

УДК 621.32

Андрійчук Володимир Андрійович, д-р техн. наук, проф., декан електромеханічного факультету.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Липовецький Микола Миколайович, асистент кафедри світлотехніки та електротехніки.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Наконечний Мирослав Степанович, асистент кафедри світлотехніки та електротехніки.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: nakmiron@.ukr.net

Поталіцин Сергій Юрійович, асистент кафедри світлотехніки та електротехніки.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: potalitsin@rambler.ru

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м Тернопіль, Україні. Вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україні, 46001

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВНОГО СПЕКТРУ СТРУМУ ЕНЕРГООЩАДНИХ
ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ТОЧНІСТЬ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

Розроблена методики, та проведено вимірювання коливного спектру струму енергоощадних джерел світла. Досліджено вплив електричних параметрів енергоощадних джерел світла на точність показів індукційних та електронних лічильників активної енергії. Встановлено, що коливний спектр струму досліджуваних джерел світла не відповідає нормованим показникам. Розраховані похибки індукційного лічильника Росток СО-5000 та електронного лічильника «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРД при обліку електроенергії в колах із несинусоїдним струмом перевищують максимально допустиму похибку на 3 та 4 % відповідно.

Ключові слова: енергетична ефективність, електрична енергія, потужність, коливний спектр, лічильник активної енергії.

Андрійчук Владимир Андреевич, д-р техн. наук, проф., декан электромеханического факультета.

Tel. + 38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Липовецкий Николай Николаевич, ассистент кафедры светотехники и электротехники.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Наконечный Мирослав Степанович, ассистент кафедры светотехники и электротехники.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: nakmiron @.ukr.net

Поталицин Сергей Юрьевич, ассистент кафедры светотехники и электротехники.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: potalitsin@rambler.ru

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, г. Тернополь, Украина. Ул. Русская, 56, г. Тернополь, Украина, 46001

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРА ТОКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА
НА ТОЧНОСТЬ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Разработанная методики, и проведены измерения спектра тока энергосберегающих источников света. Исследовано влияние электрических параметров энергосберегающих источников света на точность показаний индукционных и электронных счетчиков активной энергии. Установлено, что колеблющийся спектр тока исследуемых источников света не соответствует нормированным показателям. Рассчитаны погрешности индукционного счетчика Росток СО-5000 и электронного счетчика «МЕРИДИАНА» СОЭ-1.02 / 5КРД при учете электроэнергии в цепях с несинусоидальным током превышают максимально допустимую погрешность на 3 и 4 % соответственно.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, электрическая энергия, мощность, колеблющийся спектр, счетчик активной энергии.

Andriyчук Volodymyr Andriyovych, Ph D., Professor, Dean of the Faculty of Electrical Engineering..

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Lypovetskiy Mikola Mykolajovych, Assistant Lecturer of Department Lighting and Electrical Engineering.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: kaf_es@tu.edu.te.ua

Nakonechniy Miroslav Stepanovich, Assistant Lecturer of Department Lighting and Electrical Engineering..

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: nakmiron@.ukr.net

Potalitsyn Sergey Yuryevich, Assistant Lecturer of Department Lighting and Electrical Engineering.

Tel. +38-352-23-64-64. E-mail: potalitsin@rambler.ru

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine. Str. Ruska, 56, Ternopil, Ukraine, 46001.

**STUDY OF THE INFLUENCE OF OSCILLATION SPECTRUM OF ENERGY-SAVING LIGHT SOURCES
CURRENT ON THE ACCURACY OF ELECTRICITY MEASUREMENT**

Energy-saving light sources such as compact fluorescent lamps (CFLs) and light-emitting diodes (LEDs) are powered by built-in secondary supply sources that have non-linear load and are a source of higher current harmonics. Counters of active electric power transmit its records on assumption that the content of higher harmonic current does not exceed 1%, and the amplitude of the higher harmonics current network does not exceed 10 % of the amplitude of the fundamental harmonic. Obviously, the counters' error under the impact of non-sinusoidal currents and voltages, will be different from acceptable. Therefore, the study of the impact of energy-saving light sources on the magnitude of the counters' error indicators of active electricity is important.

