



(19) RU (11) 2 029 688 (13) C1

(51) МПК⁶ B 60 L 15/04

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 4839532/11, 15.06.1990

(46) Дата публикации: 27.02.1995

(56) Ссылки: Авторское свидетельство СССР N 1270039, кл. В 60L 15/04, 1985.

(71) Заявитель:

Научно-исследовательский институт
автоматики и электромеханики при Томском
институте автоматизированных систем
управления и радиоэлектроники,
Локомотивное депо Ленинград-пассажирский
Московской Октябрьской железной дороги

(72) Изобретатель: Колоколов Ю.В.,
Жусубалиев Ж.Т., Вейцман Л.Ю., Бухал
А.И., Гузеев А.П., Берзин Р.М.

(73) Патентообладатель:

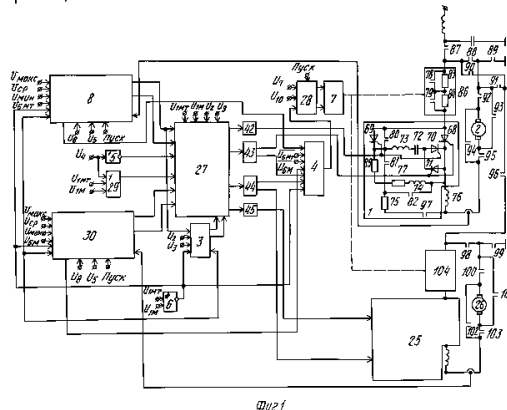
Научно-исследовательский институт
автоматики и электромеханики при Томском
институте автоматизированных систем
управления и радиоэлектроники

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(57) Реферат:

Использование: регулирование пускового и тормозного токов тяговых двигателей электроприводов электроподвижного состава. Сущность изобретения: устройство содержит первый тиристорный преобразователь 1, к выходу которого подключен первый тяговый двигатель 2, задатчик 3 ослабления возбуждения, датчик 4 положения силового контроллера, первый элемент НЕ 5, первый элемент И - НЕ 6, силовой контроллер 7, первый узел 8 регулирования тока. Узел 8 включает в себя датчик 9 тока, вход которого образует первый вход первого узла 8, а выход подключен к одним из выходов первого блока 10 сравнения и первого блока 11 инверсий. Другой вход последнего подключен к выходу первого блока 10 сравнения, а выход - к первому входу первого блока 12 переключений. В состав узла 8 входит также генератор 13 импульсов, формирователи 14 - 18 импульсов, задатчик 19 торможения, первый триггер 20, второй элемент НЕ 21, элементы И 22 - 24. Первый вход первого узла 8 регулирования тока включен в цепь обмоток первого тягового двигателя 1. Устройство, кроме того, снабжено вторым тиристорным преобразователем 25, к выходу которого подключен второй тяговый

двигатель 26, блоком 27 согласования режимов, блоком 28 управления контроллером, первым элементом ИЛИ 29, формирователями 42 - 45 импульсов и идентичным первому вторым узлом 30 регулирования тока. При этом в каждый из узлов регулирования тока дополнительно введены идентичный первому второй блок 31 переключений, второй блок 32 сравнения, второй блок 33 инверсий, блок 34 установки в исходное состояние, блок 35 формирования уставки, три элемента И-НЕ 36 - 38, формирователи 39 - 41 импульсов. 5 з.п. ф-лы, 14 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 029 688** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **B 60 L 15/04**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4839532/11, 15.06.1990

(46) Date of publication: 27.02.1995

(71) Applicant:
 Nauchno-issledovatel'skij institut
 avtomatiki i ehlektromekhaniki pri Tomskom
 institute avtomatizirovannykh sistem
 upravlenija i radioehlektroniki,
 Lokomotivnoe depo Leningrad-passazhirskij
 Moskovskoj Oktjabr'skoj zheleznnoj dorogi

(72) Inventor: Kolokolov Ju.V.,
 Zhusubaliev Zh.T., Vejtsman L.Ju., Bukhal
 A.I., Guzeev A.P., Berzin R.M.

