

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. 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

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.

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

Грузоподъемный кран – машина циклического действия, предназначенная для подъема и горизонтального перемещения груза, удерживаемого грузозахватным устройством до момента разгрузки. Электромеханической системой, которая приводит в движение исполнительный механизм крана, является электропривод. Основное назначение электроприводов кранов – регулирование скорости подъема и скорости механизмов передвижения в некотором диапазоне.

Одним из главных элементов электропривода является электродвигатель. На приводах грузоподъемных кранов применяются следующие двигатели:

- электродвигатели постоянного тока;
- асинхронные электродвигатели с фазным ротором;
- асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки двигателей, используемых на грузоподъемных кранах.

Вид двигателей	Достоинства	Недостатки
Двигатели постоянного тока	- простота устройства и принципов управления; - практически линейные механические и регулировочные характеристики; - большой пусковой момент	- дороговизна изготовления; - износ и необходимость профилактического обслуживания щеточно-коллекторных узлов; - необходимость в выпрямлении переменного тока
Асинхронные двигатели с фазным ротором	- большой начальный вращающий момент; - меньший пусковой ток по сравнению с электродвигателями с короткозамкнутым ротором	- большие габариты; - необходимость обслуживания коллекторно-щёточных узлов; - большие потери; - рывки канатов при переключении ступеней сопротивлений; - малый достигаемый диапазон регулирования

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

Вид двигателей	Достоинства	Недостатки
		скорости
Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором	- дешевизна; - легкость конструкции простота изготовления; - высокий КПД и коэффициент мощности	- большой пусковой ток; - сложное техническое оборудование для регулирования скорости вращения

Электроприводы с двигателями постоянного тока широко распространены на кранах и подъемных установках, которые применяются в тяжелых условиях.

Электроприводы с асинхронными электродвигателями с фазным ротором получили наибольшее распространение на грузоподъемных кранах в советское время и используются в наши дни, однако, вследствие указанных выше недостатков, электрические приводы с данными двигателями морально устарели и уступают по многим параметрам электроприводам с частотно-регулируемыми асинхронными короткозамкнутыми двигателями [1].

Стоит отметить, что электропривод грузоподъемных кранов имеет ряд особенностей, отличающих его от электроприводов других общепромышленных и специальных механизмов [2]:

- механические характеристики электропривода расположены во всех четырех квадрантах; желательное обеспечение плавного перехода приводной электрической машины из двигательного режима работы в генераторный режим при спуске;
- необходимость регулирования скорости в широком диапазоне (до 40:1);
- изменение температуры окружающей среды от -40° до $+60^{\circ}\text{C}$;
- большая запыленность;
- высокая влажность воздуха (до 80 – 90%);
- влияние химических реагентов;
- механические воздействия: вибрации и удары;
- частое отсутствие своевременного и квалифицированного обслуживания;

– жесткие требования в отношении простоты эксплуатации и надежности работы.

Промышленные предприятия в настоящее время модернизируют устаревшие и низкоэффективные электрические приводы кранов, устанавливая современные преобразователи, которые выполняют следующие функции:

- изменение свойств электрической энергии сети и приведение её к необходимому для питания электродвигателей виду;
- осуществление управления электродвигателями;
- защита электродвигателей и самого преобразователя.

Передовым лидером в изготовлении современных и качественных преобразователей для электроприводов является компания Siemens, их серии преобразователей для крановых электроприводов постоянного тока – Sinamics DC Master, переменного тока – Sinamics G130 пользуются большим спросом на рынке и широко распространены на производствах.

