

## АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ШЕСТИЗОННИМ РЕГЮЛЮВАННЯМ НАПРУГИ

Михайленко В.В., доц., Сапегін А.П., доц., Петрученко О.В., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Чарняк О.С., студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

**Вступ.** Удосконалення пристроїв напівпровідникової техніки дозволяють використовувати в перетворювальних установках ланку високої частоти з частотою переключення вентилів значно більшої від частоти змінної напруги промислової мережі. У роботах [1, 2] показана доцільність використання структур перетворювачів частоти (ПЧ) з однократною модуляцією при побудові систем вторинного електропостачання для комплексів діагностики електромеханічних пристроїв. У даній роботі проводиться аналіз аспекту використання ПЧ в якості ланки високої частоти, що стосується побудови й аналізу перетворювачів із широтно-імпульсним регулюванням (ШІР) при шестизонному керуванні.

**Метою роботи** є аналіз електромагнітних процесів в електричних колах з напівпровідниковими перетворювачами з використання методу багатопараметричних функцій та пакету MATCAD.

**Матеріали і результати досліджень.** Структурна схема напівпровідникового перетворювача (НПП) показана на рисунку 1. На структурній схемі позначені: СМАВ, СМВС, СМСА – силові модулятори (СМ) лінійних напруг АВ, ВС і СА відповідно, ВВ – високочастотний випрямляч, Н – навантаження.

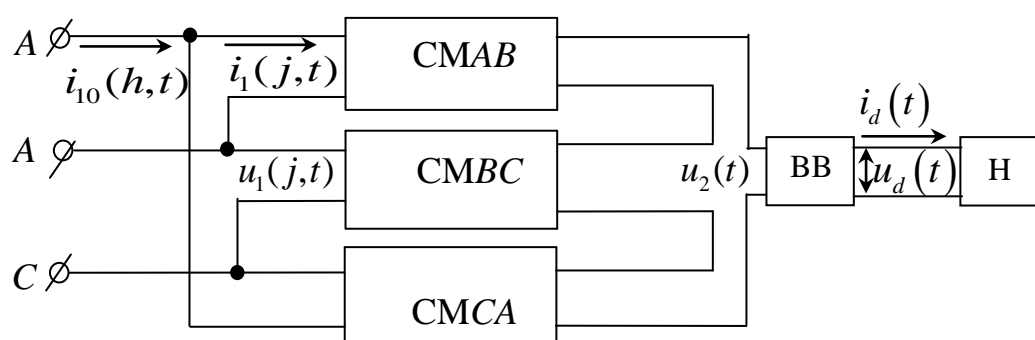


Рисунок 1 – Структурна схема перетворювача

Таким чином кожен СМ має в своєму складі  $N$  інверторів випрямленої напруги (ІВН). У роботі використано метод багатопараметричних модулюючих функцій [1] і прийняті такі припущення: вхідна напруга симетрична і її внутрішній опір дорівнює нулю, транзистори і діоди ІВН є ідеальними ключами, трансформатори не мають втрат. Дана структура дозволяє реалізувати багатоканальний спосіб перетворення параметрів електромагнітної

енергії мережі, при якому в СМ здійснюється розгалужена модуляція миттєвих значень попередньо випрямлених лінійних напруг  $u_1(j, t)$ , частоти  $\omega_1$ , трифазної енергетичної мережі відповідними еквівалентними модулюючими впливами  $\psi(p, N, t)$ , частоти  $\omega_2$ .

Вихідну напругу НПП знаходимо з виразу виду [2]:

$$u_2(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{p=1}^6 \sum_{j=1}^3 u_1(j, t) \phi(j, t) \psi(p, N, t) \quad (1)$$

де:  $j = 1, 2, 3$  – номери лінійних проводів мережі;  $k_T$  – коефіцієнт трансформації трансформатора;  $p = 1, 2, 3, \dots, N=6$  – номери зон регулювання;  $\phi(j, t)$  – функції прямокутного сіноса, співпадаючі з положенням лінійних напруг мережі;  $u_1(j, t)$  – миттєві значення вхідної напруги.

На навантаженні формується промодульована напруга  $u_d(t)$ :

$$u_d(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{p=1}^6 \sum_{j=1}^3 u_1(j, t) \phi(j, t) \psi(p, N, t) v(t) \quad (2)$$

де:  $v(t)$  – функція прямокутного сіноса, співпадаюча з положенням вхідної напруги ВВ.

