

Висновки. 1. Запропоновані способи формування сигналу завдання моменту для системи частотно-керованого електропривода механізму зі змінним моментом навантаження та інерції.

2. Кожен з способів задовольнив вимоги, які висували до електропривода, а саме: забезпечення необхідного значення середньої швидкості, відсутність режимів рекуперації та перевищення напруги в ланці постійного струму.

3. Уникнути рекуперації та викидів напруги неможливо в режимах формування заданої траєкторії руху при гальмуванні системи. Тут необхідні спеціальні засоби для розсіювання енергії або зупинення в режимі вибігу.

4. Використання програмного способу завдання моменту разом із засобами обмеження рекуперативних режимів дає можливість реалізації заданих траєкторій руху, але його реалізація є проблематичною у випадках, якщо характер зміни навантаження неможливо описати аналітично. Виникає необхідність в постійній корекції моделі, а також є обов'язковим використання давачів для контролю положення вала двигуна в циклі роботи, оскільки незначні відхилення в окремому робочому циклі згодом приведуть до істотних похибок керування. Налагодження ж зворотного зв'язку за моментом не є настільки складним, як аналітичний опис і моделювання навантаження.

1. Piotr Huryn. Serwonapedy B&R Acopos // *Napedy i sterovanie*. – 2004. – № 718(63/64). – P. 18–20.
2. Карлюк Б.Л., Карлюк Л.Ф., Панченко Б.Я. Частотно-керований електропривод для навантаження з кривошипно-шатунним механізмом // *Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. – 2006. – № 563. – С. 38–41.
3. James N. Nash. Direct Torque Control, Induction Motor Vector Control Without an Encoder // *IEEE Transactions on industry applications*. – March/April 1997. – Vol. 33, № 2.
4. Dale R. Snider, Sheng-Ming Yang, Ramdas M. Pai. A Control for a Crank Shear that Minimizes the RMS Current // *IEEE Transactions on industry applications*. – November / December 1992. – Vol. 28, № 6.
5. Карлюк Л.Ф., Клюта М., Карлюк Б.Л. Особливості застосування частотно керованих електроприводів для механізмів зі змінним статичним моментом та моментом інерції навантаження // *Вісн. Нац. техн. ун-ту “ХПІ”*. – 2005. – Вип. 45. – С. 274–275.
6. Лозинський А.О., Карлюк Л.Ф., Карлюк Б.Л. Дослідження частотно керованого електроприводу зі змінним моментом інерції та навантаження // *Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Міжвідом. наук. техн. зб. Нац. Одеського ун-ту*. – 2006. – № 66. – С. 46–47.

УДК 621. 314

П.П. Климук, М.Й. Олійник, В.Г. Федішин
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕПМС

ГЛИБОКЕ ДИСКРЕТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ВИПРЯМЛЯЧА З НЕКЕРОВАНИМИ ВЕНТИЛЯМИ

© Климук П.П., Олійник М.Й., Федішин В.Г., 2007

Розглянуто спосіб глибокого дискретного регулювання середнього значення випрямленої напруги трифазного некерованого мостового випрямляча за умови його роботи на суто активне навантаження за допомогою виведення з роботи певної кількості діодів.

The article dwells upon the deep step control of the rectified voltage average value of the three-phase unregulated rectifier bridge when it works for purely resistive load by means of disactivating a certain number of diodes.

Постановка задачі. Випрямлячі на базі некерованих вентилів мають обмежене застосування через неможливість регулювання середнього значення випрямленої напруги. У багатовентильних

схемах випрямлення є можливість змінювати середнє значення випрямленої напруги за допомогою виведення з роботи певної кількості діодів.

Аналіз відомих схем регулювання. Для регулювання середнього значення випрямленої напруги в широких межах застосовують керовані вентиля, що потребує додаткових пристроїв керування. Відомі також схеми дискретного регулювання зміною напруги живлення послідовно-паралельним сполученням обмоток анодного трансформатора, чи перемиканням кількості витків. Ряд некерованих випрямлячів оснащують регуляторами напруги.

