

# ВЕНТИЛЬНИЙ РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН ДЛЯ ПРИВОДУ ВЕНТИЛЯТОРА З ПОКРАЩЕНИМ ЗАКОНОМ КЕРУВАННЯ

Гайденко Ю.А., к.т.н., доцент, Жовнуватий О.С., магістрант  
КПІ імені Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

**Вступ.** У зв'язку зі збільшенням вимог до енергоефективності електрообладнання, в останній час все більше уваги приділяється заміні електричних двигунів новими з покращеними енергетичними показниками.

В даний час, окрім класичних типів двигунів (асинхронних, синхронних, постійного струму) все частіше використовуються вентильні реактивні двигуни (ВРД). Це пов'язано з їх простотою, надійністю функціонування, відсутністю рухомого контакту та високими техніко-економічними показниками.

Як відомо системи опалення, вентиляції та кондиціонування споживають до 70% енергетичних ресурсів в промислових, великих комерційних та громадських будівлях. Однією з ланок таких систем є електричний двигун, який найчастіше використовується в якості приводу вентилятора. Тому, застосування ВРД для приводу вентилятора може зменшити енерговитрати та покращити роботу таких систем.

Однією з корисних особливостей ВРД є здатність маневрувати швидкістю обертання ротора, що дозволяє налаштувати їх роботу у відповідності до існуючих потреб. Такі двигуни стають ідеальними для використання у фанкойлах, які забезпечують ідеальну для людини температуру в приміщенні. Також, актуальним є використання ВРД у вентиляційних системах шахт, промислових цехів, торгових центрів, супермаркетів, офісних будівель, спортзалів тощо, де необхідно підтримувати ідеальну для людини пропорцію повітря та виводити небезпечні пари та газу, для нормальної працездатності та відсутністю ризику для здоров'я [1].

Проте, одним з недоліків ВРД є його погані віброакустичні показники, що спричинене підвищеною величиною пульсацій електромагнітного моменту.

**Мета роботи.** Моделювання роботи ВРД на основі коло-польової математичної моделі для пошуку оптимального закону керування при якому віброакустичні та енергетичні характеристик ВРД були б найкращими.

**Матеріали і результати досліджень.** В роботі було спроектовано вентильний реактивний двигун по схемі 6/4 (6 полюсів на статорі і 4 на роторі) з такими вихідними даними:  $P_n = 75 \text{кВт}$ ,  $n_n = 6000 \text{об/хв}$ ,  $f_n = 400 \text{Гц}$ ,  $U_{н.ф.} = 300 \text{В}$ . Була розроблена та реалізована в програмному середовищі COMSOL Multiphysics коло-польова математична модель (КПММ) ВРД. Дана модель, базується на методі скінченних елементів і реалізовувалася за допомогою методу покрокового інтегрування. КПММ ВРД має високий рівень точності і достовірності, оскільки враховує реальні фізичні властивості матеріалів, обертання ротора, а також електричне коло обмотки статора. Крім того, розроблена модель має надзвичайно мало допущень [1].

На рис. 1 представлені 4 типові закони керування ВРД [2-4], серед яких потрібно обрати той, при якому віброакустичні характеристики двигуна найкращі. Синім кольором позначена фаза А, зеленим – фаза В, червоним – фаза С.

