

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИСШИТЕ ХАРМОНИЦИ В ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА МРЕЖА НА МЕМФ ПРИ МГУ „СВ. ИВ. РИЛСКИ“

Румен Исталиянов¹, Георги Костов², Димо Чолаков³

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: rgi@mgu.bg

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: georgi_kostov@mgu.bg

³ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В доклада са дадени резултати от измерване и анализ на висши хармоници в електрическата мрежа на лаборатории в Минно-електромеханичен факултет на МГУ по отношение на дадените норми в БДС EN 50160 и наредбата на ДКЕВР "Показатели за качество на електроснабдяване".

EXPERIMENTAL STUDY ON HARMONICS IN THE ELECTRICITY NETWORKS IN FACULTY OF MINING ELECTROMECHANICS TO UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI"

Rumen Istalianov¹, Georgi Kostov², Dimo Tsholakov³

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Republic of Bulgaria, E-mail rgi@mgu.bg

²University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Republic of Bulgaria, E-mail georgi_kostov@mgu.bg

³University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Republic of Bulgaria

ABSTRACT. The report shows the results of measurement and analysis of harmonics in the electrical network of laboratories in Faculty of Mining Electromechanics f MGU in terms of a rule in BDS EN 50160 and State energy and water regulatory commission

Понятието качество на електрическата енергия се определя като съвкупност от характеристики на електрическата енергия, при които консуматорите ще работят нормално и ще изпълняват заложените в тях функции. Решаването на въпросите за контрола на показателите за качество на електрическата енергия изисква да се анализира структурата, параметрите и режимите на работа на електроснабдителната система и да се планира експериментално измерване и изследване, чрез които да се изясни характера на изменение на параметрите, определящи качеството ѝ.

В доклада е направено изследване и анализиране на висши хармоници в електрическата мрежа на лаборатории в Минно-електромеханичен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“ по отношение на дадените норми в БДС EN 50160 и наредбата на ДКЕВР "Показатели за качество на електроснабдяване".

Измерванията са проведени с трифазен мрежов анализатор на качеството на електрическата енергия MULTIVER 3SN, който дава възможност за измерване, изчисляване, запис и анализ на всички електрически величини и показателите за качеството на електрическата енергия.

Получената информация от измерванията е обработена с допълнителен софтуер (Цветкова, 2012). Измерванията са проведени в една контролна точка, намираща се на шините на разпределително табло.

Захранващата мрежа е трифазна, четирипроводна със заземена неутрала.

В МГУ "Св. Иван Рилски" основните потребители на електрическа енергия са:

- осветление – реализирано в голямата си част с луминесцентни лампи с конвекционална пускорегулираща апаратура и в малка част - с компактни луминесцентни лампи и лампи с нажежаема жичка,
- компютри и монитори;
- климатични системи;
- отопление с електрически печки (основно зимния сезон);
- електрически двигатели, задвижващи стругове фрези и др.;
- UPS;
- други;

Процентното съотношение на всеки от тях на практика не е известно.

Тази част ще бъде изследвана в продължение на два-три представителни месеца от годината, покриващи възможните максимални товари при пълна учебна натовареност.

Захранването на МГУ е от 2 трансформатора с мощност 630 и 400 kVA, които са разположени във външен трансформаторен пост. Към тях са

присъединени и външни потребители с неизвестна инсталирана мощност.

Първият етап от експерименталното изследване на качеството на електрическата енергия включва измерване в конкретни лаборатории. За такива са избрани: лаборатория №105 и лаборатория №103.

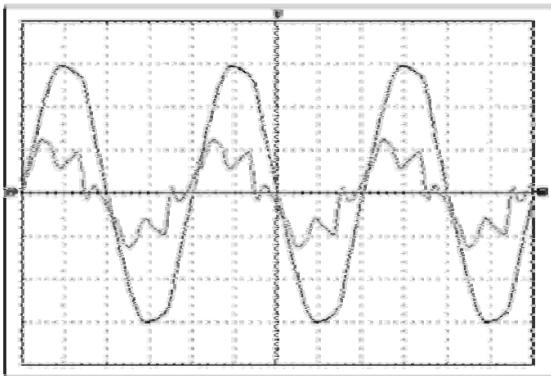
Лаборатория №105. Осветителната уредба е изпълнена със осветители с ЛЛ 3X36 W, тип 36.2.907.607. Общият брой на осветителите е 15. Осветителите са с индуктивен баласт и компенсирани с кондензатори по 4 μ F на фаза.