Задачею дослідження є визначення закономірності зміни середнього значення випрямленої напруги трифазної мостової схеми випрямлення за умови її роботи на суто активне навантаження та коректного вилучення з роботи одного, двох, трьох чи чотирьох діодів схеми вимикачами Q1-Q6 (рис. 1).

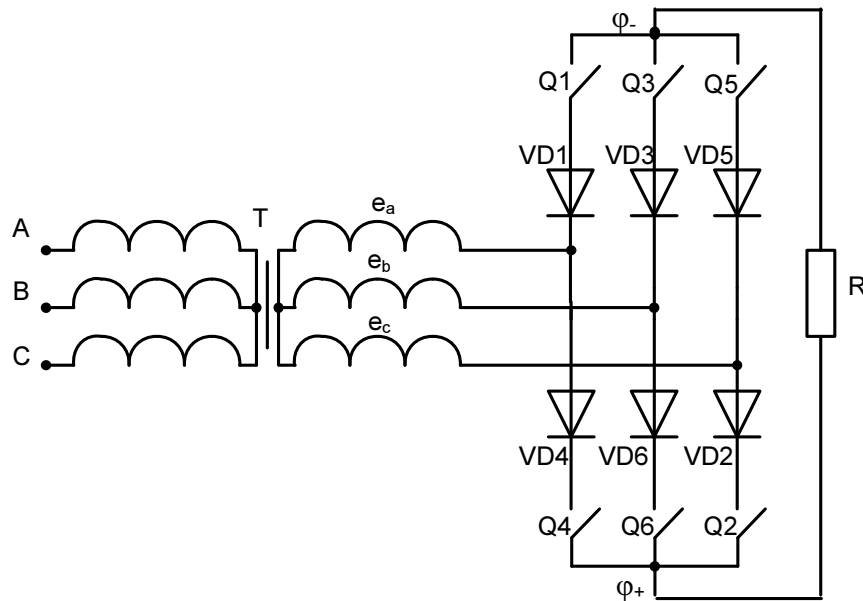


Рис. 1. Схема трифазного мостового випрямляча

Під коректністю в цьому випадку необхідно розуміти вилучення з роботи певної кількості діодів за умови збереження та протікання випрямленого струму через навантаження.

Виклад основного матеріалу. Відомо [1], що в трифазному мостовому випрямлячі у нормальному режимі роботи в провідному стані завжди знаходяться щонайменше два діоди: один з катодної групи, а інший – з анодної, але різних фаз, що зумовлене фазовим зсувом у 120° напруг трифазної системи живлення. Відповідні напруги фаз через провідні діоди формують додатний ϕ_+ та від’ємний ϕ_- потенціали полюсів випрямляча. У катодній групі діодів у провідному стані перебуває той діод, на аноді якого найбільша додатна напруга, а з анодної групи – діод, в якого на катоді найбільша від’ємна напруга порівняно з іншими діодами цієї групи (рис. 2, а).

Зважаючи на цей спосіб формування потенціалів ϕ_+ і ϕ_- випрямляча, миттєве значення випрямленої напруги u_d на інтервалі провідності двох діодів являє собою різницю двох фазних напруг, тобто лінійну напругу. Більше того, ще й ту лінійну напругу, яка є найбільшою в цей момент часу, оскільки провідні діоди подають на додатний та від’ємний полюси випрямляча завжди найбільші поточні значення фазних напруг. Враховуючи це, для побудови форми випрямленої напруги достатньо нарисувати відповідні лінійні напруги та взяти їх ділянки, де вони найбільші (рис. 2, б).

Нагадаємо [2], що середнє значення випрямленої напруги трифазного мостового випрямляча в нормальному режимі роботи схеми (у роботі всі діоди) визначається за формулою

$$U_d = \frac{3\sqrt{3}\sqrt{2}}{\pi} U_2, \quad (1)$$

де U_2 – діюче значення фазної напруги вторинної обмотки трансформатора.

