

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 Всероссийской научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островлянчика, 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. Островлянчика В.Ю.
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

ISSN 2220-3699

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

УДК 621.313.333.2

РАЗРАБОТКА МНОГОДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА ВАГОНА РАСКАЛЕННОГО КОКСА УСТК

Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский, Е.В. Жданов
*Сибирский Государственный Индустриальный Университет,
г.Новокузнецк*

В данной работе предложена установка преобразователя частоты с активным выпрямителем напряжения. Рассмотрены варианты деления нагрузок электроприводов и выбран один из вариантов. Рассмотрен состав системы управления.

Ключевые слова: преобразователь частоты, автономный инвертор напряжения, модуль сетевого фильтра, рекуперация, ведущий-ведомый, командоконтроллер.

Назначение коксового цеха – производство кокса, соответствующего техническим условиям, путем спекания при высокой температуре без доступа воздуха угольной шихты. И получение попутных летучих продуктов коксования [1].

Для тушения кокса сухим способом предназначена установка сухого тушения кокса. Установка представляет собой цилиндрическую камеру, сверху в которую загружается раскаленный кокс и по мере опускания к трактам конвейеров, он тушится охлажденным теплоносителем в виде циркуляционного газа, поступающего в камеру снизу [1].

Подъем вагона раскаленного кокса осуществляется с помощью четырех двигателей. Каждая пара двигателей присоединена к двум редукторам, с помощью которых вращается барабан со стальным канатом (см. рисунок 1).

В данной статье необходимо решить следующие задачи:

– произвести модернизацию системы управления с заменой релейно-контакторной схемы на преобразователь частоты с активным выпрямителем напряжения;

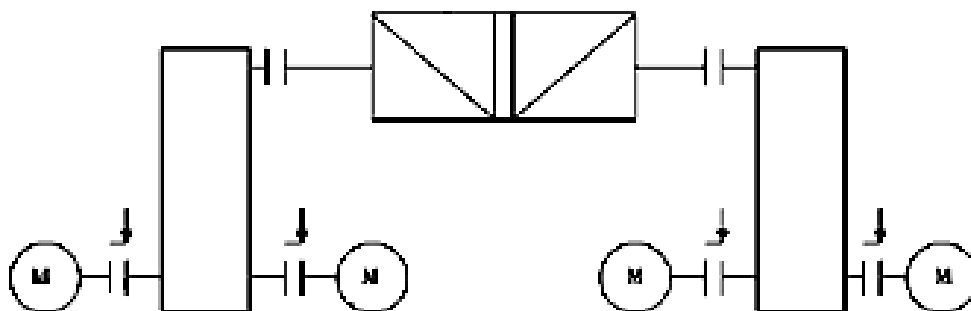


Рисунок 1 – Кинематические схемы подъемника №12 УСТК №4

- выбрать и обосновать структуру частотного электропривода, состав системы управления и их взаимодействие;
- заменить действующую систему управления электроприводами на управление с помощью контроллера;
- рассмотреть деление нагрузок между частотными электроприводами, которые связаны общим механическим валом;
- выбрать способ деления нагрузок между приводами.

На данный момент на подъемнике №14 УСТК №4 используется релейно-контакторная схема. Схема имеет ряд недостатков:

- контактная коммутация, требующая соответствующего обслуживания и ограничивающая срок ее службы;
- ограниченное быстродействие;
- повышенные массогабаритные показатели и энергопотребление.

При замене релейно-контакторной схемы на преобразователь частоты исключаем просадки мощности питающей сети: в момент пуска электродвигателей на доли секунды возникают пусковые токи, превышающие номинальные в 6-8 раз при прямом пуске, и имеющие существенные скачки тока при регулировании скорости.

На УСТК предлагается применить многодвигательный привод на короткозамкнутых асинхронных двигателях (АД), взамен установленных изношенных асинхронных двигателей с фазным ротором. При работе электрических машин на общий вал возникает вопрос о равном распределении нагрузок между ними, а также о доведении технологического цикла до конца при выходе

одного из двигателей. В случае использования электродвигателей одинаковой мощности равномерное распределение нагрузок между ними при отсутствии системы деления нагрузок возможно только в случае строгой идентичности их механических характеристик. Это возможно только в случае равенства углов наклона механических характеристик [3].

