

ДВУХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Э. С. Гузов, к.т.н., доц., А. В. Омельченко, асс.

Криворожский национальный университет

ул. XXII партсъезда, 11, 50027, г. Кривой Рог, Украина

E-mail: kafePR@rambler.ru

Изложены результаты исследований по разработке энергоэффективной структуры тягового электропривода: IGBT-инвертор – двухфазный асинхронный двигатель. Приведена структура тягового асинхронного электропривода для двухосных электровозов.

Ключевые слова: тяговый асинхронный электропривод, модуляция, двухосный электровоз.

Введение. Эксплуатируемые на шахтах и рудниках Украины двухосные рудничные электровозы оснащены неэффективными и явно устаревшими типами контактно-резисторных систем управления тяговыми электроприводами постоянного тока.

Анализ предыдущих исследований. В последние годы в Украине возобновилась работа по созданию современных систем тяговых электроприводов, в том числе с трехфазным асинхронным тяговым электрическим двигателем (ТАД) [1].

Испытания подтвердили в основном ожидаемую эффективность новых разработок тяговых асинхронных электроприводов (ТАП) для рудничных типов электровозов [2].

Однако, как показали результаты предварительных испытаний, но все же, не отходя от основоопределяющих преимуществ ТАП, особенно для условий шахт, необходим поиск альтернативных по энергоэффективности и технологичности структур асинхронных электроприводов.

Один из возможных направлений создания эффективных видов тяговых асинхронных электроприводов является электропривод на базе двухфазных ТАД [3]. При этом как свидетельствуют теоретические аспекты исследований такой вид тягового электропривода весьма эффективен при мощностях электрического двигателя в диапазоне 30–50 кВт. Как известно, таковыми и является мощности двигателей рудничных электровозов [2].

Цель работы. Обоснование и разработка энергоэффективной структуры тягового асинхронного электропривода для рудничных электровозов.

Материал и результаты исследований. Взамен традиционной структуры тяговых электроприводов с трехфазными тяговыми электрическими двигателями авторами предлагается структура ТАП с двухфазным ТАД (рис. 1).

В системе принято формирование и регулирование фазного напряжения двигателя путем ШИМ входного напряжения по закону трапеции, рис. 2, 3. Причем, формирование импульсов напряжения на интервале $\left[0 \dots \frac{\pi}{2}\right]$ происходит в конце периода

модуляции T_m , а на интервале $\left[\frac{\pi}{2} \dots \pi\right]$ – в начале

периода модуляции.

Таким образом, реализуется синхронная асинфазная ШИМ напряжения против традиционной синфазной ШИМ (векторная ШИМ). При синфазной ШИМ импульсы тока i_{d1} и i_{d2} в цепи питания инверторов накладываются друг на друга. В результате, скачок суммарного питающего тока $\Delta i_{d\Sigma}$ инверторов в момент коммутации IGBT больше скачка тока Δi_{di} , питающего один инвертор.

При асинфазной ШИМ импульсы питающих токов i_{d1} и i_{d2} разведены во времени, в результате чего скачок суммарного тока, питающего преобразователь, равен скачку входного тока одного из инверторов, рис. 4. При этом требуется меньшая емкость фильтрового конденсатора CZ, поскольку ее величина напрямую зависит от скачка тока, поступающего в конденсатор в момент коммутации t_k .

Преимуществом трапецидальной кривой напряжения является также то, что при максимальном напряжении не требуется ШИМ на интервале

$\left[\frac{\pi}{3} \dots \frac{2\pi}{3}\right]$, в результате чего динамические потери в

IGBT транзисторах снижаются на треть.

Из разложения в ряд Фурье трапецидальной кривой следует:

– амплитуда первой гармоники линейного (фазного) напряжения $U_{1m} = 1,053U_d$;

– действующее значение первой гармоники фазного напряжения $\tilde{U}_1 = 0,745U_d$;

– действующее значение трапецидальной кривой фазного напряжения $\tilde{U}_\Sigma = 0,745U_d$;

– коэффициент искажения $K_u = \frac{\tilde{U}_1}{\tilde{U}_\Sigma} = 1,0$;

– коэффициент использования питающего напряжения $K_d = \frac{U_{1m}}{U_d} = 1,053$;

– третья гармоника отсутствует;

