

Фізична картина роботи трифазного мостового випрямляча

На рис. 1 показана принципова електрична (а) та еквівалентна (б, в) схеми трифазного мостового випрямляча. Приняті позначення: $V_a, V_b, V_c, i_a, i_b, i_c$ – фазні ЕРС та струми джерела живлення (джерела); $x_a = x_b = x_c = x_i, r_a = r_b = r_c = r_i$ – індуктивні та активні опори джерела; $D1 \div D6$ – діоди; L_d, r_d – індуктивність та активний опір навантаження; I_d – струм навантаження випрямляча.

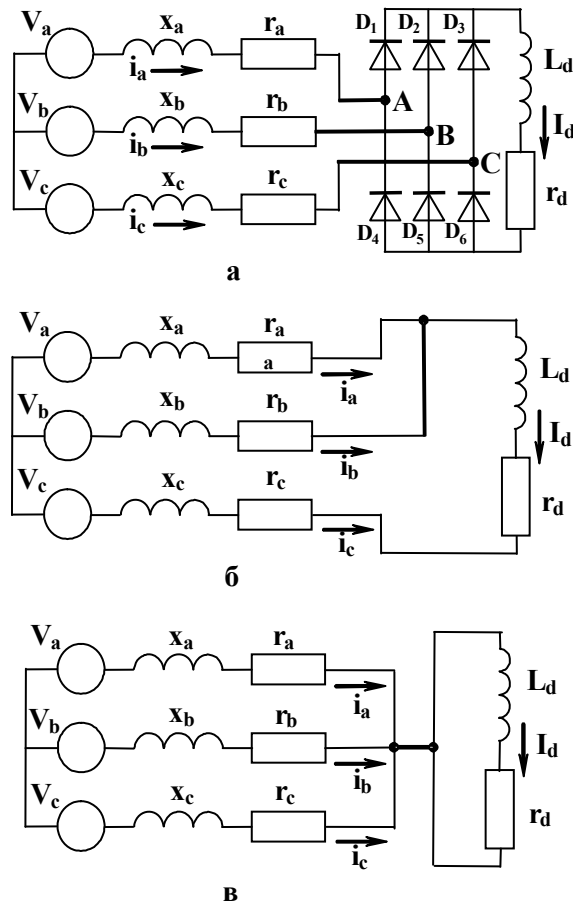


Рис. 1 – Принципова (а) та еквівалентні (б, в) схеми трифазного мостового випрямляча

ЕРС джерела живлення (джерела)

$$e_a = \sqrt{2}E_i \sin(\theta + 5\pi/6)$$

$$e_b = \sqrt{2}E_i \sin(\theta + \pi/6)$$

$$e_c = \sqrt{2}E_i \sin(\theta - \pi/2),$$

де $\theta = \omega_1 \cdot t$, $\omega_1 = 2\pi \cdot f_1$ – кругова частота, f_1 – частота джерела живлення.

Залежно від параметрів схеми розрізняють три режими роботи випрямляча, кожному з яких відповідає свій закон зміни кутів комутації γ , упередження ρ та запізнення α . У першому режимі вентиля працюють по черзі групами 2-3 $\gamma = 0 \div \pi/6$, $\alpha = 0$. У другому режимі вентиля працюють по черзі групами 3-3, $\gamma = \pi/6 = \text{const}$, $\alpha = 0 \div \alpha_{23}$. При $r_i = 0$ $\alpha_{23} = \pi/6$. У третьому режимі вентиля працюють по черзі групами 3-4, $\gamma = \pi/6 \div \pi/3$, $\alpha = \alpha_{23} = \text{const}$.

На рис. 2 показані почасові діаграми фазних ЕРС та струмів джерела живлення, потенціальні діаграми напруги навантаження випрямляча в першому режимі роботи при $r_i = 0$ (а) та $r_i \neq 0$ (б). В точці W перетинаються криві фазних ЕРС e_a та e_b . При $x_i = 0$ і $r_i = 0$ струм з фази А переходить на фазу В в точці W миттєво. При $L_i \neq 0$ миттєвий перехід струму з фази А на фазу В неможливий. Після відкриття вентиля D_3 вентиль D_1 ще якийсь час проводить струм. В інтервалі, коли струм проводять вентиля D_1 і D_3 , фази А та В джерела живлення виявляються замкнутими накоротко. Потенціали цих точок визначаються напівсумою фазних ЕРС: $(e_a + e_b)/2$. Струм в фазі А падає, а в фазі В наростає таким чином, що сума двох фазних струмів у будь-який момент часу рівна випрямленому струму I_d . Процесу переходу струму з однієї фази в іншу відповідає кут комутації γ . В інтервалі комутації включені три вентиля, у позакомутаційному інтервалі включені два вентиля.

