

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРМОНИЧНИТЕ ЗАМЪРСЯВАНИЯ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ МРЕЖИ ЗА ОСВЕТЛЕНИЕ, ПРИЧИНЕНИ ОТ СЪВРЕМЕННИ СВЕТОДИОДНИ ИЗТОЧНИЦИ**

**Орлин Петров, Петя Петрова, Вяра Русева**

*Русенски университет „Ангел Кънчев“, гр. Русе-7017, ул. Студентска 8*

**RESEARCH OF HARMONIC POLLUTION IN ELECTRICAL POWER NETWORKS FOR LIGHTING, CAUSED BY MODERN LED SOURCES**

**Orlin Petrov, Petya Petrova, Vyara Ruseva**

*University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria, Ruse-7017, 8 Studentska Str.*

**ABSTRACT**

The report presents a study of harmonic pollution in power grids for lighting. In recent years, there was increased use of advanced light sources with electronic control gear. This inevitably affects the generation of harmonic pollution in the power grids. The aim of the study was to analyze the impact of modern LED sources on the quality of energy in lighting power networks. There are shown the basic results of this study.

*Key words: Harmonics from LED, LED, Harmonic pollution.*

**ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните години все по-масово в употреба навлизат светодиодни светлинни източници. Едновременно с безспорните им предимства (добра енергийна ефективност, дълъг експлоатационен срок и др.) се отчитат и някои техни недостатъци. Основният недостатък от гледна точка на електроснабдителните системи е, че това са полупроводникови устройства, които трябва да се захранват с постоянно напрежение. За да се осигурят подходящите захранващи условия на светодиодните източници, основно се използват захранващи електронни драйвери, които представляват в основата си импулсни захранващи устройства. Използването на тези устройства обикновено води до генериране на хармонични изкривяващи съставки, които се връщат обратно в захранващата мрежа и предизвикват хармонични „замърсявания“ [1, 2].

**Целта на работата** е да се изследват хармоничните „замърсявания“ в електрическите мрежи за осветление, предизвиквани от използването на светодиодни светлинни източници.

**ИЗЛОЖЕНИЕ**

При работата на нелинейни товари, енергийната системата не работи в чисто синусоидално състояние. Ефектът на хармониците трябва да бъде взет под внимание. Когато хармониците съществуват в електрическата система за захранване, моментните стойности на напрежението и тока могат да бъдат представени като:

$$x(t) = \sum_{h=1}^M X_h \cdot \sin(\omega_h t + \alpha_h), \quad (1)$$

където  $h$  е броят на хармониците,  $M$  означава най-високия хармоник, и съответно  $X_h, \omega_h$  и  $\alpha_h$  са амплитудите на сигнала (напрежение или ток), честотата и ъгъла на фазата при  $h$ -ти хармоник.

Общата активна мощност може да се представи като сума от компонентите свързани с основният и другите хармоници

$$P = P_1 + P_h , \quad (2)$$

където  $P_1$  е известна като основна активна мощност, тъй като тя е свързана с основния хармоник ( $h = 1$ );

$P_h$  - включва сумата от всички хармонични компоненти за ( $h \geq 2$ ) и е посочена като хармонична активна мощност.

### Обект на изследването

При провеждане на изследването на хармоничните замърсявания в електрическите мрежи за осветление, причинени от съвременни светодиодни източници, са използвани светодиодни лампи на 4 водещи фирми на българския пазар. Изследвани са лампи в различен корпус, с различна цветна температура, с различна мощност и различно предназначение. Умишлено имената на фирмите не се споменават. Основните модели светодиодни лампи, които са изследвани са:

- Ретрофит лампи (заместващи класическите нажежаеми лампи) – фиг. 1;
- Светодиодни източници тип „луна“ – фиг. 2;
- Светодиодни източници, заместващи халогенни нажежаеми лампи с цокъл G9, MR16 и др. – фиг. 3;
- Светодиодни източници, заместващи луминесцентните лампи – фиг. 4.



**Фигура № 1:** Ретрофит LED лампа



**Фигура № 2:** LED лампа тип „луна“



**Фигура № 3:** LED лампа с цокъл G9



**Фигура № 4:** LED лампа „пура“, заместваща луминесцентна лампа

### Резултати от изследването

За измерването на електротехническите величини е използван анализатор LEM ANALYST 3Q. Анализаторът дава възможност да се измерват всички електрически величини, касаещи качеството на електрическата енергия в захранващата мрежа. При изследването са спазени изискванията на стандарта за качество на електрическата енергия. Всеки светлинен източник е изследван самостоятелно.

Обобщените данни от изследването са представени в табл. 1.

Таблица № 1:

Резултати от изследването на различни видове светодиодни източници.

