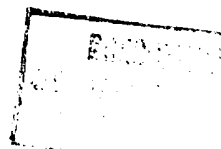




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4492177/03

(22) 10.10.88

(46) 07.06.91. Бюл. № 21

(71) Сибирский металлургический институт
им. Серго Орджоникидзе

(72) В.Ю. Островляничик, В.А. Килин,
В.И. Кузнецов и Э.Б. Цинкер

(53) 622.325(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 114551, кл. Н 02 Р 5/06, 1983.

Авторское свидетельство СССР
№ 1301757, кл. В 66 В 1/24, 1985.

(54) ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА
ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

(57) Изобретение относится к шахтным подъемным установкам и позволяет повысить точность управления электроприводом постоянного тока и снизить динамические нагрузки. Электродвигатель 1 соединен через датчик 2 тока с генератором (Г) 3. Управление Г3 осуществляется от тиристорного преобразователя 5. Параллельно Г3 включен датчик 7 напряжения, выход которого и выход блока 19 растормаживания через командный блок 17 подключены ко входам блока 9 переключения. Выход последнего

2

подключен к блоку 10 задержки, выход которого подключен ко входу пропорционально-интегрального усилителя 11, к которому подключены блок 14 выделения ошибки, соединенный с датчиком 16 скорости и блок 12 задания ускорения и рывка. Задатчик 15, соединенный с релейным усилителем 13 с блоком 12 в обратной связи, и усилитель 11 обеспечивают формирование оптимального управляющего воздействия на входе регулятора 6 напряжения. Дополнительно с участием блока 14 и датчика 16 обеспечивается коррекция управляющего воздействия при изменении параметров привода. Выход датчика 2 тока якоря электродвигателя 1 подключается к первому или второму входам блока 10 задержки с помощью блока 9 переключения в зависимости от логического сигнала на выходе блока 17. Это обеспечивает два уровня токоограничения электропривода. Блок 8 компенсации нагрузки, на входе которого имеются сигналы с выхода датчика 7 напряжения и датчика 2 тока, подключаемого через блок 9, позволяет устранить ошибки управления, вызванные внешними возмущающими воздействиями со стороны нагрузки. 3 ил.

Изобретение относится к подъемным установкам, в частности к электроприводам постоянного тока для шахтных подъемных установок.

Целью изобретения является повышение точности управления электроприводом и снижение динамических нагрузок.

На фиг. представлена функциональная схема электропривода; на фиг. 2 – принципиальная схема электропривода; на фиг. 3 – схема блока задания ускорения и рывка.

Якорь 1 электродвигателя соединен через датчик 2 тока с якорем генератора 3, обмотка 4 возбуждения которого подключена к выходу тиристорного преобразователя 5, вход которого соединен с выходом регулятора 6 напряжения, первый вход которого соединен с выходом датчика 7 напряжения, вход которого соединен с якорем генератора 3, а выход – с первым входом блока 8 компенсации нагрузки, второй вход которого соединен с первым выходом блока 9 пе-

реключений и вторым входом блока 10 задержки, а выход – с третьим входом регулятора 6 напряжения, четвертый вход которого соединен с вторым выходом блока 9 переключений и первым входом блока 10 задержки, а второй вход соединен с выходом пропорционально-интегрального усилителя 11, к которому также подключены первый вход блока 12 задания ускорения и рывка и первый вход релейного усилителя 13, выход которого соединен с первым входом пропорционально-интегрального усилителя 11 и вторым входом блока 12 задания ускорения и рывка, выход которого соединен с вторым входом релейного усилителя 13, третий вход которого соединен с третьим входом блока 12 задания ускорения и рывка, вторым входом блока 14 выделения ошибки и выходом задатчика 15. Выход блока 14 выделения ошибки подключен к четвертому входу релейного усилителя 13, а первый выход – к датчику 16 скорости, который механически связан с якорем электродвигателя 1. Выход датчика 2 тока подключен к первому входу блока 9 переключений, второй вход которого соединен с выходом командного блока 17. Устройство включает также подъемную машину 18 и блок 19 растормаживания, соединенный с выходом датчика 2 тока. Регулятор 6 напряжения включает в себя операционный усилитель 20, инвертирующий вход которого соединен через резистор 21 с первым входом регулятора 6 напряжения, через резистор 22 с вторым его входом, через резистор 23 с третьим его входом, через резистор 24 с четвертым его входом и через резистор 25 и конденсатор 26 со своим выходом и выходом регулятора 6 напряжения.

