

УДК 622.625.28-83

О. Н. СИНЧУК¹ (д-р техн. наук, проф.), Д. А. ШОКАРЕВ¹,
С. И. ВЫПАНАСЕНКО² (д-р техн. наук, проф.)

¹ Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

² Национальный горный университет
seem@kdu.edu.ua rector@nmu.org.ua

СТРУКТУРА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ РУДНИЧНОГО КОНТАКТНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Приведено обоснование структуры тягового асинхронного электропривода рудничного контактно-аккумуляторного электровоза с широтно-импульсной модуляцией напряжения питания и способ управления им. Выполнен анализ формы кривой напряжения и тока при трапецидальном законе управления

Ключевые слова: шахтный электровоз, двигатель постоянного тока, тяговая аккумуляторная батарея, контактная сеть.

Постановка проблемы. В шахтах и рудниках Украины эксплуатируется более 3,5 тысяч контактных и аккумуляторных электровозов двадцати различных типов. Практически все эти электровозы оборудованы неэнергоэффективными видами тяговых электроприводов постоянного тока с контактно-резисторными системами управления [1]. Современные тенденции развития электропривода диктуют новые направления и перспективы применения асинхронного частотно-регулируемого тягового электропривода.

Анализ предыдущих исследований и публикаций. В последние годы в отечественных шахтах и рудниках начали появляться давно ожидаемые эксплуатационниками экспериментальные образцы энергоэффективных электровозов с IGBT-преобразователями напряжения питания тяговых асинхронных двигателей (ТАД) [1, 2]. Усилиями учёных и машиностроителей на основе научных изысканий возник и новый для отечественной горной промышленности вид рудничного электровоза – контактно-аккумуляторный [2], получающий питание как от контактной сети (КС), так и от тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) [1, 2].

Цель статьи – разработка энергоэффективной структуры тягового асинхронного электропривода (ТАЭП) контактно-аккумуляторного электровоза и способа управления им.

Изложение основного материала. Объектом исследований является разработка структуры ТАЭП рудничного контактно-аккумуляторного электровоза [2].

Анализ электромагнитных процессов в ТАЭП базовой структуры «инвертор напряжения – асинхронный двигатель рудничного электровоза», полученных в [2], позволили сделать выводы, что в условиях, характерных для рудничного электровозного транспорта, реальные значения потерь энергии значительны, а коэффициенты, характеризующие несинусоидальность кривой напряжения на асинхронном двигателе, имеют значения выше допустимых. Таким образом, с целью повышения энергоэффективности тягового комплекса, существует необходимость улучшения характеристик преобразования энергии, что может быть достигнуто выбором рациональной структуры системы привода и способа управления уровнем напряжения питания ТАД посредством ШИМ.

Однак, способ ШИМ напряжения питания ТАД имеет свои негативные побочные эффекты в направлении дополнительных, присущих этому способу модуляции, потерь электрической энергии. Часть этих проблем, связанных с применением ШИМ напряжения, решается применением альтернативной схемы тягового электропривода, упрощенно представленной на рис. 1. [4].

Экономии электроэнергии дает снижение динамических потерь мощности в IGB-транзисторах альтернативной схемы за счет применения ШИМ напряжения по заданному закону [2, 4]. Действительно, для формирования положительной полуволны выходного напряжения задействованы транзисторные модули DP и MP. Причем MP включен постоянно в течение полуволны, а DP модулирует. В результате мост имеет два состояния.

Альтернативная схема преобразователя позволяет простым образом формировать любую кривую выходного напряжения, используя ШИМ напряжения при полном управлении, из которых образуются требуемые синусоидальные или трапецидальные огибающие кривые.

На основании проведенного в [2] исследования форм выходного напряжения преобразователя, рекомендуется отдать предпочтение ШИМ напряжения питания тяговых двигателей трапецидальной, а не синусоидальной, поскольку она обеспечивает минимальные коэффициенты искажения питающего напряжения и высших гармоник. На рис. 2 приведены максимальная трапецидальная кривая ШИМ напряжения при номинальном напряжении питания $U_{mT} = U_d$ и кривая тока, потребляемого однофазным мостом.