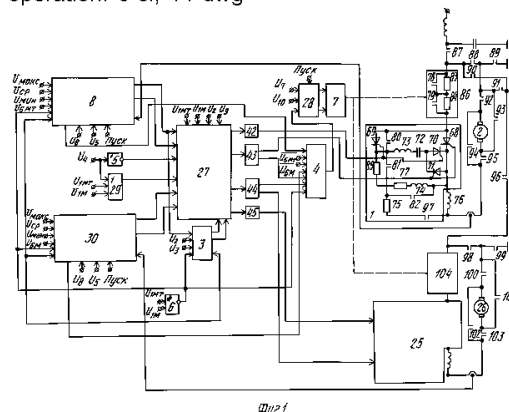
(73) Proprietor:
 Nauchno-issledovatel'skij institut
 avtomatiki i ehlektromekhaniki pri Tomskom
 institute avtomatizirovannykh sistem
 upravlenija i radioehlektroniki

(54) CONTROL DEVICE FOR DC ELECTRIC DRIVE

(57) Abstract:

FIELD: electric drives of electric rolling stock. SUBSTANCE: device has first thyristor converter 1, with first traction motor 2 connected to thyristor converter output, field weakening setter 3, power controller position setter 4, first NOT gate 5, first NAND gate 6, power controller 7, and first current control unit 8. Unit 8 has current sensor 9 whose input forms first input of first unit 8, and output is connected to some of outputs of first comparator unit 10 and first inversion unit 11. Other input of first inversion unit 11 is connected to output of first comparator unit 10, and output, to first input of first gang switch 12. Unit 8 has also pulse generator 13, pulse shapers 14-18, brake setter 19, first flip-flop 20, second NOT gate 21, and AND gates 22-24. First input of first current control unit 8 is placed in winding circuit of first traction motor 1. Device has also second thyristor converter 25 with second traction motor 26 connected to converter output, condition matching unit 27, controller control unit 28, first OR

gate 29, pulse shapers 42-45 and second current control unit 30 identical to first current control unit. Introduced additionally into each current control unit is second gang switch 31 identical to first gang switch, second comparator unit 32, second inversion unit 33, initial condition setting unit 34, setting shaper unit 35, three NAND gates 36-38 and pulse shapers 39-41. EFFECT: enhanced reliability of operation. 6 cl., 14 dwg



RU 2 029 688 C1

RU 2 029 688 C1

Изобретение относится к транспортной технике и предназначено для использования при регулировании пускового и тормозного токов тяговых двигателей электроприводов постоянного тока электроподвижного состава.

Известно устройство для управления электроприводом постоянного тока транспортного средства [1], содержащее блок сравнения, входы которого соединены с датчиком и задатчиком тока якоря тягового двигателя, а выход - с одним из входов блока переключений и одним из входов блока инверсий, другой вход которого соединен с выходом датчика тока якоря тягового двигателя, а выход - с вторым входом блока переключений, третий и четвертый входы которого подключены соответственно к первому выходу формирователя задержанных импульсов и к выходу формирователя блокировочных импульсов, подключенных к выходу генератора задающих импульсов, а пятый и шестой входы блока переключений соединены с выходами блока изменения алгоритма управления, первый вход которого подключен к второму выходу формирователя задержанных импульсов, второй и третий - к соответствующим выходам первого триггера, соединенным с входами формирователей управляющих импульсов тиристорного регулятора в цепи тягового двигателя. Входы задатчика положения контроллера соединены соответственно с выходом блока инверсий и одним из выходов первого дополнительного формирователя импульсов, другой выход которого подключен к одному из входов элемента И-НЕ, подключенного другим входом к второму выходу формирователя задержанных импульсов, а выход соединен с одним из входов первого и второго элементов И, вторые входы которых подключены к выходу первого формирователя управляющих импульсов, третьи входы соответственно - к выходу первого инвертора и задатчика ослабления поля возбуждения, а выходы соответственно - к первым входам первого и второго элементов ИЛИ-НЕ, вторые входы которых подключены соответственно к выходам третьего и четвертого элементов И, одни входы которых соединены с выходом второго формирователя управляющих импульсов, а другие - соответственно с выходом первого инвертора и задатчиком ослабления поля возбуждения, к которому подключен вход первого инвертора, а выходы первого и второго элементов ИЛИ-НЕ соединены с первым и вторым входами тиристорного регулятора, при этом входы пятого и шестого элементов И соединены соответственно с выходом второго инвертора и с входами блока переключений одни входы седьмого и восьмого элементов И подключены к задатчику торможения, другие - соответственно к выходу блока сравнения и выходу блока инверсий, а выходы соединены соответственно с одним из входов девятого и десятого элементов И и входами третьего и четвертого дополнительных формирователей импульсов, выходы которых подключены к другим входам соответственно десятого и девятого элементов И, соединенных выходами с одним из входов третьего и четвертого элементов ИЛИ-НЕ, другие из входов которых подключены к выходам соответственно пятого и шестого элементов

И, а выходы - к входам первого триггера, причем, входы второго триггера соединены соответственно с выходом блока инверсий и с выходом задатчика положения контроллера, а выход через пятый дополнительный формирователь импульсов подключен к четвертому входу блока изменения алгоритма управления, пятый и шестой входы которого соединены с выходами третьего триггера, вход которого подключен к выходу блока инверсий.