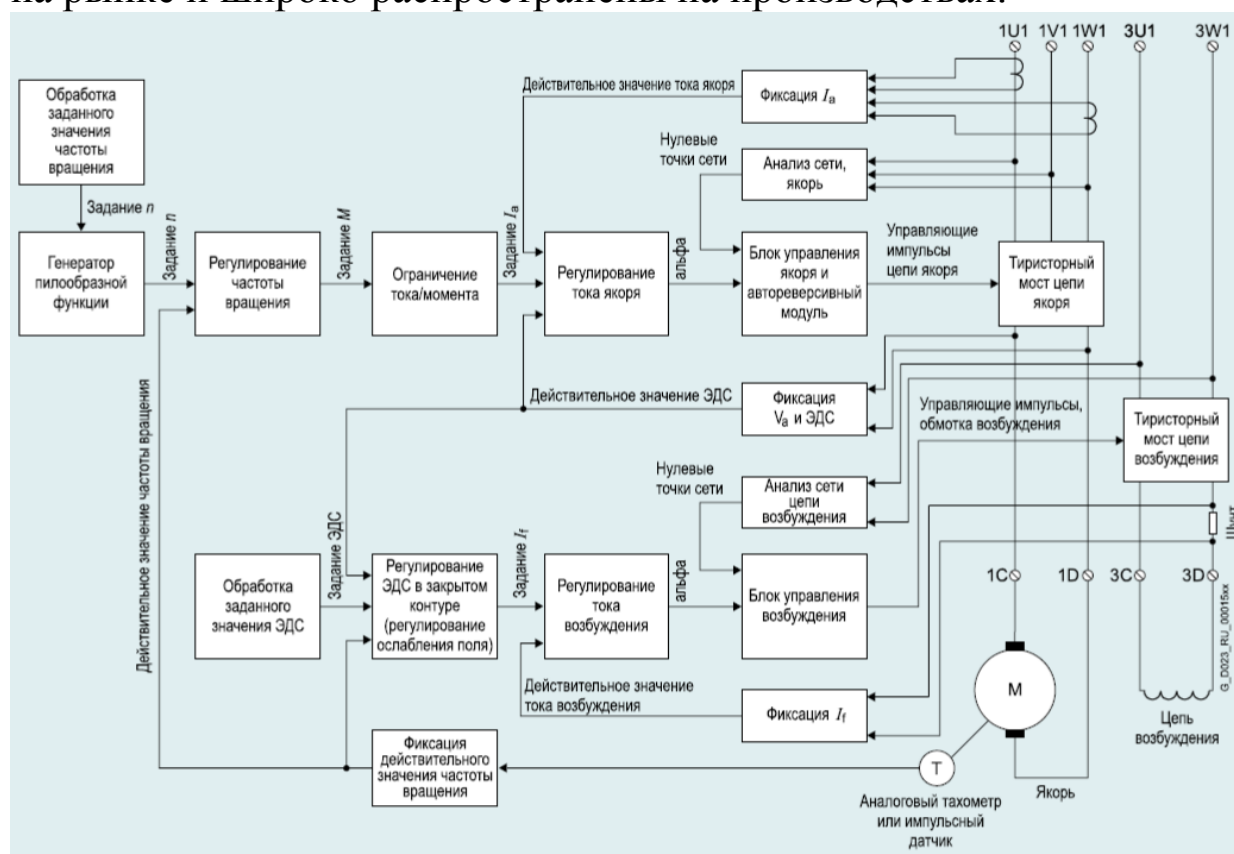


Рисунок 1 – Структура управления преобразователями Siemens серии Sinamics DC Master

Серия преобразователей Sinamics DC Master включает в себя преобразователь постоянного тока и управляющий модуль. Преобразователь имеет встраиваемые блоки для подключения к трехфазному источнику питания. Sinamics DC Master имеет тиристорные схемы выпрямления (рис. 1), необходимые для преобразования переменного тока сети в постоянный для питания якоря электродвигателя и его обмотки возбуждения [3].

Технические и экономические причины использования крановых электроприводов постоянного тока с современными преобразователями:

- четырехквadrантный режим работы с возможностью рекуперации энергии в сеть;
- непрерывная работа на низких оборотах;
- максимальный крутящий момент и малые пульсации момента даже на низких оборотах;
- высокий пусковой момент;
- высокая перегрузочная способность;
- широкий диапазон регулирования скорости с постоянной мощностью;
- малая потребность в месте для установки и небольшой вес;
- работоспособность даже при неидеальном состоянии механических узлов привода;
- надежность.

Особенности электрических приводов постоянного тока:

- частое обслуживание двигателей постоянного тока;
- преобразователи постоянного тока из-за выпрямления тиристорной схемой являются генератором высших гармоник, что неблагоприятно сказывается на питающей сети и требует применение фильтрокомпенсирующих устройств;
- высокие требования к питающей сети.

Серия преобразователей Sinamics G130 – универсальные преобразователи электроприводов переменного тока встраиваемого исполнения для индивидуальных приводов высокой мощности, основанные на частотном управлении асинхронными

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

электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Преобразователи состоят из двух основных компонентов – силового модуля и модуля управления.

Принцип работы частотного преобразователя основан на выпрямлении входного синусоидального напряжения с постоянной амплитудой и частотой выпрямителем, дальнейшим фильтрованием напряжения и обратным преобразованием инвертором постоянного напряжения в переменное с изменяемой частотой и амплитудой [4].