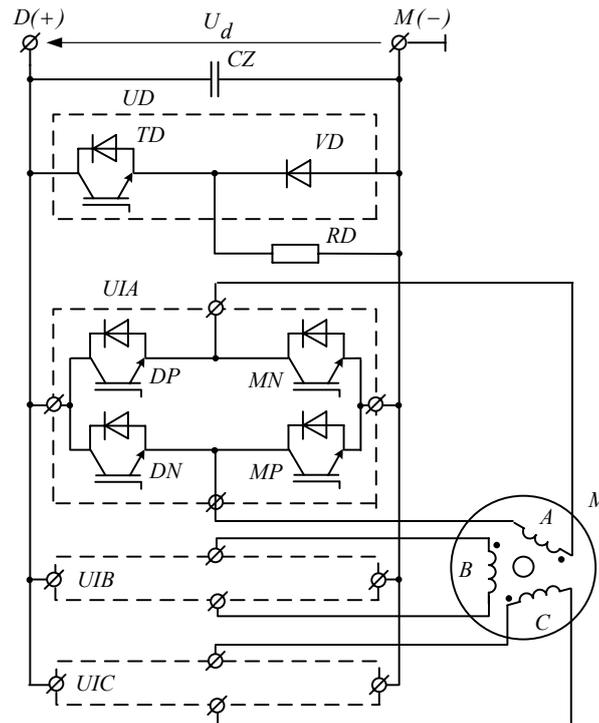
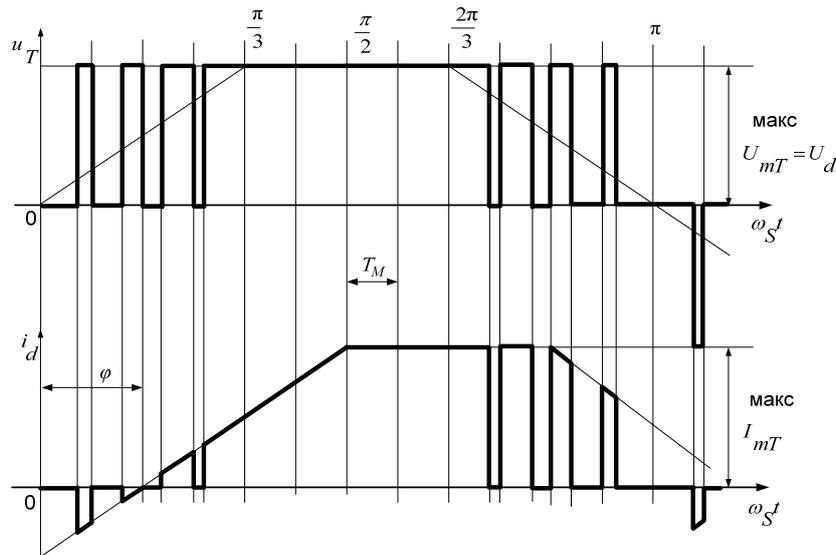


Рисунок 1 – Упрощенная схема альтернативного ТАЭП

Рисунок 2 – Диаграммы трапецеидального напряжения и питающего тока моста при $U_{mT} = U_d$.

На рис.3. приведены напряжения и токи при трапецеидальном законе формирования напряжения при напряжении $U_{mT} < U_d$.

Как видно из диаграмм токов, скачкообразное изменение тока ΔI_d , потребляемого альтернативным преобразователем, не более I_{mT} , следовательно, вдвое меньше, чем в стандартном трехфазном инверторе. Таким образом, емкость входного фильтрового конденсатора в альтернативной схеме электропривода необходима вдвое меньше, чем в стандартной схеме.

Более того, как видно из рис.2, при напряжении $U_{mT} = U_d$ на интервале $[\pi/3...2\pi/3]$ не требуется осуществлять ШИМ напряжения в однофазных мостах. Таким образом, динамические потери мощности в IGBT-транзисторных мостах снижаются на треть по сравнению с предшествующим $U_{mT} < U_d$.

