

УДК 621.313.33:621.318.123

ПРИМЕНЕНИЕ КВАЗИЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ПРИВОДЕ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

К. В. Худобин, И. А. Цодик

Донбасский государственный технический университет

просп. Ленина, 16, 94204, г. Алчевск, Украина. E-mail: tsodikua@rambler.ru; hudobin1987@mail.ru

Описаны требования, предъявляемые к современным скребковым конвейерам. Рассмотрены преимущества и недостатки имеющихся способов получения двух скоростей вращения, а также преимущества квазичастотного способа управления для привода скребкового конвейера. Получен гармонический состав токов и моментов асинхронного двигателя с тремя законами формирования напряжения, что позволяет оценить каждый из законов. Испытание проводилось на математической модели в среде MATLAB R2008b. Модель синтезировалась по параметрам односкоростного асинхронного двигателя, выпускаемого на заводе имени Карла Маркса ЭДКОФВ315М4. По результатам опытов выбран лучший закон формирования напряжения для асинхронного двигателя.

Ключевые слова: скребковый конвейер, квазичастотное управление, гармонический состав токов и моментов.

ЗАСТОСУВАННЯ КВАЗИЧАСТОТНОГО УПРАВЛІННЯ В ПРИВОДІ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

К. В. Худобін, І. А. Цодиков

Донбаський державний технічний університет

просп. Леніна, 16, 94204, м. Алчевськ, Україна. E-mail: tsodikua@rambler.ru; hudobin1987@mail.ru

Описано вимоги, запропоновані до сучасних скребкових конвеєрів. Розглянуто переваги та недоліки наявних способів отримання двох швидкостей обертання, а також переваги квазичастотного способу управління для приводу скребкового конвеєра. Одержаний гармонійний склад струмів і моментів асинхронного двигуна із трьома законами формування напруги, що дозволяє оцінити кожен із законів. Випробування проводилися на математичній моделі в середовищі MATLAB R2008b. Модель синтезувалася за параметрами одношвидкісного асинхронного двигуна, що випускається на заводі імені Карла Маркса ЕДКОФВ315М4. За результатами випробувань обраний кращий закон формування напруги для асинхронного двигуна.

Ключові слова: скребковий конвеєр, квазичастотне управління, гармонійний склад струмів і моментів.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Современный скребковый конвейер должен иметь две скорости движения – основную скорость, при которой привод работает большую часть времени, и вспомогательную. Скорости должны отличаться в три и более раз. Вспомогательная скорость нужна для транспортировки технологических грузов, например леса.

В этом случае применение преобразователя частоты для получения пониженной скорости вращения двигателя является экономически не целесообразным.

Применение двухскоростного двигателя с двумя обмотками на статоре приводит к значительному удорожанию двигателя [1].

Следовательно, представляет интерес создание двухскоростного привода с использованием простого, недорогого устройства. Такое устройство может быть получено на основе пофазного переключения статорных обмоток двигателя. Такой способ регулирования скорости вращения можно отнести к известным в литературе методам под названием квазичастотного регулирования.

Анализ предыдущих исследований. Анализ литературы показал, что напряжение пониженной частоты может формироваться по различным законам. Связанно это с тем как открываются тиристоры в силовой цепи. Существует несколько возможных вариантов.

Вариант *первый* - напряжение пониженной частоты может формироваться путем пропускания полуволны напряжения одного направления. Управ-

ляющий сигнал в этом случае подается на один тиристор и начало импульса должно совпадать с прохождением фазного напряжения через ноль (ФН-1) [2].

Второй вариант – открывается два тиристора в противоположном направлении, и открытие происходит при прохождении линейного напряжения через ноль (ФН-2). Форма напряжения на фазе двигателя имеет примерно одинаковый вид и показан на рис. 1.

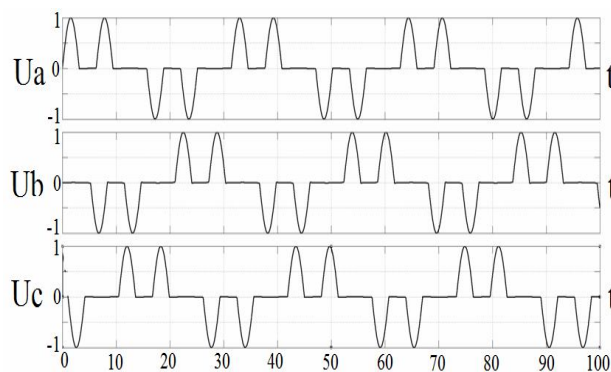


Рисунок 1 – Форма питающего напряжения при скорости $n_n/5$

Третий вариант – напряжение формируется тремя тиристорами, причем один открыт в одном направлении два в противоположном (ФН-3) [3]. Форма напряжения на фазе двигателя в этом случае имеет вид (рис. 2).