При использовании электродвигателей различной мощности необходимо обеспечить распределение моментов между машинами пропорционально номинальной мощности. Для этого у электрических машин меньшей мощности крутизна характеристики должна быть больше [5].

Существенным недостатком данного решения является не идентичность механических характеристик электродвигателей одного типа. Четыре асинхронных двигателя связаны между собой механически, и это приводит к неравномерному распределению нагрузок между приводами в статических и динамических режимах работы, а значит, к перегрузке электродвигателя, обладающего более жесткой механической характеристикой (рис. 2).

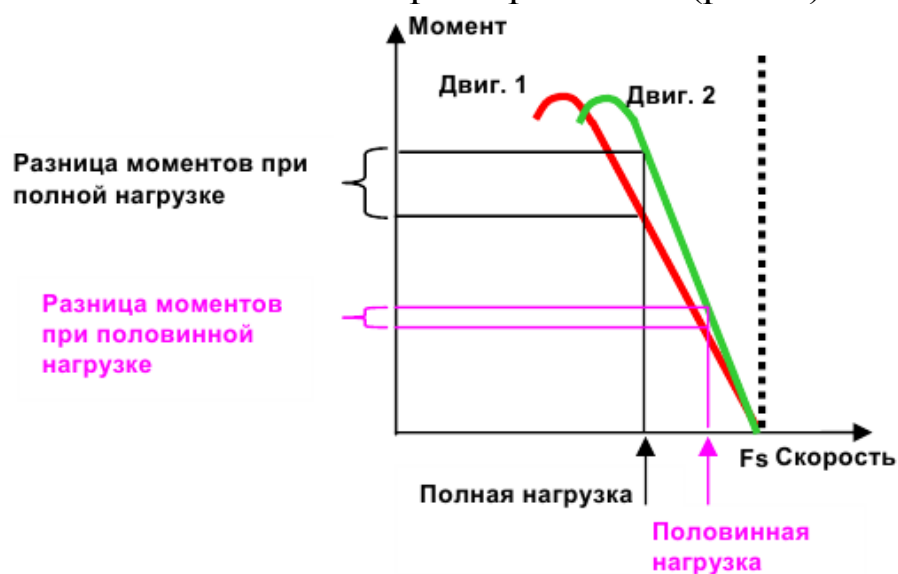


Рисунок 2 – Механические характеристики двигателей с разным наклоном при работе на один вал

Жесткость механической характеристики зависит от скольжения, которое в свою очередь определяется типом и характеристиками двигателя. При параллельном включении

двигателей, имеющих равные скорости идеального холостого хода и связанных общим механическим валом, нагрузка между ними распределяется пропорционально жесткости их механических характеристик.

Деление нагрузки нескольких частотно-регулируемых приводов по системе ведущий-ведомый осуществляется следующим образом: оба привода получают одинаковое задание скорости, кроме того Ведомый преобразователь частоты (ПЧ) получает также от Ведущего ПЧ сигнал задания пропорциональный моменту. Ведомый ПЧ будет управлять двигателем таким образом, чтобы равномерно распределять нагрузку между двигателями.

Преимущества:

- быстрое действующее и точное выравнивание нагрузки;
- полностью настраиваемая система.

Недостатки:

- требуется взаимосвязь приводов;
- при выходе из строя ведущего привода ведомые останавливаются.

Функция «выравнивания нагрузки» в преобразователях частоты Altivar 71 производства фирмы «Schneider Electric» использует искусственное скольжение, формируемое преобразователями частоты. Такой способ выравнивает нагрузку между двигателями с неидентичными характеристиками, поскольку пользователь по существу формирует искусственные характеристики.

Преимущества:

- не требуется взаимосвязи между приводами;
- работа возможна со всеми законами управления в разомкнутой системе;
- настраиваются индивидуальные характеристики двигателей;
- простота реализации.

Недостатки:

- выравнивание нагрузки между неидентичными двигателями будет ухудшаться с увеличением нагрузки (двигатель с более

жесткой характеристикой будет перегружен, тем больше, чем больше нагрузка ввиду нелинейности характеристик);

– нет автоматической компенсации неравномерности нагрузок между двигателями по скольжению при динамических изменениях характеристик.

Функция позволяет лучше распределить момент между четырьмя двигателями за счет изменения скорости в зависимости от момента, аналогично скольжению [4, 5].

