

# Особливості обліку електричної енергії при несинусоїдальному навантаженні

*Базилевич Микола Володимирович.,  
кафедра електроенергетики та систем управління  
Національний університет «Львівська політехніка»*

$$P = P_1 + P_H$$

$P_1$ - активна потужність першої гармоніки, Вт;

$P_H$ - активна потужність вищих гармонік, Вт;

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos(\Theta)$$

$U_1$ - діюче значення основної гармоніки напруги, В;

$I_1$ - діюче значення основної гармоніки струму, А;

$\cos(\Theta)$ - косинус кута між напругою та струмом;

$$P_H = U_0 \cdot I_0 + \sum_{h \neq 1} U_h \cdot I_h \cdot \cos(\Theta)$$

Додавання відбувається по всіх гармоніках  $h$ , включаючи субгармоніки та інтергармоніки

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n U_i \cdot I_i = \frac{W_a}{nn}$$

$n$ -кількість відліків за період промислової частоти;  
 $U_i, I_i$ -миттєві значення напруги і струму;  
 $W_a$  – активна енергія, Вт·с

$$Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin(\Theta)$$

$U_1$ - діюче значення основної гармоніки напруги, В;  
 $I_1$ - діюче значення основної гармоніки струму, А;  
 $\sin(\Theta)$ - синус кута між напругою та струмом;

$$S^2 = P^2 + N^2$$

$S$ - повна потужність, ВА;

$P$ - активна потужність, Вт;

$N$  – неактивна потужність, ВАр;

$$S_1 = U_1 \cdot I_1$$

$U_1$ - діюче значення основної гармоніки напруги, В;

$I_1$ - діюче значення основної гармоніки струму, А;

$$S_1^2 = P_1^2 + Q_1^2$$

$Q_1$ - значення реактивної потужності, ВАр;

$$S_N^2 = S^2 - S_1^2 = D_I^2 + D_U^2 + D_H^2$$

$D_I$  – потужність спотворення струму, ВАр;

$D_U$  – потужність спотворення напруги, ВАр;

