

УДК 621.313.33

д.т.н. Заблодский Н. Н.
(НУБиП, г. Киев, Украина, e-mail: zablodskiyinn@gmail.com),
магистр Худобин К. В.
(Международный Комитет Красного Креста
г. Киев, Украина, e-mail: wathab1987@mail.ru)

КВАЗИЧАСТОТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ – КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Исследованы пусковые возможности асинхронного привода, питающегося от частотного преобразователя с квазичастотным управлением, при работе скребкового конвейера в аварийных режимах, возникающих при заклинивании тягового органа на различных расстояниях от приводного двигателя.

Исследования проводились на математической модели скребкового конвейера, которая состояла из модели тиристорной системы управления, позволяющей формировать квазисинусоидальное напряжение на зажимах двигателя частотой 10 Гц, модели асинхронного двигателя, учитывающей эффект вытеснения тока и насыщения магнитной системы, модели тягового органа конвейера, состоящего из цепи, с закрепленными на ней нагруженными скребками.

Приведены механические характеристики двигателя при питании его как от сети, так и от тиристорной системы управления, позволяющей формировать квазисинусоидальное напряжение. Показано, что в 88% случаев заклинивания тягового органа, квазичастотная система управления позволяет стронуть груз с места, поэтому имеет большие преимущества перед прямым пуском двигателя от сети.

Ключевые слова: *Скребковый конвейер, заклинивание тягового органа, квазичастотное регулирование, пусковые характеристики.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Основным средством транспортировки угля в лаве является скребковый конвейер, от бесперебойности работы которого зависит производительность добычного участка в целом.

Эксплуатация шахтного скребкового конвейера отличается интенсивным разгоном тягового органа при пуске, что создает опасность травматизма для обслуживающего персонала в стесненном пространстве очистного забоя. Кроме этого, в процессе эксплуатации имеют место пуски груженого скребкового конвейера, что сопряжено с необходимостью преодоления повышенных моментов сопротивления.

Постановка задачи. Анализ технической литературы показывает, например, [1], что момент сопротивления при трогании скребкового конвейера в 1,6 – 1,8 раза

превышает величину момента сопротивления в процессе установившегося движения.

Поэтому в приводах скребковых конвейеров применяются асинхронные двигатели с двойной клеткой, что позволяет получить наибольший пусковой момент.

На сегодняшний день для обеспечения плавности пуска конвейера используются гидромуфты. Однако ее пуско-защитные функции реализуются не в полной мере. Механическая характеристика гидромуфты позволяет осуществить разгон при малой нагрузке АД, однако создает условия для резкого наброса вращающего момента на трансмиссию при достижении двигателем номинальной скорости. Высокий момент инерции гидромуфты приводит к

© Заблодский Н. Н., 2016

© Худобин К. В., 2016

увеличению растягивающих усилий тягового органа при его стопорении, что может вызвать порыв цепи.

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость поиска новых технических решений в области управления пусковыми режимами привода.

В перспективном электроприводе уровень ступени пусковой скорости должен быть соразмерим со скоростью перемещения человека в условиях очистного забоя и не превышать 0,2 – 0,3 м/с.

Перечисленные требования при пуске скребкового конвейера можно осуществить путем управления частотой вращения ротора асинхронного двигателя (АД).

Анализ известных способов частотного регулирования дает основания полагать, что наиболее приемлемым для данных условий является способ квазичастотного управления АД, при котором за счет программного переключения групп тиристорного силового коммутатора на его выходе формируется трехфазное напряжение фиксированной пониженной частоты.

Проведенными исследованиями доказано, что для асинхронных двигателей с двойной клеткой на роторе предпочтительным является закон формирования напряжения, при котором в различные фазы попарно подключаются тиристоры разного направления [2]. Переключение происходит через время, равное $T/6$, где T это период формируемого напряжения пониженной частоты. На рисунке 1 приведен характерный вид напряжений фаз А, В, С, соответственно, которое формируется на зажимах двигателя.

Одним из преимуществ указанного закона формирования напряжения является устойчивая работа при номинальной скорости. Для оценки пусковых свойств привода при питании двигателя от тиристорного преобразователя с квазичастотной системой управления была синтезирована

математическая модель, которая состояла из следующих блоков:

- тиристорная система управления, позволяющая формировать квазисинусоидальное напряжение на зажимах двигателя частотой 10 Гц;

- математическая модель асинхронного двигателя ЭДКОФВ315М4. Этот двигатель используется в приводах скребковых конвейеров. Его математическая модель учитывает эффект вытеснения тока и насыщение магнитной цепи. Принципы синтеза таких моделей асинхронных двигателей изложен в [3];

- тяговый орган конвейера. Он состоит из цепи, с которой перемещаются скребки. С точки зрения математического моделирования тяговый орган представляет систему с распределенными параметрами. В модели этот блок представляется системой элементов, между которыми имеются упругие связи, а на каждый элемент действует сила сопротивления.

