

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА БЕЛАЗ-75131

А. Н. Барташевич

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Ленецкий

Карьерный самосвал БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130–136 т предназначен для транспортировки горных масс в сложных горнотехнических условиях. Трансмиссия представляет собой электропривод переменного тока с тяговым синхронным двухобмоточным генератором (СГ), двумя тяговыми электродвигателями (ТЭД), редукторами электромотор-колес, аппаратами регулирования, приборами контроля и микропроцессорной системой управления.

Выделяют следующие основные режимы работы тягового электропривода (ТЭП) самосвала данной модели: тяговый режим и режим электрического торможения при движении вперед и назад; режим работы ТЭД с ослабленным магнитным потоком возбуждения в тяговом режиме при движении вперед; режим ограничения скорости самосвала.

Если рассматривать силовую цепь трансмиссии относительно энергоэффективного управления, то, в первую очередь, необходимо обеспечивать максимальный КПД ТЭД и СГ в диапазоне рабочих нагрузок. Наилучшие показатели КПД могут быть получены при работе ТЭД в рабочей точке, а работа СГ должна выполняться с номинальной скоростью вращения и номинальным током возбуждения. Таким образом, можно сделать вывод, что данные режимы работы могут быть получены при движении самосвала по ровным участкам трассы, не требующим существенного регулирования координат СГ и ТЭД (работа с установившейся скоростью).

В условиях маневрирования самосвала сохранить энергоэффективность работы СГ практически невозможно, так как необходимо обеспечить регулирование основных координат ТЭД, а систему ТЭД-СГ рассматривать как источник электрической энергии, работающий с максимально возможным КПД. Данные выводы относятся к тяговому режиму работы ТЭП.

Режим электрического торможения карьерного самосвала БелАЗ-75131 также является неэнергоэффективным как при выполнении «стандартного» электрического торможения, так и форсированного электрического торможения. В первом случае ТЭД работают в генераторном режиме, и вырабатываемая им энергия расходуется на нагрев тормозных резисторов. Во втором случае формируется режим противоторможения ТЭД, при котором используется дополнительная энергия от генераторной установки.

Стоит учитывать и режимы торможения для различных условий работы карьерного самосвала, такие, как режим подтормаживания при спуске самосвала с установленной скоростью и режимы торможения при маневрировании. Для режима подтормаживания возможны следующие варианты энергоэффективного управления: использовать часть энергии электрического торможения для питания системы принудительного охлаждения тормозных резисторов, системы освещения и т. п., а также использовать тепловую энергию электрического торможения с помощью жидкого теплоносителя. Для режимов торможения при маневрировании характерны малые значения скорости, поэтому необходимо применение эффективного электрического торможения. Этот режим в данной модели самосвала реализуется с помощью торможения противовключением. Обеспечить энергоэффективность такого торможения можно, не используя энергию генераторной установки. Реализация возможна при использовании накопителей энергии и регенеративного торможения. При регенеративном торможении выполняется двухтактное преобразование энергии: на первом такте накопитель энергии накапливает энергию от ТЭД (режим электрического торможения), а на втором такте отдает ТЭД (режим торможения противовключением).

Таким образом, предлагается реализовать энергоэффективное управление ТЭП карьерного самосвала БелАЗ-75131 одним из следующих способов:

1) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой может обеспечиваться дополнительное или независимое управление ТЭД от статических преобразователей в тяговом режиме;

2) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой будет выполняться использование части энергии электрического торможения в режиме подтормаживания;

3) выполнить модернизацию ТЭП, в результате которой будет выполняться регенеративное торможение при малых скоростях движения карьерного самосвала;

4) выполнить комплексную модернизацию ТЭП в соответствии с пп. 1–3;

5) выполнить разработку ТЭП на базе вентильно-индукторных электродвигателей с независимым возбуждением, обеспечивающего независимое управление ТЭД и формирование требуемых режимов работы.

Упрощенная схема ТЭП, которая обеспечивает независимое управление ТЭД от статических преобразователей (п. 1), представлена на рис. 1.

По отношению к базовому варианту схемы выполнены следующие изменения: убраны тиристоры VS4, VS5, формирующие цепи шунтирования для исключения процесса буксования; диоды катодных групп выпрямителей UZ1 и UZ2 заменены на тиристоры VS1*–VS6*; введен контактор КМ*, контакт которого коммутирует точку соединения обмоток возбуждения ТЭД М1 и М2 с точкой соединения якорных цепей М1 и М2 (анода диодов UZ2). При включении контакта КМ* формируются цепи двух несимметричных управляемых выпрямителей, позволяющих регулировать напряжения на ТЭД М1 и М2. Диоды VD1 и VD2 при работе двигателей в тяговом режиме выполняют роль обратных вентилях, шунтирующих собственно якорные цепи Я1, Д2 ТЭД. При движении на прямых участках трассы КМ* отключается, устанавливается угол управления тиристорами $\alpha = 0$, соответствующий работе неуправляемых выпрямителей UZ1 и UZ2, т. е. восстанавливается структура ТЭП с последовательным включением ТЭД.

