Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.625.28—83

РУДНИЧНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ С ПИТАНИЕМ ОТ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. В. Рысьев, И. М. Столяров, Р. З. Икрамов

Рудничная электровозная откатка контактными электровозами постоянного тока с реостатным управлением имеет ряд существенных недостатков. Наличие преобразовательной подстанции снижает надежность электроснабжения электровозной откатки. При системе постоянного тока на рельсовом транспорте значительной величины достигают блуждающие токи. Подземные металлические сооружения (кабели, трубопроводы и др.), расположенные в зоне блуждающих токов, подвергаются электролитическому разъеданию.

Как известно, при переменном токе явление электролитического разъедания почти отсутствует: примерно в 100 раз меньше, чем при постоянном токе при тех же условиях [Розенфельд, Сидоров, Кузьмин, 1957].

В определенных условиях блуждающие токи представляют серьезную опасность при проведении буровзрывных работ [Грушевский, 1958]. Регулирование скорости рудничных электровозов постоянного тока осуществляется с помощью пусковых реостатов. При этом неизбежны значительные потери энергии в реостате и на пробуксовку [Ренгевич, 1961]. Известны системы однофазно-постоянного тока с автотрансформатором, с реостатным управлением и применением магнитных усилителей, пригодность которых для рудничного транспорта не исследована.

Проблема использования переменного тока в рудничной электровозной откатке назрела давно, однако из-за отсутствия надежных и простых схем электровозов переменного тока она до сих пор полностью не решена. Систему однофазно-постоянного тока с магнитными усилителями не применяли на рудничном транспорте вследствие сложности этих усилителей. Появление новых магнитно-полупроводниковых усилителей упростило схему электровоза.

Предложенный ранее [Столяров, 1963] магнитный усилитель с магнитным ключом управляется электрическим сигналом с помощью полупроводникового триода. Однако это можно осуществить и с помощью управляющего сопротивления. В предлагаемой схеме управления рудничным электровозом (рис. 1) применен новый магнитный усилитель следующей конструкции. На замкнутом магнитопроводе находится силовая обмотка *СО* с промежуточным отводом. Промежуточный отвод и конец обмотки *СО* замыкаются через вентиль *Д* на управляющий дроссель *У*, намотанный также на замкнутый магнитопровод.

Вентиль $Д_у$ шунтирован управляющим сопротивлением $r_у$ или полупроводниковым триодом, который используется для автоматического упра-

вления [Икрамов, 1964]. Рассмотрим ручное управление с помощью $r_у$. Если $r_у = 0$, т. е. вентиль $Д_у$ зашунтирован, к обмотке $У$ приложено переменное напряжение. Индуктивное сопротивление обмотки $У$ достаточно большое, и ток через дроссель практически не протекает. При этом индуктивное сопротивление обмотки $СО$ велико и ток через нагрузку не протекает. Если величина сопротивления $r_у$ достаточно велика, то к обмотке $У$ будет приложено пульсирующее напряжение, сердечник дросселя $У$ насытится, индуктивное сопротивление обмотки $У$ станет малым, и в цепи его будет протекать пульсирующий ток.

Когда к обмотке $СО$ приложится переменное напряжение, то в течение одного полупериода э. д. с., действующая в цепи дросселя $У$, открывает вентиль $Д_у$. Цепь дросселя $У$ можно в этом полупериоде считать закороченной, напряжение на зажимах $а—х$ равно нулю и индукция сердечника останется неизменной.

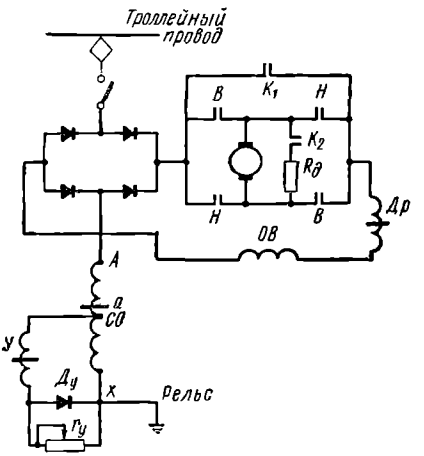


Рис. 1. Принципиальная схема рудничного электровоза переменного тока.

