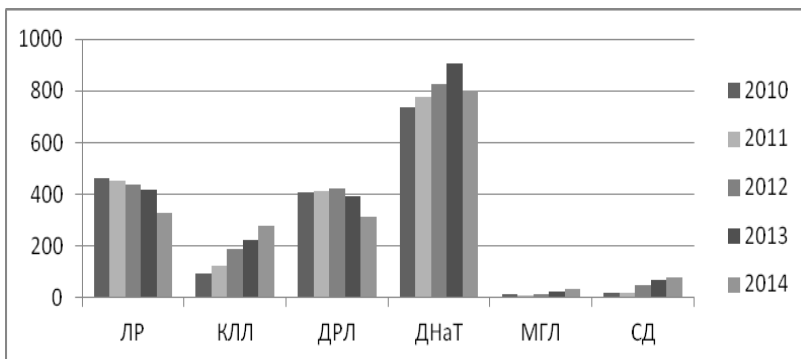


Рис. 1. Гістограма зміни кількості світлоточок (тис. шт.) в установках зовнішнього освітлення за типами джерел світла за період з 2010 по 2014 роки

Як видно із гістограми кількості ЛР та ДРЛ знизилася на 131,48 та 95,65 тис. шт. за період з 2010 по 2014 рік, що становить 28,56% та 23,5% від їх загальної кількості в 2010 році, відповідно. Кількості КЛЛ та СД в ОУ зовнішнього освітлення за період з 2010 по 2014 роки зросла на 182,68 та 64,44 тис. шт., що становить 291,65% та 493,21% від їх загальної кількості в 2010 році відповідно. За рахунок зниження кількості низькоефективних джерел світла (ЛР та ДРЛ) та різкого зростання високоефективних джерел світла (КЛЛ та СД) енергетична ефективність ОУ зовнішнього освітлення зростає (рис. 2) [1 – 4].

Як бачимо із представлених гістограм загальна кількість спожитої електричної енергії та кількість спожитої електричної енергії на одну світлоточку з кожним роком знижується. З цього слідує, що одним із заходів для підвищення енергоефективності установок зовнішнього освітлення є широке впровадження

енергозберігаючих джерел світла, а саме компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) та світлодіодів (СД).

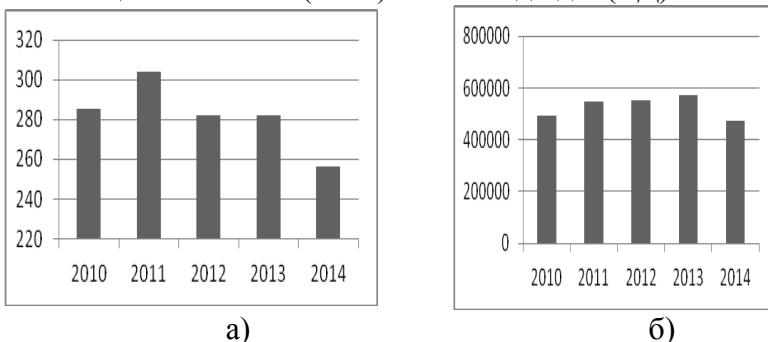


Рис. 2. Спожита електрична енергія в ОУ  
зовнішнього освітлення а) на одну світлоточку (кВт·год),  
б) загальна кількість (тис. кВт·год)

Проведено вимірювання осцилограми струму, та напруги і зроблено порівняльний аналіз гармонійного складу струму із нормованими показниками ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2004 [5] та EN 61000 – 3 – 2:2006 [6] досліджуваних джерел світла. Отриманні результати представленні на рис. 3. Напруга живлення ДС має лише одну першу гармоніку, а струм є періодичною несинусоїдною функцією. Для проведення Фур'є аналізу осцилограм струму, було розроблено програму в середовищі Matlab. Гармонійний склад струму представлений під їх осцилограмами.