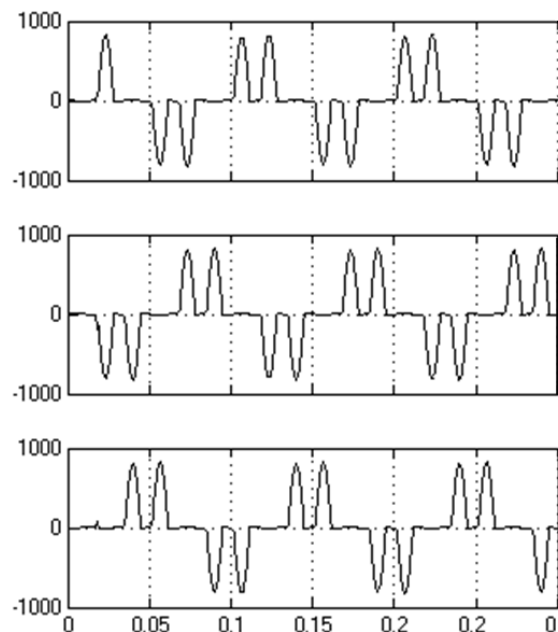


Рисунок 1 – Характерный вид квазисинусоидального напряжения

Изложение материала и его результаты. Для составления математической модели был взят конвейер скребковый забойный

серии СП330, выпускаемый на ПАО "Свет шахтера". Параметры модели получены на основе технических характеристик тягового органа скребкового конвейера СП330. Расчетная длина конвейера 300 м. При расчетах принято допущение, что нагрузка между двигателями многодвигательного привода распределена равномерно.

На модели исследовался запуск нагруженного конвейера после остановки его тягового органа при питании двигателя как от сети с номинальным напряжением, так и от тиристорного преобразователя с квазичастотной системой управления. Как известно, в случае остановки конвейера, происходит слеживание горной массы, и для ее сдвига требуется значительно большее пусковое усилие.

На рисунке 2 показана зависимость перемещения элементов тягового органа от времени, при питании двигателя от сети, полученная по результатам испытаний математической модели.

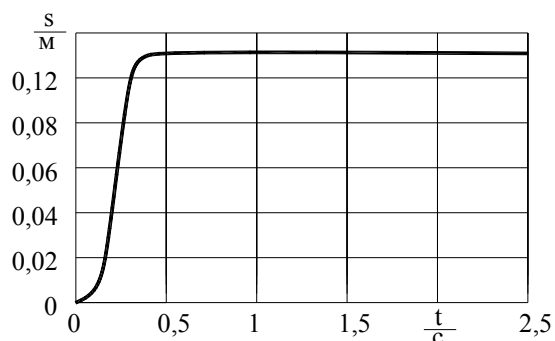


Рисунок 2 – Перемещение элементов конвейера со слежавшейся горной массой (питание двигателя от сети)

Из графика видно, что все элементы конвейера переместились приблизительно на 0,13 м и остановились. Перемещение произошло из-за того, что в процессе трогания происходит натяжение цепи и ротор накапливает кинетическую энергию, что и позволяет стронуть груз с места. Однако усилия двигателя не достаточно, чтобы перемещать его далее.

При пуске с системой тиристорного управления, которая формировала квазисинусоидальное напряжение, как видно из рисунка 3, конвейер пришел в движение.

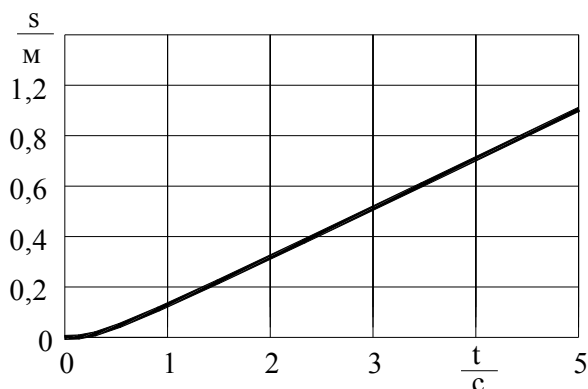


Рисунок 3 – Перемещение элементов конвейера со слежавшейся горной массой (питание двигателя от тиристорного преобразователя)

Этот факт можно объяснить следующим образом. Если сравнить механические характеристики привода для различных условий питания двигателя, приведенные на рисунке 4, то видно, что при питании двигателя от сети (кривая 1) он имеет больший начальный пусковой момент. Однако, по мере разгона, как и у большинства двигателей с двойной клеткой электромагнитный момент начинает снижаться. В тоже время, при питании двигателя через тиристорный преобразователь частоты (кривая 2), момент по мере разгона растет.