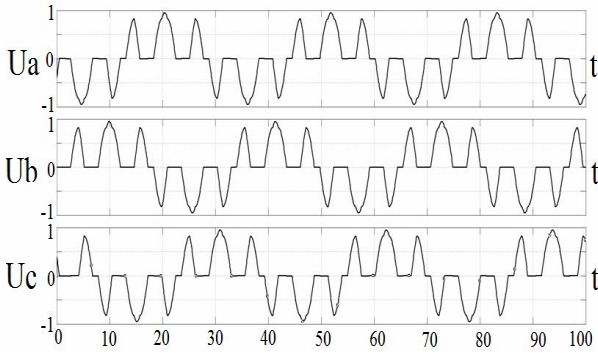


Рисунок 2 – Диаграмма формирования квазичастотного напряжения

Цель работы – сравнение трех методов квазичастотного формирования напряжения и оценка рабочих параметров привода.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для проведения исследований была синтезирована математическая модель асинхронного двигателя ЭДКОФВ315М4 который серийно выпускается на Первомайском электромеханическом заводе имени Карла Маркса.

Испытания проводились в среде MatLab/Simulink. Модель испытывалась с разными законами.

Важным параметром любого асинхронного двигателя является начальный пусковой ток и начальный пусковой момент. С этой целью смоделирована работа двигателя при неподвижном роторе. На рис. 3–5 показаны зависимости момента от времени.

