

11. На рис. 1 показані електрична та еквівалентні схеми перетворювача частоти (ПЧ), приведені параметри схем. На рис. 2 приведені діаграми напруг та струмів ПЧ.

Дайте характеристику ПЧ, приведіть аналіз результатів досліджень.

На рис. 1 показані електрична (а) та еквівалентні (б, в) схеми трифазно-однофазного безпосереднього перетворювача частоти з природною комутацією та модульованою напругою (БПЧПМ) в програмі Micro Cap. На рис. 1,а: V_{a1}, V_{b1}, V_{c1} та V_{a2}, V_{b2}, V_{c2} – дві групи ЕРС джерела живлення (джерела); $r_a = r_b = r_c = r_i$, $x_a = x_b = x_c = x_i$ – активні та індуктивні опори джерела; $T_1 \div T_{12}$ – тиристри прямого та зворотного блоків тиристорного перемикача (ТП); R_n, L_n – активний опір та індуктивність навантаження.

$$\begin{aligned} \text{ЕРС джерела живлення:} \quad & e_{a1} = E_{m1} \sin(\omega_1 t) & e_{a2} = E_{m2} \sin(\omega_2 t) \\ & e_{b1} = E_{m1} \sin(\omega_1 t - 120); & e_{b2} = E_{m2} \sin(\omega_2 t - 120) \\ & e_{c1} = E_{m1} \sin(\omega_1 t + 120) & e_{c2} = E_{m2} \sin(\omega_2 t + 120), \end{aligned}$$

де $E_{m1} = E_{m2} = 110 \text{ В}$, $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1$, $\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_2$, $f_1 = 134 \text{ Гц}$, $f_2 = 142 \text{ Гц}$. Однойменні фази джерела живлення сполучені послідовно. На вхід ТП подається биття напруг:

$$\begin{aligned} e_a &= e_{a1} + e_{a2} = E_m \sin(\omega_3 t) \cdot \cos(\omega_6 t) \\ e_b &= e_{b1} + e_{b2} = E_m \sin(\omega_3 t - 120) \cdot \cos(\omega_6 t) \\ e_c &= e_{c1} + e_{c2} = E_m \sin(\omega_3 t + 120) \cdot \cos(\omega_6 t), \end{aligned}$$

де найбільша амплітуда ЕРС джерела живлення $E_m = E_{m1} + E_{m2} = 220 \text{ В}$, частота заповнення $f_3 = (f_1 + f_2)/2 = (134 + 142)/2 = 138 \text{ Гц}$, частота биття $f_6 = |134 - 142|/2 = 4 \text{ Гц}$, $\omega_3 = 2\pi \cdot f_3$, $\omega_6 = 2\pi \cdot f_6$.

Повний опір джерела живлення $z_i = 3 \text{ Ом}$, відносна величина активного опору $k_r = r_i/x_i = 0.5$. Максимальні величини напруги холостого ходу та струму короткого замикання (КЗ):

$$U_{d0m} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot E_m = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot 220 = 363.9 \text{ В}; \quad I_{dkm} = \frac{E_m}{z_i} = \frac{220}{3} = 73.3 \text{ А}.$$

В БПЧПМ застосований комбінований спосіб управління. Сигнали управління на зустрічно включені тиристри подаються спільно при струмі навантаження $|i_n| \leq |i_u| = 0.1 \text{ А}$.

Застосовані тиристри типу B25RIA120. Частота управління $f_u = f_3 = 138 \text{ Гц}$. Тривалість сигналів управління $T_{su} = 120^\circ$. Випереджуючий кут управління $\alpha_u = 25^\circ$.

Параметри навантаження: $Z_n = 4 \text{ Ом}$; $\cos \varphi_n = 0.707$ ($\varphi_n = 45^\circ$); частота $f_n = f_6 = 4 \text{ Гц}$.

На рис. 1,б показана еквівалентна схема джерела живлення БПЧПМ в режимі КЗ. При ЕРС $e_{ik} = E_m \sin(\omega_6 t - 90^\circ)$ поточне значенню амплітуди струму КЗ $i_{ik} = e_{ik}/R_{ik}$, де $R_{ik} = |z_i|$

На рис. 1,в показана еквівалентна схема навантаження БПЧПМ. Параметри навантаження електричної та еквівалентної схем однакові. R_k – опір ключа. При струмі навантаження $|i_n| \leq |i_u|$ $R_k = 0$, при $|i_n| > |i_u|$ $R_k = \infty$. V_e – джерело ЕРС: $e_e = U_{d0m} \cdot \sin(\omega_n t - 90^\circ)$. Величина нелінійного опору джерела живлення R_{ie} задана в залежності від відносної величини струму навантаження випрямляча. $i_{d*} = i_n/i_{ik}$.