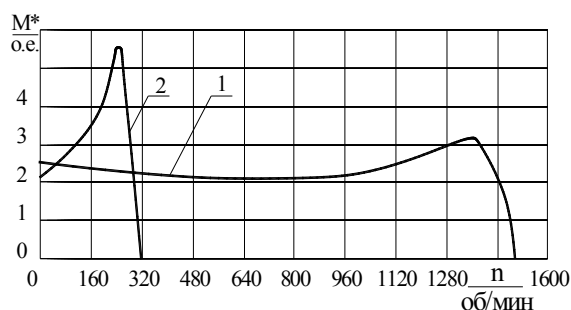


Рисунок 4 – Механические характеристики двигателя

Учитывая, что при распределенной нагрузке, момент сопротивления возрастает по мере натяжения тяговой цепи, то полная нагрузка на двигатель приходится тогда, когда он уже вращается и развивает момент значительно больший, чем при питании его от сети. Результаты эксперимента, которые подтвердили эту особенность, позволяют утверждать, что применение квазичастотного управления двигателем позволяет улучшить пусковые свойства конвейера.

Вторая особенность работы скребкового конвейера – это вероятность его заштыбовки, т. е. заклинивания тягового органа во время работы. В этом случае конвейер необходимо запускать в условиях, когда на отдельном, локальном, участке тягового органа сопротивление движению резко возрастает. В этом случае представляет интерес сравнить максимальное усилие, которое достигается в месте заштыбовки в зависимости от его расстояния до приводного двигателя. Учитывая, что момент изменяется с большой скоростью, в качестве критерия примем среднее за 0,5 с. усилие в месте заштыбовки, приведенное к валу двигателя. На рисунках 5–7 показаны кривые изменения среднего момента при различных местах заклинивания грузевого конвейера.

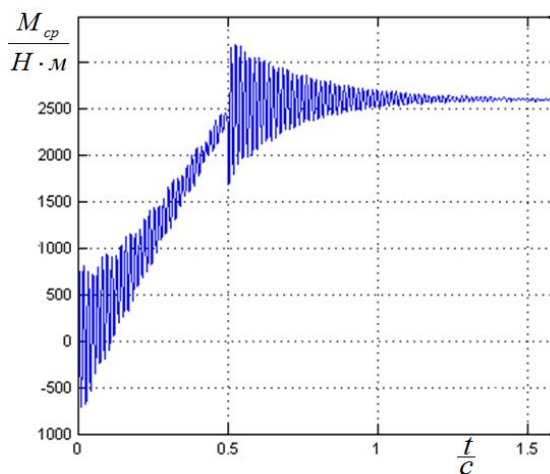


Рисунок 5 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в начале конвейера, питание от сети)

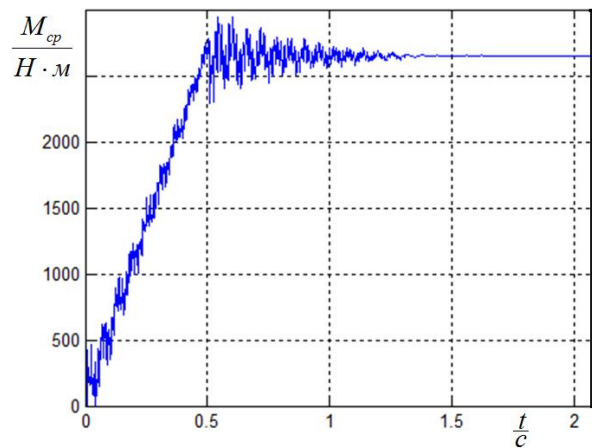


Рисунок 6 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в середине конвейера, питание от сети)