This paper analyzes the oscillation spectrum of current of energy saving light sources, such as CFL - Realux 55W, Maxsus 55W, Global 46W, Realux 36W and SD - Philips 14W LED, Delux 9W LED. It is established that studied CFL exceed standard indicators of current harmonic content, although they have passive correction of power coefficient. The analysis of the impact of harmonic content of current of studied light sources by the amount of counter's error was conducted. It was found that errors of induction counter and electronic electricity meter while measuring electricity in circles with non-sinusoidal current are exceeding the maximum permissible error. This leads to electricity rediscount. Thus when the load is a source of non-sinusoidal current, the consumer overpays for electricity and thereby efficiency of light sources decreases.

Keywords: compact fluorescent lamps, light-emitting diodes, oscillation spectrum, counters of active electric power

Постановка проблеми

Кількість спожитої електроенергії в освітлювальні установці (ОУ) залежить від її енергетичної ефективності. Впровадження енергозберігаючих джерел світла таких як компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) та світлодіоди (СД) дозволяє підвищити енергоефективність ОУ, а отже знизити витрати електроенергії.

Лампи КЛЛ та СД живляться від вбудованих в їх корпус вторинних джерел живлення, що являють собою нелінійне навантаження та є джерелом вищих гармонік струму. Лічильники активної електричної енергії 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 [1]. На цьому ґрунтуються вибір приладів реєстрації струму та напруги та алгоритму обліку електроенергії. Очевидно, що похибка лічильника в умовах впливу несинусоїдних струмів і напруг, буде відрізнятися від допустимої. Тому актуальним є дослідження впливу енергоощадних джерел світла на величину похибки показів лічильників активної електроенергії та причин її виникнення в умовах нелінійного навантаження мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [2] проведено експериментальне визначення похибки вимірювання однофазних індукційних лічильників при зміні номінальної напруги в діапазоні $\pm 20\%$ та змінні номінального струму від 10 до 300 % при значеннях коефіцієнта потужності 0,8, 0,9 та 1. При цьому виявлено, що вплив коефіцієнта потужності на похибку лічильників однозначно не виражається, але зростання коефіцієнта потужності призводить до зменшення похибки.

В роботі [3] проведено оцінку точності вимірювань споживання електричної енергії світлодіодними джерела світла. В якості приладу обліку електричної енергії вибрано електронний багатотарифний лічильник. Встановлено, що похибка лічильника залежить від відносного вмісту потужностей вищих гармонік. Ця залежність описується функцією:

$$\delta = f\left(\frac{P_k}{P_1}, k = 2, 3, \dots\right), \quad (1)$$

де P_1 та P_k – потужність першої та k -ої гармоніки.

В роботі [4] проведено дослідження однотипних лічильників в однакових умовах роботи. При випробуваннях лічильників в якості вихідного параметра прийнята похибка вимірювання активної енергії за одиницю часу, або потужності споживача досліджуваним лічильником. Дослідження проводилося при зміні параметрів:

- коефіцієнт потужності в діапазоні - 0,1...1,0;
- відхилення напруги – від -10 %...+ 40 %;
- коефіцієнт спотворення кривих струму і напруги – 0...25 %;
- коефіцієнти гармонійних складових для непарних гармонік – 0...12 %;

– коефіцієнти гармонійних складових для парних гармонік – 0...12 %;

Результати випробувань лічильників, показують істотне зростання похибки вимірювання активної потужності від зниження якості електричної енергії і коефіцієнта потужності. За дослідженнями, проведеними в [4], при певних співвідношеннях параметрів електроенергії деякі лічильники виходили з ладу.

В роботі [5] розглянуто проблему правильності обліку електроенергії при нелінійності навантажень в установках зовнішнього освітлення. Із результатів дослідження слідує, що при наявності несинусоїдних режимів похибка лічильника зростає у сторону переобліку. Встановлено, що найбільшою мірою вплив несинусоїдності на сумарну похибку індукційних лічильників проявляється на частотах 11-ї і 13-ї гармонік. Запропоновано для покращення обліку електроенергії у системах вуличного освітлення встановлювати сучасні електронні коректори коефіцієнта потужності, які суттєво зменшують похибку обліку.

Враховуючи, що КЛЛ та СД є джерелами вищих гармонік, а також те що похибка лічильника зростає в сторону переобліку до 10-20 %, то фактична енергетична ефективність даних ДС по затраченій електроенергії буде суттєво нижчою. Тому актуальним є дослідження впливу електричних параметрів енергоощадних джерел світла на похибку обліку електроенергії.