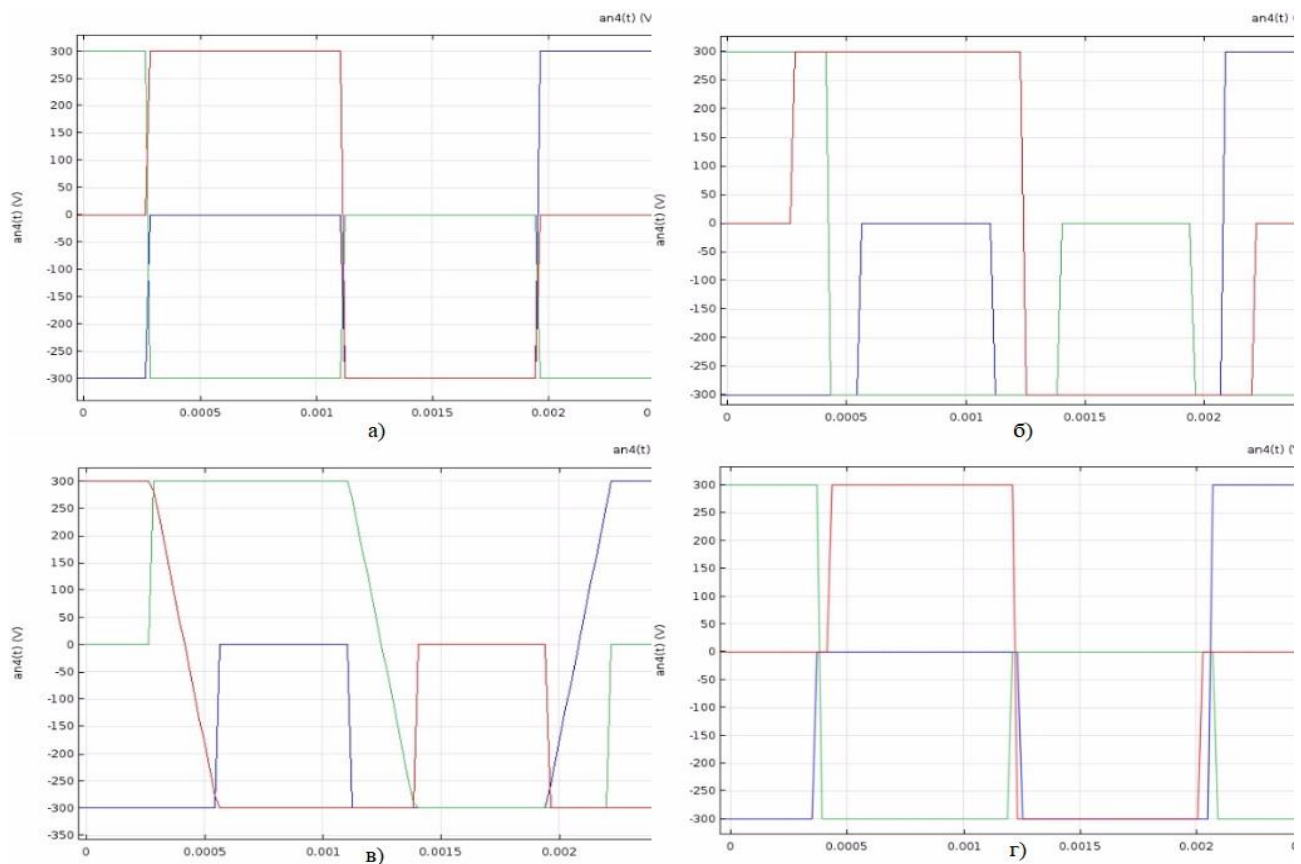


Рисунок 1 – Закони керування ВРД : а) «без перекриття», б) «з перекриттям», в) «трапецеїдальний», г) «модернізований».

На рис. 2 представлені розраховані часові залежності струму фази А при різних законах керування.

Розрахунки характеристик двигуна відбувалися при однаковому навантаженні на валу – 100 Н·м. Тому найкращим законом керування буде той, в якому буде спостерігатися найменша амплітуда струму, а отже і моменту. Крім того, відомо, що електричні втрати, нагрів обмоток та вібрації в двигуні залежать від величини струму.

Порівнявши часові характеристики струму та моменту ВРД з різними законами керування був зроблений висновок, що найкращими законами керування є «трапецеїдальний» та «модернізований».

Ефективність роботи двигуна можна продемонструвати, побудувавши часову залежність миттєвих значень потужності. Вона дозволяє побачити скільки було спожито потужності двигуном за момент часу.

На рис. 3, як приклад, приведена часова залежність миттєвих значень потужності при законі керування «з перекриттям».