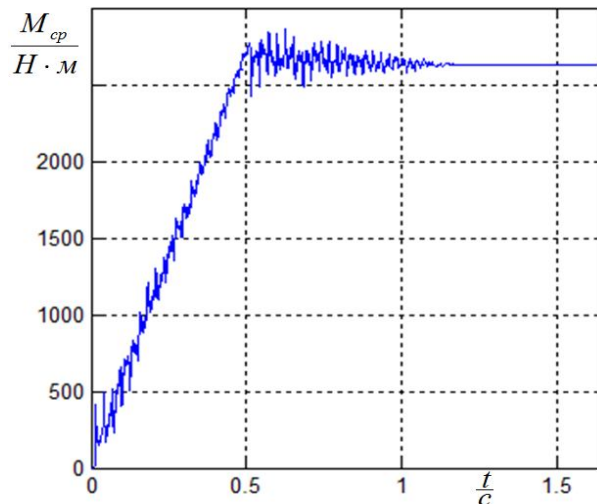


Рисунок 7 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в конце конвейера, питание от сети)

Анализ приведенных результатов показывает, что при заклинивании в месте заштыбовки наблюдается ударное возрастание усилия, связанное с кинетической энергией ротора. Причем, чем дальше от приводного двигателя место заштыбовки, тем сильнее демпфируется этот удар. В среднем усилии, примерно, равно начальному пусковому моменту двигателя и составляет 2600 Н·м, что недостаточно, чтобы стронуть груз с места при заклинивании цепи.

Аналогичные исследования были проведены при питании двигателя через тиристорный преобразователь, который формировал квазисинусоидальное напряжение (рис.1).

На рисунках 8–10 приведены кривые среднего момента при заклинивании тягового органа на различных расстояниях от приводного двигателя, при питании от преобразователя.

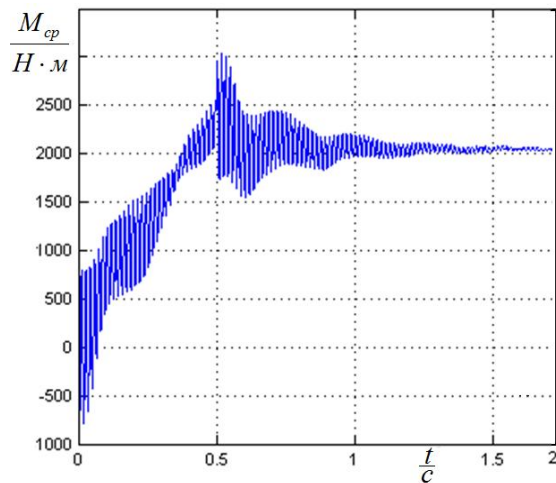


Рисунок 8 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в начале конвейера)

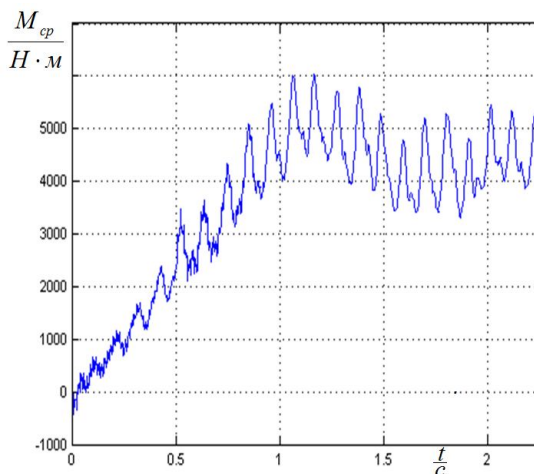


Рисунок 9 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в середине конвейера)

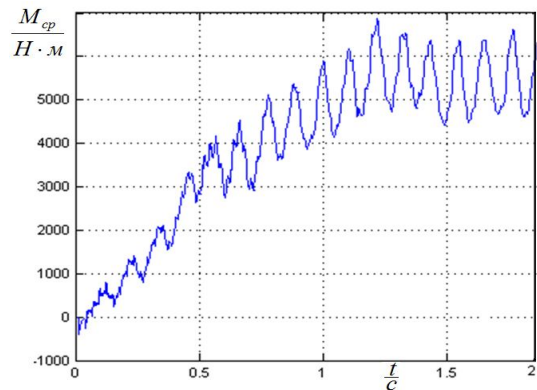


Рисунок 10 – Кривая изменения среднего момента (заклинивание в конце конвейера)

Выводы и направление дальнейших исследований.

Анализ полученных зависимостей показывает, что при заклинивании в начале конвейера наблюдается ударное повышение силы, а затем, ее приведенное значение остается на уровне 2000 Н·м, что недостаточно для приведения груза в движение.