Метою роботи є дослідження електричних параметрів енергоощадних ДС, та їх вплив на точність показів лічильників активної енергії.

Постановка завдання

Розробка методики, та проведення вимірювань коливного спектру струму енергоощадних джерел світла. Аналіз впливу електричних та енергетичних параметрів досліджуваних ДС на величину похибки обліку електроенергії.

Результати дослідження

Відносна похибка лічильника визначається за формулою

$$\Delta = \frac{W_{\text{ліч}} - W}{W} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $W_{\text{ліч}}$ – енергія згідно показів досліджуваного лічильника; W – енергія згідно показів зразкового лічильника.

Формулу для похибки Δ можна представити через величину потужності навантаження:

$$\Delta = \frac{P_{\text{ліч}} \cdot t - P \cdot t}{P \cdot t} \cdot 100\% = \frac{P_{\text{ліч}} - P}{P} \cdot 100\%, \quad (3)$$

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.

Постійна величина індукційного лічильника $C_{\text{інд}}$, яка показує за яку кількість обертів система споживе 1 кВт·год енергії, дорівнює $C_{\text{інд}} = 250$ об/кВт·год. Тоді один оберт диска лічильника відповідає величині енергії

$$W_{\text{інд}} = \frac{1}{C_{\text{інд}}} \text{ (кВт·год)}, \quad (4)$$

або,

$$W_{\text{інд}} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{C_{\text{інд}}} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{250} = 14400 \text{ (Вт·с)}. \quad (5)$$

З іншого боку за один оберт який триватиме час $t_{\text{об}}$ секунд, навантаження споживе енергії

$$W_{\text{інд}} = P_{\text{інд}} \cdot t_{\text{об}}. \quad (6)$$

Звіди

$$P_{ind} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{C_{ind} \cdot t_{об}} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{250 \cdot t_{об}} = \frac{14400}{t_{об}} \quad (7)$$

Час одного оберту визначався з формули

$$t_{об} = \frac{t}{n}, \quad (8)$$

де n – кількість обертів за час спостереження t .

На відміну від індукційного, в електронному електролічильнику облік спожитої електроенергії ведеться реєстрацією спалахів світлодіода «облік». Для нього постійна $C_{el} = 3200$ імп./кВт·год. Тоді навантаження за проміжками часу між спалахами Δt споживає енергію:

$$W_{el} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{C_{el}} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{3200} = 1125 \text{ (Вт·с)} \quad (9)$$

Отже

$$P_{el} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{C_{el} \cdot \Delta t} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{3200 \cdot \Delta t} = \frac{1125}{\Delta t} \quad (10)$$

Для вимірювання потужності P досліджуваних ДС було розроблено установку, блок-схема якої зображена на рис. 1.

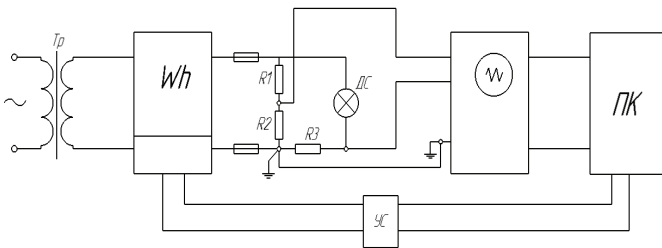
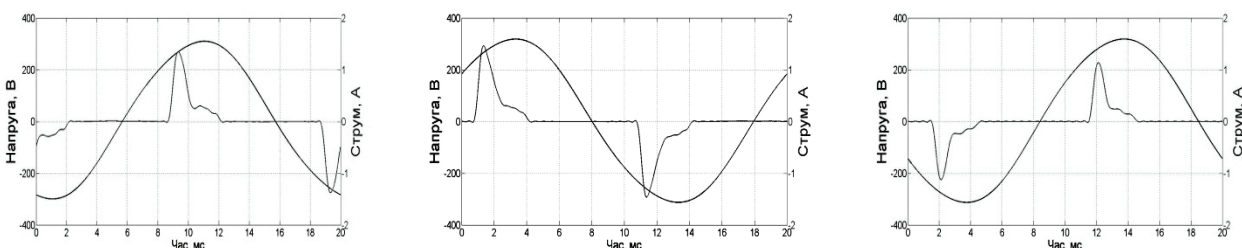


Рис. 1. Блок-схема установки для дослідження потужності енергоощадних джерел світла.