К недостаткам данного устройства относятся низкие надежность и качество регулирования тока. Низкая надежность обусловлена наличием блока измерения коэффициента заполнения тиристорного преобразователя и блока переключения алгоритма синхронизации автоколебаний, отсутствием защиты электропривода при юзе, боксовании и пропадании управляющих сигналов при переключении силового контроллера.

Низкое качество регулируемого тока обусловлено тем, что во-первых, при коэффициенте заполнения тиристорного преобразователя, близкого к 0,5 возникают субгармонические колебания тока, оказывающие мешающее воздействие на устройства сигнализации, централизации и блокировки железных дорог, во-вторых, бросками среднего значения регулируемого тока при смене алгоритма синхронизации, в-третьих, бросками регулируемого тока в режиме электродинамического торможения.

Задача изобретения - повышение качества регулируемого тока и надежности системы при управлении транспортным средством.

Это достигается тем, что устройство для управления электроприводом постоянного тока, содержащее первый тиристорный преобразователь, к выходу которого подключен первый тяговый двигатель, задатчик ослабления возбуждения, силовой контроллер, задатчик положения силового контроллера, первые элементы НЕ и И-НЕ, первый узел регулирования тока, включающий в себя датчик тока со входом, являющимся первым входом данного узла, включенным в цепь обмоток первого тягового двигателя, первый блок сравнения и блок инверсий, соединенные одним из входов с выходом датчика тока, первый блок переключения, подключенный первым входом к выходу первого блока инверсий, соединенного другим входом с выходом первого блока сравнения, первый генератор импульсов, первый, второй, третий, четвертый и пятый формирователи импульсов, задатчик торможения, первый триггер, второй элемент НЕ, первый, второй и третий элементы И, снабжено вторым тиристорным преобразователем, к выходу которого подключен второй тяговой двигатель, блоком согласования режимов, блоком управления контроллером, первым элементом ИЛИ, шестым, седьмым, восьмым и девятым формирователями импульсов и идентичным первому вторым узлом регулирования тока, а в каждый из узлов регулирования тока дополнительно введены идентичный первому второй блок переключений вторые блок сравнения и блок инверсий, блок установки в исходное состояние, блок формирования уставки, второй, третий и четвертый элементы И-НЕ,

десятым, одиннадцатым и двенадцатым формирователи импульсов, причем первый вход второго блока переключений объединен с одним из входов второго блока инверсий и подключен к выходу второго блока сравнения, один из входов последнего объединен с одним из входов первого блока инверсий и другим входом второго блока инверсий, выход которого является первым выходом соответствующего узла регулирования тока, вход первого формирователя импульсов объединен с входом второго элемента НЕ и подключен к выходу первого генератора импульсов, а выход подключен к второму входу второго блока переключений, выход второго элемента НЕ соединен со входом второго формирователя импульсов, подключенного выходом ко второму входу первого блока переключений и входу третьего формирователя импульсов, выход которого соединен с третьим входом второго блока переключений, выход первого формирователя импульсов подключен ко входу четвертого формирователя импульсов, выход которого соединен с первыми входами второго и третьего элементов И-НЕ и третьим входом первого блока переключений, один из выходов задатчика торможения подключен к четвертым входам первого и второго блоков переключений, пятые входы которых объединены соответственно с вторыми входами второго и третьего элементов И-НЕ и подключены соответственно к выходам пятого и десятого формирователей импульсов, входы последних объединены соответственно с одними из входов первого и второго элементов И и подключены соответственно к одному и другому выходам первого триггера, один и другой входы которого соответственно подключены к одним из выходов второго и первого блоков переключений, первый вход первого блока переключения объединен с первыми входами блока установки в исходное состояние и задатчика торможения, второй вход которого соединен с другим выходом первого блока переключений, а третий вход является вторым входом соответствующего узла регулирования тока, третьи входы второго и третьего элементов И-НЕ объединены и подключены к другому выходу задатчика торможения, а выходы соединены с другими входами и соответственно второго и первого элементов И, выходы которых подключены соответственно к входам одиннадцатого и двенадцатого формирователей импульсов, выход последнего является вторым выходом соответствующего узла регулирования тока, выход одиннадцатого формирователя импульсов подключен к одному из входов третьего элемента И, выход которого является третьим выходом соответствующего узла регулирования тока, а другой вход подключен к выходу блока установки в исходное состояние, второй и третий входы блока установки в исходное состояние являются соответственно третьим и четвертым входами соответствующего узла регулирования тока, первый, второй, третий входы блока формирования уставки и первый, второй и третий входы четвертого элемента И-НЕ являются соответственно пятым, шестым, седьмым, восьмым, девятым и десятым входами соответствующего узла регулирования тока, выход четвертого