На рис. 2 приведені почасові діаграми напруг та струмів БПЧПМ, які побудовані за наслідками розрахунків електричної та еквівалентних схем: $e_{aa} = e_{a1} + e_{a2}$, $e_{bb} = e_{b1} + e_{b2}$, $e_{cc} = e_{c1} + e_{c2}$, u_{d0} – напруги джерела живлення та навантаження в режимі холостого ходу; u_n, u_{n1}, i_n, i_{n1} – напруги та струми навантаження; i_a, i_b, i_c – струми джерела живлення; i_{ik} – амплітуда струму КЗ джерела живлення; su – сигнали управління. На діаграмах величини приведені в відносних одиницях навантаження БПЧПМ. За базові величини прийняті U_{d0m} та I_{dkm} .

Як видно з діаграм, величини струмів навантаження i_n та i_{n1} , які розраховані по електричній та еквівалентній схемах перетворювача, практично співпадають.

Відмітимо на діаграмах характерні точки: в точках К1 і К2 $|i_{d*}| = 1$; в точці М – стрибкоподібна зміна напруги u_{n1} ; в точці N $i_n = 0$ ($i_{d*} = i_n/i_{ik} = 0$). Лінії, проведені через вказані точки паралельно осі ординат, визначають межі режимів роботи перетворювача: «В» – випрямляч; «К» – коротке замикання; «П» – перекидання інвертора; «І» – інвертор. В режимах «К» та «П» напруга навантаження $u_n = u_{n1} = 0$.

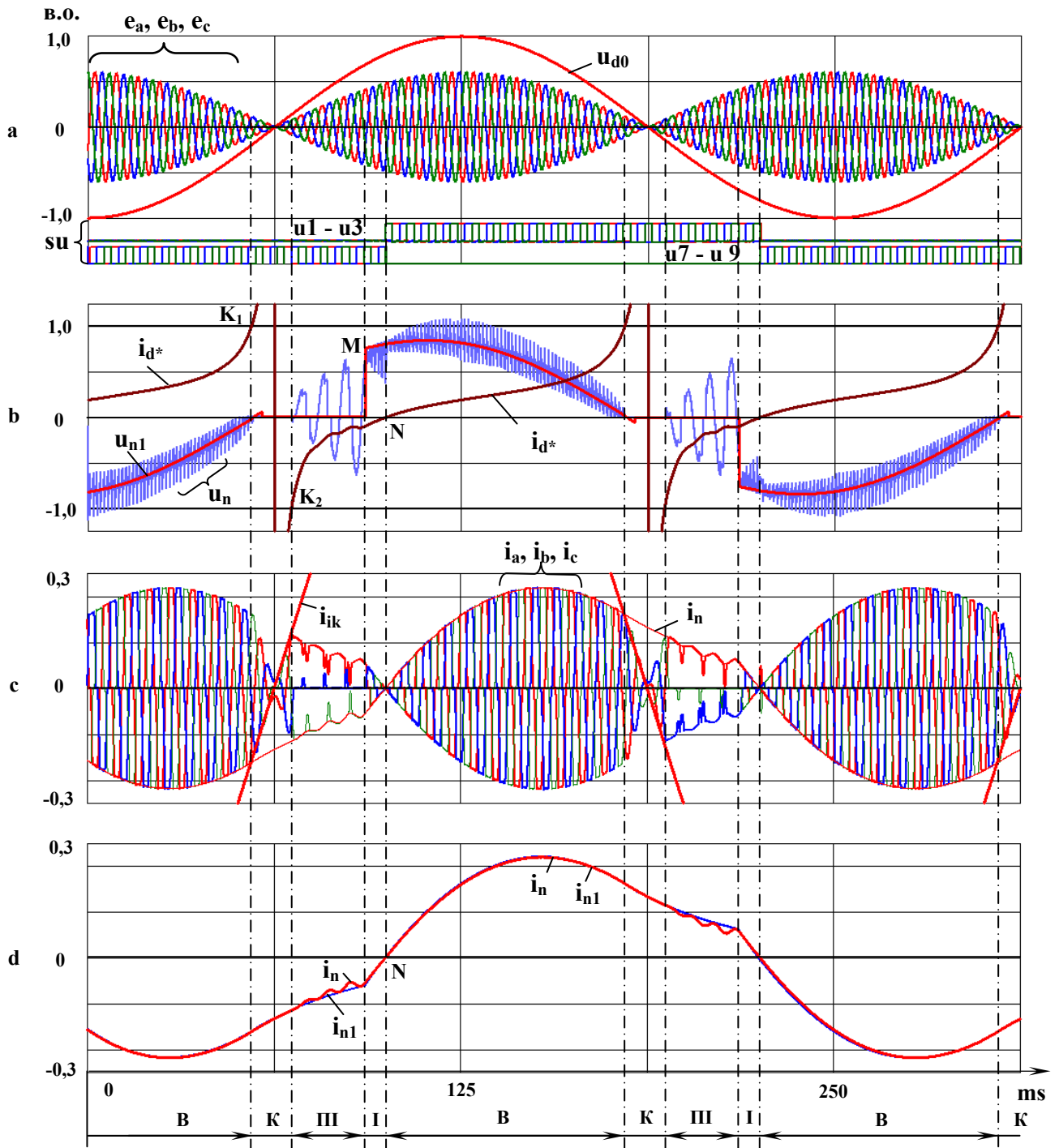


Рис. 2 – Напряги та струми БПЧПМ з мостовою схемою перетворення