Джерело світла ДС живилося від мережі змінної напруги 220 В через трансформатор Tr , що служив гальванічною розв'язкою між мережею та джерелом світла. У вторинну обмотку трансформатора включався лічильник Wh , та джерело ДС. У випадку дослідження електронного лічильника кількість спалахів світлодіода «облік» реєструвалося на персональному комп'ютері ПК через пристрій узгодження сигналу УС.

Час оберту диска індукційного лічильника визначався за допомогою секундоміра. Одночасно за час спостереження проводилися вимірювання осцилограм напруги та струму через подільник напруги $R1$ $R2$ та шунт $R3$ за допомогою електронного осцилографа Nantek 6022BE. Для зменшення впливу температури на електричний опір $R1$, $R2$ та $R3$ було вибрано резистори із низьким температурним коефіцієнтом. Час спостереження t складав від 30 до 60 хвилин в залежності від потужності ДС.

Осцилограми струму, напруги та гармонійний склад струму досліджуваних джерел світла представлені на рис. 2. 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.



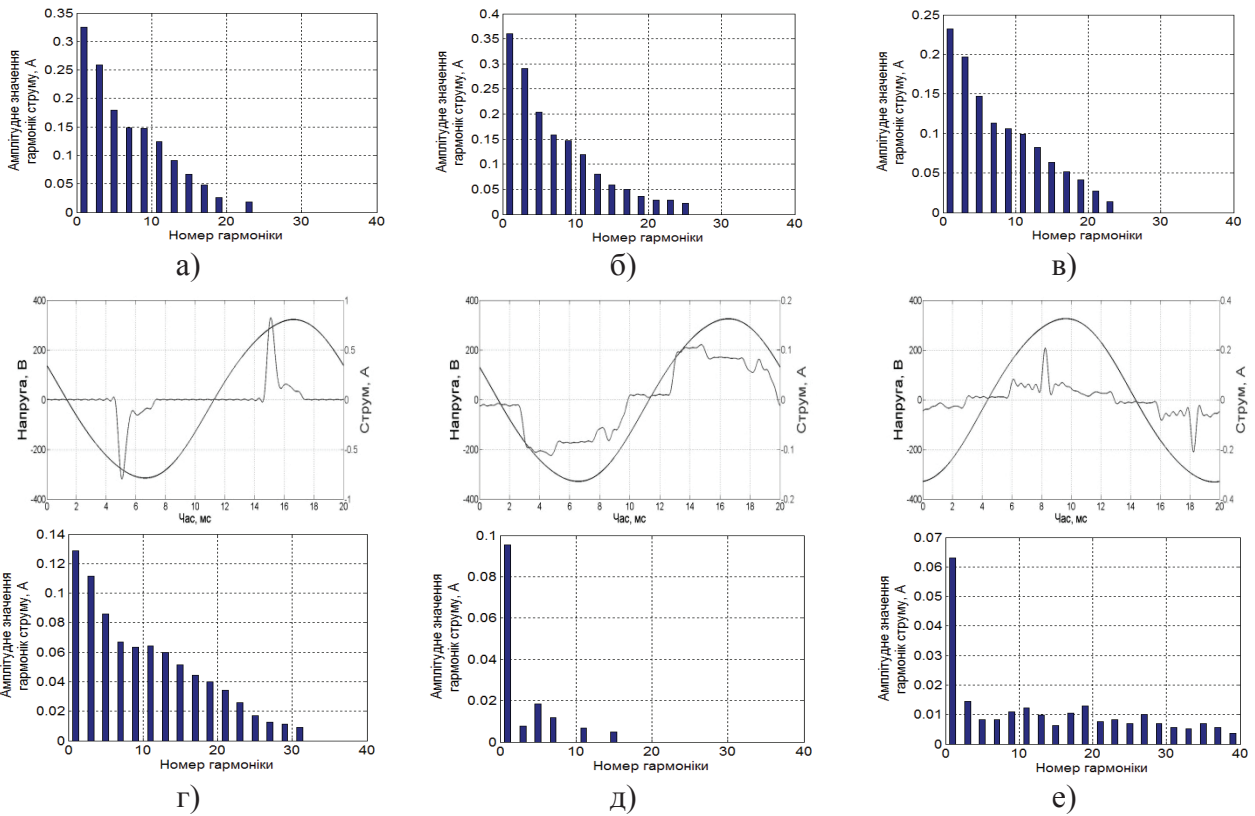


Рис. 2. Осцилограми струму, напруги та гармонійний склад струму для ламп:
 а) Realux 55W, б) Maxsus 55W, в) Global 46W, г) Realux 36W,
 д) Philips 14W LED, е) Delux 9W LED.