Управление электроприводом осуществляется с помощью двухзвенных частотных преобразователей с автономным инвертором напряжения (АИН) и активным выпрямителем напряжения (АВН) фирмы Schneider Electric. Активный выпрямитель напряжения производит рекуперацию электроэнергии в питающую сеть в моменты торможения.

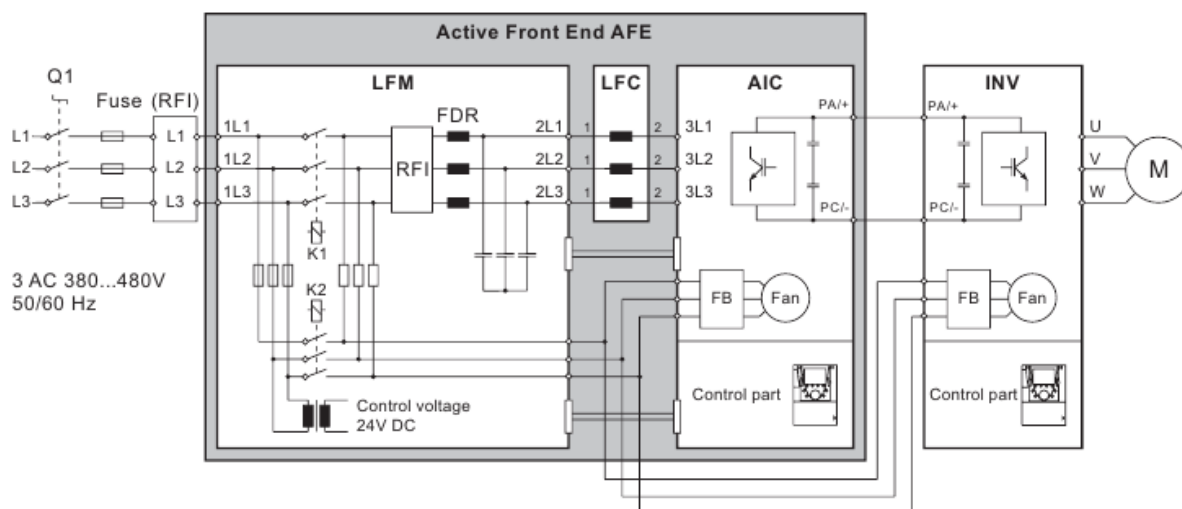


Рисунок 3 – Функциональная схема электропривода АД с АВН и АИН

Активный выпрямитель напряжения состоит из трех модулей (рис. 3), устанавливаемых на входе автономного инвертора напряжения, питающего двигатель. АВН содержит следующие элементы:

1. Модуль сетевого фильтра LFM, устанавливаемый на входе. Фильтр позволяет уменьшить гармоники тока с полным уровнем искажения меньше 10 - 16 %.

2. Сетевой дроссель LFC, состоящий из трех однофазных дросселей. Сетевой дроссель защищает преобразователь частоты при коротких замыканиях на его выходе, ограничивая скорость нарастания тока короткого замыкания и необходим для работы АВН.

3. Активный выпрямитель напряжения АИС является выпрямительным устройством для преобразователя частоты, с помощью которого тормозная мощность может возвращаться в сеть. Он обеспечивает работу электропривода в 4-квadrантном режиме и подходит для любых применений, в которых требуется генераторный режим работы. Он осуществляет двунаправленное преобразование энергии и обеспечивает постоянное напряжение питания вне зависимости от состояния нагрузки [4].

Функциональные возможности автономного инвертора напряжения в электроэнергии:

- возврат более 95% энергии обратно в сеть в тормозных режимах;
- реализация работы частотно-регулируемого привода в 4-х квадрантах;
- обеспечение постоянства напряжения в звене постоянного тока вне зависимости от колебаний сетевого напряжения [4].

Система управления частотными приводами включает в себя командоконтроллер, панель оператора Magelis, тумблеры и кнопки пульта оператора с помощью которых машинист управляет процессом подъема. С этих органов управления приходят сигналы на корзину с контроллером, состоящую из блока питания, центрального процессора, блоков входов и выходов, блока связи.

Существует два режима управления: ручной и полуавтоматический. В ручном сам машинист управляет технологическим процессом, а в полуавтоматическом следит за выполнением цикла и разрешает переход на следующий этап с помощью команды разрешения. В этом же режиме скорость подъема контроллер определяет в зависимости от высоты подъема по заданному технологическому циклу. Из-за особенности конструкций подъемника необходимо использовать 3

установившиеся скорости подъема. Высоту вагона вычисляется на основании данных, полученных с абсолютного энкодера.

