

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ САМОХОДНОГО ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Е.Г. Бородацкий

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы», г. Екатеринбург

При проведении горнопроходческих работ в качестве шахтного транспорта широкое применение находят самоходные грузовые вагоны. Они обеспечивают доставку руды от бункера перегружателя проходческо-добычного комбайна до конвейера поточно-транспортной системы шахты [1, 2].

На самоходных грузовых вагонах преимущественно используется электрический привод из-за его высокой надежности, хороших регулировочных свойств и удобства обслуживания. Применяются электроприводы как постоянного так и переменного тока. Однако из-за большей стоимости, массы и габаритных размеров, а также необходимости дополнительного обслуживания электропривод постоянного тока получил меньшее применение, чем электропривод переменного тока.

Управление электроприводом переменного тока осуществляется от релейно-контакторной схемы на основе многоскоростных двигателей или от статических полупроводниковых преобразователей частоты. Релейно-контакторные системы управления просты в реализации, но не обеспечивают требуемого качества управления электроприводом. Поэтому в перспективе частотно-управляемый электропривод вытеснит электропривод с релейно-контакторной системой управления.

В настоящее время наиболее распространенной технологией преобразования переменного тока являются системы с двойным преобразованием энергии, содержащие в своей структуре звено постоянного тока. Промышленно освоены массовый выпуск преобразователей частоты, имеющих на входе неуправляемый выпрямитель, а на выходе автономный инвертор напряжения. Для рассеивания энергии торможения в цепь постоянного тока дополнительно устанавливается тормозной резистор и транзисторный ключ (чоппер). Известен пример установки такого преобразователя на самоходный грузовой вагон [3]. Однако, несмотря на высокую надежность и простоту данной схемы, она требует установки тормозного резистора высокой мощности с большим объемом охлаждаемой поверхности. Использование значительного места под тормозной резистор ограничивает ее применение на самоходных вагонах.

Большой перспективностью обладают преобразователи частоты, имеющие на входе выпрямительно-инверторный блок. В этом случае энергия торможения возвращается обратно в питающую сеть. Что позволяет снизить массогабаритные показатели и повысить энергетическую эффективность электропривода [4].

Предприятием ЗАО "Автоматизированные системы и комплексы" разработан преобразователь частоты типа ПЧ-ТТЕТ-32-690-50-УХЛ4, отвечающий требованиям, предъявляемым к электроприводу самоходного вагона [5]. Он, предназначен для управления асинхронными электродвигателями мощностью до 30 кВт. Основные технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики ПЧ-ТТЕТ-32-690-50-УХЛ4

Наименование параметра	Техн. данные
Номинальный выходной ток, А	32
Номинальное выходное напряжение, В	690
Номинальное значение выходной частоты, Гц	50

Диапазон изменения выходной частоты, Гц	0-120 Гц
Кратность допустимой перегрузки по току в течение 60 секунд, при повторяемости не более одной в 15 минут	2
Номинальное значение напряжение питания, В	660
Допустимое установившееся отклонение напряжения питания, %, не более	плюс 15, минус 20
Рабочее напряжение дискретных входов и выходов, В	= 24
Вид охлаждения	воздушное естественное
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP00
Масса, кг, не более	65
Габаритные размеры (В × Ш × Г), мм, не более	470×270×590

На рис. 1 изображена структурная схема преобразователя. Он состоит из силовой части и системы управления. Силовая часть получает питание от трёхфазной сети переменного тока с напряжением 660 В и частотой 50 Гц. Во входной цепи

