

УДК 621.372.632

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ «МЕРТВОГО ЧАСУ» АВТОНОМНОГО ІНВЕРТОРА НАПРУГИ ДЛЯ БЕЗДАТЧИКОВОГО ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ НА НИЗЬКІЙ ШВИДКОСТІ**А. П. Сінолицький, Ю. Г. Осадчук, І. А. Козакевич**Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»
вул. XXII партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: kozakevich@ktu.edu.ua

Існуюча необхідність підвищення діапазону керування бездатчикових асинхронних приводів на базі автономних інверторів напруги ставить перед розробниками необхідність вирішення проблем, пов'язаних з роботою на дуже низьких швидкостях. Ці проблеми можна розділити на проблеми, що пов'язані з бездатчиковою ідентифікацією швидкості, та проблеми, що направлені на компенсацію нелінійностей інверторів напруги. Пропонується спосіб підвищення якості компенсації ефекту «мертвого часу» за рахунок виконання компенсації з використанням адаптивного спостерігача струму.

Ключові слова: інвертор напруги, «мертвий час».**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОМПЕНСАЦИИ «МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ» АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ БЕЗДАТЧИКОВОГО ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА НИЗКОЙ СКОРОСТИ****А. Ф. Синолицький, Ю. Г. Осадчук, И. А. Козакевич**Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»
ул. XXII партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: kozakevich@ktu.edu.ua

Существующая необходимость повышения диапазона управления бездатчиковых асинхронных приводов на базе автономных инверторов напряжения ставит перед разработчиками необходимость решения проблем, связанных с работой на очень низких скоростях. Эти проблемы можно разделить на проблемы, которые связаны с бездатчиковой идентификацией скорости, и проблемы, которые направлены на компенсацию нелинейностей инверторов напряжения. Предлагается способ повышения качества компенсации эффекта «мертвого времени» за счет выполнения компенсации с использованием адаптивного наблюдателя тока.

Ключевые слова: инвертор напряжения, «мертвое время».

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Сучасні асинхронні частотно-регульовані електроприводи дозволяють реалізувати бездатчикове керування у діапазоні 1–50. Це пов'язано як зі складностями ідентифікації швидкості у нижньому діапазоні керування, так і з нелінійними властивостями інвертора напруги, від якого живиться двигун. Наявність «мертвого часу» та падіння напруги на відкритих ключах інвертора створюють значні складності у точному відтворенні малих напруг, що суттєво впливає на якість керування [1].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Вихідна напруга автономного інвертора напруги зазвичай формується за допомогою просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції, при цьому у дворівневному інверторі навантаження підключається до однієї з двох напруг ланки постійного струму. Для запобігання виникнення коротких замикань через кінцевий час відкриття та закривання транзисторів у сигнали керування вводиться «мертвий час», протягом якого обидва транзистори одного плеча інвертора закриті. Струм навантаження при цьому проходить через зворотні діоди транзисторів.

Процеси, що відбуваються в одному плечі інвертора за додатним напрямком струму, зображено на рис. 1. Як видно, при такому напрямку струму в режимі «мертвого часу» навантаження підключено до від'ємної напруги ланки постійного струму, що зменшує час активного включення. При від'ємному напрямку струму навантаження підключиться до додатної напруги ланки постійного струму, що збільшує час активного включення. Таким чином, вплив «мертвого часу» залежить від напрямку струму навантаження. Існуючі методики [1]–[6] компенсації «мертвого часу» пропонують уведення коригуючої напруги ΔU у сигнали завдання \bar{U}_s у функції напрямку фазного струму:

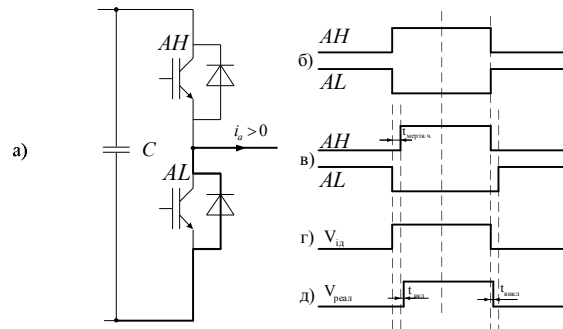


Рисунок 1 – Вплив «мертвого часу» при додатному напрямку струму: а) проходження струму в режимі «мертвого часу»; б) сигнали керування транзисторами без урахування впливу «мертвого часу»; в) сигнали керування транзисторами з урахуванням впливу «мертвого часу»; г) вихідна напруга без урахування неідеальностей інвертора; д) вихідна напруга з урахуванням неідеальностей інвертора

$$\bar{U}_s = \bar{U}_{s1} + \Delta U \left(\begin{array}{l} \text{sign}(i_a) + e^{j\frac{-2\pi}{3}} \text{sign}(i_b) + \\ + e^{j\frac{2\pi}{3}} \text{sign}(i_c) \end{array} \right). \quad (1)$$

