

УДК 621.316.11

О.М. Бесараб, канд. техн. наук, доц.,
А.С. Бондарчук, канд. техн. наук, доц.,
Я.О. Соколов, магістр,
Одес. нац. політехн. ун-т

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ НА КОМЕРЦІЙНІ ПОКАЗАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ

О.М. Бесараб, А.С. Бондарчук, Я.О. Соколов. **Кореляційний аналіз впливу сучасних побутових електроприладів на комерційні показання лічильників.** Представлено результати дослідження впливу сучасних побутових електроприладів із нелінійними характеристиками на комерційні показання лічильників різних конструкцій.

Ключові слова: кореляційний аналіз, побутові електроприлади, нелінійні навантаження, гармоніки, комерційні електролічильники.

А.Н. Бесараб, А.С. Бондарчук, Я.А. Соколов. **Корреляционный анализ влияния современных бытовых электроприборов на коммерческие показания счетчиков.** Представлены результаты исследования влияния современных бытовых электроприборов с нелинейными характеристиками на коммерческие показания счетчиков разных конструкций.

Ключевые слова: корреляционный анализ, бытовые электроприборы, нелинейные нагрузки, гармоники, коммерческие электросчетчики.

A.N. Besarab, A.S. Bondarchuk, Ya.A. Sokolov. **The correlation analysis of the influence of modern household electric appliances on commercial meter readings.** The results of investigating the influence of modern household electric appliances with nonlinear characteristics on the readings of commercial meters of various designs are presented.

Keywords: correlation analysis, electrical household appliances, nonlinear loadings, harmonics, commercial electric supply meters.

Застосування сучасних побутових електроприладів із нелінійними характеристиками, таких як кондиціонери, мікрохвильові печі, пральні машини, холодильники, телевізори, компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), персональні комп'ютери тощо, призводить до спотворення синусоїдності електричного струму через генерування гармонік в електричну мережу [1, 2].

Як приклад на рис. 1 наведено осцилограму струму навантаження $i(t)$ побутового кондиціонера серії SENSEI ECO-і FTE-23MR, конфігурація якої далека від синусоїдної.

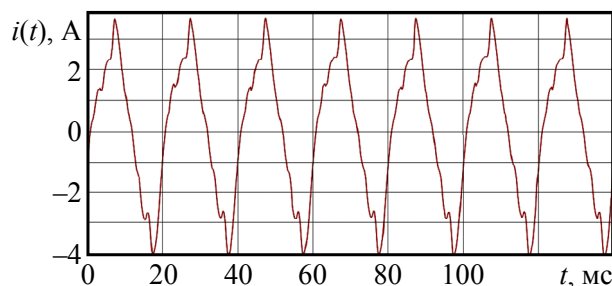


Рис. 1. Осцилограма струму навантаження побутового кондиціонера серії SENSEI ECO-і FTE-23MR

Це, звичайно, породжуватиме гармоніки n_k , амплітуди яких надано на рис. 2, відносно амплітуди основної частоти 50 Гц.

Відомо, що наявність гармонік в мережі викликає ряд суттєвих негативних явищ в електричних мережах, а саме, вони збільшують втрати в силових трансформаторах, електричних двигунах, кабельних лініях, прискорюють старіння ізоляції, можуть викликати помилкове спрацювання захисних апаратів тощо. Крім того, вони впливають на комерційні показання лічильників, які розраховані для використання в колах із синусоїдним струмом. При цьому величина похибки показань γ залежить від частотної характеристики лічильника (рис. 3) [1].

Похибки вимірювання зменшуються до нуля зі збільшенням в електричній мережі субгармонік і зростають зі збільшенням частот вищих гармонік, які генеруються нелінійними навантаженнями.

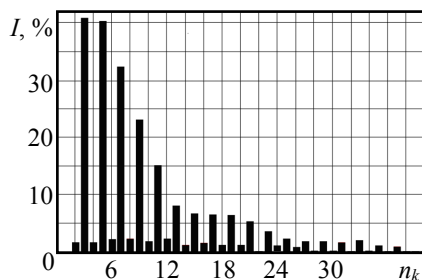


Рис. 2. Амплітудний спектр гармонік струму навантаження кондиціонера серії SENSEI ECO-i FTE-23MR

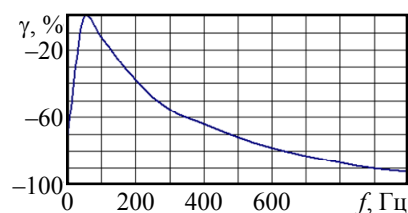


Рис. 3. Частотна характеристика індукційного лічильника

Кількість електроенергії, що фіксується лічильником за час t , визначається так:

— у разі сталого за величиною нелінійного навантаження обчислюється за формулою [1]

$$W_{\text{ліч.1}} = P_{n=1}(1 - \gamma)t, \quad (1)$$

де $P_{n=1}$ — потужність нелінійного навантаження за основної частоти;

γ — сума похибок лічильника за гармоніками

$$\gamma = \frac{\sum_{n=2}^{\infty} \Delta P_{n_i}}{P_{n=1}}, \quad (2)$$

де ΔP_{n_i} — похибка лічильника за потужністю за n_i -ї гармоніки;

— у разі сталого за величиною лінійного навантаження обчислюється як

$$W_{\text{ліч.1}} = P_{n=1}(1 + \gamma)t. \quad (3)$$

Таким чином, за використанням нелінійних побутових електроприладів може відбуватися комерційний “переоблік” або “недооблік” електроенергії індукційними, електронними, цифровими лічильниками.