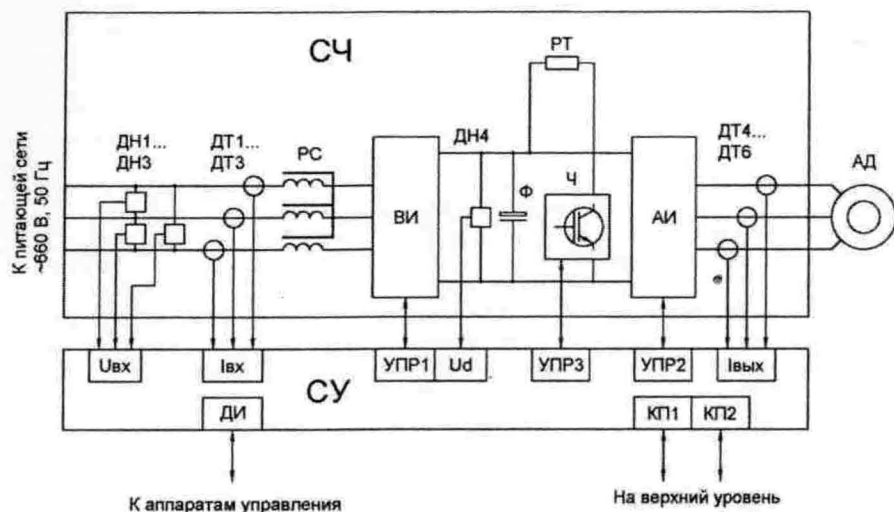


Рисунок 1. Структурная схема преобразователя частоты: СЧ – силовая часть; ДН1...ДН4 – датчики напряжения; ДТ1...ДТ6 – датчики тока; РС – реактор сетевой; ВИ – выпрямитель-инвертор; Ф – фильтр; РТ – резистор тормозной; Ч – чоппер; АИ – автономный инвертор; АД – асинхронный двигатель; СУ – система управления; Uвх, Iвх, Ud, Iвых – сигналы измерения входного напряжения и тока, напряжения в звене постоянного тока и выходного тока, соответственно; УПР1...УПР3 – сигналы управления транзисторами ВИ, Ч и АИ, соответственно; ДИ – дискретный интерфейс; КП1, КП2 – коммуникационные порты.

расположены датчики напряжения и тока, сетевой реактор и выпрямительно-инверторный блок. В звене постоянного тока установлены датчик напряжения, конденсаторный фильтр, тормозной резистор и чоппер. Выходная цепь силовой части преобразователя подключена к асинхронному двигателю и содержит автономный инвертор напряжения и датчики тока.

Измерение напряжений и токов используется для реализации защит и управления работой транзисторов обоих инверторов и чоппера. Сетевой реактор снижает уровень высших гармоник напряжения, генерируемых в сеть. Выпрямительно-инверторный блок преобразует переменный ток в постоянный и обратно. Выпрямленное напряжение сглаживается конденсаторным фильтром. Помимо этого через конденсатор протекает реактивный ток асинхронного двигателя. Автономный инвертор формирует на выходе преобразователя трёхфазное переменное напряжение с регулируемой частотой и действующим значением. Для обеспечения формы выходного напряжения близкой к синусоидальной, применяется синусоидальная широтно-импульсная модуляция. Тормозной резистор с чоппером включаются в работу только при потере питания от сети и обеспечивают остановку самоходного вагона в аварийных ситуациях, например, при обрыве питающего кабеля.

Система управления преобразователя состоит из трёх плат: микроконтроллера, сопряжения и источника питания. Структурная схема изображена на рис. 2.

Плата источника питания запитана от разделительного трансформатора источника питания. Она обеспечивает все элементы системы управления стабилизированными напряжениями питания. Через плату сопряжения к микроконтроллеру подключены периферийные устройства: дискретный интерфейс, драйверы силовых транзисторов и датчики. От пульта управления через дискретный интерфейс поступают сигналы о выборе одной из трёх предустановленных скоростей V1...V3, направления движения ВП – вперёд, НЗ – назад. Здесь же формируется выходной сигнал И для индикации состояния преобразователя.