На рисунке 2 приведена принципиальная структура частотного преобразователя Siemens серии Sinamics G130.

Система управления преобразователя предлагает высококачественное векторное регулирование с управлением скоростью и током.

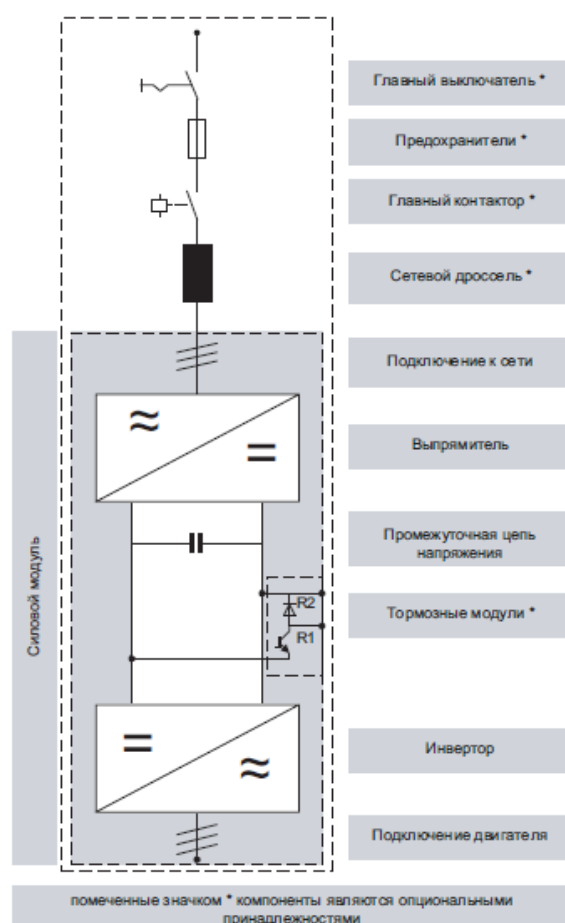


Рисунок 2 – Принципиальная структура частотного преобразователя Siemens серии Sinamics G130.

Технические и экономические причины использования крановых электроприводов переменного тока с с современными преобразователями частоты:

- высокая точность регулирования;
- большой пусковой момент;
- возможность удаленной диагностики привода по промышленной сети;
- повышенный ресурс оборудования;
- высокий КПД;
- высокое быстродействие.

Особенности электрических приводов переменного тока с частотными преобразователями [5]:

- создание преобразователем помех, требующее применение высокочастотных фильтров;
- сравнительно высокая стоимость преобразователей на большую мощность;
- наличие квалифицированного персонала, способного производить наладку преобразователя;
- узкий температурный диапазон эксплуатации преобразователя;
- высокие требования к состоянию механических узлов электропривода.

Обобщая выше сказанное, если предполагается продолжительная работа электродвигателя на низкой скорости, частые динамические разгоны и торможения, необходим широкий диапазон скоростей при постоянной мощности, если кран работает в тяжелых климатических условиях с плохим состоянием механических узлов приводов, то рекомендуется использование электропривода постоянного тока. На электроприводе кранов переменного тока стоит останавливать выбор когда нет возможности частого обслуживания электродвигателей, важен повышенный ресурс и при небольшой и средней мощности электроприводов.

Библиографический список

1. Современные крановые электроприводы. [Электронный ресурс]: Электрон. дан. – Режим доступа: <https://dvesta.com/technical-solutions/sovremennye-kranovye-elektroprivody/>, свободный. (дата обращения: 08.11.2020)
2. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск 12. Проектирование электроприводов крановых механизмов. Schneider Electric. 2009. – 48 с.
3. Sinamics DCM. Преобразователь постоянного тока, управляющий модуль. Siemens. 2019. – 185 с.
4. Sinamics G130. Руководство по эксплуатации. Siemens. 2009. – 488 с.
5. Электропривод постоянного и переменного тока, сравнение основных характеристик приводов в промышленном применении. [Электронный ресурс]: Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.intechnics.ru/article14.htm>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 10.11.2020)

УДК 681.518.2:681.511.42

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**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Приведена структура и описание программно-аппаратной лабораторной установки для обучения основам программирования интеллектуальных реле в системах управления.

Ключевые слова: система технологической автоматики и защит, система логического управления, электропривод

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

Формат 60x84 1/16

Бумага писчая

Печать цифровая

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 12,56

Уч.-изд. л. 12,97

Заказ №226 _____

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