Лаборатория №103. Тя представлява компютърен клас, обзаведен с 9 броя компютри тип HP Compact dx6100MT и монитори 9 броя тип V7550.

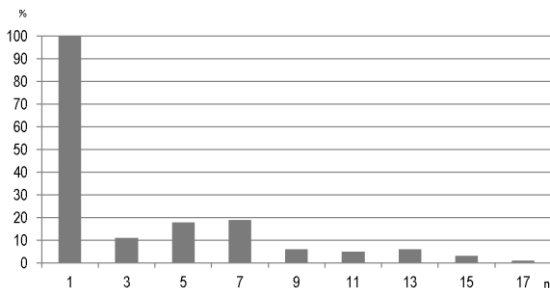
В таблото на лабораторията има възможност за включване на компютърните конфигурации към различни фази на мрежата.

Защитата на двете лаборатории е осъществена със стопяеми предпазители.

Лаборатория №105. Анализът на осцилограмата на формата на тока (фиг.1) показва, че в тока присъстват висши хармоници от №3 до №15, като №3,5,7 са преобладаващи. Спектърът на висшите хармоници е показан на фиг.2.



Фиг. 1 Осцилограма на ток и напрежение на осветителната уредба в лаб. 105 на МГУ

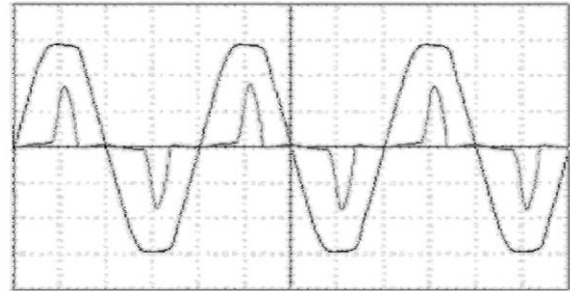


Фиг. 2 Спектр на висшите хармоници в осцилограмата на тока

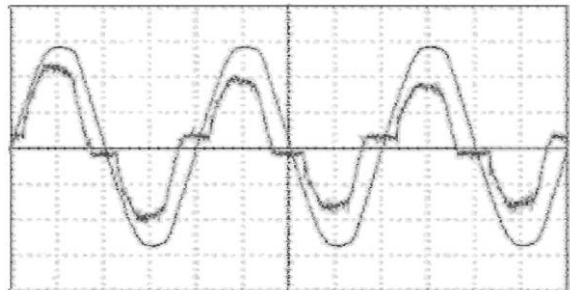
Лаборатория №103. Токът на компютърните конфигурации (фиг.3) има характерна форма, отговаряща на тока на класически импулсен източник на захранване. Формата на тока може да бъде близка до синусоидалната, ако в захранващите блокове съществува коректор на

фактора на мощност. Проблем е, че този тип захранващи блокове са доста скъпи.

За пример е представена сметата осцилограмата на преносим компютър тип Toshiba, чиито източник за захранване има коректор (фиг.4).



Фиг. 3 Осцилограма на ток и напрежение на консуматорите в лаб. 103 на МГУ



Фиг. 4 Осцилограма на ток и напрежение на преносим компютър тип Toshiba

Наличието на висши хармоници в тока на консуматорите с нелинейна характеристика води до редица негативни последствия:

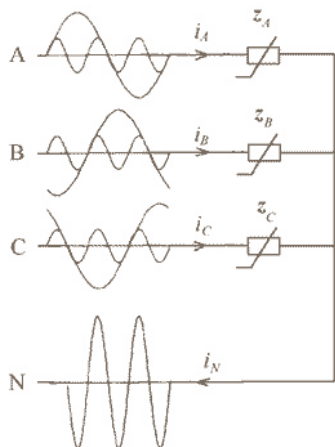
- понижава фактора на мощност;
- ускорява стареенето на изолацията на кабелните мрежи;
- води до прекъсване в работата на електронното оборудване и колебания в импулсните захранващи устройства;
- повишаване на вероятността от резонансни явления и комутационни пренапрежения със всички последствия от това;
- Ускорява износването на кондензаторните батерии.