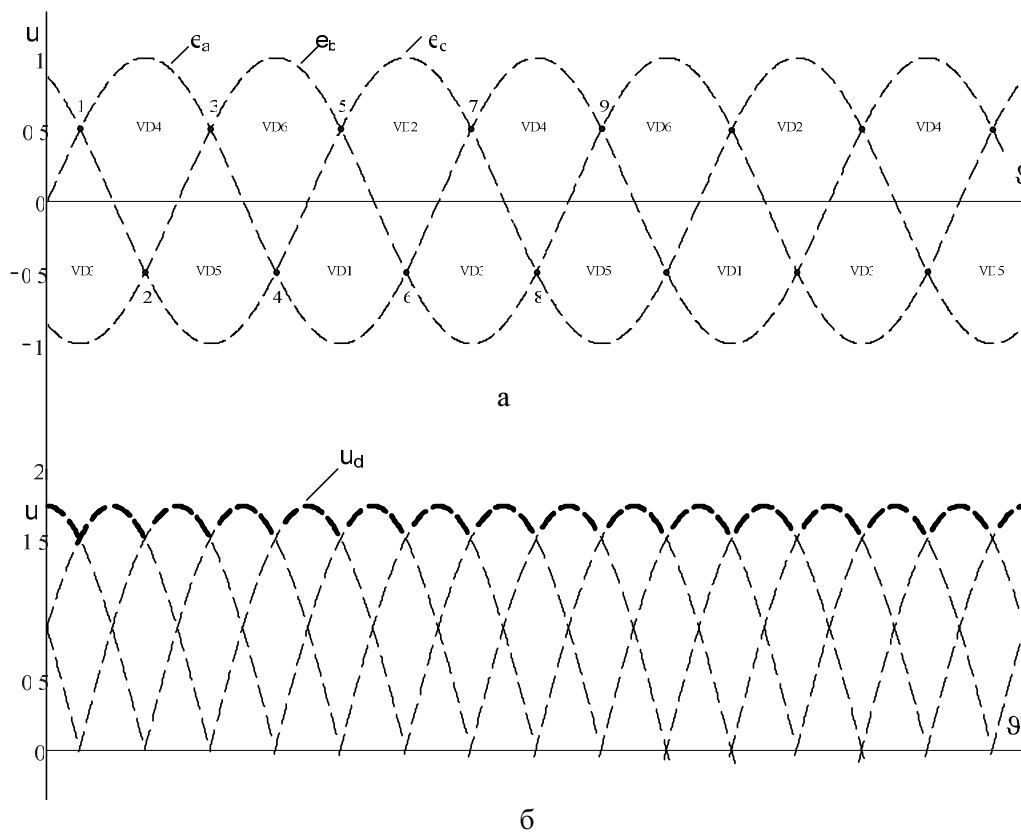


Рис. 2. Черговість вступу в роботу діодів схеми випрямляча та форма кривої випрямленої напруги нормального режиму

Наведений принцип формування кривої випрямленої напруги трифазного мостового випрямляча не зміниться за умови вилучення з роботи певної кількості діодів, тобто завжди буде випрямлятися лінійна напруга, яка найбільша в поточний момент часу. У разі вилучення діодів схеми з роботи відповідно декілька лінійних напруг, які виникають на полюсах випрямляча в нормальному режимі роботи, не братимуть участі у формуванні випрямленої напруги. Наприклад, у разі вилучення з роботи схеми діода VD6 у формуванні кривої випрямленої напруги не братимуть участі напруги u_{ba} та u_{bc} , оскільки напруга фази В не буде прикладена до додатного полюса випрямляча. Залишивши решту лінійних напруг на ділянках, де вони мають найбільші поточні значення, отримаємо форму випрямленої напруги одного з аномальних режимів роботи (рис. 3).

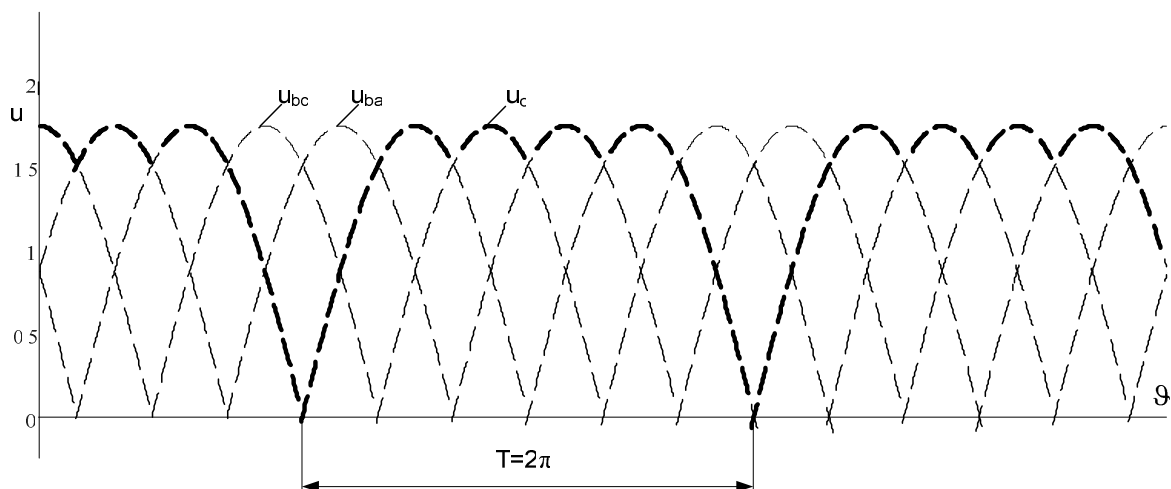


Рис. 3. Форма кривої випрямленої напруги за умови вилучення з роботи діода VD6 схеми випрямляча

Середнє значення випрямленої напруги U_{d1} для цього випадку отримаємо інтегруванням функції випрямленої напруги $u_d=f(\vartheta)$ в межах її періоду повторюваності $T=2\pi$

$$U_{d1} = \frac{1}{2\pi} \left(2 \int_0^{\pi/3} \sqrt{3}\sqrt{2}U_2 \sin \vartheta d\vartheta + 4 \int_{-\pi/6}^{+\pi/6} \sqrt{3}\sqrt{2}U_2 \cos \vartheta d\vartheta \right).$$

У результаті отримаємо

$$U_{d1} = \frac{5\sqrt{3}\sqrt{2}}{2\pi} U_2,$$

а після множення на 6/6 цей вираз можна записати у такій формі:

$$U_{d1} = \frac{5}{6} \left(\frac{3\sqrt{3}\sqrt{2}}{\pi} U_2 \right).$$

Другий множник в отриманому виразі являє собою середнє значення випрямленої напруги нормального режиму роботи випрямляча U_d , а тому вираз для середнього значення випрямленої напруги одного з аномальних режимів (нагадуємо, що вилучений з роботи діод VD6) можна записати у вигляді

$$U_{d1} = \frac{6-1}{6} U_d, \quad (2)$$

де 1 в чисельнику – кількість вилучених з роботи діодів.

Форми кривих випрямлених напруг за умови вилучення з роботи двох, трьох чи чотирьох діодів схеми зображені відповідно на рис. 4-7.