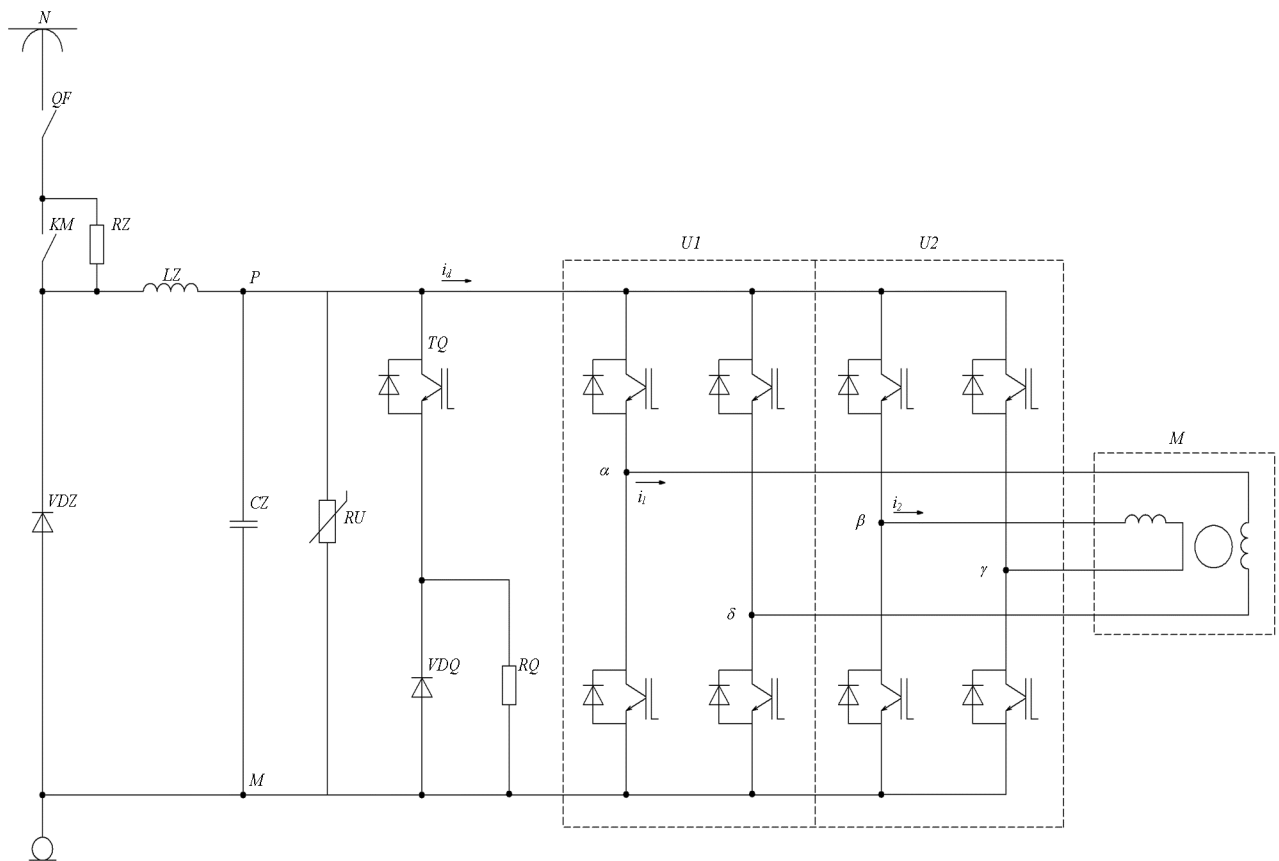


Рисунок 1 – Упрощенная принципиальная схема тягового электропривода с двухфазным асинхронным двигателем и двумя однофазными IGBT мостами инверторов: N – контактная сеть (или полюс аккумулятора); QF – автоматический выключатель; KM – контактор заряда; RZ – резистор предварительного заряда фильтра конденсатора; LZ, CZ, VDZ – фильтр; RU – ограничитель импульсов перенапряжения; TQ, VDQ – тормозной чопер; RQ – тормозной (разрядный) резистор; U1, U2 – однофазные IGBT транзисторные мосты инверторов; M – двухфазный асинхронный двигатель

- действующее значение пятой (наибольшей из высших) гармоники $\tilde{U}_5 = 0,03U_d$;
- коэффициент высшей гармоники $K_B = \frac{\tilde{U}_5}{\tilde{U}_1} = 0,04$, что менее 0,6, допускаемых по стандарту.