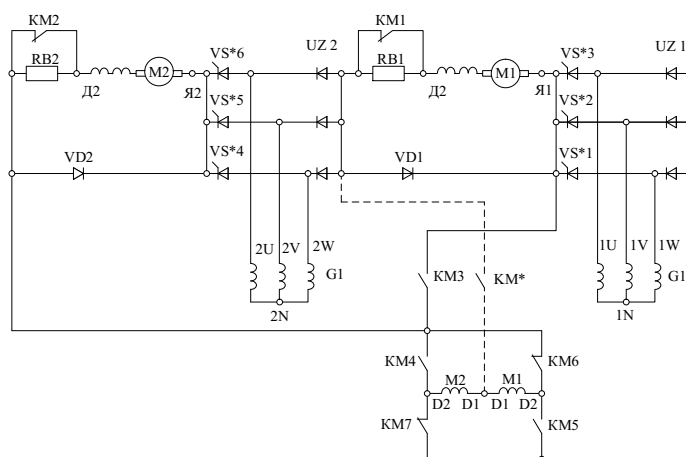


Рис. 1. Упрощенная схема ТЭП, обеспечивающая независимое управления ТЭД от статических преобразователей

При работе ТЭП в режиме подтормаживания параллельно собственно якорным цепям Я1, Д2 электродвигателей М1, М2 можно подключить электроприводы вентиляторов постоянного, либо переменного тока (п. 2). Для поддержания требуемой производительности вентиляторов необходимо использовать регулируемые импульсные преобразователи постоянного или переменного тока. Регулирование выходных координат преобразователей выполняется в соответствии с выбранной характеристикой электрического торможения (скоростью движения карьерного самосвала при спуске). Фрагменты подключения электроприводов вентиляторов представлены на рис. 2.

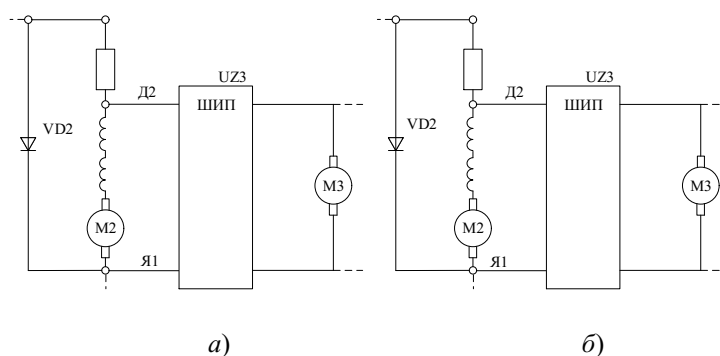


Рис. 2. Фрагменты схем подключения электроприводов вентиляторов

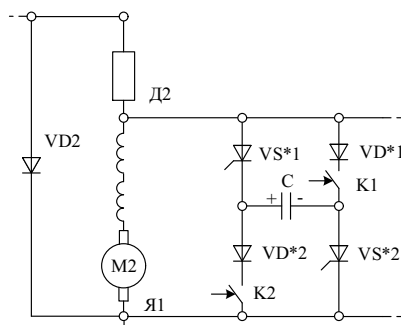


Рис. 3. Устройство форсированного электрического торможения с накопителем энергии

Форсированное электрическое торможение при движении карьерного самосвала на малых скоростях (п. 3) предлагается выполнять в режиме противовключения двигателей М1 и М2 от накопителя энергии. В качестве накопителей энергии наиболее целесообразно использовать конденсаторы двойного электрического слоя. Вариант схемы устройства форсированного электрического торможения с накопителем энергии представлен на рис. 3. Конденсатор C запасает энергию при выполнении регенеративного торможения (режим подтормаживания) с включенными тиристорами $VS1^*$ и $VS2^*$. При заряде конденсаторов тиристоры запираются. При выполнении торможения противовключением выполняется тактирование ключей $K1$ и $K2$. В качестве ключей $K1$ и $K2$ могут быть использованы IGBT транзисторы либо тиристоры с устройствами коммутации. При применении тиристоров установки диодов $VD1$ и $VD2$ не требуется.