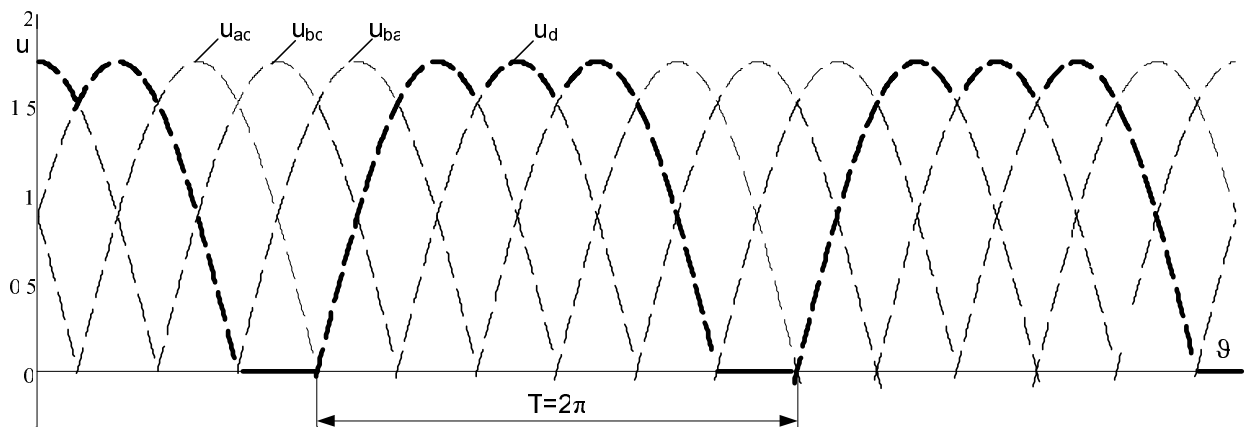


Рис. 4. Форма кривої випрямленої напруги за умови вилучення з роботи двох діодів VD5, VD6 схеми випрямляча

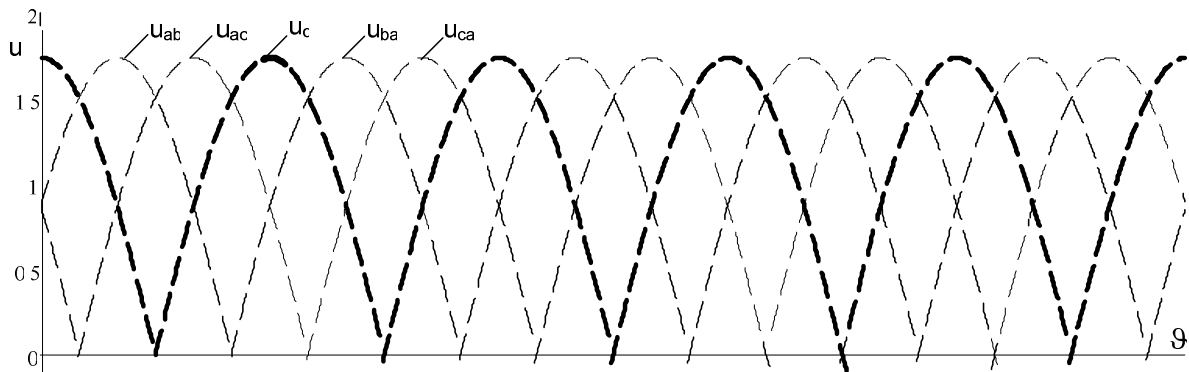


Рис. 5. Форма кривої випрямленої напруги за умови вилучення двох діодів VD1, VD4 однієї фази схеми випрямляча

Зауважимо, що під час вилучення з роботи різних комбінацій з двох діодів схеми випрямлення (рис. 4 та 5) форми кривих випрямленої напруги відрізняються, однак їхні середні значення збігаються.