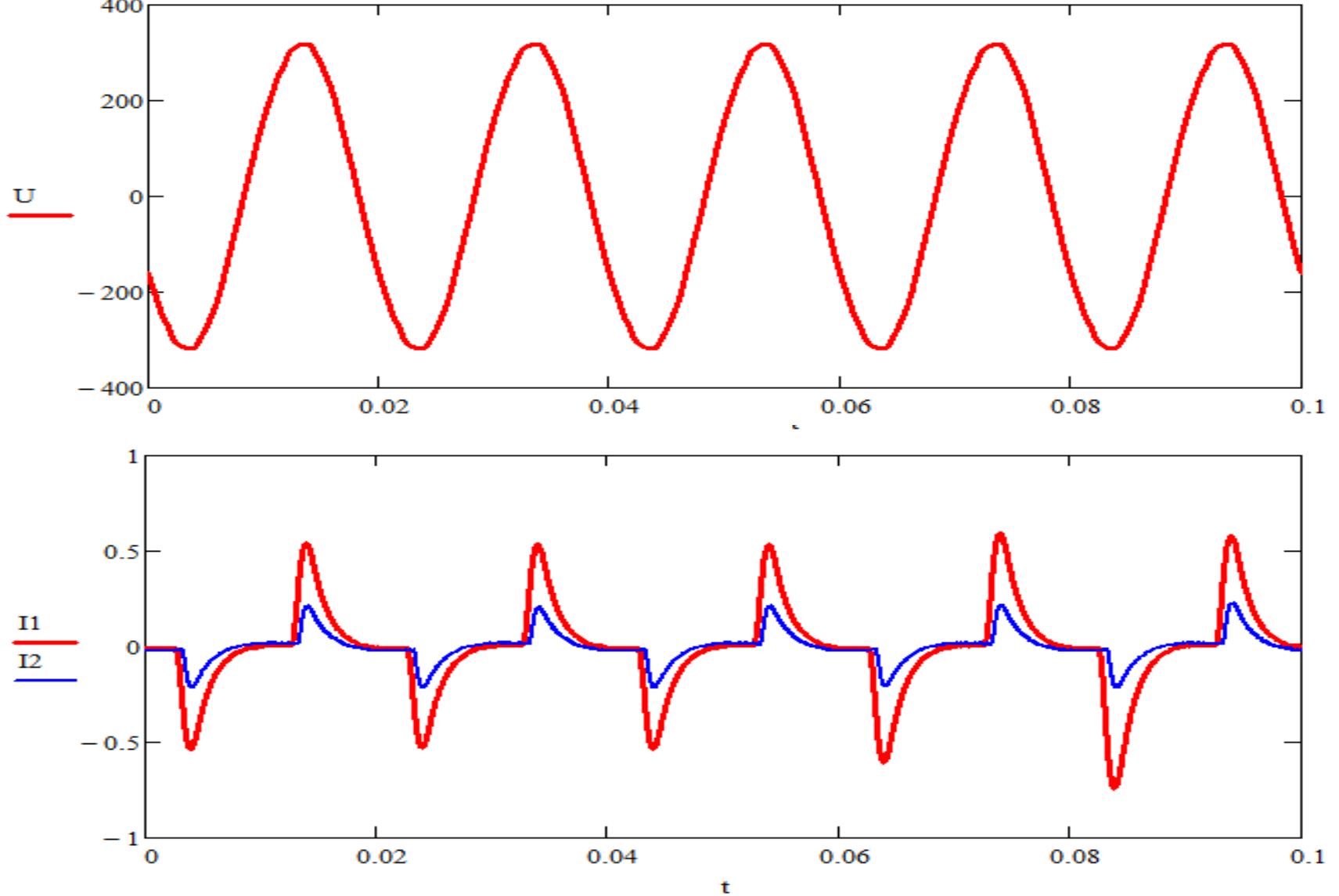
$D_H$  – повна потужність вищих гармонік, ВАр;