Проведено порівняльний аналіз відповідності гармонійного складу струму досліджуваних джерел світла згідно норм ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2004 [6] та EN 61000-3-2:2006 [7] (таблиця 1). Для джерел світла потужністю включно до 25 Вт ці значення приводяться у значеннях струму на одиницю споживаної потужності, а для джерел потужністю понад 25 Вт – у відсотках відносно сили вхідного струму основної частоти.

Таблиця 1

Значення граничних гармонійних складових споживаного струму для освітлювального устаткування згідно стандартів ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2004 та EN 61000-3-2:2006

Порядок гармоніки	2	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
Потужність до 25 Вт		3,4	1,9	1	0,5	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10
Потужність понад 25 Вт	2	$30 \cdot \cos \varphi$ *	10	7	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Примітка. * $\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності

На рис. 3 представлено гармонійний склад споживаного струму в порівнянні із нормативними даними для досліджуваних джерел світла.

Як випливає 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.

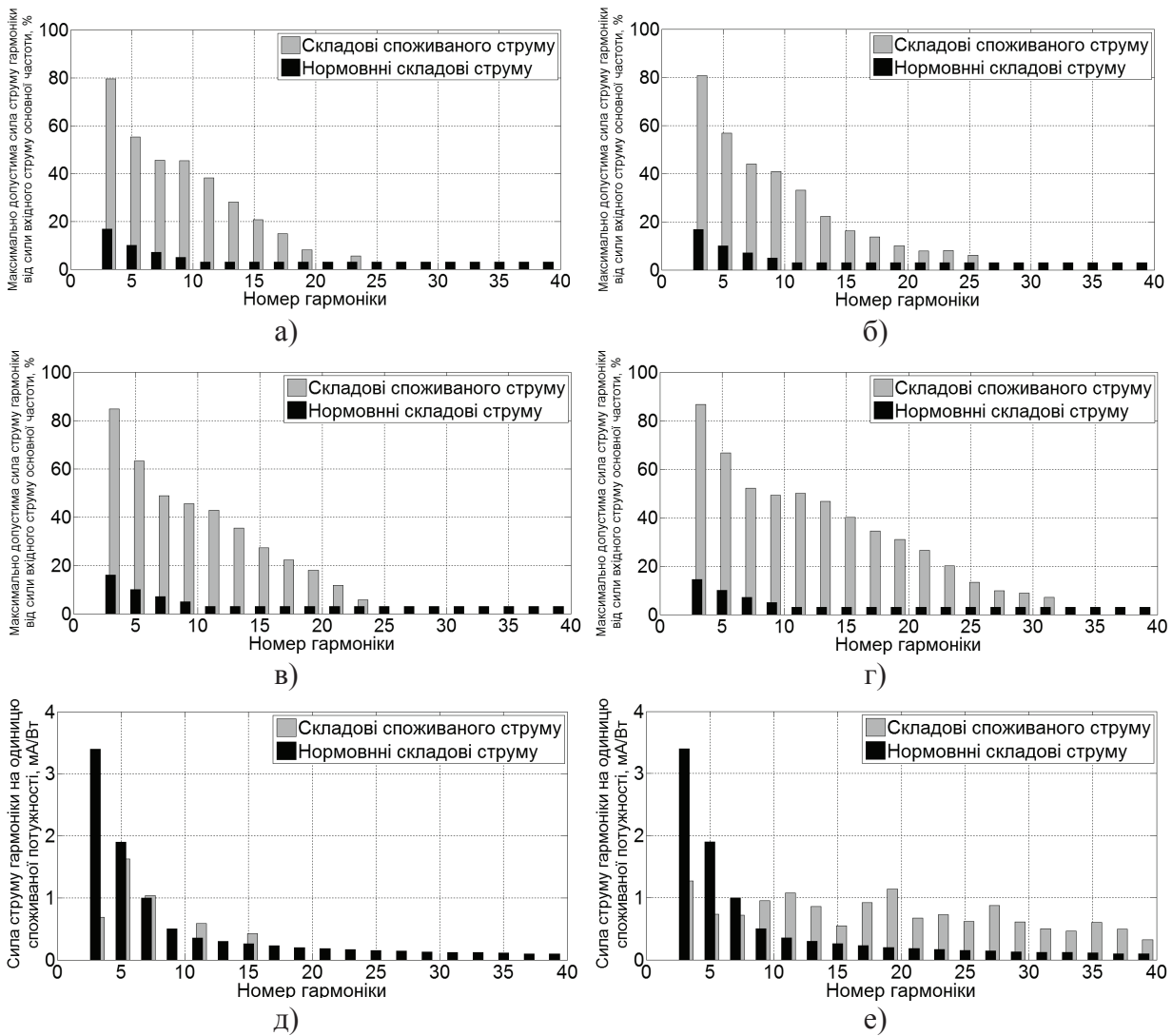


Рис.3. Гармонійний склад споживаного струму в порівнянні із нормативними даними для ламп: а) Realux 55W, б) Maxsus 55W, в) Global 46W, г) Realux 36W, д) Philips 14W LED, е) Delux 9W LED.

При розрахунку потужності P для того, щоб уникнути впливу нестабільності параметрів мережі запис осцилограм проводився із інтервалом в 10 секунд на протязі часу спостереження t . Визначення потужності P_j для j -го спостереження проводили за формулою

$$P_j = U_j I_j \cos \varphi, \tag{11}$$

де U_j та I_j – діючі значення напруги та струму для j -го спостереження відповідно. Ці значення дорівнюють:

$$U_j = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}}, \tag{12}$$

$$I_j = \sqrt{\frac{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + \dots + I_{km}^2}{2}}, \tag{13}$$

де U_{1m} – амплітудне значення першої гармоніки напруги;

I_{km} – амплітудне значення k -ої гармоніки струму.

Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ виражався через миттєві значення напруги та струму:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t) \cdot i(t)) dt}{U_j I_j} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t) \cdot i(t)) dt}{\frac{U_{1m}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + \dots + I_{km}^2}{2}}}, \quad (14)$$