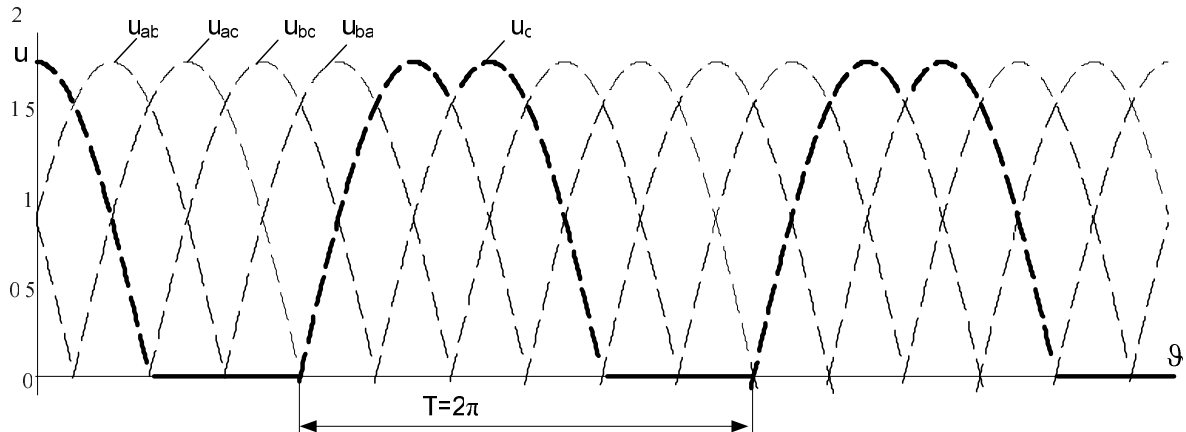


Рис. 6. Форма кривої випрямленої напруги за умови вилучення з роботи трьох діодів VD4, VD5, VD6 схеми випрямляча

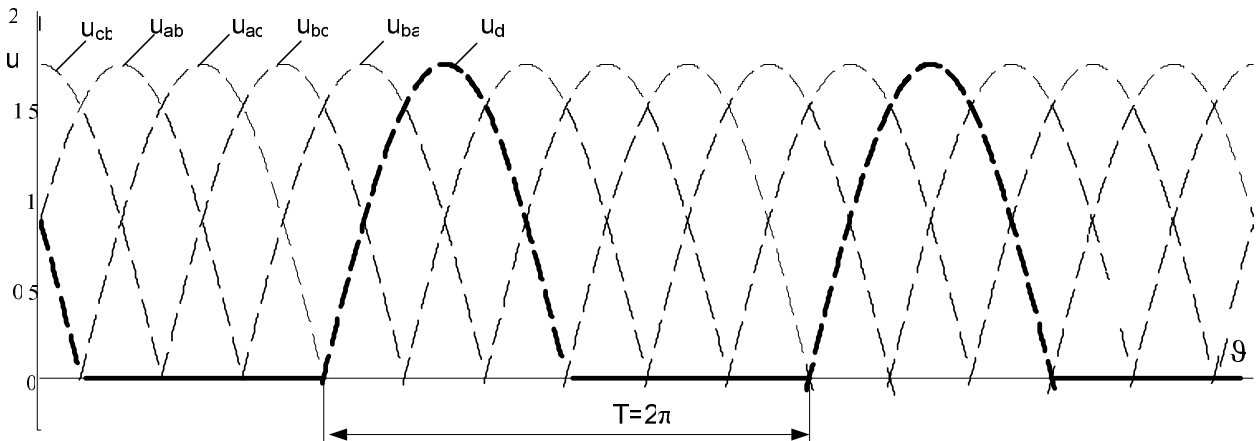


Рис. 7. Форма кривої випрямленої напруги за умови вилучення з роботи чотирьох діодів VD3, VD4, VD5, VD6 схеми випрямляча

На основі аналізу форм кривих випрямленої напруги трифазного мостового випрямляча у разі його роботи у нормальному та аномальних режимах, тобто з різною кількістю працюючих у схемі випрямляча діодів (рис. 2–7), виявлена певна закономірність зміни середнього значення випрямленої напруги у досліджених режимах. Для визначення середнього значення випрямленої напруги U_{dn} у досліджених режимах, користуючись формулою (2), можна записати вираз у вигляді загальної залежності, тобто

$$U_{dn} = \frac{6-n}{6} U_d, \quad (3)$$

де $n = 0, 1, 2, 3, 4$ – кількість коректно вилучених з роботи діодів схеми трифазного мостового випрямляча.

Висновки. Проведений аналіз аномальних режимів роботи трифазного мостового випрямляча дозволяє запропонувати дискретний спосіб регулювання середнього значення його випрямленої напруги згідно з формулою (3) шляхом коректного вилучення з роботи певної кількості діодів.

1. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1980. – 424 с. 2. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1982. – 496 с.