

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2010

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИСШИТЕ ХАРМОНИЦИ, ГЕНЕРИРАНИ ОТ ЕЛЕКТРОННА ПУСКОВО-РЕГУЛИРАЩА АПАРАТУРА ЗА ЛУМИНЕСЦЕНТНИ ЛАМПИ

Орлин Петров, Вяра Русева
Русенски университет "Ангел Кънчев"

RESEARCH OF HIGHER HARMONICS, GENERATED BY ELECTRONIC START-REGULATORY APPARATUS FOR FLUORESCENT LAMPS

Orlin Petrov, Viara Ruseva
University of Ruse "Angel Kanchev"

ABSTRACT

In the literature is given spectrum and magnitude of harmonic current of the discharge light sources with a ballast resistance. Now in the practice is used mainly light sources, starting with electronic power-regulating devices. This is a prerequisite to a study of higher harmonics generated by them at various levels of tension and to analyze their impact on quality of electricity.

Увод

При проектирането и експлоатацията на електроснабдителни системи се налага да се извършва анализ на несинусоидалните режими на напрежението по възли и на токовете по клонове, с оглед решаването на някои основни задачи: определяне на коефициента на несинусоидалност и на коефициентите на хармониците на напрежението; определяне на допълнителното натоварване на кондензаторните батерии и на останалите елементи на електроснабдителната мрежа от хармониците на тока; изследване на резонансните явления в електроснабдителната система; отчитане влиянието на висшите хармоници при избора на средства за автоматика, телемеханика и релейна защита; определяне на най-целесъобразните начини и технически средства за намаляване големината на хармониците на тока и напрежението.

В практиката все повече се използват консуматори с нелинейна волт-амперна характеристика, които са източници на хармоници на тока. Осветителните уредби с електронни пусково-регулирущи устройства са такива консуматори, използващи се все повече поради много добрите им технически характеристики.

В литературните източници [2, 3] се дават спектъра и големината на хармониците на тока на газоразрядни светлинни източници с баластно съпротивление. Сега в практиката се използват основно газоразрядни светлинни източници, захранвани с електронна-пусково регулираща апаратура. Това е предпоставка да се направи изследване на генерираните висши хармоници от тях, при различни стойности на напрежението и да се анализира влиянието им върху качеството на електрическата енергия.

Повечето от авторите [4] изследват висшите хармоници, генерирани от електрооборудването в промишлените обекти (задвижвания с асинхронни електрически двигатели, мощни дъгови пещи и др.). Много слабо внимание се обръща на газоразрядните

светлинни източници, управлявани с електронна-пусково регулираща апаратура, които вече масово се използват в индустриални, административни и битови помещения.

Правени са някои частични изследвания [5] на генерираните висши хармоници от газоразрядни светлинни източници, но те не са пълни и не дават пълна представа за състоянието на захранващата мрежа.

Целта на работата е да се направи изследване на висшите хармоници, генерирани от електронна пусково-регулируща апаратура за луминесцентни лампи при различни стойности на захранващото напрежение.

Изложение

Изследването е направено за осветителна уредба на характерно помещение в административна сграда. Уредбата обхваща: 12 луминесцентни лампи x 14 W и 4 луминесцентни лампи x 24 W; 8 димируеми електронни пусково-регулирущи устройства (система за управление DALI); 1 контролер за управление на електронните пусково-регулирущи устройства. Уредбата е изследвана при работа на лампите без димиране (100 % получаван светлинен поток). Захранващото напрежение на уредбата е променяно в интервала от -10 % до +10 % спрямо номиналното захранващо напрежение.

Изследването е извършено, като са спазени изискванията посочени в БДС EN 50160:2003 „Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените разпределителни електрически системи” [1].

Използван е анализатор „ANALYST 3Q” [6], който е предназначен за измерване параметрите на всички електрически величини в трифазни или еднофазни мрежи, както и за оценка качеството на напрежението. Той е производство на фирмата LEM, Австрия, която е една от водещите световни фирми в областта на измервателната техника. Класът на точност на анализатора за напреженовия вход, към който са свързани четирите крайника използвани за измерване на напреженията на трите фази L1, L2, L3 и нулата N е 0,5%, а за токовия вход, към който се присъединява общ куплунг на трите токови клещи с обхват от 0... 10 A е 1%. Анализаторът има връзка по сериен интерфейс RS 232 към компютър, където данните се записват с помощта на специален програмен продукт WinA3Q.

