

ISSN 2220-3699

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ
СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА*

**НОВОКУЗНЕЦК
25-26 НОЯБРЯ 2020 г.**

УДК 621.34.001.2 (0758)

А 18

Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Девятой научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляничика, В.А.Кубарева. — Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2020 г. — 216 с., ил.

ISSN 2220-3699

Сборник содержит труды IX Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию СибГИУ. В докладах представлены результаты научных исследований и практических приложений по проектированию, созданию математических моделей, теоретических основ энергосберегающего автоматизированного электропривода с традиционным и микропроцессорным управлением, решению проблем электроснабжения электрических установок и учета электрической энергии. Рассматриваются решения, ориентированные на применение в производстве и учебном процессе.

Сборник предназначен для научных работников, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Под общей редакцией: д.т.н., проф. Островляничика В.Ю.
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

ISSN 2220-3699

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.stekmaster.ru/assets/files/Schneider%20Electric/ATV_AFE_Catalogue_ru.pdf.

5. Выравнивание нагрузки с помощью преобразователей частоты Altivar 71. Руководство пользователя. - 18с.

УДК 622.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СКИПА ШАХТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ

М. Ю. Борщинский

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье предлагается способ определения положения подъёмного сосуда в стволе, а также способ измерения колебательных движений длинного упругого каната. Использование такого устройства позволит реализовать новые алгоритмы управления шахтной подъёмной установкой (ШПУ) и повысит безопасность её работы.

Ключевые слова: шахтная подъёмная установка, положение, колебания, акселерометр, барометр, альтиметр, радиопередатчик.

Колебательные процессы в валах и нагруженных длинных канатах приводят к резкому возрастанию динамических нагрузок и к интенсивному износу канатов, механических соединений, валов, подшипников, силового электромеханического оборудования, к аварийному выходу из строя подъёмных сосудов, разгрузочных направляющих, электродвигателей. Возрастает вероятность возникновения аварий с вынужденной остановкой производственного процесса. Актуальной остаётся задача совершенствования систем управления на базе современных мощных микроэлектронных средств управления, разработка эффективных алгоритмов на базе новых знаний, способствующих улучшению качественных показателей ШПУ, износоустойчивости и увеличению межремонтных временных промежутков

В системах управления шахтными подъёмными установками определение положения скипа является необходимым условием для формирования закона управления и организации защит. Также при разработке систем управления и настройке режима работы подъёмной установки необходимо обеспечить минимальные динамические нагрузки в головном канате. Организация непрерывного измерения динамических нагрузок в канатах и положения скипа в течение цикла подъёма позволит не только полноценно контролировать параметры работы подъёмной установки для определения фактического режима его нагружения, но и повысит безопасность ее работы в целом.

На данный момент применяются системы управления с косвенным измерением положения скипа по углу поворота барабана подъёмной машины, поскольку угол поворота барабана пропорционален расстоянию, которое проходит подъёмный сосуд вдоль ствола.

На шахтных подъёмных установках преимущественно используются системы с электромеханическими аппаратами задания и контроля (АЗК), выдающими косвенную информацию о положении подъёмных сосудов, контактными и бесконтактными путевыми программными командоаппаратами (ППК). АЗК выдают непрерывную информацию, но из-за того, что вал аппарата присоединяется к барабану через понижающий редуктор, ошибка измерения для глубоких шахт превышает 1,5 метра [1].

Предлагаемый в работе [2] косвенный метод измерения с использованием цифровых фотоимпульсных датчиков обеспечивает существенное улучшение точности непрерывного слежения за местоположением подъёмного сосуда в стволе подъёмной установки.

Существуют системы измерения положения на основе датчиков перемещения каната [3]. На канат предварительно наносятся магнитные метки, а феррозондовые датчики, установленные в непосредственной близости от шкива их, считывают. Минимальная дискретность записи составляет 10 см.

Поскольку датчики расположены не на сосуде эти системы в принципе не в состоянии учитывать колебательные движения,

связанные с длинным упругим канатом, а также вытяжку каната, на котором зацеплен скип, достигающую величины десятков сантиметров.

Применение систем прямого измерения положения подъёмного сосуда и возникающих в процессе движения динамических нагрузок каната позволило бы получить достоверную информацию о текущем положении скипа и использовать её в качестве сигнала обратной связи по положению, обеспечивая точную фиксацию сосуда в заданном месте ствола, а также обеспечить условия затухания колебаний на всех этапах подъёма.

В [4] предлагается применение импульсных радиодальномеров в качестве средства измерения положения скипа ШПУ. Радииодальномеры не чувствительны к пыли и газам, компактны и обладают необходимой точностью. К недостаткам можно отнести то, что предъявляются высокие требования к быстродействию аппаратной части радиодальномера, из-за подверженности радиотехнических измерительных систем помехам необходима дополнительная обработка сигнала, а также невысокое разрешение по дальности (несколько метров).