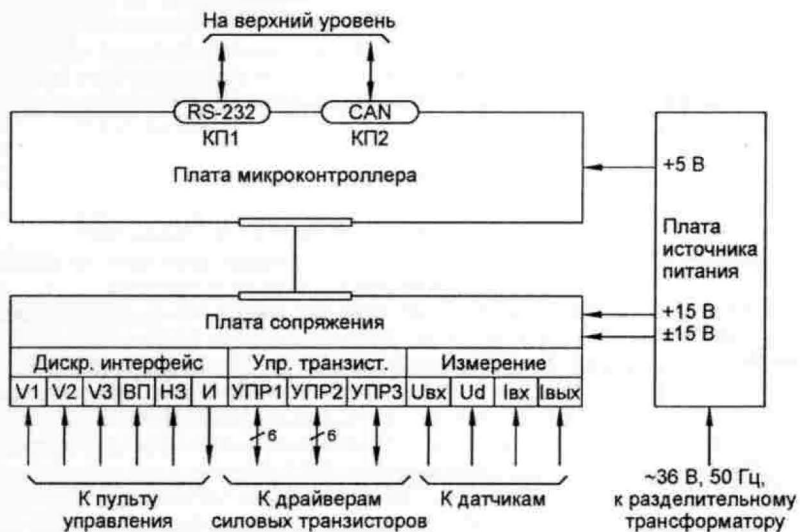


Рисунок 2. Структурная схема системы управления

Алгоритмы управления содержатся в управляющей программе, которая хранится в памяти платы микроконтроллера. Программой обеспечиваются следующие функции:

- индивидуальное управление каждым электроприводом мотор – колеса;
- плавное регулирование скорости движения;
- набор предустановленных скоростей;
- плавный разгон и остановка вагона;
- изменение направления движения;
- антипробуксовочный режим;
- рекуперация энергии торможения при движении вагона вниз под уклон в питающую сеть;
- комплекс защит преобразователя и двигателя;
- обмен информацией с внешними устройствами по последовательному коммуникационному интерфейсу.

Разработанный преобразователь частоты предназначен для размещения во взрывозащищенных корпусах со степенью защиты не ниже IP54.

Заключение

Самоходные грузовые вагоны являются одним из элементов горнопроходческого комплекса, существенно влияющего как на его производительность, так и на энергетическую эффективность.

Для движения вагона и управления движением рациональным представляется система ПЧ-АД с индивидуальным приводом каждого колеса, как имеющая более простую и надежную кинематическую трансмиссию, простоту обслуживания при сохранении высокой управляемости. Сокращение затрат электроэнергии при транспортировке руды достигается за счет рекуперации энергии торможения обратно в сеть при движении вагона вниз под уклон.

На ЗАО "Автоматизированные системы и комплексы", г. Екатеринбург осуществлена разработка преобразователя частоты типа ПЧ-ТТЕТ-32-690-50-УХЛ4, отвечающего требованиям к электрооборудованию, размещаемому во взрывоопасных зонах. Преобразователь прошел опытно-промышленные испытания на самоходном вагоне типа В17К производства ОАО «Копейский машиностроительный завод».

В настоящее время продолжается работа по совершенствованию преобразователя частоты и алгоритмов управления электроприводом передвигания самоходного вагона.

Список использованных источников

1. Бреннер В.А. и др. Шахтные самоходные вагоны. - М: Недра, 1972.
2. Мальчер М.А., Гюбнер Г.Э. Самоходный грузовой транспорт на пневмоходу.- М: "Горное оборудование и электромеханика", 2009, № 8. С. 42-45.
3. Аникин А.С. Опыт внедрения частотно-регулируемого электропривода на базе преобразователя частоты VACON на самоходный вагон В15К. – Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 3: в 5 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. Ч. 2. С.220-226.
4. Бородацкий Е.Г. Повышение энергетической эффективности электропривода передвижения самоходного вагона. Сб. докл. 1-го науч.-практ. семинара с межд. участием «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии».- Екатеринбург: ЗАО «Уральские выставки», 2011. С.68-71.
5. Бородацкий Е.Г., Васильев П.А. Преобразователь частоты для самоходного вагона горнопроходческого комплекса/ Материалы XI межд. науч.-практ. конф. «Проблемы карьерного транспорта» – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – С.56-58