Анализаторът може да работи в различни режими при които се измерват различни величини, едни от които са: активна мощност P, kW; реактивна мощност Q, kVA_r; пълна мощност S, kVA; мощност на изкривяване D, kVA; фактор на мощността (power factor) PF; косинус фи – cos φ. На фиг. 1 са показани запазени екрани от работата на анализатора при измерване на активна, пълна, реактивна мощности, мощност на изкривяване и Power Factor (PF) на описаната осветителна уредба при захранващо напрежение 220 V.

| | min | max | | min | max | | min | max | | | |
|-----------|------------------|-------|-------|----------|--------------------|--------|--------|----------|------------------|-------|-------|
| P | 0.290 kW | 0.290 | 0.290 | P | 0.290 kW | 0.290 | 0.290 | P | 0.290 kW | 0.290 | 0.290 |
| S | 0.301 kVA | 0.301 | 0.301 | S | 0.301 kVA | 0.301 | 0.301 | S | 0.301 kVA | 0.301 | 0.301 |
| PF | 0.960 | 0.960 | 0.961 | Q | -0.082 kvar | -0.083 | -0.082 | D | 0.006 kVA | 0.000 | 0.007 |

Фиг.1. Екрани в режим на измерване на активна мощност, пълна мощност, реактивна мощност, мощност на изкривяване и PF (при захранващо напрежение 220 V)

Обобщените данни, получени при различните режими от измерване на активната, пълната, реактивната мощности, мощността на изкривяване и PF, са представени в табл. 1.

Таблица 1

Стойности на активната, пълната, реактивната мощности, мощност на изкривяване и PF, при промяна на захранващото напрежение

| Отклонение от номиналното захранващо напрежение, % | P, kW | Q, kVAr | D, kVA | S, kVA | PF |
|--|-------|---------|--------|--------|-----------------------|
| -10 | 0,291 | -0,071 | 0,014 | 0,300 | 0,969 ^{- -} |
| -5 | 0,290 | -0,075 | 0,008 | 0,300 | 0,966 ^{- -} |
| 0 | 0,290 | -0,082 | 0,006 | 0,301 | 0,960 ^{- -} |
| +5 | 0,289 | -0,088 | 0,012 | 0,303 | 0,954 ^{- -} |
| +10 | 0,289 | -0,094 | 0,004 | 0,304 | 0,950 ^{- -} |

Един от основните режими на работа на анализатора е предназначен специално за анализ на хармониците на тока и на напрежението. При него се виждат и измерват хармониците на тока и напрежението до четиридесети, каквото е изискването в [1]. Също така се дават изчислените стойности на коефициентите на несинусоидалност по напрежение **THD_U** (Total Harmonics Distortion of Voltage) и по ток **THD_I** (Total Harmonics Distortion of Current).

Изчисляването на посочените коефициенти **THD_U** и **THD_I** става по формулите:

$$\text{THD}_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{40} U_k}}{U_1} \cdot 100, \% ; \quad (1)$$

$$\text{THD}_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{40} I_k}}{I_1} \cdot 100, \% , \quad (2)$$

където U_k (I_k) е ефективната стойност на k -тия хармоник на напрежението (тока);

U_1 (I_1) – ефективната стойност на първия хармоник на напрежението (тока).

При отсъствие на висши хармоници в кривите на напрежението и тока $\text{THD}_U=0\%$ и $\text{THD}_I=0\%$. В българската литература THD се нарича коефициент на несинусоидалност.

При периодични несинусоидални токове и напрежения коефициентът на мощността (power factor) PF се определя от отношението на активната мощност на всички хармоници към пълната мощност също на всички хармоници:

$$\text{PF} = \frac{\sum_{k=1}^{40} P_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^{40} U_k^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{40} I_k^2}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

където P_k е активната мощност на k -тия хармоник.

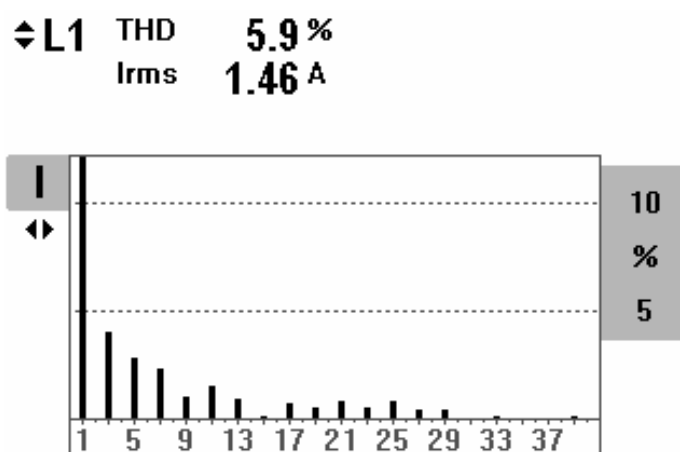
Коефициентът на мощността е показател, който характеризира влиянието на реактивната мощност и мощността на деформиране D върху ефективната работа на системите. При несинусоидални величини пълната мощност се определя по формулата:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (4)$$

където D е мощността на изкривяване или деформиране (power distortion), VA.

Факторът на мощността е отношение на активната мощност P на първия хармоник към пълната мощност на същия хармоник. Когато напрежението и токът се изменят по синусоидален закон, коефициентът на мощността съвпада с косинуса на ъгъла на дефазирание между напрежението и тока ($\text{PF} = \cos\phi$).

На фиг. 2 е показан запазен екран от работата на анализатора при измерване на висшите хармоници на тока, при захранващо напрежение 220 V.