Висшите хармоници на тока, кратни на три (3, 9, 15 и т.н.), определят и висока стойност на т.нар. Крест фактор (или амплитуден коефициент) при еднофазни консуматори.

В симетрични трифазни системи, токът във всяка фаза е изместен от другите на 120 електрически градуса. В резултат на това сумата от токовете в нултурния проводник е равна на нула, следователно и загубата на напрежение в него е нула. При наличие на трети и кратните на три хармоници се образува ток с нулева последователност (въпросните хармоници съвпадат по фаза с фазните проводници). Общият ток в нулевия проводник е:

$$I_N = 3 \cdot \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + \dots} \quad (1)$$

Този ток може да превиши фазния в най-лошия случай с около 70%. Това нагледно е показано на фиг.5.



Фиг. 5 Процес на формиране на тока през нулния проводник при наличие на трети хармоник

За потвърждаване на горните изводи компютърните конфигурации в лаборатория №103 бяха свързани в групи по три конфигурации на всяка фаза. Спектърът на висшите хармоници в една от фазите и нулевия проводник са показани на фиг.6 и фиг. 7.

Таблица 1 Стойности, но висшите хармоници във фаза А и нулевия проводник

Номер на хармоник	Фаза А	Нулев проводник
n	%	%
1	100	1,2
3	68,1	100
5	50	18,5
7	27,2	5,7
9	8,8	2,8
11	6,8	0
13	6,8	0
15	4,5	0
17	2,2	0

При стойности на тока във всяка от фазите А, В, С съответно:

$$I_A = 2,34 \text{ A};$$

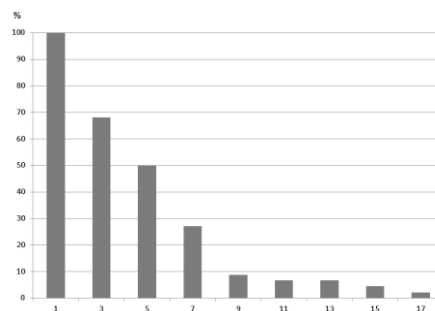
$$I_B = 2,07 \text{ A};$$

$$I_C = 2,50 \text{ A},$$

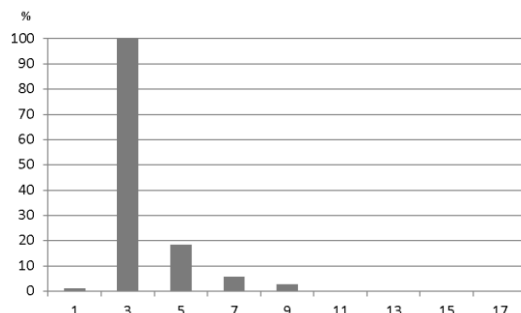
токтът в нулевия проводник е $I_N = 3,75 \text{ A}$, при силно изразен трети хармоник.

Факторът на мощност е в границите $0,6 \div 0,7$, при което реактивната мощност превишава активната, а това води до допълнителни загуби на мощност в електрическата мрежа.

Повишаването на фактора на мощност с обикновени компенсиращи устройства (кондензатори) в мрежа с високо ниво на хармоници е проблемно. В почти всички случаи е необходимо използването на филтро-компенсиращи устройства (ФКУ).



Фиг. 6 Спекър на висшите хармоници в осцилограмата на тока във фаза А



Фиг. 7 Спекър на висшите хармоници в осцилограмата на тока в нулевия проводник

В заключение може да се посочи, че в мрежата ниско напрежение на МГУ "Св. Иван Рилски" се очаква значително количество хармоници в тока и вероятно в напрежението при нормално натоварване на мрежата. Необходимо е провеждане на диагностика за състоянието на мрежата, с оценка на висшите хармоници, качеството на електрическата енергия, токовото натоварване на фазите и нулевите проводници.

Литература

- Цветкова С., 2012. IV Научна конференция, ЕФ, том 2, *Изследване на показателите за качество на електрическата енергия в предприятие за производство на силова електроника за управление БДС EN 61000-3-2:2006 Електромагнитна съвместимост (EMC). Част 3-2: Гранични стойности. Гранични стойности за излъчвания на хармонични съставлящи на тока (входен ток на устройства/ съоръжения до и включително 16 А за фаза).*
 ДКЕВР. Показатели за качество на електроснабдяване на ДКЕВР, юли, 2004.