При $r_i \neq 0$ у позакомутаційному інтервалі потенціал анода менший (а потенціал катода більший) за миттєве значення фазної ЕРС на величину $I_d \cdot r_i$ (рис. 2,б). В комутаційному інтервалі потенціали анодів і катодів комутуючих вентилів визначаються напівсумою фазних ЕРС, зменшеною на величину $I_d \cdot r_i / 2$. Як і раніше, потенціал вступаючого в роботу вентиля визначається миттєвим значенням фазної ЕРС, тому початок комутації зміщується на кут упередження ρ . Початок комутації визначається точкою перетину кривої $e_a - I_d \cdot r_i$ та кривої фазної ЕРС e_b . На рис. 2,в показані фазні струми джерела живлення.

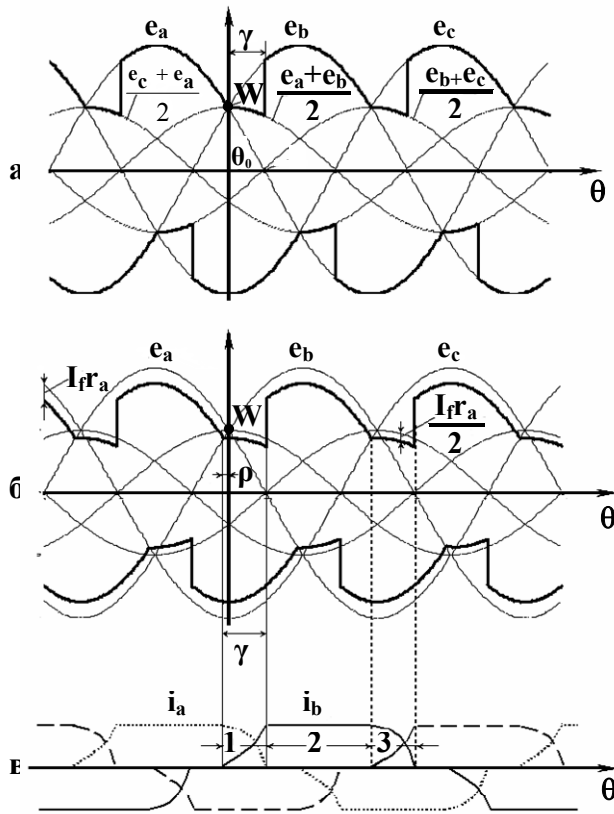


Рис. 2.4 Напряжения и токи выпрямителя в первом режиме работы

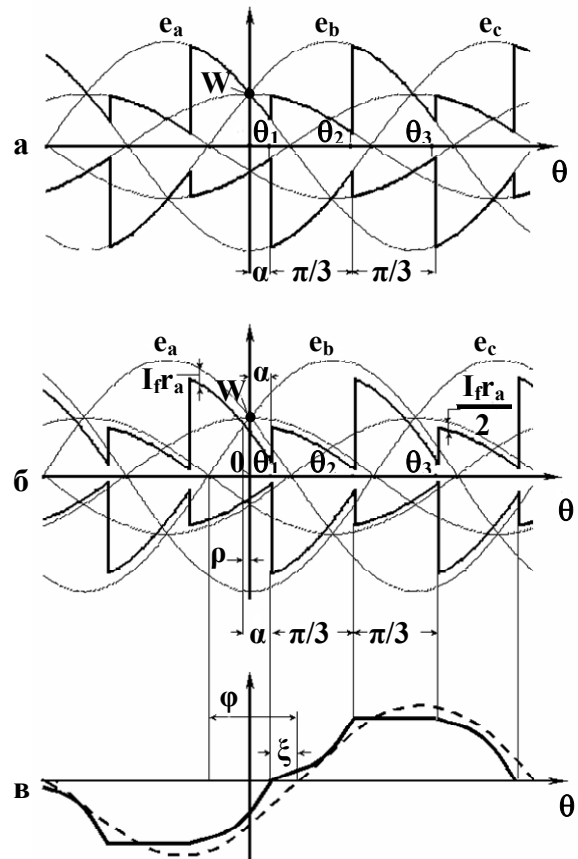
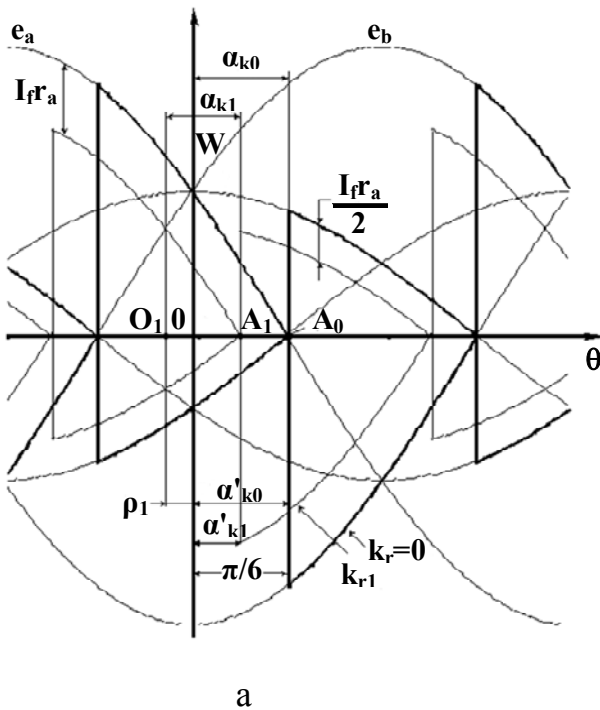
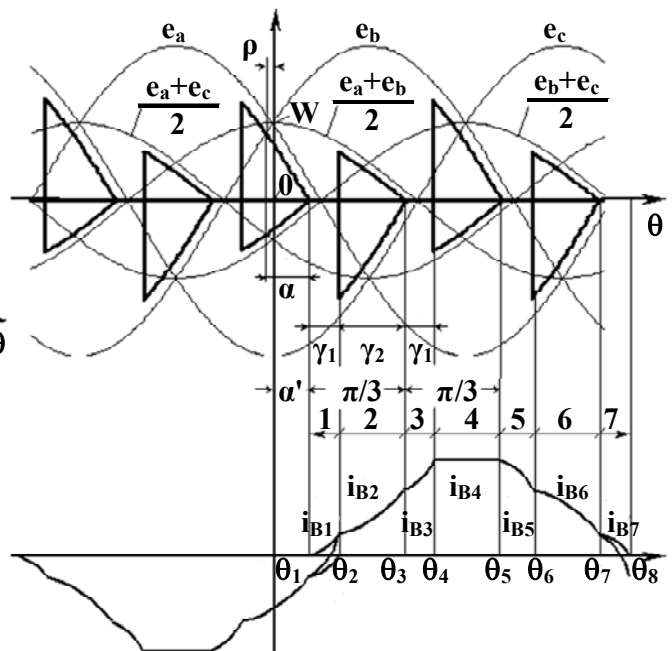


Рис. 2.5 Напряжения и токи выпрямителя во втором режиме работы



а



б

Рис. 2.6 Напряжения выпрямителя на границе 2-3 (а), напряжения и токи в третьем режиме работы (б)

На межі першого та другого режимів роботи випрямляча (режим 1 - 2) по-закомутаційний інтервал відсутній, вентиля працюють по черзі групами 3 - 3. При подальшому збільшенні індуктивності джерела живлення починається другий режим роботи випрямляча, в якому кут комутації $\gamma = 60^\circ = \text{const}$, з'являється кут запізнення α , який затримує початок комутації. На рис. 3 показані почасові діаграми ЕРС джерела живлення, діаграми напруги навантаження випрямляча при $r_i = 0$ (а) та $r_i \neq 0$ (б), а також графік фазного струму i_b в другому режимі роботи випрямляча.

В момент перетину ЕРС e_a та e_b (точка W на рис. 3,а) потенціал точки В (рис. 1,а), отже і потенціал анода вентиля D_2 , визначається не величиною миттєвого значення фазної ЕРС e_b , а напівсумою ЕРС комутуючих фаз $(e_b + e_c)/2$, яка менша величини ЕРС e_a . Тільки після закінчення комутації вентилів катодної групи D_5 та D_6 (після виключення вентиля D_5) потенціал точки В буде визначатися величиною ЕРС e_b . В точці θ_1 потенціал анода вентиля D_2 стає вищим за потенціал анода вентиля D_1 на величину $e_b - e_a$, починається комутація вентилів D_1 та D_2 .

У третьому режимі роботи випрямляч постійно знаходиться в стані комутації. Вентилі комутують групами по 3 та 4. При одночасній комутації чотирьох вентилів джерело живлення та навантаження виявляються замкнутими накоротко (рис. 4,б) – це режим подвійного короткого замикання (КЗ) джерела живлення та навантаження. На рис. 4,а показані почасові діаграми напруги випрямляча на межі 2-3, на рис. 4,б показані напруги та струми випрямляча в третьому режимі роботи.