Як впливає з рис. 3 гармонійний склад споживаного струму досліджуваних КЛЛ перевищує нормовані показники. При цьому в лампах потужністю 46 та 55 Вт гармоніки, рахуючи від 25, відповідають нормованим показникам, а в лампі Realux 36W відповідність спостерігається після 29 гармоніки. Світлодіодна лампа Philips 14W LED не відповідає нормованим показникам для 7, 11 та 15 гармонік. Для світлодіодної лампи Delux 9W LED 3, 5 та 7 гармоніки

відповідають нормованим значенням, а всі інші значно їх перевищують.

Лічильники активної електричної енергії, яка споживається в ОУ зовнішнього освітлення, проводять її облік виходячи з припущення, що вміст вищих гармонік напруги мережі не перевищує 1%, а амплітуда вищих гармонік струму мережі не перевищує 10% від амплітуди основної гармоніки [7]. Лампи КЛЛ та СД живляться від вбудованих в їх корпус вторинних джерел живлення, які є джерелом вищих гармонік струму. Очевидно, що похибка лічильника в умовах впливу несинусоїдних струмів і напруг, буде відрізнятись від допустимої. Тому актуальним є дослідження впливу енергоощадних джерел світла на величину похибки показів лічильників активної електроенергії.

Відносна похибка лічильника визначається за формулою

$$\Delta = \frac{W_{ліч} - W}{W} \cdot 100\%$$

де  $W_{ліч}$  – енергія згідно показів досліджуваного лічильника;

$W$  – енергія згідно показів зразкового лічильника.

Формулу для похибки  $\Delta$  можна представити через величину потужності навантаження:

$$\Delta = \frac{P_{ліч} \cdot t - P \cdot t}{P \cdot t} \cdot 100\% = \frac{P_{ліч} - P}{P} \cdot 100\% .$$

де  $t$  – час спостереження.

Для визначення похибки лічильника проводили вимірювання із КЛЛ потужністю – 36, 46, 55 Вт та СД – 14 та 9 Вт. Для обліку електричної енергії використовували індукційний лічильник Росток СО-5000, та електронний «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД, які широко використовуються в електричних мережах.

Матеріали науково-практичного семінару  
 «Міжнародний інвестиційний форум – виставка з  
 енергоефективності та енергоощадності 2015»