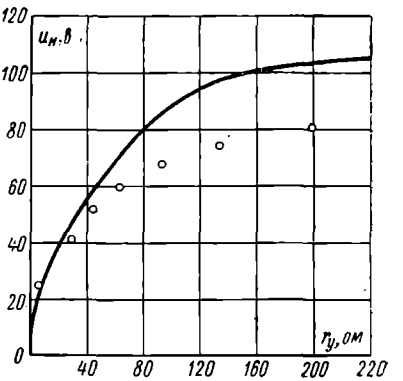


Рис. 2. Характеристика вход-выход усилителя.

В следующем полупериоде, когда вентиль $Д_у$ заперт, напряжение будет подмагничивать сердечник, т. е. сердечник будет подмагничиваться всегда в одном направлении, определяемом полярностью включения вентиля $Д_у$ до индукции насыщения. Напряжение на выходе вентильного моста при этом максимальное.

Схема управления рудничным электровозом следующая. К контактной сети подводится переменное напряжение. Магнитный усилитель регулирует величину напряжения, которое выпрямляется и подается на электровозные двигатели. Электровоз управляется с помощью сопротивления $r_у$, имеющего малую тепловую мощность, вследствие высокого коэффициента усиления магнитного усилителя. Максимальный ток, протекающий через управляющее сопротивление $r_у$, определяется током намагничивания дросселя $У$ При плавном выведении реостата $r_у$ из нулевого положения плавно возрастает напряжение на выходе вентильного моста. Так может быть реализована примерно постоянная сила тяги, близкая к предельной по сцеплению.

В качестве сглаживающего дросселя $Д_р$ в схеме рис. 1 можно использовать устройство для увеличения силы сцепления колеса локомотива с рельсами [Рысьев, Волков, 1962].

Характеристика вход-выход усилителя, построенная по данным опыта, приведена на рис. 2.

Механические характеристики двигателя последовательного возбуждения сняты в исследуемой схеме при различных значениях управляющего сопротивления $r_у$.

Они аналогичны характеристикам двигателя последовательного возбуждения, снятым при u var.

Схема сравнительно проста и компактна. Дроссель *СО* рассчитан на мощность, равную величине регулируемой мощности тяговых двигателей. Дроссель *У* имеет вольтамперную мощность, равную половине регулируемой. Схема испытывалась на шахте № 1 комбината «Сланцы». В контактную сеть подводился переменный однофазный ток нормальной частоты, 380 *в* от общешахтного трансформатора. В качестве нагрузки электровоз перемещал составы из 14 вагонов, груженных сланцем, породой, и состав из 12 вагонов, заполненных грязью из приствольного зумпфа весом более 40 *т*. Характеристика профиля путей аналогична шахтным на других участках. В план пути включались кривые участки с радиусом закругления 20 *м*, в профиль — подъемы до $20^0/_{00}$. До 40% стыковых соединений между рельсами не отвечали установленным нормам или были нарушены. Высота подвески контактного провода — с большими отклонениями от нормы.

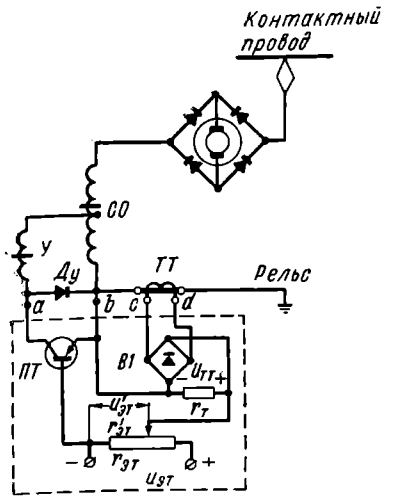


Рис. 3. Принципиальная схема рудничного электровоза переменного тока с обратными связями.

При испытаниях нового электровоза на переменном токе установлены преимущества перед существующими аналогичными электровозами постоянного тока: 1) надежная работа электровоза в тяжелых условиях с большими нагрузками; 2) хорошие регулировочные свойства электрической схемы и ее преимущества в тяговых характеристиках; 3) плавный разгон без ступенчатого реостатного управления, обеспечивающий возможность перемещения больших составов поезда по сложному профилю пути; 4) спокойные графики нагрузки двигателей; 5) бесступенчатый плавный разгон двигателей, сглаживающий пиковые нагрузки при пуске; 6) отсутствие большого падения напряжения в тяговой сети 380 *в*, обеспечивающее почти постоянное напряжение на тяговых двигателях при любой нагрузке, что исключает затяжные разгоны электровоза, сокращает по времени переходные режимы в работе тяговых двигателей при переключениях. Испытания подтвердили хорошие эксплуатационные качества предложенной схемы и перспективность ее применения.

