

УДК 621.313.383

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ СКОРОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

В. Н. Кордаков

При движении электровоза по прямолинейному участку пути сопротивление движению непрерывно меняется вследствие изменения профиля пути и уклона. В работе А. А. Ренгевича * указывается, что очень важно правильно учесть уклон пути, поскольку в шахтных условиях постоянные уклоны встречаются редко. Более того, при движении поезда в одном направлении имеются уклоны, меняющиеся не только по величине, но и по знаку. Тяговые двигатели электровоза обладают мягкой механической характеристикой, поэтому при малых нагрузках скорость электровоза изменяется в значительных пределах. Для поддержания заданной скорости электровоза при движении по прямолинейному участку пути машинист должен непрерывно манипулировать ручкой контролера. Исследования, произведенные В. П. Гудаловым на шахтах Донбасса **, показали, что в среднем на один час работы тяговых двигателей электровоза приходится более 700 переключений позиций контроллера, что неблагоприятно сказывается на режиме работы двигателей. Создание электровоза с автоматическим поддержанием заданной скорости значительно облегчит труд машиниста, а также уменьшит условия возможного буксования колес при разгоне и движении электровоза по прямолинейному участку пути при изменяющемся моменте сопротивления на валу двигателя.

* Рудничный преобразовательный электровоз с тиристорным управлением может обеспечить плавное регулирование скорости электровоза изменением напряжения, подводимого к двигателям (рис. 1). На контактный провод подается переменное напряжение промышленной частоты. В данном случае применен несимметричный вентильный мост $B_1 - B_4$, с тиристорами B_2 и B_4 , включенными по схеме «с общим катодом». Для сглаживания пульсаций тока в цепи двигателя применен дроссель Dp и шунтирующий вентиль B_m . При этом среднее значение выпрямленного напряжения равно:

$$U_{cp} = U_0 \frac{1 + \cos \alpha}{2}, \quad (1)$$

где U_0 — напряжение на двигателе при полностью открытых тиристорах;
 α — угол открывания тириستоров.

Для открывания тиристоров применен импульсно-фазовый метод управления. К блоку управления тиристорами предъявляется ряд требований, характерных для электровозной откатки: 1) нечувствительность схемы к изменениям питающего напряжения; 2) восстанавливаемость схемы управления при кратковременном обрыве пантографа от контактного провода.

* Ренгевич А. А. Исследование электровозной откатки на шахтах Донбасса. Уголь Украины, № 8, 1961.

** Гудалов В. П. Экспериментальные исследования режима работы аккумуляторных электровозов в производственных условиях. В сб. Вопр. конвейерного и рельсового трансп. в горной пром., 1963.

Двухканальная схема управления тиристорами основана на вертикальном принципе, т. е. наложении постоянного напряжения на пилообразное (рис. 2). Схема состоит из узлов: 1) блок питания — трансформатор $Tr-I$, вентильный мост, конденсаторы C_1, C_2 и стабилизатор напряжения, выполненный на триоде T_1 и стабилитроне Д811; 2) генератор пилообразного напряжения с синхронизированным запуском от переменного напряжения питания контактного провода, выполненный на триоде T_3 (T_3'), конденсаторе C_3 (C_3') и трансформаторе $Tr-2$; 3) блок сравнения пилообразного и постоянного (управляющего) напряжения — триоды T_2 и T_4 (T_4'); 4) импульсный усилитель — триод T_5 (T_5'), вторичная обмотка трансформаторов $Tr-3$ ($Tr-3'$) и $Tr-4$ ($Tr-4'$); 5) блок автоматического поддержания заданной скорости — тахогенератор $TГ$ с обмоткой возбуждения ОВТ, питаемой от делителя R_2 , переключатель P и задающий потенциометр R_3 .

На первичную обмотку пикового трансформатора $Tr-2$ подается переменное напряжение контактного провода. При прохождении питающего напряжения через 0 на выходе трансформатора $Tr-2$ появляется импульс напряжения, который открывает триод T_3 . Необходимо заметить, что период открывания триода T_3 равен 360° . Сопротивление триода T_3 в открытом состоянии мало, поэтому время разряда конденсатора C_3 будет незначительным. При исчезновении импульса напряжения на выходе трансформатора $Tr-2$ триод T_3 закроется и конденсатор C_3 начнет заряжаться по цепи

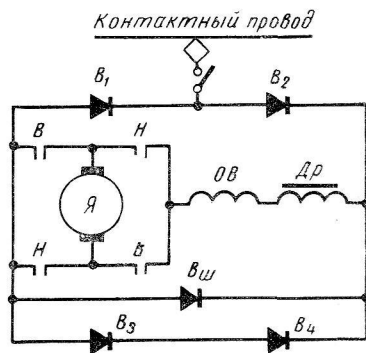


Рис. 1. Принципиальная схема рудничного электровоза с тиристорным управлением.