де T – період першої гармоніки;

$u(t)$ та $i(t)$ – миттєві значення напруги та струму відповідно. Вони визначаються згідно формул

$$u(t) = U_{1m} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1^u), \quad (15)$$

$$i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_{km} \cdot \sin(k \cdot \omega t + \varphi_k^i), \quad (16)$$

де φ_1^u – початкова фаза першої гармоніки напруги; φ_k^i – початкова фаза k -ої гармоніки струму.

Потужність P визначалася по формулі

$$P = \frac{\sum_j P_j}{j}. \quad (17)$$

Результати розрахунків відносної похибки Δ лічильників та коефіцієнта потужності $\cos \varphi$ джерел світла представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Відносна похибка лічильників Росток СО-5000 та «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД при обліку спожитої електричної енергії КЛЛ та СД

Тип джерела світла	$P_{інд}$, Вт	$P_{ел}$, Вт	P , Вт	$\cos \varphi$	$\Delta_{інд}$, %	$\Delta_{ел}$, %
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 значенні струму 5 % від номінального ($I_{ном} = 10A$). Найбільша похибка для КЛЛ є у лампи Realux 36W, що складає 17,7 %, а для СД – Delux 9W LED, що складає 19,34 %. Ця похибка зумовлена наявністю високих значень вищих гармонік струму.

Для електронного лічильника «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД похибка обліку електроенергії коливається у межах від 4 до 8 % при цьому допустима похибка складає 1 % при мінімальній чутливості 20 мА. 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 %. Слід відмітити, що при зростанні коефіцієнта потужності похибки досліджуваних лічильників зменшується.

Однією із причин, що зумовлює високе значення похибки індукційного лічильників є низьке значення робочого струму ламп. Тому для нівелювання цього чинника проведено дослідження похибки лічильників із декількома одночасно включеними лампами. Отриманні результати наведено на рис. 4.

При включенні в коло двох і більше ламп спостерігається тенденція до зниження значень амплітуди вищих гармонік. Результати розрахунків відносної похибки лічильників із декількома одночасно включеними лампами представлено в табл. 3.