Пропорционально-интегральный усилитель 11 включает в себя операционный усилитель 27, инвертирующий вход которого подключен к резистору 28, к цепи 29 коррекции, состоящей из параллельно включенных резистора 30 и резистора 31 с конденсатором 32, и соединен через резистор 33 и конденсатор 34 со своим выходом, который является выходом пропорционально-интегрального усилителя 11, первый вход которого подключен к резистору 28, а второй вход – к цепи 29 коррекции.

Релейный усилитель 13 включает в себя операционный усилитель 35, инвертирующий вход которого соединен с вторым входом релейного усилителя 13, через резистор 36 – с третьим входом этого усилителя и через резистор 37 – с четвертым его входом, а неинвертирующий вход операционного усилителя 35 подключен через резистор 38 к первому входу релейного усилителя 13,

выход которого соединен с выходом операционного усилителя 35.

Блок 14 выделения ошибки состоит из операционного усилителя 39, в обратной связи которого включен резистор 40, к инвертирующему входу подключен резистор 41, а к неинвертирующему – резистор 42 и резистор 43, причем резистор 43 соединен с общей точкой источника питания (не показан), имеющего нулевой потенциал, а резистор 42 – с первым входом блока 14 выделения ошибки, второй вход которого соединен с резистором 41, а выход – с выходом операционного усилителя 39.

Блок 8 компенсации нагрузки состоит из операционного усилителя 44, в обратной связи которого параллельно включены резистор 45 и конденсатор 46, а к инвертирующему входу подключены последовательно конденсатор 47 и резистор 48, а также операционный усилитель 49, в обратной связи которого включен резистор 50, а к инвертирующему входу подключены резистор 51 и резистор 52, который соединен с выходом операционного усилителя 44. Первый вход блока 8 компенсации нагрузки соединен с резистором 48, второй его вход соединен с резистором 51, а выход – с выходом операционного усилителя 49. Блок 9 переключения включает в себя ключ 53, элемент НЕ 54 и ключ 55. Первый вход блока 9 переключения соединен с коммутирующими входами ключей 53, 55, второй вход – с управляющим входом ключей 53 и через элемент НЕ 54 с управляющим входом ключа 55, первый выход – с выходом ключа 53, а второй выход – с выходом ключа 55. Блок 12 задания ускорения и рывка (фиг. 3) включает в себя последовательно соединенные компаратор 56, интегратор 57 с первым ограничителем 58 в цепи обратной связи и блок 59 выделения модуля, первый выход которого соединен с первым входом компаратора 56, второй выход подключен к первому входу второго ограничителя 60, а третий выход – к второму входу второго ограничителя 60, третий вход которого соединен с вторым входом блока 12 задания ускорения и рывка, а выход – является выходом блока 12, первый вход которого соединен с вторым входом компаратора 56, а третий вход соединен с третьим входом компаратора 56.

Задатчик 15 может быть выполнен на ячейке сельсинного командоаппарата. Датчик 16 скорости включает в себя тахогенератор постоянного тока с делителем напряжения и ячейку гальванического разделения РГ-ЗАИ, причем тахогенератор механически связан с якорем 1 электродвигателя.