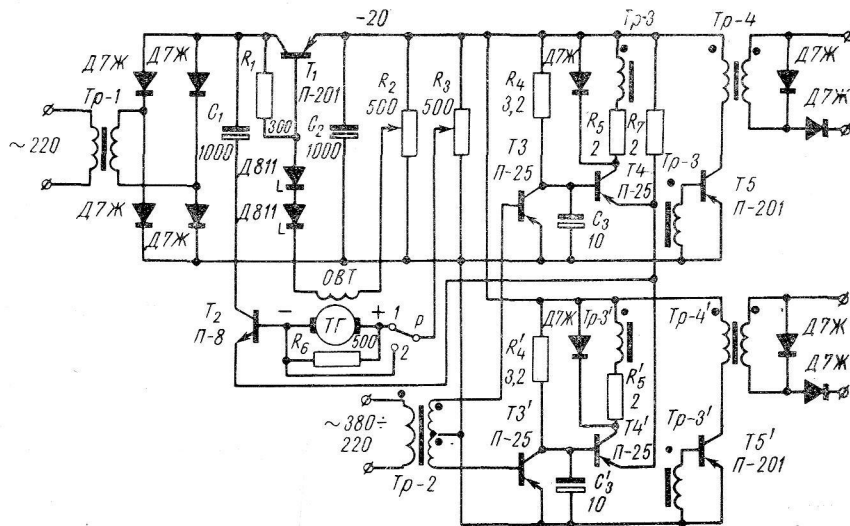


Рис. 2. Принципиальная схема управления тиристорами при автоматическом поддержании заданной скорости.

сопротивление R_4 — конденсатор C_3 . Триод T_4 откроется в том случае, когда напряжения на базе и эмиттере будут равны. Изменяя величину напряжения на эмиттере триода T_4 изменением напряжения подводимого к базе триода T_2 , можно регулировать время отпирания первого, по сравнению с временем отпирания триода T_3 . При открывании триода T_4 на выходе трансформатора $Tr-3$ появится импульс напряжения, который подается на

импульсный усилитель. Со вторичной обмотки импульсного трансформатора *ТР-4* импульс напряжения подается на управляющий электрод тиристора.

Второй канал схемы управления тиристорами работает аналогично. При этом, как показано на рис. 2, трансформатор *ТР-2* и триод T_2 — общие для двух каналов управления тиристорами.

Для плавного регулирования скорости электровоза в широких пределах угол отпирания тириستоров должен изменяться от 0 до 180° , что обеспечивается приведенной схемой управления, которая позволяет изменять угол отпирания от 0 до 360° .

Для автоматического поддержания заданной скорости электровоза в цепь базы триода T_2 введена отрицательная обратная связь по скорости. В качестве датчика скорости применен тахогенератор постоянного тока типа ТД-102, жестко соединенный с валом двигателя. Изменяя величину регулировочного сопротивления R_2 в цепи возбуждения тахогенератора, можно изменять коэффициент обратной связи по скорости, что очень важно при настройке системы автоматического регулирования.

Нагрузка на валу двигателя при движении электровоза по прямолинейному участку пути непрерывно изменяется. При увеличении или уменьшении ее ток двигателя будет увеличиваться или уменьшаться, а соответственно скорость электровоза уменьшится или увеличится, если двигатель работает на заданной механической характеристике.

На рис. 2 видно, что при включении переключателя P в положение 1 схема управления электровозом будет работать в режиме автоматического поддержания заданной скорости, и на базу управляющего триода T_2 подается сумма напряжений, пропорциональная α :

$$\Delta U = U_a + U_{т.г.}, \quad (2)$$

где U_a и $U_{т.г.}$ — напряжения задающее и тахогенератора.

Из выражения (2) видно, что при увеличении или уменьшении скорости электровоза напряжение тахогенератора увеличится или уменьшится и соответственно изменится напряжение управления, если задающее напряжение будет постоянным. Уменьшение или увеличение напряжения управления соответствует увеличению или уменьшению напряжения питания, что видно из выражения (1), поэтому тяговый двигатель будет работать соответственно на более высокой или низкой механической характеристике и скорость электровоза увеличится или уменьшится. Из сказанного следует, что при изменении нагрузки скорость электровоза будет поддерживаться постоянной и точность поддержания ее зависит от коэффициента обратной связи.

В лабораториях электрификации горных предприятий и электрических машин Ленинградского горного института были проведены испытания тяговых двигателей ЭДР-25 и ДК-801А с тиристорным управлением и автоматическим поддержанием заданной скорости. Скорость тяговых двигателей регулировалась плавно в широких пределах при изменении задающего напряжения. Система автоматического поддержания заданной скорости работала устойчиво при изменении режима работы двигателя в широких пределах. В качестве нагрузочного двигателя, находящегося на одном валу с испытуемым, использовался тяговый двигатель ЭДР-25, работающий в режиме противовключения. Скорость испытуемого двигателя уменьшалась на 71% от заданной. При этом работа производилась без блока автоматического поддержания заданной скорости и при изменении тока нагрузочного двигателя пропорционального моменту сопротивления по отношению к испытуемому от 0 до 15% номинального, что соответствует неустойчивой части механической характеристики. При работе испытуемого двигателя с блоком автоматического поддержания заданной скорости и изменении момента сопро-

тивления в тех же пределах скорость уменьшалась на 15% от заданной, что является вполне приемлемым для работы электровозов на шахтах и рудниках.

Выводы

1. Применение тиристорov позволяет плавно, в широких пределах и при наименьших потерях регулировать скорость рудничных электровозов.

2. Предложенная схема позволяет поддерживать заданную скорость в любых пределах в зависимости от коэффициента обратной связи по скорости.

3. Проведенные испытания показали работоспособность предложенной системы управления электровозом.