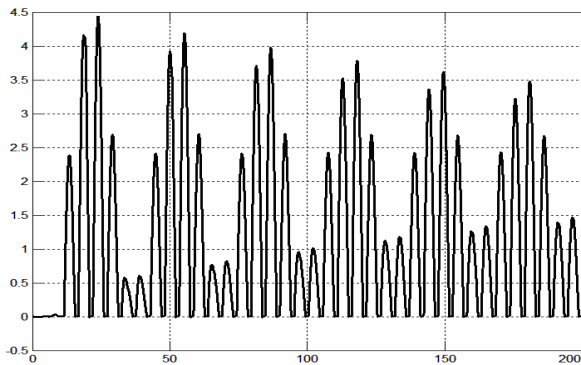


Рисунок 3 – Момент двигателя с ФН-1

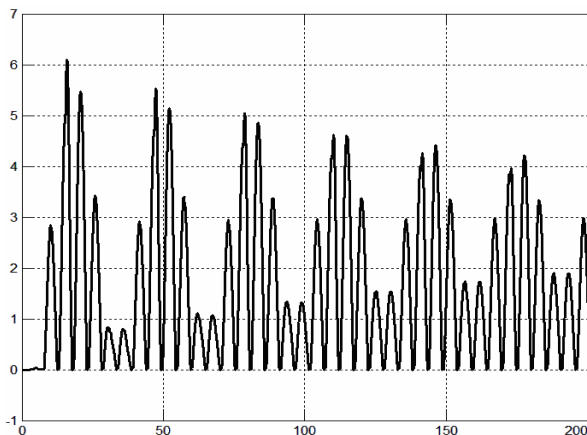


Рисунок 4 – Момент двигателя с ФН-2

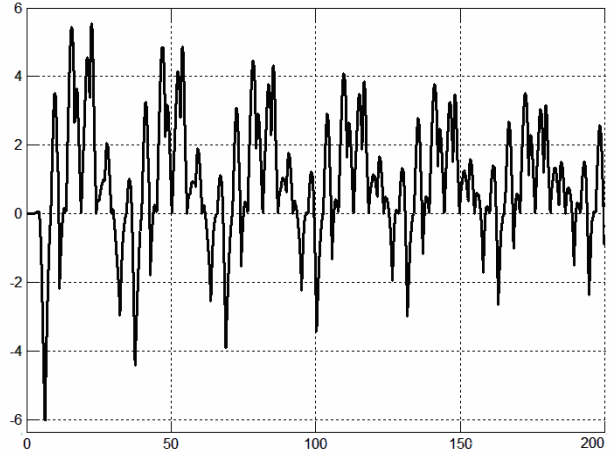


Рисунок 5 – Момент двигателя с ФН-3

Полученные зависимости токов, моментов подвергалась спектральному анализу. Результаты приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Гармонический состав начальных пусковых моментов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Mconst*	-1,17	-1,31	-0,96
1-я гармоника	0,19	0,29	0,25
5-я гармоника	0,08	0,17	0,09
6-я гармоника	0,06	1	0,38
7-я гармоника	1,17	0,08	0,56
12-я гармоника	0,07	0,24	0,099

*Mconst – постоянная составляющая момента

Таблица 2 – Гармонический состав начальных пусковых токов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Iд*	5,51	6,5	7,2
1-я гармоника	4,2	4,7	5,4
5-я гармоника	2,9	4,1	4,7
7-я гармоника	1,9	1,19	0,8

* Iд – действующее значение тока

Из анализа полученных результатов можно сделать выводы. Что все методы (ФН) обеспечивают примерно одинаковые средние пусковые моменты достаточные для запуска конвейера с небольшой загрузкой. Следует отметить, что помимо постоянной составляющей, на валу двигателя имеются пульсирующие моменты. Эти моменты создают в тяговом органе ударную волну, которая способствует уменьшению силы сопротивления движения груза. Точно оценить их влияние можно только с учетом упругости и вязкости цепи, что выходит за рамки данных исследований. Следовательно, оценив варианты ФН по действующему значению пусково-

го тока, можно считать наиболее приемлемым первый вариант.

Для оценки качества работы двигателя в длительном режиме моделировался пуск двигателя.

Исследование показало, что ни один из вариантов ФН не обеспечивает устойчивую работу в длительном режиме. Следовательно, для обеспечения устойчивой работы необходимо использовать фильтрующие индуктивности, которые включаются последовательно в каждую фазу двигателя.

Последовательное включение индуктивностей снижает как амплитуду пульсаций, так и постоянную составляющую электромагнитного момента.

Исследования показали, что при индуктивности 8 мН наступает устойчивая работа в длительном режиме. Поэтому интересно оценить влияние этих индуктивностей на величину пускового момента и тока. В табл. 5, 6 приведены результаты испытаний при неподвижном роторе и индуктивности 8 мН.

Таблица 5 – Гармонический состав начальных пусковых токов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Id	1,99	1,93	2,25
1-я гармоника	1,6	1,5	1,7
5-я гармоника	0,96	0,94	1,4
7-я гармоника	0,51	0,52	0,2

Таблица 6 – Гармонический состав начальных пусковых моментов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Mconst	-0,19	-0,172	-0,115
1-я гармоника	0,02	0,08	0,002
5-я гармоника	0,009	0,04	0,06
6-я гармоника	0,003	0,14	0,005
7-я гармоника	0,13	0,02	0,002
12-я гармоника	0,006	0,016	0,009

По результатам видно, что значительно снижается начальный пусковой момент, поэтому на начальном этапе пуска индуктивность лучше шунтировать.

На рис. 6–8 показаны зависимости скорости от времени разгона, с индуктивностью равной 8 мН.

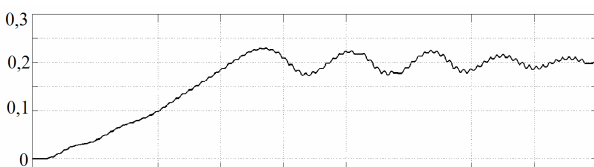


Рисунок 6 – Разгон двигателя с ФН-1

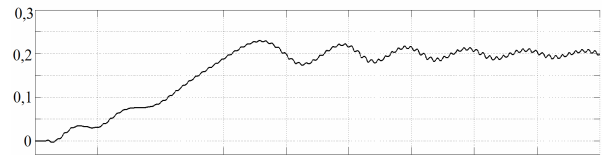


Рисунок 7 – Разгон двигателя с ФН-2

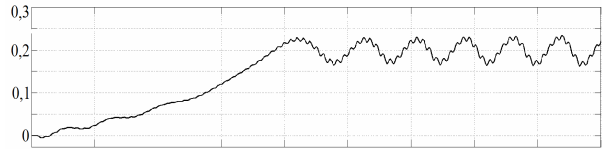


Рисунок 8 – Разгон двигателя с ФН-3

Как можно видеть из графиков разгона, введение индуктивностей в цепь обмотки статора, уменьшила величину пульсаций до разумной величины.