Блок 19 растормаживания может быть реализован с использованием типовой схемы автоматики на двух реле, одно из которых включается по сигналу с датчика 2 тока и включает другое реле, которое устанавливается на самоблокировку с одновременной подачей сигнала на систему управления тормозом. Установка реле в исходное состояние происходит при затормаживании машины. Блок 10 задержки может быть выполнен в виде двух цепей стабилитронов, при этом величина напряжения пробоя стабилитронов определяет величину напряжения, при котором сигнал со входа блока поступает на его выход.

Электропривод работает следующим образом.

В исходном состоянии подъемная машина 18 заторможена, при этом на выходе командного блока 17 имеется сигнал логического "0", а это обеспечивает включенное состояние ключа 55, при этом выход датчика 2 тока подключается к четвертому входу регулятора 6 напряжения и через блок 10 задержки к второму входу пропорционально-интегрального усилителя 11, при этом образуется контур регулирования тока якоря, а это обеспечивает при нулевом сигнале на выходе задатчика 15 нулевое значение тока в якорной цепи. Кроме того, на первый вход регулятора 6 напряжения поступает сигнал U_7 (с выхода датчика 7 напряжения) жесткой отрицательной обратной связи по напряжению генератора 3, что обеспечивает гашение остаточного напряжения генератора 3. Кроме того, на третий вход регулятора 6 напряжения с выхода блока 8 компенсации нагрузки поступает только сигнал $U_{д4}$ гибкой отрицательной обратной связи по напряжению, т.к. на втором входе блока 8 компенсации нагрузки отсутствует сигнал положительной обратной связи по току якоря. Таким образом, в режиме нулевого задания при заторможенном двигателе обеспечивается за счет действия отрицательных обратных связей полное гашение остаточного напряжения генератора и нулевое значение тока в якорной цепи, а это уменьшает затраты электрической энергии на общий цикл подъема, что увеличивает производительность подъемной установки в целом.

При подаче задатчиком 15 сигнала управления на выходе компаратора 56 также появляется сигнал и интегратор 57 начинает интегрировать до напряжения ограничения первого ограничителя 58. Это линейно нарастающее напряжение преобразуется блоком 59 выделения модуля в сигнал определенной полярности и подается в ка-

честве опорного на второй ограничитель 60, включенный в обратной связи релейного усилителя 13, при этом его выходное напряжение будет также нарастать по линейному закону, а это обеспечит нарастание тока якоря с интенсивностью, не превышающей скорость изменения выходного напряжения релейного усилителя 13, т.е. ток якоря будет нарастать с заданной интенсивностью, что позволяет снизить динамические нагрузки в этом режиме до заданных значений за счет устранения возможности возникновения удара в зацеплении между двигателем и барабаном. На втором входе блока 8 компенсации нагрузки имеется сигнал, пропорциональный полному току якоря

$$U_2 = K_2 \cdot I_{я},$$

где K_2 – коэффициент передачи датчика 2 тока;

$I_{я}$ – ток в якорной цепи

При этом на выходе операционного усилителя 49 будет присутствовать сигнал, пропорциональный статической составляющей тока якоря, т.е. к моменту нагрузки электропривода. Соответствующим выбором резистора 50, т.е. изменением коэффициента усиления операционного усилителя 49, можно достичь полной компенсации нагрузки. В этом случае увеличение напряжения генератора будет точно соответствовать падению напряжения в якорной цепи, вызванному увеличением тока якоря, т.е. будет обеспечена в установившемся режиме независимость скорости движения от нагрузки электропривода, что приводит к повышению точности управления электроприводом.

В случае уменьшения нагрузки выходное напряжение блока 8 компенсации нагрузки будет также уменьшаться, что приведет к соответствующему уменьшению выходного напряжения регулятора 6 напряжения, а следовательно и напряжения на выходе генератора 3, при этом скорость электропривода плавно восстанавливается на прежнем уровне. При резком изменении нагрузки, что имеет место при разгрузке сосуда, в первый момент времени блок 8 компенсации нагрузки вызывает уменьшение напряжения на выходе регулятора 6 напряжения и на выходе генератора 3, что приведет первоначально к уменьшению скорости движения сосуда с последующим наложением тормоза. Увеличение скорости по отношению к первоначальному уровню в этом режиме не наблюдается, что однако имело место в прототипе, поэтому предлагаемое устройство позволяет снизить динамические нагрузки в кинематических передачах.