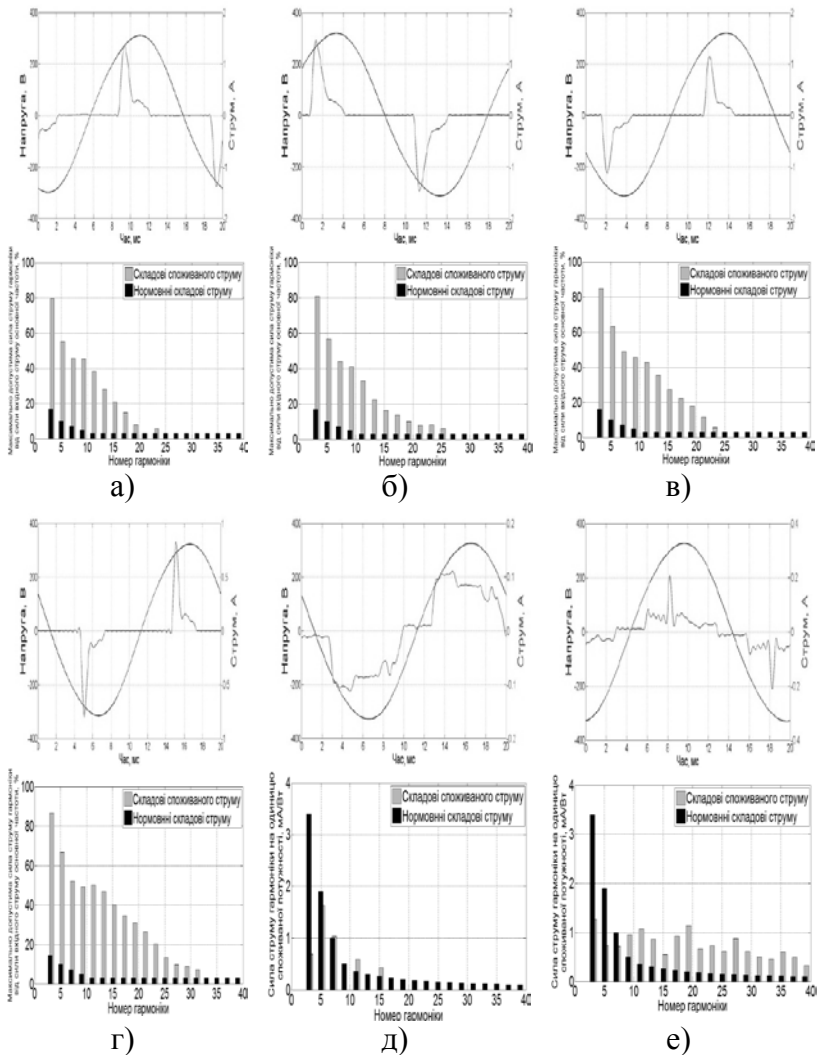


Рис. 2. – Осцилограми струму, напруги та гармонійний склад струму для ламп  
 а) Realux 55W, б) Maxsus 55W, в) Global 46W,  
 г) Realux 36W,  
 д) Philips 14W LED, е) Delux 9W LED

Результати розрахунків відносної похибки  $\Delta$  лічильників та коефіцієнта потужності  $\cos \varphi$  джерел світла представлено в таблиці 1.

Таблиця 1  
 Відносна похибка лічильників СО-5000 та СОЭ-1.02/5КРТД

Тип джерела світла	$P_{ind}$ , Вт	$P_{el}$ , Вт	$P$ , Вт	$\cos \varphi$	$\Delta_{ind}$ , %	$\Delta_{el}$ , %
Realux 55W	49,31	47,9	45,6711	0,5599	8,01	6,07
Maxsus 55W	55,527	54,5299	51,41	0,5629	7,97	5,13
Global 46W	38,7097	37,15	34,8126	0,5348	8,55	5,75
Realux 36W	22,7488	20,5238	19,3286	0,4793	17,7	6,18
Philips 14W LED	17,102	15,2113	15,2010	0,9256	12,51	4,48
Delux 9W LED	9,6125	8,6982	8,0547	0,7582	19,34	8,11

Згідно паспортних даних для лічильника Росток СО-5000 максимальна допустима похибка складає 2,5%. При цьому найбільша похибка для КЛЛ є у лампи Realux 36W, що складає 17,7%, а для СД – Delux 9W LED, що складає 19,34%. Для електронного лічильника «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД похибка обліку електроенергії коливається у межах від 4 до 8% при цьому допустима похибка складає 1%. Аналогічно із індукційним лічильником у електронного лічильника максимальна похибка для КЛЛ є у лампи Realux 36W, що складає 6,18%, а для СД – Delux 9W LED, що складає 8,1%. Ці похибки зумовлені наявністю високих значень вищих гармонік струму, що призводить до переобліку електроенергії та зниження енергетичної ефективності досліджуваних ДС.

### Бібліографічні посилання

1. Аналіз стану сфери зовнішнього освітлення за 2011 рік [Електронний ресурс]: за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Мережевий вісник – 2012. Режим доступу до журн.: <http://minregion.gov.ua>

2. Стан сфери зовнішнього освітлення в Україні [Електронний ресурс]: за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Мережевий вісник – 2013. Режим доступу до журн.: <http://minregion.gov.ua>

3. Стан сфери зовнішнього освітлення в Україні у 2013 році [Електронний ресурс]: за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Мережевий вісник – 2014. Режим доступу до журн.: <http://minregion.gov.ua>

4. Стан сфери зовнішнього освітлення в Україні у 2014 році [Електронний ресурс]: за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // Мережевий вісник – 2015. Режим доступу до журн.: <http://minregion.gov.ua>

5. ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2004. Електромагнітна сумісність. Частина 3-2. Норми. Норми на емісію гармонік струму (для сили вхідного струму обладнання не більше 16 А на фазу) – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 24с.

6. EN 61000-3-2:2006+A1+A2 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3 – 2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase).

7. Батырканов Ж.И., Асхат Асет Информационные технологии автоматизации учета электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arch.kyrlibnet.kg/?&npage=view&nadd=5577>