Результати дослідження рівня комерційних похибок лічильників індукційного типу СО-505, електронно-механічного — СЕ201 та електронно-цифрового — НІК 2102-02.М2В залежно від коефіцієнтів спотворення струму і напруги, з урахуванням їх фонового рівня в мережі, наведено в табл. 1.

Показання аналізатора якості електроенергії Elspec G4500, які використовувались у процесі дослідження, прийняті за базові.

Результати обчислення кореляції [3] між спотворенням струму і напруги та комерційними похибками лічильників різної конструкції наведено в табл. 2.

Глибину кореляції між наведеними ознаками та похибками можна оцінити за табл. 3.

Таблиця 1

Результати дослідження впливу побутових електроприладів на комерційні показання лічильників

Побутовий електроприлад	Тип лічильника	Клас точності, %	Спожита, електроенергія ΔW , кВт·год	Похибка, %	Коефіцієнт спотворення синусоїдності струму, %	Коефіцієнт спотворення синусоїдності напруги, %
Радіатор Delonghi KH 771120	CO-505	2	3,85	+4,49	3,6	3,4
	CE201	1	3,79	+2,86		
	НІК 2102-02.М2В	1	3,82	+3,68		
	Elspec G4500	0,05	3,68448	—		
Тепловентилятор моделі S131	CO-505	2	4,06	+5,36	4,3	3,8
	CE201	1	4,01	+4,07		
	НІК 2102-02.М2В	1	4,02	+4,33		
	Elspec G4500	0,05	3,85313	—		
Кондиціонер серії SENSEI	CO-505	2	9,70	+8,6	25	3,9
	CE201	1	9,40	+5,3		
	НІК 2102-02.М2В	1	9,50	+6,4		
	Elspec G4500	0,05	8,9248	—		
Лампи КЛЛ, холодильник, пральна машина, телевізор, ПК	CO-505	2	3,76	+0,94	7,1	5,0
	CE201	1	3,79	+1,75		
	НІК 2102-02.М2В	1	3,8	+2,02		
	Elspec G4500	0,05	3,72474	—		

Таблиця 2

Кореляційна матриця між спотворенням струму і напруги та комерційними показаннями лічильників

Лічильник CO-505		Лічильник CE201		Лічильник НІК 2102-02.М2В	
Ознака	Похибка	Ознака	Похибка	Ознака	Похибка
Струм	0,701199	Струм	0,708476	Струм	0,762463
Напруга	-0,64464	Напруга	-0,52731	Напруга	-0,5654

Таблиця 3

Критерії оцінювання зв'язку між ознаками та похибками

Величина коефіцієнта кореляції	0,1 — 0,3	0,3 — 0,5	0,5 — 0,7	0,7 — 0,9	0,9 — 1,0
Характеристика зв'язку	слабкий	середній		сильний	
Характеристика сили зв'язку		помірний	помітний	високий	надвисокий

Таким чином, результати кореляційного аналізу впливу побутових електроприладів із нелінійними характеристиками на комерційні показання лічильників різної конструкції свідчать,

що між ознаками й комерційними похибками існує помітний, навіть високий зв'язок, однак він найменший прямий за струмом для лічильника СО-505 і зворотний за напругою — для СЕ201.

Література

1. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання / І.В. Жежеленко, А.К. Шидловський, Г.Г. Півняк, Ю.Л. Саєнко. — Донецьк: Нац. гірн. ун-т, 2009. — 319 с.
2. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. — К.: Мінрегіонбуд України, 2010. — 165 с.
3. Захарченко, Н.И. Бизнес-статистика и прогнозирование в MS Excel / Н. И. Захарченко. — М.: Вильямс, 2004. — 208 с.

References

1. Elektromagnitna sumisnist u systemakh elektropostachannia [Electromagnetic compatibility in the power-supply systems] / I.V. Zhezhelenko, A.K. Shydlovskiy, H.H. Pivniak, Yu.L. Saienko. — Donetsk, 2009. — 319 p.
2. DBN V.2.5-23:2010. Proektuvannia elektroobladnannia ob'ektiv tsyvilnoho pryznachennia [Designing electrical equipment of commercial objects]. — Kyiv, 2010. — 165 p.
3. Zakharchenko, N.I. Biznes-statistika i prognozirovanie v MS Excel [Business statistics and prognostication in MS Excel] / N. I. Zakharchenko. — Moscow, 2004. — 208 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Радімов С.С.

Надійшла до редакції 31 липня 2013 р.