Постоянная времени обратной связи пропорционально-интегрального усилителя 11 выбирается равной электромеханической постоянной времени (T_m) электропривода, т.е.

$$T_1 = R_{33} \cdot C_{34} = T_m.$$

где R_{33} – сопротивление резистора 33, Ом;
 C_{34} – емкость конденсатора 34, Ф.

При этом обеспечивается компенсация влияния электромеханической инерционности только по управляющему воздействию, что позволяет исключить удары в кинематических звеньях и предотвратить возникновение упругих колебаний сосуда в моменты изменения направления подъемной установки. Ограничение тока в якорной цепи осуществляется токоограничителем, выполненным в виде задержанной отрицательной обратной связи по току якоря. Токоограничение работает следующим образом. С ростом тока якоря увеличивается напряжение на выходе датчика 2 тока, если оно достигает величины напряжения уставки блока 10 задержки, то на его выходе появляется сигнал, пропорциональный току якоря, который поступает на второй вход пропорционально-интегрального усилителя 11, т.е. включается в работу дополнительный контур тока, что позволяет поддерживать ток в якорной цепи на уровне, определяемом уставкой включения блока 10 задержки. Одновременно с включением в работу токоограничителя, т.е. при достижении тока требуемого уровня, соответствующего номинальной конечной нагрузке, включается блок 19 растормаживания, разрешая растормаживание подъемной машины 18. Задание начального тока якоря при заторможенной подъемной машине 18 является необходимым условием для плавного трогания сосуда в заданном направлении. Поэтому растормаживание осуществляется только после того, как создан начальный момент на двигателе, что позволяет исключить обратный ход сосуда, снижающий производительность. Цепь 29 коррекции позволяет осуществлять включение и отключение токоограничения оптимально, т.е. с минимальным значением перерегулирования и с максимальным быстродействием. При растормаживании подъемной машины 18 на выходе командного блока 17 появляется сигнал логической "1", при этом отключается ключ 55 и включается ключ 53, что обеспечивает подключение выхода датчика 2 тока к второму входу блока 8 компенсации нагрузки и второму входу блока 10 задерж-

ки, который имеет более высокую уставку срабатывания, соответствующую максимально допустимому току якоря 1 электродвигателя. Начинается движение электропривода.

5 При этом уровень максимальной скорости электродвигателя будет соответствовать величине сигнала на выходе задатчика 15, а совместная работа релейного усилителя 13, блока 12 задания ускорения и рывка и пропорционально-интегрального усилителя 11 обеспечивает формирование тахограммы движения сосудов по оптимальному закону, т.е. на втором входе регулятора 6 напряжения формируется сигнал, состоящий из участков парабол (при необходимости в ограничении рывка, что имеет место при изменении ускорения движения) и линейных участков ограничения ускорения на требуемом уровне, определяемом технологическими условиями.

10 Если напряжение, соответствующее действительной скорости движения сосудов (выделяется на выходе датчика 16 скорости), будет отличаться от напряжения задания, то на выходе блока 14 выделения ошибки появляется напряжение, пропорциональное ошибке регулирования от внутренних возмущений, т.е. от изменения параметров якорной цепи, например, при перепадах температуры. Сигнал ошибки поступает на четвертый вход релейного усилителя 13, при этом изменяется его выходное напряжение, что в конечном итоге приведет к изменению скорости и будет устранена ошибка между действительной и заданной скоростями.

15 Таким образом, предлагаемое устройство позволяет обеспечить за счет формирования тахограммы, состоящей из участков прямых и парабол (являющейся оптимальной для шахтных подъемных установок), и точного ее отслеживания за счет исключения ошибки регулирования, необходимую точность движения сосудов, что уменьшает длительность цикла подъема и повышает производительность электропривода.