Диапазон регулирования описываемой схемы можно расширить, и низкие скорости при необходимости можно стабилизировать за счет некоторого усложнения схемы. Рассмотрим схему, приведенную на рис. 3.

Схема может быть описана следующей системой уравнений (в общем случае в цепь управления можно ввести сигнал, пропорциональный напряжению нагрузки)

$$u_{э.б} = u'_{э.т} - u_{т.т} + u_{т.н}, \quad u_{т.т} = k_т i_н, \quad u_{т.н} = k_н u_н, \quad u_н = u_с - k_5 i_у,$$

$$n = \frac{u_н - i_н r_я}{C_е \Phi}, \tag{1}$$

$$r_у = r_{э.т} + r_т + r_{т.н},$$

где $u_{э.б}$ — напряжение между эмиттером и базой управляющего триода; $u_{э.т}$; $u'_{э.т}$ — задающие напряжения (подаваемое и снимаемое); $k_т$, $k_н$ — коэффициенты трансформации; $r_у$ — суммарное сопротивление управляющей цепи ($r_{э.т}$, $r_{т.т}$, $r_{т.н}$ — составляющие этого сопротивления); k_5 — коэффициент усиления магнитного усилителя; $u_с$, $u_н$ — напряжение сети, нагрузки; $i_н$ — ток нагрузки; $r_я$ — сопротивление якорной цепи; $C_е$ — машинная постоянная.

Будем считать, что машина не насыщена $\Phi = k_1 i_н$ и обозначим

$$C_е k_1 = C'_е.$$

Решая систему (1) относительно n, получим

$$n = \frac{\frac{k_5 k_{т.т}}{r_у} - r_я - \frac{k_5 k_{т.н}}{r_у} r_я}{C'_е - \frac{k_5 k_{т.н}}{r_у} C'_е} + \frac{1}{i_н} \cdot \frac{u_с - \frac{k_5}{r_у} u'_{э.т}}{C'_е + \frac{k_5 k_{т.н}}{r_у} C'_е}. \qquad (2)$$

Выберем параметры схемы так, чтобы в определенной, наперед заданной точке выполнялось условие

$$u_с - \frac{k_5}{r_у} u'_{э.т} = 0. \qquad (3)$$

Тогда уравнение (2) для этой точки будет иметь вид

$$n = \frac{k_5 k_{т.т}}{C'_е (k_5 k_{т.н} + r_у)} - \frac{r_я}{C'_е}, \qquad (4)$$

и работа двигателя не будет зависеть от тока нагрузки.

Чтобы условие (3) приблизительно выполнялось в широком диапазоне изменения n, необходимо соблюдение неравенства

$$r_{э.т} > r_{т.т} + r_{т.н}.$$

Заключение

Новая схема рудничного электровоза переменного тока с магнитными усилителями и кремниевыми выпрямителями имеет следующие преимущества: 1) упрощение и удешевление схем электроснабжения; 2) снижение потерь электроэнергии при рейсовой работе электровозов; 3) уменьшение пробуксовки колес ведущих полускатов, а следовательно, увеличение производительности электровозов; 4) улучшение условий работы тяговых двигателей, а следовательно, увеличение их срока службы.

ЛИТЕРАТУРА

Грушевский Б. В. Опасность блуждающих токов электровозной откатки для буровзрывных работ. Уголь Украины, № 8, 1958.

Икрамов Р. З., Столяров И. М. Автоматизация пуска рудничного электровоза переменного тока. Изв. вузов, Горный журнал, № 4, 1964.

Ренгевич А. А. Показатели рейсовой работы рудничных электровозов. Вопросы рудничного транспорта, вып. 5. Госгортехиздат, 1961.

Розенфельд В. Б., Сидоров Н. Н., Кузьмин С. Е. Электрические железные дороги. Трансжелдориздат, 1957.

Рысьев А. В., Волков В. Г. Устройство для увеличения силы сцепления колеса локомотива с рельсом. Авторское свидетельство № 145616. ЦБТИ Комитета по изобр. и откр. при Совете Министров СССР, № 6, 1962.

Столяров И. М. Магнитно-полупроводниковый усилитель с магнитным ключом. Электричество, № 7, 1963.