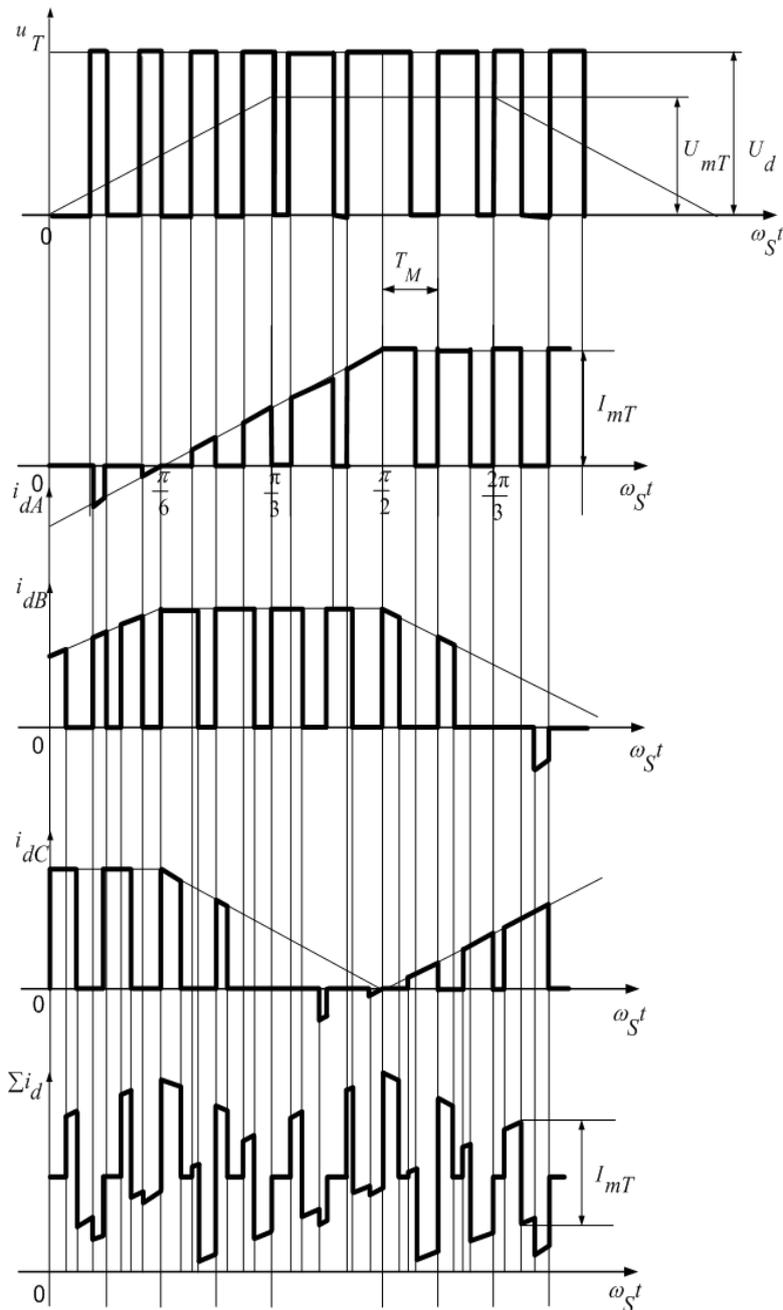


Рисунок 3 – Диаграммы напряжения и питающих токов преобразователя при напряжении $U_{mT} < U_d$

Выводы. 1. В работе предложена структура регулируемого электропривода рудничного электровоза, характеризующаяся: наличием в схеме преобразователя трех однофазных инверторных мостов, включением обмотки двигателя в «разомкнутый треугольник».

2. Управление инверторными мостами блока питания ТАД осуществляется посредством ШИМ напряжения по трапецеидальному закону. Предложенный способ позволит снизить число коммутаций в силовых транзисторах за счет применения альтернативной схемы преобразователя, следовательно, уменьшить уровень потерь электрической энергии в контуре преобразователя.

3. Управление с использованием асинхронной ШИМ напряжения позволит существенно (вдвое) уменьшить емкость конденсаторного фильтра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы управления шахтным электровозным транспортом / О.Н. Синчук, Э.С. Гузов, Н.И. Шулин, П.К. Саворский - К.: Техніка, 1985, - 198 с.
2. Шокарев Д.А. Энергоэффективный тяговый электротехнический комплекс двухсистемного рудничного электровоза / Д.А. Шокарев, Е.И. Скапа, И.О. Синчук // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 03 (79). – С.145 – 147.