При заштыбовке в середине и в конце конвейера, за счет пульсирующего момента усилие колеблется. Среднее значение приведенного усилия составляет 4500 Н·м (при заклинивании в середине конвейерной цепи) и 5500 Н·м (при заклинивании цепи в конце конвейера).

Если считать, что усилие по длине конвейера изменяется линейно, то несложные расчеты показывают, что при длине конвейера в 300 м на расстоянии большем 36 м усилие в месте заштыбовки превышает 2600 Н, и является достаточным для трогания тягового органа после заклинивания.

Таким образом, применение квазичастотного управления при пуске заштыбованного конвейера повышает вероятность успешного запуска при заклинивании цепи не ближе 36 м от приводного двигателя.

Анализ статистических данных мест заклинивания цепей скребковых конвейеров показывает, что заклинивание цепей в середине цепи и далее от приводного двигателя составляет более 88% всех аварийных остановок конвейера. Таким образом, в 88 % случаев питание двигателя от преобразователя частоты с квазичастотной системой управления имеет преимущества перед прямым пуском.

Библиографический список

1. Лаусенко А. В. *Скребоквые конвейеры: справочник / под ред. А. В. Леусенко.* – М.: Недра, 1992. – 221 с.
2. Цодик И. А. *Исследование асинхронного привода с квазичастотным управлением / И. А. Цодик, К. В. Худобин // Вестник НТУ "ХПИ".* – 2012. – № 61. – С. 124–128.
3. Худобин К. В. *Учет эффекта вытеснения тока и насыщения магнитной цепи в математической модели асинхронного двигателя / К. В. Худобин, И. А. Цодик // Наукова практичний журнал «Електротехніка і Електромеханіка».* – 2014. – № 2. – С. 200–203; 56–59.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Паэрандом Ю. Э., д.т.н., проф. НТУ «ХПИ» Павленко Т. П.

Статья поступила в редакцию 05.02.16.

д.т.н. Заблодський М. М. (НУБіП, м. Київ, Україна), **магістр Худобін К. В.** (Міжнародний Комітет Червоного Хреста, м. Київ, Україна)

КВАЗИЧАСТОТНЕ КЕРУВАННЯ – ЯК ЗАСІБ ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА

Досліджено пускові можливості асинхронного приводу, що живиться від частотного перетворювача з квазичастотним управлінням, при роботі скребкового конвеєра в аварійних режимах, що виникають при заклинюванні тягового органу на різних відстанях від приводного двигуна.

Дослідження проводилися на математичній моделі скребкового конвеєра, яка складається з моделі тиристорної системи управління, що дозволяє формувати квазісіносоїдальну напругу на затискачах двигуна частотою 10 Гц, моделі асинхронного двигуна, що враховує ефект витіснення струму та насичення магнітної системи, моделі тягового органу конвеєра, що складається з ланцюга, з закріпленнями на ньому навантажених скребоків.

Наведено механічні характеристики двигуна при живленні його як від мережі, так і від тиристорної системи управління, що дозволяє формувати квазісіносоїдальну напругу. Показано, що в 88% випадків заклинюванні тягового органу, квазичастотна система управління дозволяє зрушити вантаж з місця, тому має великі переваги перед прямим пуском двигуна від мережі.

Ключові слова: *Скребковий конвеєр, заклинювання тягового органу, квазичастотне регулювання, пускові характеристики.*

Full Doctor (Engineering) Zablodskyi M. M. (NULES, Kyiv, Ukraine), **master Khudobin K. V.** (International Committee of the Red Cross, Kyiv, Ukraine)

QUASIFREQUENCY MANAGEMENT – AS MEANS OF IMPROVEMENT OF OPERATIONAL QUALITIES OF THE SCRAPER CONVEYOR

Starting opportunities of the asynchronous drive which is powered by the frequency converter with quasifrequency management are investigated during the operation of the scraper conveyor in the emergency operation arising when jamming traction body at various distances from the driving engine.

Researches were conducted on mathematical model of the scraper conveyor which consisted of the model of the thyristor control system allowing to form quasisinusoidal tension on clips of the engine with a frequency of 10 Hz, models of the asynchronous engine, considering effect of replacement of current and saturation of magnetic system, model of traction body of the conveyor consisting of a chain with the loaded scrapers fixed on her.

Mechanical characteristics of the engine at food are provided it both from a network, and from the thyristor control system allowing to form quasisinusoidal tension. It is shown that in 88% of cases of jamming of traction body, the quasifrequency control system allows to shift freight from the place therefore has big advantages before direct launch of the engine from a network.

Key words: *scraper conveyor, jamming traction body, quasifrequency regulation, starting characteristics.*