20 При работе электропривода на первом входе блока 8 компенсаций нагрузки имеется сигнал, пропорциональный напряжению якорной цепи, а на втором его входе – сигнал, пропорциональный току в якорной цепи, при этом на его выходе будет сигнал пропорциональный нагрузке электропривода, что обеспечивается соответствующим выбором параметров блока 8 компенсации нагрузки

$$U_{44} = U_7 \cdot \frac{(R_{45} \cdot C_{47}) \cdot P}{(R_{45} \cdot C_{47}) \cdot (R_{48} \cdot C_{46}) \cdot P^2 + (R_{48} \cdot C_{47} + R_{45} \cdot C_{46}) \cdot P + 1}$$

где $U_7 = K_7 \cdot U_3$ – выходное напряжение датчика 7 напряжения;

U_3 – выходное напряжение генератора

3:

U_{44} – выходное напряжение операционного усилителя 44;

P – символ дифференцирования.

При выборе параметров из условий

$$R_{45} \cdot C_{47} = (R_{48} \cdot C_{47} + R_{45} \cdot C_{46}) = T_m$$

$R_{48} \cdot C_{46} = T_{я}$ – электромагнитная постоянная якорной цепи,

выходное напряжение операционного усилителя 44 будет пропорционально динамической составляющей тока якорной цепи

$$U_{44} = U_T \cdot \frac{T_m \cdot P}{T_m \cdot T_{я} \cdot P^2 + T_m \cdot P + 1}$$