В табл. 7,8. приведены результаты испытаний при скорости близкой к синхронной ($S=0,05$) и фильтрующей индуктивности 8 мН. В этом случае двигатель развивает достаточно большой момент. А действующее значение тока близко к номинальному значению.

Таблица 7 – Гармонический состав моментов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Mconst	-0,89	-0,56	-1,4
1-я гармоника	0,006	0,59	0,006
5-я гармоника	0,005	0,08	0,02
6-я гармоника	1,05	0,04	1,26
7-я гармоника	0,004	0,06	0,01
12-я гармоника	0,08	0,007	0,14

Таблица 8 – Гармонический состав токов

Параметры	Варианты управления		
	1	2	3
Id	1,277	1,65	1,8
1-я гармоника	0,96	1,1	1,3
5-я гармоника	0,68	0,74	1,19
7-я гармоника	0,46	0,24	0,23

ВЫВОДЫ. В результате исследований были определены параметры привода с квазичастотной системой управления при различных методах ФН. Определено, что первый способы ФН-1, ФН-2 имеют лучшие параметры, а также не имеют обратных моментов, которые будут негативно сказываться на различных соединениях и ухудшать работу привода в целом, поэтому они рекомендуются для использования в приводах скребковых конвейеров.

Доказано, что в длительном режиме работы необходимо использовать фильтрующие индуктивности и что их использование уменьшает пульсации момента, а также снижает пусковые токи до номинальных значений и момент до приемлемой величины.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цодик І.А., Худобин К.В., Бакаєв О.В. Испытание асинхронного двигателя в многоскоростном электроприводе // Вестник Национального технического университета "ХПИ". – 2011. – № 60. – С. 74–78.

2. Пат. 71485 України, МПК (2012.01) H02P 7/00. Багатошвидкісний асинхронний електропривід /

И.А. Цодик, О.В. Бакаев, К.В. Худобин. – № u2012 00918; заявл. 30.01.2012; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.

3. Маренич К.Н. Асинхронный электропривод горных машин с тиристорными коммутаторами. Донецк ДонНТУ, 1997. – С. 22–33.

APPLICATION OF PSEUDO-RANDOM FREQUENCY CONTROL IN A SCRAPER CONVEYOR DRIVE

K. Hudobin, I. Tsodik

Donbass State Technical University

prosp. Lenina, 16, Alchevsk, 94204, Ukraine. E-mail: tsodikua@rambler.ru; hudobin1987@mail.ru

The authors have considered the requirements for modern scraper conveyors and examined advantages and disadvantages of the existing methods of two speeds obtaining as well as advantages of a pseudo-random frequency control method for a scraper conveyor drive. The harmonic composition of currents and moments of an asynchronous motor was obtained in accordance with three laws of voltage generating that allows evaluating each of these laws. The experiment with a mathematic model in the MATLAB R2008b environment was conducted. This model was synthesized with the parameters of a single-speed asynchronous motor EDKOFV315M4 manufactured at the factory of Karl Marx. According to the results of the experiments carried out the best suitable law of voltage generating in an asynchronous motor has been chosen.

Key words: scraper conveyor, pseudo-random frequency control, harmonic composition of currents and moments.

REFERENCES

1. Tsodik, I.A., Khudobin, K.V., Bakaev, O.V. (2011), "Test of an induction motor for multi-drive", *Bulletin of NTU "KhPI"*. no. 60, pp. 74–78.

2. Pat. 71485 of Ukraine, МПК (2012.01) N02R 7/00. Bagatoshvidkisny asynchronously elektroprivid, Tsodik, I.A., Bakaev, O.V., Hudobin, K.V.,

№ u2012 00918, Appl. 30.01.2012, Publ. 10.07.2012, Bull. Number 13.

3. Marenich, K.N. (1997), *Asynchronous electric mining machines with thyristor switches*. Donetsk: Donetsk National Technical University, pp. 22–33.

Стаття надійшла 18.06.2013.