В [5] предлагается использовать несколько акселерометрических и оптический датчик. Акселерометрические датчики устанавливаются на верхней площадке скипа и измеряют его вертикальные ускорения. Оптический датчик предназначен для определения положения скипа в стволе относительно расстрелов шахтной армировки. Результатом измерений являются единичные сигналы, устанавливающие моменты времени, когда в районе верхней смотровой площадки проходит расстрел. Сигналы с датчиков записываются в память устройства. После ручного считывания они могут быть использованы для оценки динамических усилий в канате и настройке тахограммы движения подъёмной установки. Недостатком этой системы является то, что измеряемые параметры не доступны в реальном времени, что не позволяет системе управления демпфировать колебания. Определения пути относительно расстрелов шахтной армировки даёт невысокую точность.

Исходя из этого датчики прямого измерения должны удовлетворять самым высоким требованиям по защищённости и надёжности.

Анализ рассмотренных способов измерения механических параметров подъёма показал, что необходим поиск иных средств для измерения действительного положения подъёмного сосуда в стволе шахты и усилий в канате. При этом эти средства должны отвечать следующим требованиям:

- простота в установке и надёжность при эксплуатации;
- выдача достоверных данных о величине динамических нагрузок в головных канатах и положении подъёмного сосуда;
- получаемая при помощи аппаратуры информация должна быть доступна в реальном времени;
- низкое энергопотребление, так как предполагается использовать автономный источник питания.
- защищённый корпус, так как предполагается использовать устройство в жёстких промышленных условиях (наличие пыли, влаги);
- возможность работы в широком диапазоне температур.

В данной статье предлагается применение цифрового барометра в качестве средства измерения положения скипа ШПУ. Для определения динамических усилий в канате, как и в работе [5] предлагается использовать акселерометр. Данные с датчиков после получения и обработки микроконтроллером передаются в систему управления ШПУ по радиоканалу. Устройство устанавливается на смотровой площадке скипа, поэтому способно измерять фактические значения положения скипа. Питание устройства автономное.

Функциональная схема устройства измерения параметров подъёма представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная схема устройства измерения параметров подъёма

Высота определяется по принципу того, что с увеличением показателя высоты, атмосферное давление пропорционально уменьшается. То есть барометр представляет собой высотомер (альтиметр) и позволяет определять абсолютные и относительные высоты по изменению атмосферного давления. По соотношению параметров оптимальным оказался выбор датчика MS5611 с точностью измерения до 0,1 м, характеристика которого приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры датчиков

Параметры	MS5611	MPU-6050
Питание, В	1,8 – 3,6	2,375 – 3,46
Рабочий диапазон температур, °C	-40 – 85	-40 – 85
Ток потребления, мкА	12,5	500
Диапазон измерений	10 – 1200 гПа	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16 \text{ g}$ $\pm 250 \text{ } 500 \text{ } 1000 \text{ } 2000$ °/с
Интерфейс	I ² C, SPI	I ² C

Для задачи измерения движения, фиксированного ускорения и низкочастотной вибрации скаipa наиболее подходящим будет акселерометр с переменной ёмкостью.

В качестве акселерометра с переменной ёмкостью выбран модуль с гироскопом, акселерометром и термометром на базе микросхемы MPU-6050, которая используется для определения положения в пространстве мобильных устройств (квадрокоптеры, роботы). Акселерометр используется для измерения линейных ускорений, а гироскоп – угловых скоростей. Совместное использование акселерометра и гироскопа позволяет определить движение тела в трёхмерном пространстве. Параметры микросхемы для сравнения также приведены в таблице 1.

Сбор, обработка и передача данных системе управления осуществляется микроконтроллером. Для применения в устройстве подойдёт любой микроконтроллер, имеющий возможность обмениваться информацией с акселерометром, барометром и радиопередатчиком через интерфейс SPI/I²C. Всем перечисленным требованиям вполне удовлетворяет микроконтроллер STM8S103F3P6. Помимо этого МК имеет трёхуровневый конвейер команд, аппаратное деление и расширенные возможности управления питанием.

Чтобы обеспечить коммуникацию между измерительной частью и системой управления ШПУ необходимо использовать принцип связи, основанный на радиопередаче.

Передатчик должен иметь возможность передавать показания датчиков на расстояние не менее 1 км с достаточной скоростью. В качестве такового выбрана модель приёмопередатчика NRF24L01+ с малошумящим усилителем и усилителем мощности, обеспечивающими выходную мощность на уровне более 20dBm, с заявленной дальностью связи до 1100 метров.

