

*А.Б. Иванов, канд. техн. наук, Самер Азми Абдель-Жавад  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)*

## **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ**

Большинство рудничных электровозов, применяемых в шахтах, имеют тяговый электропривод с контактной системой управления. Такая система позволяет осуществлять ступенчатый пуск и регулирование скорости с применением пускорегулирующего реостата, а также параллельного и последовательного соединения тяговых двигателей. На аккумуляторных электровозах используется также параллельное и последовательное включение секций тяговых батарей. Применяется реостатное электродинамическое торможение. Такие системы управления тяговым электроприводом недостаточно надежны, их работа сопровождается значительными бросками пускового и тормозного тока и усилий. При этом часто возникает проскальзывание колес электровоза относительно рельсов. Использование реостатной системы управления электроприводом вызывает повышенные потери электрической энергии.

Более совершенными являются бесконтактные системы управления, основанные на управляемых полупроводниковых приборах – тиристорах или силовых транзисторах. Подобные системы были разработаны для аккумуляторных АРП14 и контактных электровозов КТ14 и 2КТ28. Их применение значительно облегчило управление электроприводом рудничных электровозов, позволило существенно расширить функции, выполняемые системой управления. Для контактных электровозов, оснащенных устройствами предотвращения электрических разрядов при съеме тока с контактной сети, использование бесконтактных полупроводниковых систем управления значительно упрощает схему системы управления. Это достигается благодаря тем, что функции полупроводникового выключателя системы предотвращения разрядов могут быть объединены в одном устройстве с функциями силового полупроводникового преобразователя системы управления электроприводом.

Цель исследований – создать микропроцессорную систему управления, соответствующую условиям применения рудничных электровозов и способную к адаптации и усовершенствованию при изменении условий работы электровозов в течении срока службы с минимальными затратами.

В случае использования системы подавления электрических разрядов при токосъеме возникает необходимость обеспечить дополнительные, к уже имеющимся, функции системе управления. Они вытекают из требований к системе контактного электропитания рудничных электровозов, снабженной устройствами подавления разрядов.

При этом:

- должен осуществляться непрерывный контроль за состоянием контактов токоприемника;

- токосъемный узел токоприемника должен иметь параллельно работающие резервированные контакты;

- при нарушении токосъемных контактов должно обеспечиваться прерывание питания от контактной сети потребителей электрической энергии, размещенных на электровозе.

Увеличение числа контактов токосъемного узла токоприемника существенно повышает максимальную продолжительность функционирования системы контактного электропитания, отсчитываемую от момента начала работы токосъемного узла, в течении которого не требуется дополнительного вмешательства в протекание процесса токосъема. Исследования, проведенные в НГУ [1], позволили установить, что реализация требуемых значений числа контактов  $n$ , интенсивности их восстановления  $\mu$  и нарушения  $\lambda$ , при которых заведомо достигается безыскровой токосъем в течение периода движения, обуславливает предельно высокие требования к конструкции и надежности токоприемных устройств (см. ниже).

**Предельные параметры  
токосъемного узла**

$n$	$\lambda (c^{-1})$	$\mu (c^{-1})$
5	0,5	40
7	1,0	25
10	1,5	15

Учитывая, что осуществление безыскрового токосъема с помощью многоконтактного токоприемника и системы контроля токосъемных контактов с блокированием подачи питания на внутренние цепи электровоза перед пуском требует существенного усложнения токоприемных устройств и сохранения высоких требований к их надежности, то более выгодно и целесообразно применять простые токоприемники и более сложные системы управления. Такие системы управления могут надежно работать при существенно меньшем времени непрерывной работы токосъемного узла  $t_u$  и низких требованиях к параметрам  $\lambda$  и  $\mu$ , которые могут быть обеспечены в известных конструкциях токоприемников. Алгоритм работы системы электропитания может быть изменен таким образом, чтобы исключить противоречие между продолжительностью периода работы и ограничениями в отношении параметров надежности процесса токосъема [2]. С этой целью осуществляется прерывистая подача питания к внутренним силовым цепям электровоза на промежутке времени  $t_1$  и создается пауза питания  $t_2$ , в течение которой проводится контроль и блокируется возобновление питания при отсутствии контакта всех токосъемных элементов. В течение интервала времени  $t_1$  осуществляется контроль состояния контактов и производится раннее прерывание питания, если количество нарушенных контактов превысит определенное наперед заданное значение.

Продолжительность паузы питания должна быть такой, чтобы это не вызвало существенного снижения скорости электровоза и не привело к образованию значительных пульсаций главного магнитного поля тяговых двигателей.

Питание может прерываться вследствие следующих причин:

- под влиянием алгоритма прерывания при достижении заданного максимального значения интервала  $t_1$ ;
- устройство подавления дугообразования отключает питание в момент, когда число ненарушенных контактов снизится до заранее заданного минимально допустимого значения  $j$ .