Використання у виразі (1) вимірюваних струмів вносить неточності у роботу алгоритму компенсації через їх підверженість електромагнітним перешкодам та наявності дрейфу нуля у вимірювальних ланцюгах перетворювача. Тому є доцільним використовувати розрахункові струми, які можна оцінити за виразами (2).

$$\begin{cases} \frac{d\bar{i}_s}{dt} = -\frac{R_r L_m^2 + R_s L_r^2}{\sigma L_s L_r^2} \bar{i}_s + \frac{1}{\sigma L_s} \bar{u}_s + \\ + \left(\frac{R_r L_m}{\sigma L_s L_r^2} - j\omega_r \frac{L_m}{\sigma L_s L_r} \right) \bar{\psi}_r; \\ \frac{d\bar{\psi}_r}{dt} = \frac{R_r}{L_r} (L_m \bar{i}_s - \bar{\psi}_r) + j\omega_r \bar{\psi}_r, \end{cases} \quad (2)$$

де R_s, R_r, L_m, L_s, L_r – активні опори та індуктивності схеми заміщення асинхронного двигуна,

\bar{i}_s – вектор струму статора, $\bar{\psi}_r$ – вектор потокозчеплення ротора, ω_r – швидкість обертання ротора.

Структура запропонованого способу компенсації ефекту «мертвого часу» приведена на рис. 2, а результати моделювання роботи приводу без компенсації та з компенсацією згідно цього способу – на рис. 3 та 4 відповідно. З рис. 4 видно, що реалізація запропонованого способу дозволяє уникнути спотворень форми вихідного струму, що викликається наявністю «мертвого часу».

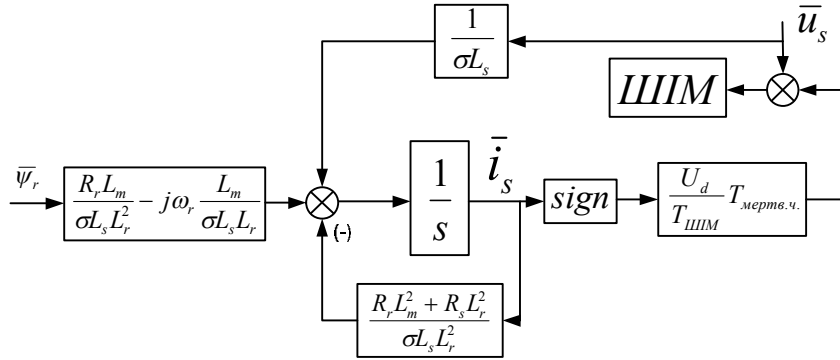


Рисунок 2 – Структура запропонованого способу компенсації «мертвого часу»

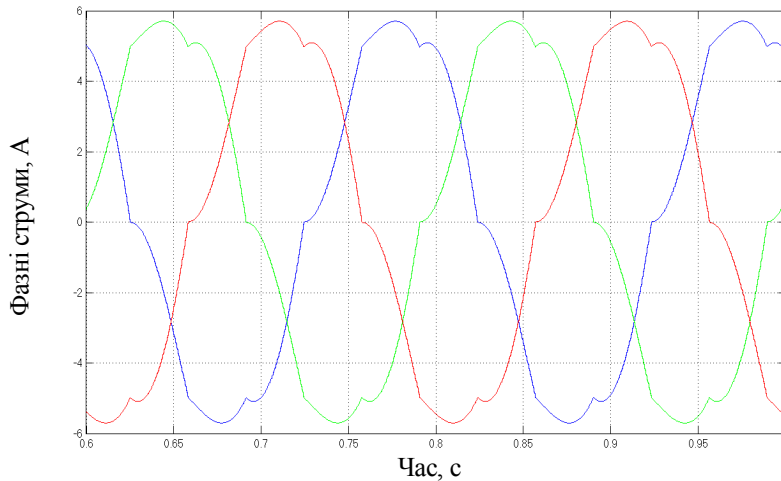


Рисунок 3 – Фазні струми за відсутності компенсації «мертвого часу»

