

ПАРАМЕТРИЧНІ УМОВИ ІДЕАЛЬНОСТІ БАГАТОПОЛЮСНИКІВ

Мартиненко М.А., докт. фіз.-мат. наук.

Мостов'як І.В., докт. техн. наук.

Пасічник Х.А., аспірант.

Український державний університет харчових технологій

Під ідеальними розуміють багатополосники, які не повинні розсіювати чи накопичувати електричну енергію, тобто не мають в собі елементів типу R, L, C, M. Вони володіють властивістю передавати (перетворювати) енергію, що виражається аналітично наступним чином

$$P_{вх}(t) = P_{вих}(t), \quad (1)$$

де $P_{вх}(t)$ і $P_{вих}(t)$ – відповідно, вхідна і вихідна миттєві потужності. Математичні рівняння ідеальних багатополосників не мають інтегралів чи похідних від режимних

параметрів.

Отримаємо умови ідеальності, які виражаються через параметри, для нестационарного чотириполосника, стан якого описується рівняннями

$$u_1(t) = a(t)u_2(t) + b(t)i_2(t); \quad (2)$$

$$i_1(t) = c(t)u_2(t) + g(t)i_2(t),$$

де $i_1(t)$, $i_2(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$ – миттєві значення струмів і напруг на вхідних та вихідних затискачах чотириполосника; $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $g(t)$ – узагальнені параметри, змінні в часі, які характеризують структуру чотириполосника.

Умова (1) де рівень (2) приймає вид:

$$u_1(t)i_1(t) = u_2(t)i_2(t) \quad (3)$$

$$\text{або} \quad u_1(t)i_1(t) - u_2(t)i_2(t) = 0 \quad (4)$$

Записуючи рівняння (4) із врахуванням співвідношень (2), отримаємо

$$\begin{aligned} u_1(t)i_1(t) - u_2(t)i_2(t) &= [a(t)u_2(t) + b(t)i_2(t)][c(t)u_2(t) + g(t)i_2(t)] - u_2(t)i_2(t) = \\ &= a(t)c(t)u_2^2(t) + [b(t)c(t) + a(t)g(t) - 1]u_2(t)i_2(t) + b(t)g(t)i_2^2(t) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Для того, щоби при всіх значеннях струму і напруги використовувалось рівняння (5) необхідно виконання наступних умов

$$a(t) \cdot c(t) = 0; \quad (6)$$

$$b(t) \cdot c(t) + a(t) \cdot g(t) - 1 = 0; \quad (7)$$

$$b(t) \cdot g(t) = 0 \quad (8)$$

Тут можливі два випадки:

1) Із (8) маємо $b(t) = 0$, $g(t) \neq 0$. Тоді з (7)

$$a(t) \cdot g(t) - 1 = 0$$

$$\text{або} \quad a(t) = \frac{1}{g(t)} = \alpha(t). \quad (9)$$

$$\text{Із (6) отримаємо } c(t) = 0 \quad (10)$$

Рівняння (2) з врахуванням (9) і (10) приймають вигляд

$$u_1(t) = a(t)u_2(t) = \alpha(t)u_2(t) \quad (11)$$

$$i_1(t) = \frac{1}{\alpha(t)}i_2(t) \quad (12)$$

2) Із (7) та (8) маємо

$$b(t)c(t)-1=0; b(t)\neq 0; g(t)=0 \quad (13)$$

$$\alpha(t) = \frac{1}{b(t)} = \beta(t). \quad (14)$$

Із (6) отримаємо $\alpha(t)=0$

Рівняння (2) з врахуванням (13) та (14) запишуться так

$$u_1(t)=\beta(t)\cdot i_2(t) \quad (15)$$

$$i_1(t) = \frac{1}{\beta(t)}u_2(t) \quad (16)$$

Чотириполосний елемент, який описується рівняннями (11), (12) називається ідеальним трансформатором. Рівняннями (11), (12) описується однофазний вентиляльний перетворювач.

Чотириполосний елемент, стан якого описується рівняннями (15), (16) називається гіратором.

Отримаємо умови ідеальності багатополосника з трифазним входом і однофазним виходом. Рівняння такого багатополосника має вигляд:

$$i_A(t) = g_{11}(t)u_A(t) + g_{12}(t)u_B(t) + g_{13}(t)u_c(t) + g_{14}(t)i_H(t);$$

$$i_B(t) = g_{21}(t)u_A(t) + g_{22}(t)u_B(t) + g_{23}(t)u_c(t) + g_{24}(t)i_H(t);$$

$$i_c(t) = g_{31}(t)u_A(t) + g_{32}(t)u_B(t) + g_{33}(t)u_c(t) + g_{34}(t)i_H(t);$$

$$u_H(t) = g_{41}(t)u_A(t) + g_{42}(t)u_B(t) + g_{43}(t)u_c(t) + g_{44}(t)i_H(t).$$

Умова ідеальності (1) запишеться наступним чином

$$u_A(t)i_A(t) + u_B(t)i_B(t) + u_c(t)i_c(t) = u_H(t)i_H(t)$$

або із врахуванням (17) отримаємо

$$\begin{aligned} &g_{11}(t)u_A^2(t) + g_{22}(t)u_B^2(t) + g_{33}(t)u_c^2(t) + u_A(t)u_B(t)[g_{12}(t) + g_{21}(t)] + u_A(t)u_c(t)[g_{13}(t) + g_{31}(t)] + \\ &+ u_B(t)u_c(t)[g_{32}(t) + g_{23}(t)] + u_A(t)i_H(t)[g_{14}(t) - g_{41}(t)] + u_B(t)i_H(t)[g_{24}(t) - g_{42}(t)] + \\ &+ u_c(t)i_H(t)[g_{34}(t) - g_{43}(t)] - g_{44}(t)i_H^2(t) = 0. \end{aligned} \quad (18)$$

Незалежно від струмів і напруг рівняння (18) можливе при виконанні умов

$$\begin{aligned} &g_{11}(t)=0; g_{22}(t)=0; g_{33}(t)=0; g_{44}(t)=0; \\ &g_{14}(t)=g_{41}(t)=\rho_a(t); g_{21}(t)=-g_{12}(t)=-\rho_{ab}(t); \\ &g_{24}(t)=g_{42}(t)=\rho_b(t); g_{31}(t)=-g_{13}(t)=-\rho_{ac}(t); \\ &g_{34}(t)=g_{43}(t)=\rho_c(t); g_{32}(t)=-g_{23}(t)=-\rho_{bc}(t); \end{aligned} \quad (19)$$

Із врахуванням співвідношень (19) рівняння (17) запишуться так

$$\begin{aligned}i_A(t) &= \rho_{ab}(t)u_b(t) + \rho_{ac}(t)u_c(t) + \rho_a(t)i_H(t); \\i_B(t) &= -\rho_{ab}(t)u_A(t) + \rho_{bc}(t)u_C(t) + \rho_b(t)i_H(t); \\i_C(t) &= -\rho_{ab}(t)u_B(t) - \rho_{bc}(t)u_B(t) + \rho_c(t)i_H(t); \\i_H(t) &= \rho_a(t)u_A(t) + \rho_b(t)u_B(t) + \rho_c(t)u_C(t).\end{aligned}\tag{20}$$

Таким чином, отримали параметричні умови ідеальності багатополосників для однофазного входу ((6)-(8)) та трифазного входу (19), які необхідно використовувати для синтезу схем перетворювачів без втрат.