Струм навантаження знайдено, як реакцію  $RL$ -ланцюга на дію напруги (2):

$$D(t, y) = \frac{u_d(t)}{L} - \frac{R}{L} y_0 \quad (3)$$

де:  $y_0$  – визначається з початкових умов;  $R$  і  $L$  – відповідно активний опір і індуктивність навантаження.

Рішення (2) відносно струму навантаження визначено у вигляді матриці

$$i_d(t) = \text{rkfixed}(y_0, 0, k, s, D) \quad (4)$$

де:  $0, k$  – часовий інтервал рішень;  $s$  – кількість точок на часовому інтервалі рішень;  $D$  – вектор функція диференціальних рівнянь.

Вхідні струми інверторів  $i$ -х фаз для кожної  $p$ -ї зони регулювання

$$i_1(j,t) = \frac{1}{k_T} \sum_{p=1}^{N=6} (i_d(t)v(t)\psi(p,N,t)\phi(j,t)) \quad (5)$$

Струми  $i$  –х фаз енергетичної мережі з співвідношення

$$\begin{aligned} i_{10}(1,t) &= i_1(1,t) - i_1(3,t), \\ i_{10}(2,t) &= i_1(2,t) - i_1(1,t), \\ i_{10}(3,t) &= i_1(3,t) - i_1(2,t). \end{aligned} \quad (6)$$

Часові діаграми вихідних струму і напруги та вхідних струмів  $i$ –х фаз енергетичної мережі в координатах фазних напруг, побудовані за (2), (4) та (6) для шестизонного регулювання, представлені на рисунку 2.

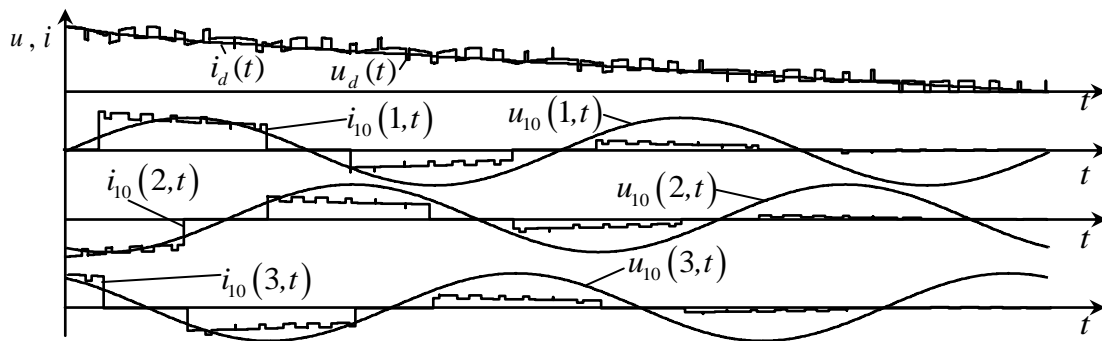


Рисунок 2 – Діаграми вихідних струму та напруги і вхідних струмів та напруг НПП

**Висновки:** Аналіз електромагнітних процесів у НПП дозволяє проведення моделювання у декілька етапів з різними початковими припущеннями, розглядаючи НПП. Розроблено нову математичну модель напівпровідникового перетворювача. Проведено аналіз алгоритмічних рівнянь відносно функцій з системними дискретними параметрами напівпровідникових комутаторів, напруг і кутів управління, фаз мережі живлення і часу для аналізу електромагнітних процесів у електричних колах змінної структури з напівпровідниковими комутаторами.

#### Перелік посилань

1. Резцов В.Ф., Павлов В.Б., Юрченко О.М. Аналіз системи тягового електропривода електромобіля з урахуванням нелінійних елементів // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2003. – № 1 (4) – с. 73-78.
2. Макаренко М. П. Аналіз електромагнітних процесів у перетворювачах з багатозонним регулюванням вихідної напруги функціями багатопараметричного виду / М. П. Макаренко, В. В. Михайленко // Техн. електродинаміка. Тем. вип. "Силова електроніка та енергоефективність". – 2002. – Ч. 1. – С. 19–22.