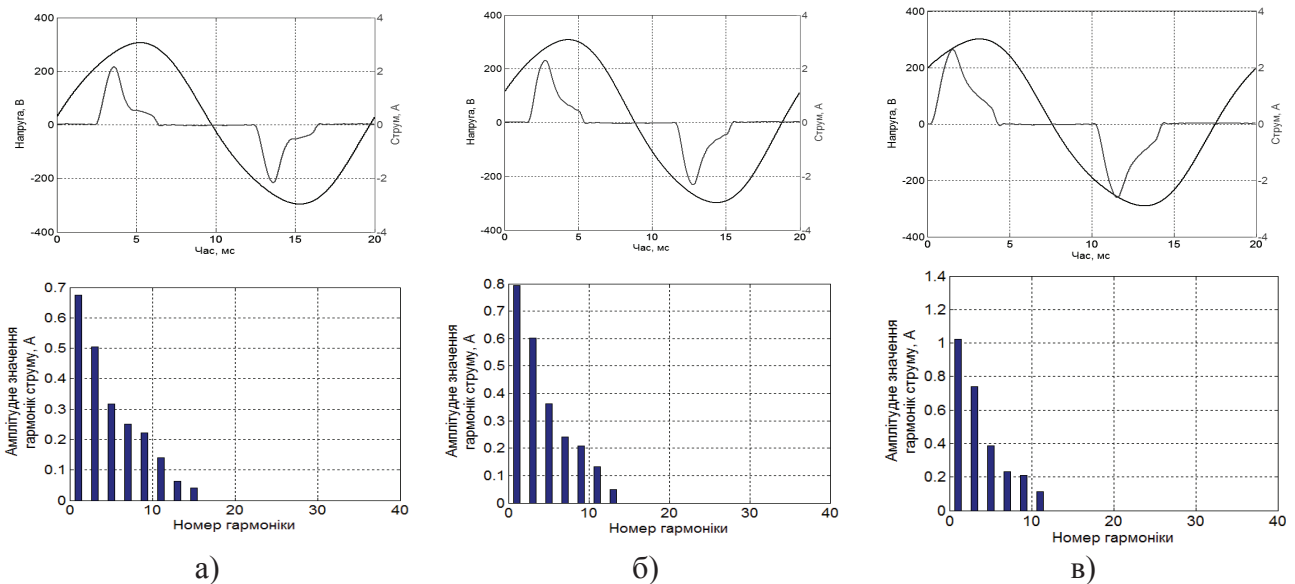


Рис. 4. Осцилограми струму, напруги та гармонійний склад струму для ламп
 а) Realux 36W та Global 46W; б) Realux 36W, Global 46W та Maxsus 55W;
 в) Realux 36W, Global 46W, Maxsus 55W та Realux 55W.

Таблиця 3

Відносна похибка лічильників Росток СО-5000 та «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД при обліку спожитої електричної енергії декількома КЛЛ

Тип джерела світла	$P_{інд}$, Вт	$P_{ел}$, Вт	P , Вт	$\cos \varphi$	$\Delta_{інд}$, %	$\Delta_{ел}$, %
Maxsus 55W та Realux 55W	98,18	97,845	93,107	0,6260	5,45	5,09
Maxsus 55W та Realux 55W, Realux 36W	116,397	110,95	110,948	0,6515	4,91	4,72
Maxsus 55W, Realux 55W Realux 36W, та Global 46W,	148,79	149,19	142,728	0,6871	4,25	4,53

Як бачимо із даних табл. 2 похибка електронного лічильника «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД є в середньому в 2,5 рази менша похибки індукційного лічильника Росток СО-5000. При зростанні потужності за рахунок включення декількох ДС похибка досліджуваних лічильників практично не відрізняється (табл. 3), тому можна зробити висновок, що високе значення похибки індукційного лічильника в першому випадку зумовлене низьким робочим струмом лампи. Тим не менше похибка лічильників залишається більшою за допустиму похибку.

Висновки

В роботі проведено аналіз коливного спектру струму енергоощадних джерел світла, а саме КЛЛ-Realux 55W, Maxsus 55W, Global 46W, Realux 36W та СД-Philips 14W LED, Delux 9W LED. Встановлено, що досліджуванні КЛЛ перевищують нормовані показники гармонійного складу струму, хоча мають пасивний коректор коефіцієнта потужності. При цьому в КЛЛ потужністю 46 та 55 Вт амплітуда гармонік починаючи з 25 відповідає 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.