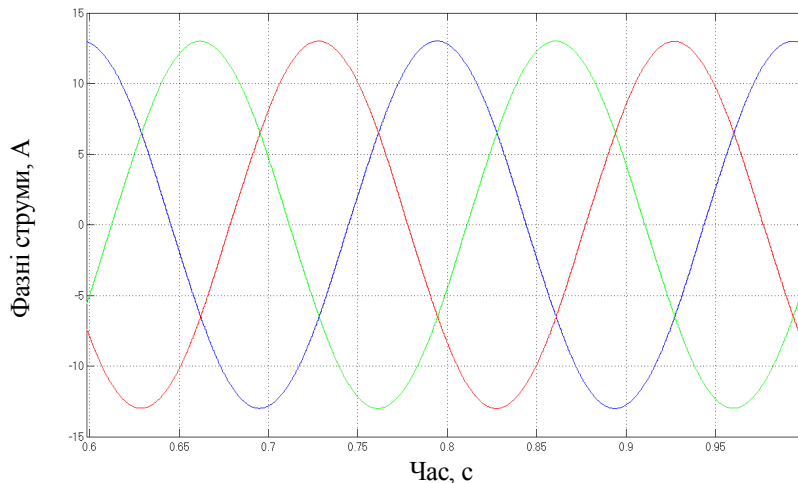


Рисунок 4 – Фазні струми за наявності компенсації «мертвого часу»

ВИСНОВКИ. Запропонований спосіб компенсації «мертвого часу» автономного інвертора напруги з широтно-імпульсною модуляцією дозволяє уникнути проблем, що пов'язані зі знаходженням перетину вихідним струмом нуля та забезпечити його високу синусоїдальність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А., Сінчук І.О. Алгоритм компенсації ефекту «мертвого часу» в трьохрівневих інверторах напруги // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук, КДПУ, 2010. – Вип. 1/2010. – С. 38–42.

2. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии в структурах электроприводов. Схемотехника и принципы управления: учебное пособие. – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2008. – 88 с.

3. Urasaki N., Senjyu T., Uezato K., Funabashi T. Adaptive dead-time compensation strategy for permanent magnet synchronous motor drive // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. – 2007. – Iss. 22. – PP. 271–280.

4. Wang H., Pei X., Chen Y. and oth. An adaptive dead-time compensation method for sinusoidal PWM-controlled voltage source inverter with output LC filter // *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*. – 2011. – PP. 778–785.

5. Zhengyi H., Xuewu J. A new inverter compensation strategy based on adjusting dead-time on-line // *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. – 2008. – PP. 768–773.

6. Munoz A.R., Lipo T.A. On-line dead-time compensation technique for open-loop PWM-VSI drives // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 1999. – Iss. 14. – PP. 683–689.

DEAD TIME COMPENSATION QUALITY IMPROVEMENT OF VOLTAGE INVERTER FOR SENSORLESS VECTOR CONTROL AT LOW SPEED

A. Sinolytsyj, Y. Osadchuk, I. Kozakevich

State Higher Education Institution «Kryvyi Rih National University»

vul. XXII Partz'yizdu, 11, Kryvyi Rih, 50027, Ukraine. E-mail: kozakevich@ktu.edu.ua

The current need to improve the management of a range of sensorless induction motor drives fed by voltage-source inverters causes the developers solve the problems which are due to the performance at very low speeds. These problems can be divided into problems related to sensorless speed identification, and the problems that are intended to compensate the voltage inverter nonlinearities. The article offer a method of improving the quality of the compensation dead time effect by performing compensation using an adaptive current observer.

Key words: voltage inverter, «dead time».

REFERENCES

1. Osadchuk Y.G., Kozakevich I.A., Sinchuk I.O. The algorithm of compensation dead-time effect in three-level voltage inverter // *Electromechanical and energy saving systems*. – Kremenchuk, KrNU, 2010. – № 1/2010. – С. 38–42. [in Ukrainian]

2. *Semiconductor converters of electrical energy in electric drives. Schemes and control*: textbook. – Kremenchuk: Private Publishing House of Shcherbatykh O.V., 2008. – 88 p. [in Russian]

3. Urasaki N., Senjyu T., Uezato K., Funabashi T. Adaptive dead-time compensation strategy for permanent magnet synchronous motor drive // *IEEE Transactions on Energy Conversion*. – 2007. – Iss. 22. – PP. 271–280.

4. Zhengyi H., Xuewu J. A new inverter compensation strategy based on adjusting dead-time on-line // *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. – 2008. – PP. 768–773.

5. Wang H., Pei X., Chen Y. and oth. An adaptive dead-time compensation method for sinusoidal PWM-controlled voltage source inverter with output LC filter // *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*. – 2011. – PP. 778–785.

6. Munoz A.R., Lipo T.A. On-line dead-time compensation technique for open-loop PWM-VSI drives // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 1999. – Iss. 14. – PP. 683–689.

Стаття надійшла 13.07.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Бештою О.С.