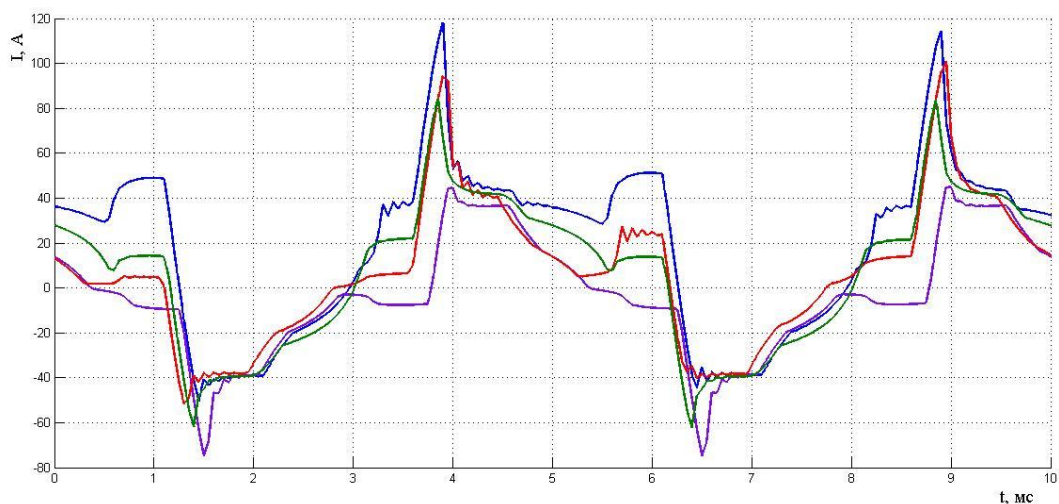


Рисунок 2 – Часова залежність струму фази А, при різних законах керування: «з перекриттям» (синя крива), «трапецеїдальний» (зелена крива), «без перекриття» (червона крива), «модернізований» (фіолетова крива).

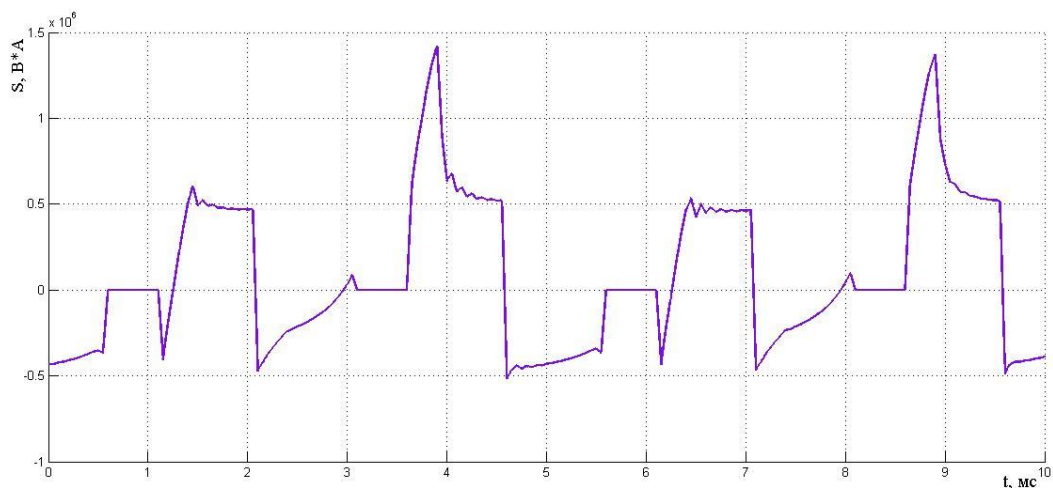


Рисунок 3 – Часовий розподіл миттєвих значень потужності при законі керування «з перекриттям»

В табл. 1 представлено середнє значення спожитої потужності для кожного закону керування.

Таблиця 1 – ККД та спожита потужність ВРД при різних законах керування

Закон керування	ККД, %	S, B·A
«з перекриттям»	92,687	84695
«без перекриття»	92,689	96386
«трапецеїдальний»	92,688	94639
«модернізований»	92,689	88409

Очевидно, що при однаковому активному навантаженні найбільш енергоефективним буде той закон керування, при якому значення спожитої повної потужності буде менше, а значить  $\cos\varphi$  більше. З результатів наведених у таблиці 1 видно, що закони керування «з перекриттям» та «модернізований» є найбільш енергоефективними.

**Висновок.** Таким чином, в ході проведених досліджень був визначений найкращий з точки зору віброакустичних показників і енергоефективності законом керування ВРД. Ним є «модернізований» закон керування. Саме він дозволяє істотно зменшити пульсації електромагнітного моменту, а також зменшити споживану потужність. Тому, закон керування «модернізований» можна рекомендувати для використання у енергоефективних ВРД, що використовуються для приводу вентиляторних установок.

#### Перелік посилань

1. Жовнуватий О. С. Покращення характеристик вентиляного реактивного двигуна для приводу вентилятора [Дипломна робота] / Жовнуватий Олександр Сергійович. – 2016.
2. Bae, Han-Kyung, Byeong-Seok Lee, Praveen Vijayraghavan, and R. Krishnan, Linear switched reluctance motor: converter and control, in Conf. Rec. of the 1999 IEEE IAS Ann. Mtg., Oct. 1999, Phoenix, AZ, pp. 547–554.
3. Jin-Woo Ahn. Switched Reluctance Motor. – Kyungsoong University, Korea, 2011. – 252 p.
4. J.W. Ahn, "Torque Control Strategy for High Performance SR Drive", Journal of Electrical Engineering & Technology(JEET), Vol.3. No.4. 2008, pp.538-545.