$$D_I = U_1 \cdot I_H$$

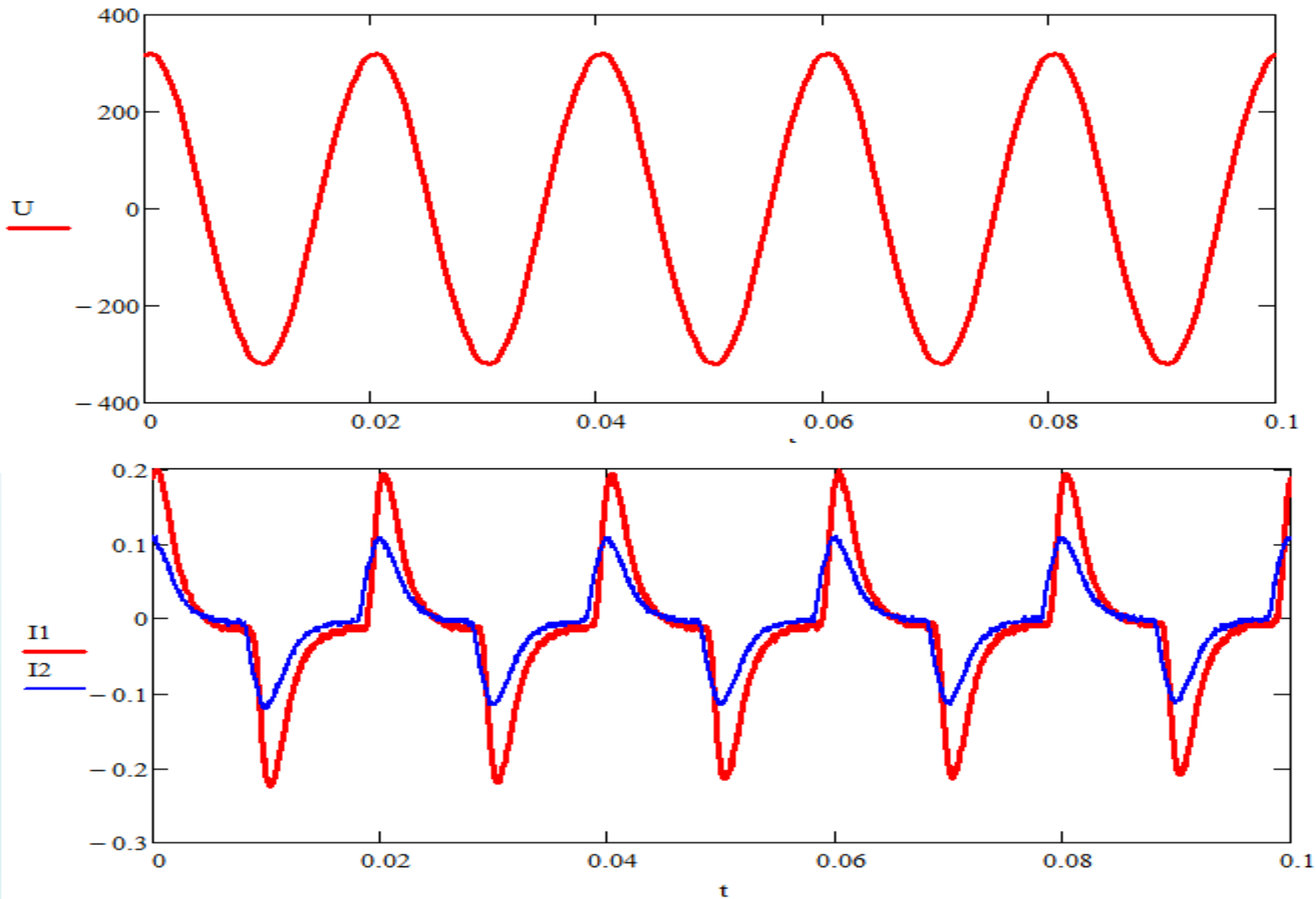
$$D_U = U_H \cdot I_1$$

$$S_H = U_H \cdot I_H$$

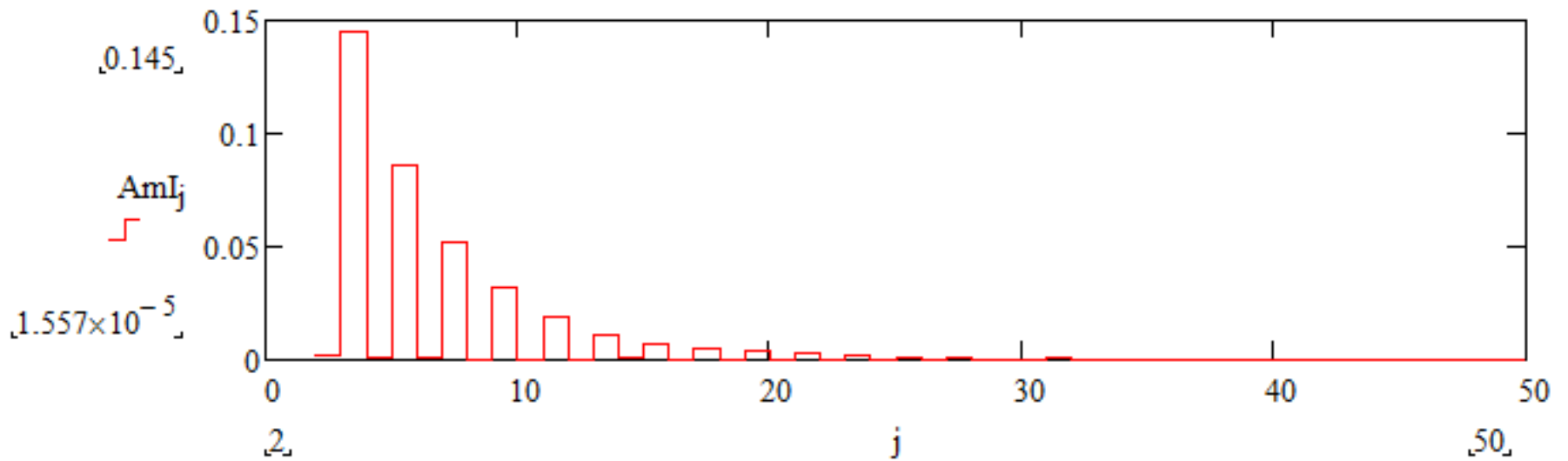
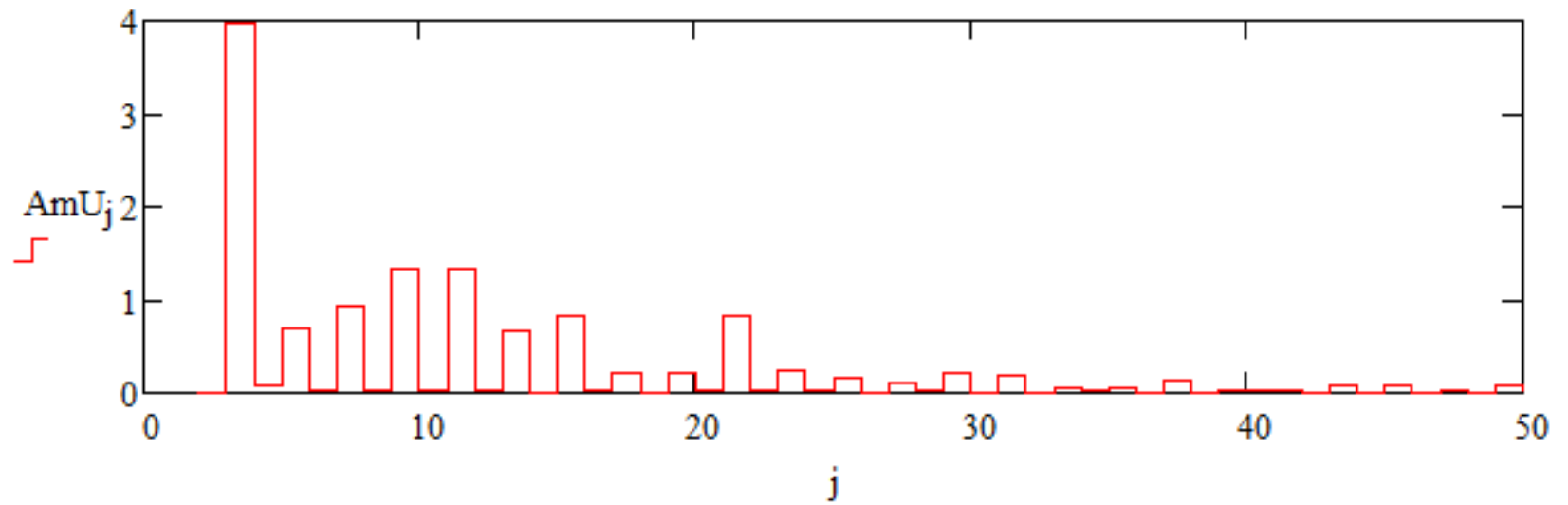
$$D_H = \sqrt{S_H^2 - P_H^2}$$



Натурна осцилограма напруги та струмів під час роботи імпульсних блоків живлення ноутбуків



Натурна осцилограма напруги та струмів під час роботи світлодіодних ламп потужністю 15 Вт і 10 Вт



Розклад напруги (верхній графік) і струму (нижній графік) по гармоніках .  
Перша гармоніка не показана.



Активна потужність обчислена по базовій формулі

$$P = 70,995 \text{ Вт}$$

Активна потужність, обчислена як сума канонічних гармонік

$$P = 71,045 \text{ Вт}$$

Похибка вимірювання активної потужності

$$\delta = 0,64\%$$

Активна потужність першої гармоніки

$$P_1 = 70,502 \text{ Вт}$$

Реактивна потужність першої гармоніки

$$Q_1 = -29,303 \text{ ВАр}$$