

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИЛОВОГО ПРОЦЕСУ ЗА ДВОСТОРОННЬОЇ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ. УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД

Вінницький національний технічний університет

На основі проведеного спектрального аналізу силового процесу за наявної широтно-імпульсної модуляції отримано його спектральні характеристики в узагальненій та аналітичній формах.

Ключові слова: силова електроніка, силовий (енергетичний) процес, широтно-імпульсна модуляція, спектральний аналіз, тригонометричні ряди Фур'є, амплітудно- та фазово-частотні характеристики

В теоретичному базисі сучасної силової електроніки та перетворювальної техніки [1] з-поміж найважливіших функцій, які описують послідовність розгортання у часі силового (енергетичного) процесу із наперед визначеними характеристиками, є послідовність прямокутних імпульсів

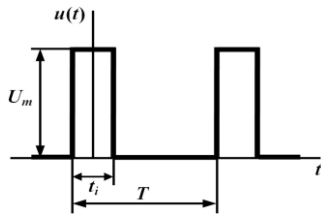


Рис. 1. Усталена послідовність ШІМ прямокутних імпульсів

(рис. 1), тривалість t_i яких зазнає штучної зміни у часі за заданим законом (широтно-імпульсна модуляція). Однак потрібно зазначити, що водночас за такого перетворення окрім часових параметрів суттєвих змін зазнають і спектральні характеристики силового процесу. Зазначена обставина спонукає до побудови математичної моделі, яка б цей зв'язок в узагальненій і аналітичній формах виявляла. За поточного значення параметра t_i і до наступної його зміни в усталеному режимі роботи силових перетворювачів спостерігатиметься періодичність, і спектр силового процесу буде дискретним. Тому і розглядувана функція послідовності прямокутних імпульсів, що цей силовий процес математично описує, також матиме періодичний характер (див. рис. 1), і, як елемент лінійного простору 2π -періодичних функцій з ортогональним координатним базисом тригонометричних функцій, може бути розкладена в тригонометричний ряд Фур'є

$$u(t) = U^{(0)} + \sum_{k=1}^{\infty} A^{(k)} \cos k\omega t + B^{(k)} \sin k\omega t, \quad (1)$$

де за коефіцієнти Фур'є слугуватимуть функціонали:

$$A^{(k)} = \frac{2}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}+T} u(t) \cos k\omega t dt = \frac{2}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}} U_m \cos k\omega t dt = \frac{4}{k\omega T} U_m \sin \frac{k\omega t_i}{2} = 2 \frac{t_i}{T} U_m \frac{\sin \frac{k\omega t_i}{2}}{\frac{k\omega t_i}{2}}; \quad (2)$$

$$B^{(k)} = \frac{2}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}+T} u(t) \sin k\omega t dt = \frac{2}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}} U_m \sin k\omega t dt = 0; \quad U^{(0)} = \frac{1}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}+T} u(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}} U_m dt = \frac{t_i}{T} U_m, \quad (3)$$

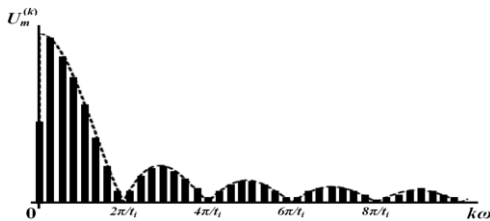


Рис. 2. АЧХ силового процесу

а сама функція $u(t)$ з урахуванням (1) – (3) в функціональній залежності від поточного значення змінної t_i визначатиме спектральні АЧХ та ФЧХ силового процесу (рис. 2) і матиме вигляд:

$$u(t; t_i) = \frac{t_i}{T} U_m \left(1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{k\omega t_i}{2}}{\frac{k\omega t_i}{2}} \cos k\omega t \right).$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. І. Сенько та ін., Електроніка і мікросхемотехніка. Силова електроніка, Київ, Україна: Каравела, 2013, 640 с.