В первом случае число ненарушенных контактов  $n > h > j$ .

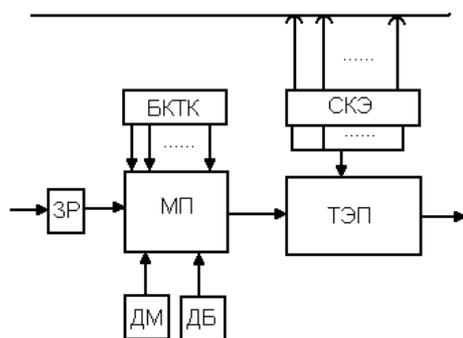
Описанный алгоритм представляет собой новую дополнительную функцию системы управления электроприводом шахтного электровоза.

Еще одна функция, которую желательно реализовать, – предотвращение буксования колес электровоза.

Как в контактных, так и в аккумуляторных электровозах, используемых в шахтах, опасных по газу, необходимо осуществлять блокировку питания, при превышении опасной концентрации метана, с использованием датчика метана, устанавливаемого на электровозе.

В зависимости от условий применения рудничных электровозов и требований, предъявляемых к их системам управления и электропитания, общий алгоритм управления может претерпевать изменения. Учитывая это, целесообразно обеспечить гибкость реализации и адаптации системы управления рудничных электровозов. Для этого наиболее подходит микропроцессорная система управления, адаптация которой к изменению условий эксплуатации и предъявляемым требованиям реализуется на программном уровне. При необходимости могут быть предусмотрены также наращивание и расширение аппаратной части системы при сохранении общего программируемого микропроцессорного модуля. Таким образом, модернизация системы управления электроприводом рудничных электровозов может быть обеспечена в пределах срока службы без существенного увеличения затрат.

Микропроцессорная система управления электроприводом рудничного электровоза (рисунок) функционально может быть построена на базе систем полупроводникового управляемого тягового электропривода ТЭП и подавления электрических разрядов при контактном электропитании. Реализация соответствующих режимов системы управления обеспечивается микропроцессором МП и соответствующими аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями.



Функциональная схема микропроцессорной системы управления рудничным электровозом

Режимы работы электропривода задаются воздействием на вход задатчика ЗР. Указанное воздействие может быть сформировано либо машинистом электровоза, либо автоматически под влиянием экстремальных внешних условий или аварийных ситуаций, либо поступать от дистанционной автоматизированной системы управления движением поездов. В данной системе заложена возможность реализации автоматического вождения составов. От системы контактного электропитания СКЭ информационный поток поступает в блок контроля токосъемных контактов БКТК. Функции выполнения требуемого алгоритма управления, включая формирование сигнала принудительного прерывания питания, в соответствии с приведенным выше описанием обеспечиваются микропроцессором. На схеме показаны также датчики контроля концентрации метана ДМ и системы контроля буксования колес электровоза ДБ. Силовая часть тиристорного ключа и управляемого полупроводникового преобразователя объединяются в одном устройстве и включены в функциональный блок ТЭП.

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- расширение области применения рудничных контактных электровозов в шахтах, опасных по газу и пыли, требует расширения функций системы управления электроприводом электровозов по сравнению с существующими системами управления рудничных шахтных электровозов;
- при использовании устройств подавления электрических разрядов в шахтах, опасных по газу и пыли, применение непрерывного питания с контролем токосъемных контактов и отключением электропитания тяговых электродвигателей и других потребителей электровоза при их нарушении возможно при значительном усложнении токосъемных устройств;
- системы управления с принудительным прерыванием питания и контролем процессов восстановления токосъемных контактов могут надежно функционировать при существенно большей продолжительности работы электровоза и значительно более низких требованиях к параметрам токосъемного узла;
- применение микропроцессорного управления позволяет адаптировать систему к новым требованиям, реализуемым на программном уровне. Сочетание программных и аппаратных средств адаптации обеспечивает требуемую гибкость микропроцессорной системы управления электроприводом рудничных электровозов;
- возможности микропроцессорной системы управления позволяют управлять тяговым электроприводом, подавлять электрические разряды в системе электропитания, вручную или автоматически формировать управляющие сигналы при пуске, торможении, регулировании скорости движения, а также дистанционно управлять движением поездов и реализовать автоматическое вождение составов. Обеспечивается также функция управления при контроле буксования колес электровоза и содержания метана.

## Список литературы

1. Іванов О.Б. Поширення енергоощадних технологій на підземному електровозному транспорті // Матеріали II міжнародної конференції з управління використанням енергії. – Львів. - 1997. - С. 249-251
2. Ivanov A.B. Selection of current collection operation mode and power circuit design // Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 9th International Symposium. – Rotterdam / Brookfield: A.A. Balkema. – 2000. – P. 583-587.