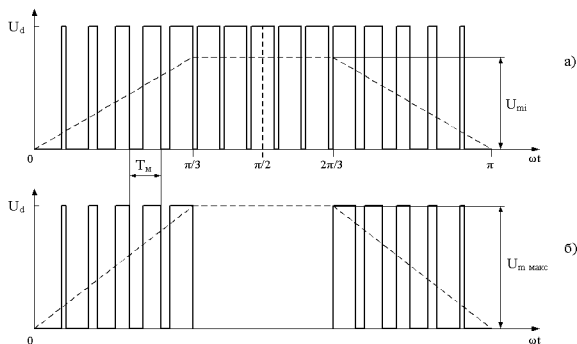


Рисунок 2 – Диаграммы фазного напряжения двигателя

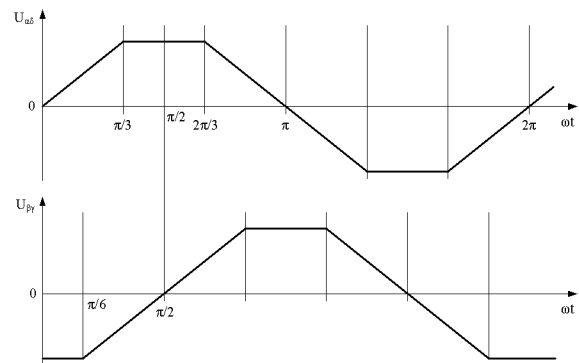


Рисунок 3 – Диаграммы интегральных кривых фазных напряжений двигателя

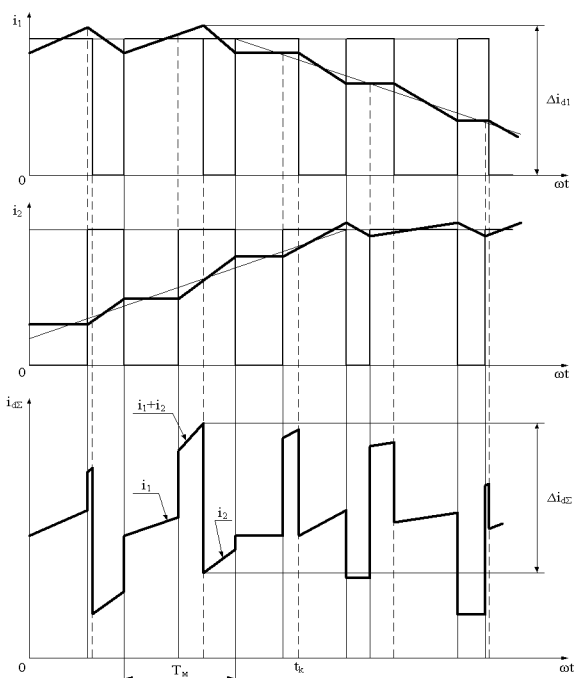


Рисунок 4 – Развернутые диаграммы фазных токов и суммарного тока, питающего преобразователь

Выводы. Приведенные показатели трапецидальной кривой превосходят показатели синусоидальной кривой:

- коэффициент использования питающего напряжения на 10 % выше;
- коэффициент искажения равен единице против 0,955 синусоиды;

Предварительные расчеты двухфазного преобразователя дают следующие преимущества перед трехфазным:

- потери мощности в IGBT транзисторах вдвое меньше;

ДВОФАЗНИЙ АСИНХРОННИЙ ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД РУДНИКОВИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Е.С. Гузов, к.т.н., доц., О.В. Омельченко, ас.

Криворізький національний університет

ул. XXII партз'їзду, 11, 50027, м. Кривий Ріг, Україна

E-mail: kafePR@rambler.ru

Викладені результати досліджень по розробці енергоефективної структури тягового електроприводу: IGBT-інвертор – двофазний асинхронний електричний двигун. Приведена структура тягового асинхронного електроприводу для двовісних електровозів.

Ключові слова: тяговий асинхронний електропривод, модуляція, двовісний електровоз.

DIPHASIC ASYNCHRONOUS HAULING ELECTRICAL DRIVE OF MINE ELECTRIC LOCOMOTIVES

E. Guzov, Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof., A. Omelchenko, ass.

Kryvyi Rih National University

vul. 22 Parts'ezda, 11, 50027, Kriviy Rig, Ukraine

E-mail: kafePR@rambler.ru

In the article the results of researches are expounded on development of energy efficient structure of hauling electric drive: IGBT-inverting – diphasic asynchronous electric engine. The structure of traction asynchronous electrical drive is conducted for biaxial electric locomotives.

Keywords: hauling asynchronous electrical drive, modulation, biaxial electric locomotive.

- коэффициент полезного действия на 1,4 % выше;
- объем меньше на треть;
- стоимость комплектующих IGBT транзисторов, снабдеров и драйверов на 10 % меньше.

Преимущества двухфазного электропривода позволяют рекомендовать его к внедрению на рудничных электровозах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии в структурах электроприводов. Схемотехника и принципы управления / И.О. Синчук, А.А. Чернышев, О.В. Пасько, И.И. Киба, А.С. Ключка, О.Е. Мельник. – Кременчук: Вид. ПП Щербатых О.В., 2008. – 88 с.

2. Контактно-аккумуляторный шахтный электровоз с тяговым электротехническим комплексом: IGBT-инвертор-асинхронный электрический двигатель / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, Д.А. Шокарев, Е.И. Скапа, Ф.И. Караманиц // Науковий журнал. Вісник СНУ ім. В. Даля. – № 4 (158), часть 1.

3. Шаповал В.Г. К вопросу анализа импульсных способов функционирования форм кривых тока и напряжения питания 2-х и 3-х фазных тяговых двигателей / В.Г. Шаповал, И.О. Синчук, В.О. Черная // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. Зб. наукових праць. – Кременчук: КДПУ ім. М.Остроградського, 2008. № 3 (50), часть 1. – С.79–82.

Стаття надійшла 20.05.2011 р.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

Сінчуком О.М.