Проведено аналіз впливу гармонійного складу струму досліджуваних джерел світла на величину похибки обліку електроенергії. Встановлено, що похибки індукційного лічильника Росток СО-5000 та електронного лічильника «МЕРИДІАН» СОЭ-1.02/5КРТД при обліку електроенергії в колах із несинусоїдним струмом перевищують максимально допустиму похибку на 3 та 4 % відповідно, що викликано наявністю вищих гармонік струму. Це приводить до переобліку електроенергії. Таким чином коли навантаження є джерелом

несинусоїдного струму, то споживач переплачує за електроенергію і тим самим зменшується енергоефективність ДС.

Для того, щоб позбутися похибки обліку електричної енергії необхідно усунути причини погіршення якості електроенергії, а саме використовувати в освітлювальних установках енергоощадні джерела світла із активним коректором коефіцієнта потужності. Це дозволить підвищити енергетичну ефективність ОУ в цілому.

Список використаної літератури

1. Батырканов Ж.И., Асхат Асет Информационные технологии автоматизации учета электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arch.kyrlibnet.kg/?&npage=view&nadd=5577>.
2. Л. В. Егиазарян. Погрешности индукционных электросчетчиков в реальных условиях изменения напряжения сети, тока и коэффициента мощности [Текст] / Л. В. Егиазарян, Л. О. Караханян, Т. П. Асатрян // Известия НАН Армении и Государственного инженерного университета Армении. Сер. технических наук. – 2007. – Т. 60, № 1. – С. 124 – 129.
3. Т. Н. Савкова. Оценка точности измерений потребления электрической энергии светодиодными источниками света / Т. Н. Савкова // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2013 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – С. 500–504.
4. Соколов В.С. Как работают электросчетчики при низком качестве энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autex.spb.su/pdf/sokolov-2004.pdf>.
5. П.Євтух. Облік електроенергії при несинусоїдальних і несиметричних режимах у мережах електропостачання міст / П.Євтух, С.Бабюк, Т.Кислиця // Вісник ТНТУ. – 2013. – Том 70. – № 2. – С.183–189. – (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).
6. 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. – 24 с.
7. EN 61000-3-2: 2006 Сумісність + A1 + A2 Електромагнітна (EMC) - Частина 3 - 2: Обмеження - Обмеження для поточних гармонійних випромінювань (пристрої введення струму ≤ 16 А на фазу).

References

1. Batyrcanov J.I, Askhat Asset Information technology automation of electricity metering [electronic resource]. - Access: <http://arch.kyrlibnet.kg/?&npage=view&nadd=5577>.
2. L. Yeghiazaryan. Errors induction of electricity in real change voltage, current and power factor [Text] / L.V. Yeghiazaryan, L.O. Karakhanyan, T.P. Asatryan // Proceedings of National Academy of Sciences of Armenia and the State Engineering University of Armenia. Ser. Technical Sciences. – 2007. - V. 60, № 1. – P. 124 – 129.
3. T. N. Savkova. Evaluation of the accuracy of measurement of electric energy consumption LED light sources / T.N. Savkova // Research and development in the field of engineering, power and control: Proceedings of XIII International conference. scientific and engineering. Conf. students, graduates and young scientists, Gomel, April 25–26. 2013 / M of Education Rep. Belarus, Gomel. state. tehn. Univ them. Sukhoi. – Gomel GSTU them. Sukhoi, 2013. – P. 500–504.
4. Sokolov V.S. How do the electric meters at low energy as [electronic resource]. - Mode of access: <http://www.autex.spb.su/pdf/sokolov-2004.pdf>.
5. P.Yevtuh. Accounting for electricity at non-sinusoidal and unbalanced mode power supply networks of cities / P.Yevtuh, S.Babyuk, T.Kyslytsya // Bulletin TNTU. – 2013. – Volume 70. – № 2. – P. 183–189. – (Instrumentation and Information Measuring Technology).
6. ISO IEC 61000-3-2: 2004. Electromagnetic compatibility. Part 3-2. The norms. Standards for harmonic current emissions (for power equipment input current up to 16 A per phase) – К. : State Committee of Ukraine, 2007. – 24 p.
7. EN 61000–3–2:2006+A1+A2 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3 – 2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase).

Поступила в редакцію 03.01 2016 г.