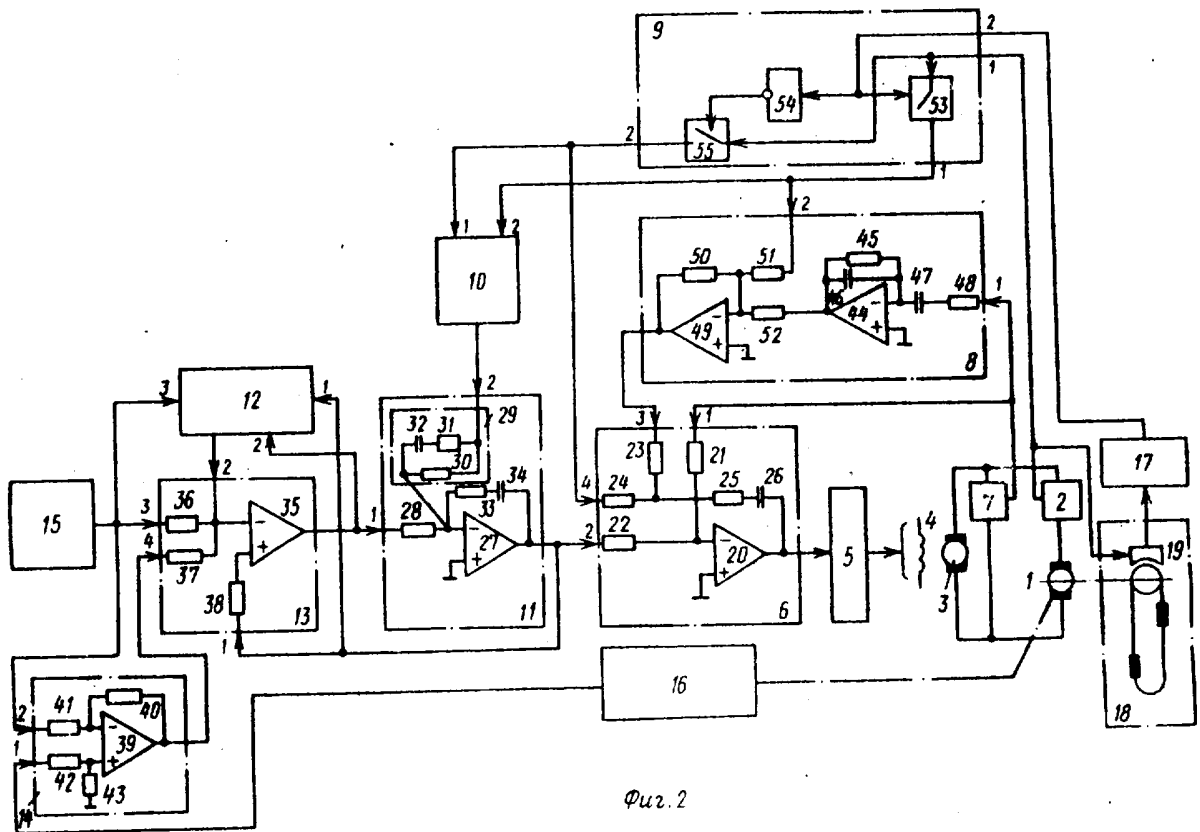
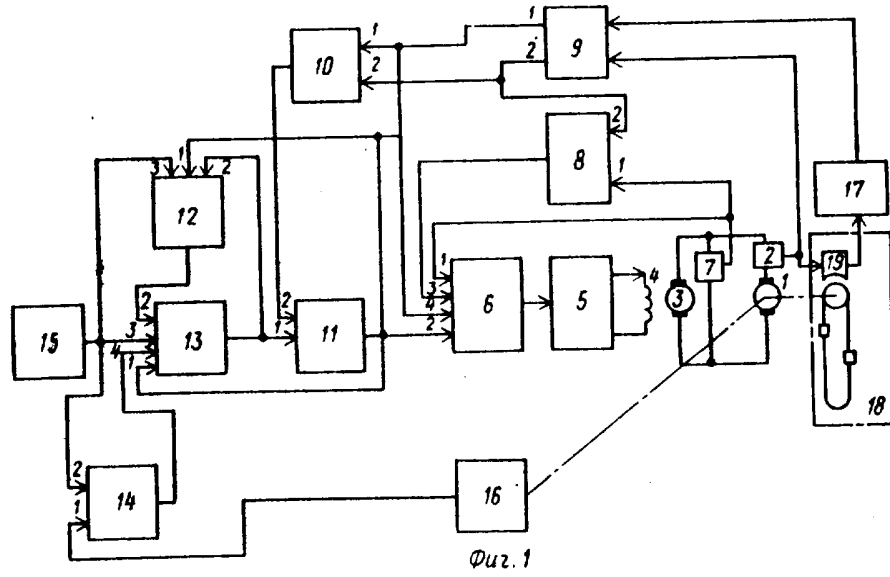
что имеет место при торможении или в процессе маневрирования при посадке на кулаки. В прототипе для демпфирования колебаний в этих режимах приходится снижать быстродействие контура регулирования ЭДС, что снижало точность регулирования по управляющему воздействию.

