

## СЕКЦІЯ: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.311

Д. П. Микулик, П. М. Микулик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З РІЗКОЗМІННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Д. Р. Mykulyk, P. M. Mykulyk

### RESEARCH OF VOLTAGE DEVIATION IN ELECTRICAL NETWORKS WITH VARIABLE LOAD

Одним із перших параметрів якості електроенергії (ПЯЕ), що викликає практичний інтерес, є відхилення напруги (повільна її зміна). Графіки відхилення напруги на практиці будуються з інтервалом в 0,5-2 год. За цей час в ряді випадків відхилення напруги встигає вплинути на: пониження частоти обертання двигунів, збільшення нагріву деяких видів обладнання, порушення нормального ходу окремих типів технологічних процесів. Тому, визначаючи найбільшу величину відхилення напруги із врахуванням 95%-ої ймовірності як:

$$\Delta U = U_m - u(t), \quad (1)$$

одержимо реальне значення ПЯЕ,

де  $U_m$  – амплітудне значення напруги без впливу різкозмінного навантаження;

$u(t)$  – значення живильної напруги в часі спостереження із врахуванням різкозмінного навантаження.

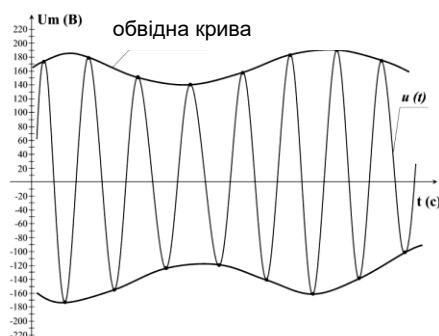


Рисунок 1. Фрагмент осцилограми напруги, що живить зварювальний автомат АДС-1000-4.

З осцилограми на Рис.1 видно, що величина живильної напруги  $u(t)$  в значній мірі залежить від параметрів обвідної: амплітуди, частоти та кута початкової фази.

Значення  $u(t)$  можна визначити використовуючи спектральні методи і конкретно спектральну щільність сигналу, що обробляється, тоді значення живильної напруги  $u(t)$  для несинусоїдних режимів та різкозмінних навантажень за допомогою аналого-цифрового перетворювача подається наступним дискретним кодом:

$$U_i(n) = \sum_{m=1}^M U_m \sin\left(\frac{2\pi \cdot f_m \cdot n}{N} + \psi_m\right), \quad (2)$$

де  $U_m$ ,  $f_m$ ,  $\psi_m$  – відповідно амплітуда, частота та фазовий кут живильної напруги  $u(t)$ ;  
 $n$  – інтервал квантування за часом миттєвого значення  $u(t)$  несинусоїдної напруги;  
 $N$  – число вибірок за період  $T$  дії дискретної напруги  $U_i(n)$ .

З врахуванням останнього для сигналу  $U_i(n)$ , що представлений дискретними вибірками, пряме перетворення Фур'є має вигляд:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} U_i(n) \exp^{-j \frac{2\pi \cdot n \cdot k}{N}}, \quad (3)$$

Як уже говорилось, значення живильної напруги  $u(t)$  залежить від параметрів обвідної, тобто

$$U_i(n) = f(\Pi i), \quad (4)$$

де  $\Pi i$  – параметри обвідної.

Експериментально авторами встановлено, що зміни амплітуди, частоти та кута початкової фази обвідної однаково впливають на значення живильної напруги  $u(t)$ .

Дослідимо, як змінюється значення живильної напруги  $u(t)$ , а, як наслідок, і значення спектральної щільності від впливу амплітуди обвідної  $U_\Omega$ . Для цього складемо матрицю вигляду:

$$\begin{bmatrix} u(t)_1 & U_{\Omega 1} \\ u(t)_2 & U_{\Omega 2} \\ \dots & \dots \\ u(t)_i & U_{\Omega j} \\ \dots & \dots \\ u(t)_m & U_{\Omega p} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де  $i = 1, 2, \dots, m$  – кількість вибірок з фрагменту осцилограми (рис.1);  
 $j = 1, 2, \dots, p$  – значення амплітуди обвідної від  $U_\Omega \min$  до  $U_\Omega \max$ .

З врахуванням формули (5) формула (3) прийме вигляд:

$$\bar{S}(k)_i = (\bar{A}(k)_i - j\bar{B}(k)_i)^T \bar{U}_i^T(n). \quad (6)$$

З обчисленням формули (6) визначались модулі спектральних щільностей:

$$|S(k)_i| = \sqrt{A(k)_i^2 - B(k)_i^2}. \quad (7)$$

Амплітудне значення  $k$ -ої гармоніки визначалось наступним чином:

$$U(k)_i = \frac{2 \cdot |S(k)_i|}{N}. \quad (8)$$

Вихідні дані для визначення впливу амплітуди обвідної на значення живильної напруги  $u(t)$  наступні:  $U_m = 220$  В,  $f_m = 50$  Гц,  $\psi_m = 0$ , межа зміни амплітуди обвідної  $U_\Omega = (15-28,5)$  В. Всі обчислення проводились для 1-ї гармоніки живильної напруги  $u(t)$ .

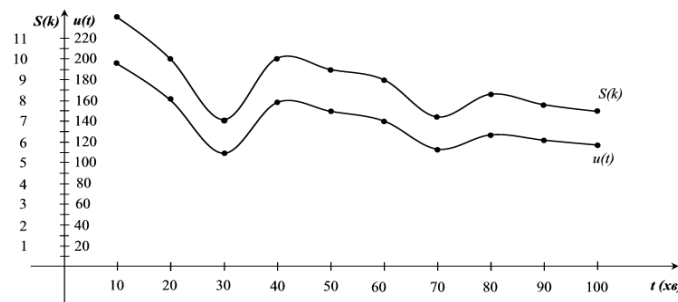


Рисунок 2. Графік зміни живильної напруги та спектральної щільності в часі спостереження.

Як видно з рис. 2 графік зміни живильної напруги  $u(t)$  та спектральної щільності  $S(k)$  за формою аналогічні.

### Література

1. Бабак В. П. Обробка сигналів / В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шлюфер. – К. : Либідь, 1996. – 392 с.
2. Ванько В. М. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – № 58. – С. 47-56.