Фиг. 2. Екран в режим на измерване на хармоници (при захранващо напрежение 220 V)

В табл. 2 са показани измерените стойности на висшите хармоници на тока в проценти, спрямо основния хармоник (първи), при промяна на захранващото напрежение в граници от -10% до +10% спрямо номиналното. За всеки хармоник е даден диапазона на изменение при промяна на захранващото напрежение. Показани са получените стойности на коефициента на несинусоидалност THD_1 при всички режими:

Таблица 2

Стойности на висшите хармоници на тока в проценти, спрямо основния хармоник (първи), при промяна на захранващото напрежение в граници от -10% до +10% спрямо номиналното

| Хармоник ν | Отклонение от номиналното захранващо напрежение | | | | | Диапазон на изменение |
|---------------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | -10 % | -5 % | 0 % | +5 % | +10 % | |
| 3 | 5 | 4,5 | 4 | 4 | 3,6 | 3,6 – 5 |
| 5 | 1,7 | 2,2 | 2,8 | 3,4 | 4,1 | 1,7 – 4,1 |
| 7 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 1,9 | 1,9 – 2,6 |
| 9 | 1 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 0,8 – 1,4 |
| 11 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,8 | 1,4 – 1,8 |
| 13 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,5 – 0,9 |
| 15 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,1 – 0,3 |
| 17 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1 | 0,3 – 1 |
| 19 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 – 0,5 |
| 21 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,5 – 0,8 |
| 23 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 0,2 – 0,6 |
| 25 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 0,7 – 1 |
| 27 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,3 – 0,5 |
| 29 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 0,2 – 0,7 |
| 31 | - | - | - | - | - | - |
| 33 | - | 0,1 | 0,1 | - | 0,2 | 0,1 – 0,2 |
| 35 | - | - | - | 0,3 | 0,2 | 0,2 – 0,3 |
| 37 | 0,2 | 0,1 | - | 0,2 | 0,2 | 0,1 – 0,2 |
| 39 | - | - | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 – 0,2 |
| THD_1 | 6,2 % | 5,9 % | 5,9 % | 6,2 % | 6,5 % | 5,9 – 6,5 % |

От направените изследвания се вижда, че коефициентът на несинусоидалност THD_1 е сравнително висок и се променя в малки граници (5,9 – 6,5%), при промяна на захранващото

напрежение в граници от -10% до +10% спрямо номиналното. Съгласно [1], коефициентът THD_1 трябва да е по-малък или равен на 8%, което в случая е спазено. Оказва се, че отклонението на захранващото напрежение (в положителна и отрицателна посока) спрямо номиналното води до повишаване на коефициента на несинусоидалност и мощността на изкривяване. От табл. 2. се вижда, че 3, 5, 7 и 11 хармоници на тока имат сравнително високи стойности, а останалите хармоници имат стойности равни или по-малки от 1%.

Направените изследвания се отнасят за осветителна уредба с малка мощност 0,29 kW, но подобни изследвания трябва да бъдат проведени и при осветителни уредби с по-голяма мощност, което ще даде възможност да се определят генерираните висши хармоници за единица осветителен товар и да се анализира влиянието им върху качеството на електрическата енергия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Направено е изследване на висшите хармоници, генерирани от осветителна уредба с луминесцентни лампи с електронна пусково-регулираща апаратура на характерно административно помещение. Определени за диапазоните на изменение на хармониците на тока в проценти, спрямо основния хармоник.
2. Установено е, че при промяна на захранващото напрежение в граници от -10% до +10%, спрямо номиналното, коефициентът на несинусоидалност THD_1 се изменя в интервала 5,9 – 6,5 %. По ниската стойност 5,9% съответства на работа при номинално захранващо напрежение.
3. Прави впечатление, че 3, 5, 7 и 11 хармоници на тока имат сравнително високи стойности и се променят в сравнително малки граници, при промяна на захранващото напрежение. Останалите хармоници до 40 имат стойности равни или по-малки от 1%.

Литература

1. БДС EN 50160:2003. Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените разпределителни електрически системи.
2. Василев Н., С.Сидеров. Електроснабдяване на промишлени предприятия, Техника, София, 1991 г.
3. Стефанов Ст., В. Русева. Измерване, контрол и управление в електроснабдяването. ПБ при Русенски университет „Ангел Кънчев”, Русе, 2004 г.
4. Христова М., Д. Димов. Особенности при съвместна работа на честотен преобразувател и асинхронен двигател. Научни трудове на Русенския университет – 2009, том 48, серия 3.1, Русе, 2009
5. Manzano E.R., Carlorosi M., Tapia Garzón M. Performance and measurement of power quality due to harmonics from street lighting networks. International Conference on Renewable Energies and Power Quality'09, Valencia, 2009
6. Power Quality Analyser ANALYST 3Q. Operating instructions. LEM HEMЕ, 2003

За контакти:

ас. д-р инж. Орлин Петров, E-mail: opetrov@uni-ruse.bg

доц. д-р инж. Вяра Русева, E-mail: vruseva@uni-ruse.bg

Русенски университет “Ангел Кънчев”

Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане”

7017 – Русе, ул. ”Студентска” № 8, тел. 082/ 888 301

Изследванията са подкрепени по договор № **BG051PO001-3.3.04/28**, „Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите”. **Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси” 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.**