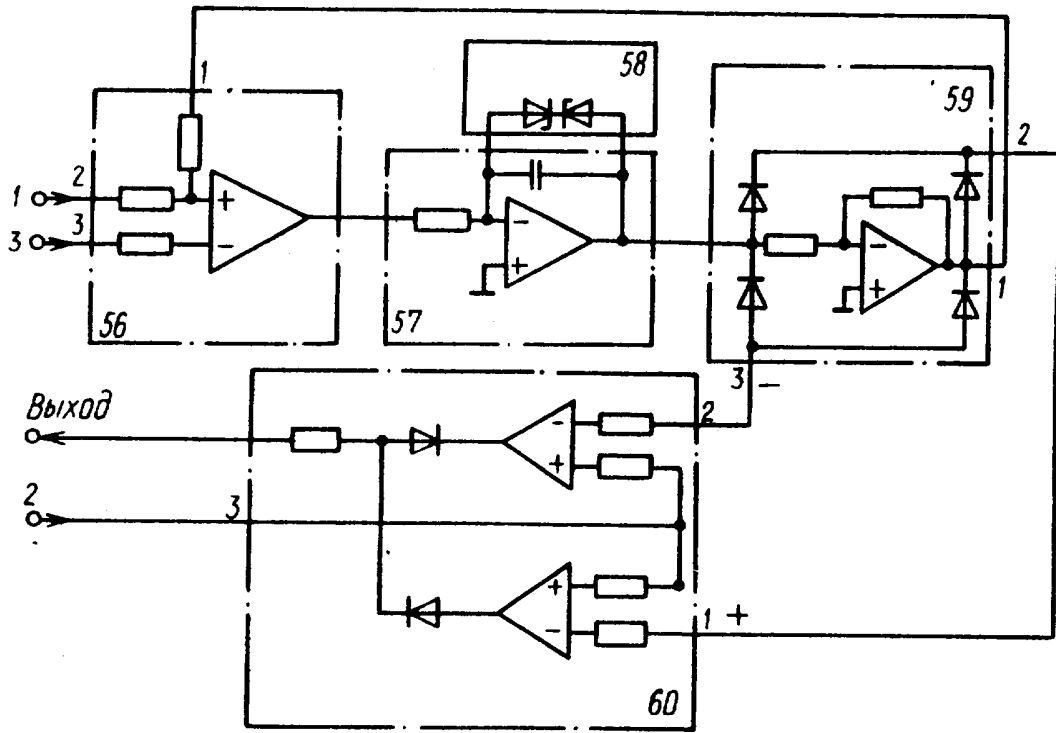
Таким образом, по сравнению с прототипом в предлагаемом электроприводе обеспечивается повышение точности управления подъемной установки за счет увеличения быстродействия при отработке управляющего сигнала и за счет полной компенсации возмущающего воздействия на электропривод со стороны нагрузки, при этом исключается возможность возникновения ударов и упругих колебаний, что снижает динамические нагрузки.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Электропривод постоянного тока шахтной подъемной установки, содержащий регулятор напряжения, выход которого через тиристорный преобразователь подключен к обмотке возбуждения генератора, выход которого через датчик тока подключен к двигателю шахтной подъемной установки, к валу которого подсоединен датчик скоро-

сти, выход которого подключен к первому входу блока выделения ошибки, ко второму входу которого подключен задатчик, а параллельно генератору подключен датчик напряжения, выход которого подключен к первому входу регулятора напряжения, а выход датчика тока подключен к первому входу блока переключения и ко входу блока растормаживания, выход которого через командный блок подключен ко второму входу блока переключения, и блок задержек, отличающийся тем, что, с целью повышения точности управления и снижения динамических нагрузок, он снабжен пропорционально-интегральным усилителем, блоком компенсации нагрузки, блоком задания ускорения и рывка и релейным усилителем, при этом выход релейного усилителя подключен к первому входу пропорционально-интегрального усилителя, выход которого подключен к первым входам релейного усилителя и блока задания ускорения и рывка, выход которого подключен ко второму входу релейного усилителя, выход которого подключен ко второму входу блока задания ускорения и рывка, а выход задатчика подключен к третьим входам блока задания ускорения и рывка и релейного усилителя, выход блока выделения ошибки подключен к четвертому входу релейного усилителя, причем выход пропорционально-интегрального усилителя подключен также ко второму входу регулятора напряжения, а выход датчика напряжения подключен к первому входу блока компенсации нагрузки, выход которого подключен к третьему входу регулятора напряжения, а первый выход блока переключений подключен к четвертому входу регулятора напряжения и к первому входу блока задержек, выход которого подключен ко второму входу пропорционально-интегрального усилителя, а второй выход блока переключений подключен ко вторым входам блока задержек и блока компенсации нагрузки.





Фиг. 3

Редактор И.Шубина Составитель Л.Виноградов Техред М.Моргентал Корректор М.Шароши

Заказ 2286 Тираж 429 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101