Модуль радиосвязи работает на частоте 2,4 ГГц (трансивер) и основан на чипе от Nordic Semiconductor. nRF24L01+ поддерживает передачу данных до 250Kb/s на расстояние до 1000 метров и может работать на 126 каналов, а также берет на себя такие функции как формирование пакетов, вычисление контрольной суммы, подтверждение приёма и даже автоматическую повторную передачу. При этом различные энергосберегающие режимы позволяют экономно расходовать энергию, при работе от батарей.

На рисунке 2 показано расположение приёмопередающих антенн устройства, расположенного на скипе и устройства, расположенного на разгрузочной площадке.

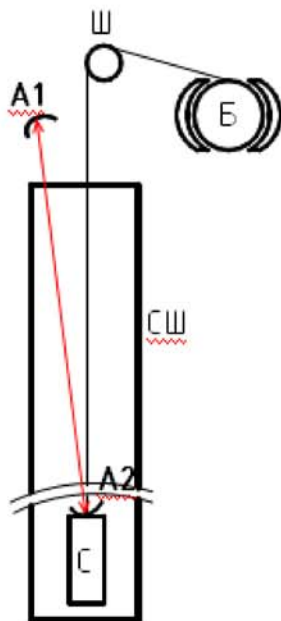


Рисунок 2 – Расположение антенн устройства

Б – барабан, Ш – шкив, А1 – приёмопередающая антенна на разгрузочной площадке, А2 – приёмопередающая антенна на скипе, СШ – ствол шахты, С – скип

Таким образом, предложен способ измерения положения скипа и усилий в канате с помощью цифровых барометра акселерометра. Устройство даёт возможность выводить результат измерения в цифровом виде сразу в систему управления для дальнейшего использования в качестве сигнала обратной связи по положению, а также позволит реализовать более точную защит от аварийных режимов работы ШПУ. Использование информации с акселерометра поможет в уточнении математической модели колебательных процессов в канате и разработке новых алгоритмов управления, подавляющих колебательные и волновые процессы в нём.

Библиографический список

1. Супрунов В.Ф. Привод постоянного тока шахтных подъёмных машин [Текст] / В.Ф. Супрунов. М.: “Недра”, 1978. – 213 с.

2. Кубарев В. А. Программируемый аппарат задания, технологических защит и контроля движения шахтной подъёмной установки (ПАЗК) [Текст] / XI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии", 29 марта - 2 апреля 2005 г. Труды в 2-х т. Т. 1- Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2005. с. 306-308. ____
3. А. с. 1312042 СССР Устройство для записи магнитных меток на канат грузоподъёмной машины/ М.Л. Кисельков, В.В. Андросов и С.С. Рочев //Бюл. – 1987. - № 19. -3 с.
4. Бакулев П. А. Радиолокационные системы. - М., Радиотехника, 2004. – 320 с.
5. Стрелков М.А, Зверев В.Ю., Трифанов Г.Д. Экспериментальные исследования влияния режима работы шахтных подъёмных установок на динамические нагрузки в канате // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. –№ 6. – С. 21-25.

УДК 621.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ SIEMENS

Е.В. Жданов, Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский
*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Аннотация: в данной статье рассмотрены достоинства и недостатки современных крановых электроприводов постоянного и переменного тока, предложены рекомендации к применению того или иного вида электропривода в зависимости от требований и условий эксплуатации.

Ключевые слова: грузоподъемный кран, электропривод постоянного тока, электропривод переменного тока, преобразователь постоянного тока, частотный преобразователь.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Секция 1 Теоретические аспекты и методология построения современного электропривода, подготовка и переподготовка инженерных и научных кадров.....	5
РАЗРАБОТКА МНОГОДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА ВАГОНА РАСКАЛЕННОГО КОКСА УСТК Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский, Е.В. Жданов	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СКИПА ШАХТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ М. Ю. Борщинский	14
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ SIEMENS Е.В. Жданов, Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский	21
ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ ФИРМЫ ОВЕН В. А. Кубарев, О. Р. Галлямов, А. О. Сарсембин, Т. В. Богдановская, А. М. Гуров.....	28
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЛАВНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПРОКАТНОГО ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА ПО СИСТЕМЕ «ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ» В.А. Кузнецов, Н.С. Зайцев, Е.С. Кузнецова	32

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

26-26 НОЯБРЯ 2020 г.

Под. общ. ред.: д.т.н., проф. Островляничка В.Ю.,
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

Техническая редакция: Поползин И. Ю.

Компьютерная верстка:
Поползин И. Ю.

Подписано в печать 03.12.2020

Бумага писчая

Усл. печ. л. 12,56

Печать цифровая

Уч.-изд. л. 12,97

Формат 60x84 1/16

Тираж 50 экз.

Заказ №226_____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