3. Шокарев Д.А., Скапа Є.І. Тяговий асинхронний електропривод. Патент. №67134 Україна МПК (2012.01) H02M7/00 B61C 9/00 заявник та патентоутримувач Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. — № у 2011 05247; Заявл.26.04.2011; Опубл. 10.02.2012, Бюл. №3, 2012р

4. Шокарев Д.А., Скапа Є.І. Спосіб формування трапецієдальної широтно-імпульсної модуляції напруги інвертора Патент №67170 Україна, МПК (2012.01) H02M7/00 B61C 9/00 заявник та патентоутримувач Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. — № у 2011 07144; Заявл.20.06.2011; Опубл. 10.02.2012, Бюл. №3, 2012р.

REFERENCES

1. O. Sinchuk, E. Guzov, N. Shulin, P. Savorsky. Control system of mine-electric transport [Reference book of power engineering specialist of coal mine] - Kyiv: Tecnika, 1985, - 198 p.

2. D. Shokarev, E. Skapa, I. Sinchuk, Energy-efficient linear electro-technical complex of the dual-system mine electric transport. Journal «Electrical and computer systems» - 2011. - №03(79). - p.145 - 147.

3. D. Shokarev, E. Skapa. Linear asynchronous electric drive. The patent. № 67134 Ukraine (IPC 2012.01) H02M7/00 B61C 9/00 The applicant Kremenchug Mikhail Ostrogradsky national University - №. u 2011 05247; 3.26.04.2011; Publ. 10.02.2012, Byull. №3, 2012

4. D. Shokarev, E. Skapa. The way formation of keystone pulse-width modulation of voltage of the inverter. The patent №67170 Ukraine, the IPC (2012.01) H02M7/00 B61C 9/00 - The applicant Kremenchug Mikhail Ostrogradsky national University № u 2011 07144; 20.06.2011; Publ. 10.02.2012, Byull. №3, 2012.

Надійшла до редакції 20.03.2013

Рецензент: О.О. Шавьолкін

О. М. СІНЧУК¹, Д. А. ШОКАРЬОВ¹, С. І. ВИПАНАСЕНКО²

¹Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

²Національний гірничий університет м. Дніпропетровськ

Структура і спосіб управління тяговим асинхронним електроприводом рудникового контактної-акумуляторного електровоза. Наведено обґрунтування структури тягового асинхронного електроприводу рудникового контактної-акумуляторного електровоза з широтно-імпульсною модуляцією напруги живлення і спосіб управління ним. Виконано аналіз форми кривої напруги і струму при трапецієдальному законі управління.

Ключові слова: шахтний електровоз, двигун постійного струму, тягова акумуляторна батарея, контактна мережа.

O. SINCHUK¹, D. SHOKAREV¹, S. VYPANASEKNO²

¹Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

²National Mining University

The Structure and Method of Drive Asynchronous Electric Mine Contact Battery Electric Locomotives Control.

In the mines of Ukraine, operating more than 3500, twenty different types of contact and battery electric locomotives. Almost all of these types of electric locomotives equipped DC electric traction with contact-resistor control systems. Current trends in the motor dictate new directions and perspectives of the frequency controlled asynchronous traction drive. The development of energy-efficient structure of asynchronous traction drive contact - battery electric and structure of the algorithm and its management object of research in the paper is developed with the participation of the authors of the structure of the traction induction motor miner contact-battery electric locomotive. An alternative design of the transmitter allows a simple way to form any curve of output voltage using PWM voltage directly with the full control of which produced the desired sinusoidal or trapezoidal envelope curves. The substantiation of the structure of the traction induction motor miner contact-battery electric pulse-width modulated power supply and a method of controlling them. The analysis of the shape of the voltage and current for trapezoidal control law. Shows the curves of current and voltage trapezoidal control law. The analysis of electromagnetic processes in traction induction motor drives the basic structure of a voltage inverter - mine electric induction motor. The proposed method allows to reduce the number of switching power transistors, and hence reduce the level of electric power losses in the inverter circuit, and control using asynchronous pulse width modulation voltage will significantly (by half) to reduce the capacity of the filter capacitor. It is thus apparent that the method of PWM voltage vector can uniformly generate sinusoidal voltage simultaneously in all three phases, and thus is implemented as an algorithm-phase PWM voltage vector PWM is performed by six switching of the IGB transistors at each period of the modulation. In addition to implementing the algorithm of vector PWM voltage holds a two-fold transformation parameters.

Key words: mining electric locomotive, DC motor, pulling the battery, the contact network.