В ручном режиме работы командоконтроллер формирует 4 сигнала вперед и 4 сигнала назад. На блок входов одновременно приходит два сигнала с команда-контроллера – это движения вперед или назад и заданная скорость, всего 3 скорости: 10 Гц, 30 Гц и 50 Гц (рис. 4).

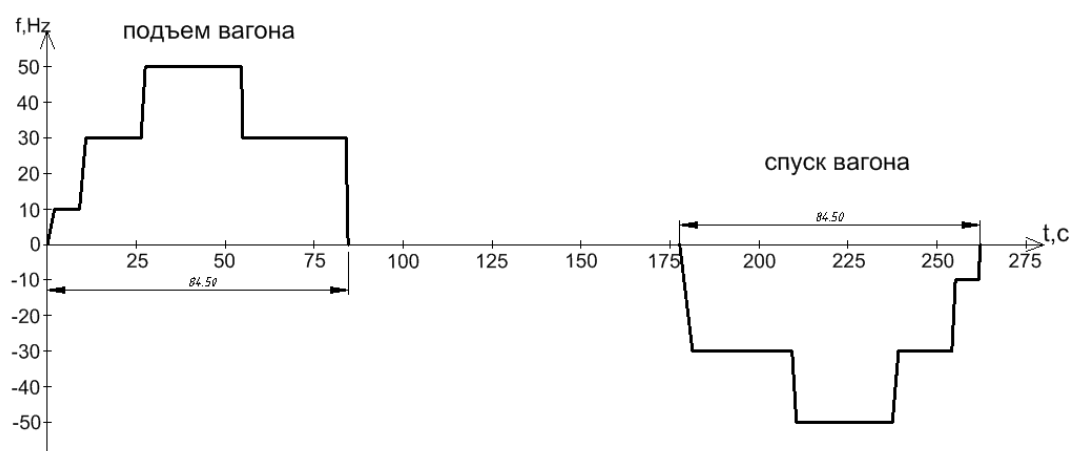


Рисунок 4 – Циклограмма электропривода подъемника №12 УСТК4

Контроллер с блока выходов подает на дискретные входа преобразователя частоты сигналы в виде 0 и 1, тем самым дает команды для пуска и выбора скорости для подъема/спуска. Для получения 4 скоростей необходимо сконфигурировать 2 и 4 скорости (PS4 и PS2) (рис. 5).

4 скорости LI (PS4)	2 скорости LI (PS2)	Задание скорости
0	0	Задание (1)
0	1	SP2
1	0	SP3
1	1	SP4

Рисунок 5– Заданные скорости преобразователя частоты

Выбранный способ деления нагрузок между несколькими электроприводами с помощью искусственного скольжения, формирует задание преобразователям частоты независимо друг от друга. Задание желаемого (искусственного) значения скольжения двигателя, производится при номинальном моменте.

Предложенные решения позволяют получить следующие преимущества:

– экономия электроэнергии за счет рекуперации энергии и компенсации активным выпрямителем реактивной мощности, потребляемой из сети (ориентировочно на 30 %);

– снижение ударных нагрузок на механизмы;

– возможность регулирования скорости подъема/опускания и передвижения за счет замкнутой системы регулирования и высокоточного датчика высоты (абсолютного энкодера);

– возможность удаленной диагностики привода посредством промышленной сети;

– снижение акустического шума механизмов кинематической схемы [5].

Предложенная схема регулируемого электропривода удовлетворяет техническим требованиям. Электропривод позволит повысить качество управления электрическими машинами, увеличить срок службы, надежность оборудования и механизмов.

Библиографический список

1. Азимов А.А. Машины и оборудование коксовых батарей и пекококсовых установок / А.А. Азимов – М.: «Металлургия», 1980 – 88 с.

2. Анучин А.С. Система управления электроприводов: учебник для вузов / А.С. Анучин – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 375. с.:ил.

3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский - М.: Академия, 2006. - 272 с.

4. Активный выпрямитель напряжение Altivar AFE. Руководство по выбору АВН мощностью 120-160 кВт

СЕКЦИЯ 1. Теоретические аспекты и методология построения современного электропривода, подготовка и переподготовка инженерных и научных кадров

[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

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

25-26 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