Наименование, тип на светодиодния източник	P, W	S, VA	cos φ	PF	Q <sub>B</sub> , VAR	THD U, %	U <sub>RMS</sub> , V	THD I, %	I <sub>RMS</sub> , A
LED A60 BULB SKU-4378 VT- 2007 - Cool White 6000K	5	10	0,545	0,470	-6	1,7	222,0	61,0	0,05
LED A60 BULB SKU-4376 VT- 2007 - Warm White 2700K	5	11	0,520	0,448	-7	1,7	223,1	61,6	0,05
LED SPOTLIGHT VT-1878 - Nature White 4500K	4	9	0,839	0,456	-2	1,6	227,6	99,9	0,04
LED SPOTLIGHT VT-1878 - Warm White 3000K	4	8	0,834	0,505	-2	1,6	227,2	99,9	0,04
LED G9 LAMP VT-1849 - Warm White 3000K	3	7	0,933	0,429	1	1,7	222,2	99,9	0,03
GLASS TUBE VT-6272 SMD - Cool White 6000K	9	17	0,907	0,504	-3	1,9	224,6	99,9	0,08
LED LAMP PREMIUM - Warm White 2700K	7	15	0,942	0,462	-2	1,7	222,0	99,8	0,07
LED LAMP PREMIUM - Neutral White 4200K	7	15	0,940	0,450	-2	2,6	220,6	99,8	0,07

**Таблица № 1 (продължение):**  
 Резултати от изследването на различни видове светодиодни източници.

Наименование, тип на светодиодния източник	P, W	S, VA	cos φ	PF	Q <sub>B</sub> , VAR	THD U, %	U <sub>RMS</sub> , V	THD I, %	I <sub>RMS</sub> , A
LED SPOTLIGHT SMD2835 - Warm White 2700K	5	12	0,924	0,453	-2	1,6	226,9	99,9	0,05
LED SPOTLIGHT SMD2835 - Neutral White 4200K	5	12	0,928	0,444	-1	1,5	227,2	99,9	0,05
LED G9 - Warm White 2700K	2	5	0,333	0,307	-4	2,6	227,5	55,1	0,02
LED T8 TUBE SMD2835 - Cool White 6000K	8	9	0,952	0,930	-2	1,8	224,0	19,6	0,04
LED bulb - Warm White 2700K	6	8	0,870	0,730	-2	2,5	221,4	57,1	0,04
Core Pro LED bulb - Warm White 2700K	8	17	0,954	0,495	-2	1,9	225,5	99,8	0,07
LED SPOTLIGHT - Warm White 2700K	3	7	0,500	0,407	-4	2,4	226,4	65,7	0,03
LED G9 - Warm White 2700K	1	5	0,301	0,280	-3	1,8	222,6	55,1	0,02
Core Pro LED T8 TUBE - Cool White 6000K	8	8	0,969	0,917	-1	1,9	224,1	22,6	0,04

След като се сравнят получените данни, прави впечатление, че основно при ниско бюджетните светодиодни източници се наблюдава голямо отклонение на фактора на мощността (PF) и  $\cos \varphi$ , което от своя страна води до увеличаване на реактивната мощност. Вижда се, че в повечето случаи, при декларирана мощност от производителя на светлинния източник, реалната мощност обикновено е повече от два пъти по-голяма. Параметъра отчита хармоничните замърсявания по ток THD I, също в повечето случаи има много висока стойност.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на проведено изследване на хармоничните замърсявания в електрическите мрежи за осветление, причинени от съвременни светодиодни източници, може да се направят следните изводи:

1. С помощта на анализатор на качеството на електрическата енергия е проведено изследване на хармоничните замърсявания в електрическата мрежа, предизвикани от светодиодни източници;
2. Голяма част от нискобюджетните светодиодни източници показват влошени параметри – PF,  $\cos \varphi$ , THD I и др.;
3. Влошените експлоатационни параметри, водят от своя страна до увеличаване на консумираната от светодиодния източник енергия и до сериозно хармонично замърсяване на електрическата мрежа, особено при използване на голям брой лампи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. SINGH, G. K. : Power System Harmonics Research: a Survey, European Transactions on Electrical Power 19 (Aug 2007), 151–172.
2. WAKILEH, J. G. : Power Systems Harmonics, Springer, 2001.
3. WEBSTER, J. G. : The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, IEEE Press, 1999.
4. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, Or Unbalanced Conditions, IEEE Std 1459-2010, March 2010.
5. TAGARE, D. M. : Reactive Power Management, McGraw-Hill Education, 2007.
6. WEI, Z. : Compact Fluorescent Lamps Phase Dependency Modelling and Harmonic Assessment of their Widespread Use in Distribution Systems, PhD dissertations, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2009.
7. DIMITRIJEVIĆ, M.—LITOVSKI, V. : Power Factor and Distortion Measuring for Small Loads Using USB Acquisition Module, Journal of Circuits Systems and Computers 20 No. No 5 (Aug 2011), 867–880, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.