элемента И-НЕ подключен к четвертому входу блока формирования уставки, выход которого соединен с другими входами первого и второго блоков сравнений, при этом первый вход второго узла регулирования тока подключен к якорной цепи второго тягового двигателя, вторые, третьи, четвертые, пятые, шестые, седьмые входы первого узла регулирования тока объединены с соответствующими входами второго узла регулирования тока и образуют соответственно первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой входы устройства, восьмые входы первого и второго узлов регулирования тока образуют соответственно седьмой и восьмой входы устройства, девятые входы узлов регулирования тока объединены с выходом первого элемента И-НЕ и первым входом задатчика положения силового контроллера, их десятые входы объединены и подключены к первому выходу задатчика ослабления возбуждения, первые выходы подключены соответственно к второму и третьему входам задатчика положения силового контроллера, вторые и третьи выходы подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока согласования режимов, пятые, шестые входы последнего образуют соответственно девятый, десятый входы устройства и объединены соответственно с первыми, вторыми входами первого элемента И-НЕ и первыми, вторыми входами первого элемента ИЛИ, выход последнего подключен к седьмому входу блока согласования режимов, соединенного восьмым входом с выходом первого элемента НЕ, вход которого объединен с третьим входом первого элемента ИЛИ, образующим одиннадцатый вход устройства, первый вход блока согласования режимов объединен с первым входом задатчика ослабления возбуждения, второй и третий входы последнего образуют соответственно двенадцатый, тринадцатый входы устройства, четвертый вход подключен к выходу первого элемента И-НЕ, а второй и третий входы - соответственно к девятому и десятому входам блока согласования режимов, одиннадцатый вход блока согласования режимов соединен с двенадцатым входом устройства, двенадцатый вход блока согласования режимов образует четырнадцатый вход устройства, а первый, второй, третий и четвертый входы подключены соответственно к входам шестого, седьмого, восьмого и девятого формирователей импульсов, которые соединены первыми выходами соответственно с цепями управления первого и второго тиристорных преобразователей, причем вторые выходы седьмого и восьмого формирователей импульсов подключены соответственно к четвертому и пятому входам задатчика положения силового контроллера, шестой и седьмой входы которого соединены с седьмым и восьмым входами устройства, а выход подключен к первому входу блока управления контроллером, второй и четвертый входы блока управления контроллером образуют соответственно пятнадцатый и шестнадцатый входы устройства, третий вход блока управления контроллером подключен к третьему входу устройства, а оба выхода соединены с силовым контроллером, причем

задатчик положения силового контроллера выполнен в виде первого и второго интеграторов, выходы которых подключены соответственно к одним из входов первого и второго компараторов, другие входы последних подключены соответственно к первому и второму задатчикам опорного напряжения, а выходы - соответственно к одному и другому входам четвертого элемента И, выход которого соединен с первым входом пятого элемента И-НЕ, второй вход пятого элемента И-НЕ объединен с входом тринадцатого формирователя импульсов и одним из входов пятого элемента И, другой вход которого подключен к выходу тринадцатого формирователя импульсов, а выход - к третьему входу пятого элемента И-НЕ, вход третьего интегратора соединен с выходом второго элемента ИЛИ, а выход подключен к одному из входов третьего компаратора, другой вход последнего соединен с выходом третьего задатчика опорного напряжения, а выход подключен через третий элемент НЕ к четвертому входу пятого элемента И-НЕ, выход которого является выходом задатчика положения силового контроллера, а первый, второй, третий, четвертый входы второго элемента ИЛИ, входы первого, второго интеграторов и тринадцатого формирователя импульсов являются соответственно вторым, седьмым, шестым, третьим, четвертым, пятым и первым входами задатчика положения контроллера, задатчик торможения выполнен в виде шестого элемента И, первый и второй входы которого являются соответственно вторым и первым входами задатчика торможения, а третий вход соединен с выходом четвертого элемента НЕ, вход четвертого элемента НЕ является третьим входом задатчика торможения и объединен с одним из входов второго триггера, другой вход последнего соединен с выходом шестого элемента И, а один и другой выходы являются соответственно одним и другим выходами задатчика торможения, задатчик ослабления возбуждения выполнен в виде пятого элемента НЕ, вход которого объединен с одним из входов третьего элемента ИЛИ и является третьим входом задатчика ослабления возбуждения, выход пятого элемента НЕ подключен ко входу четырнадцатого формирователя импульсов, один из выходов последнего является первым выходом задатчика ослабления возбуждения, а другой выход подключен к другому входу третьего элемента ИЛИ, выход которого соединен с одним из входов элемента ИЛИ-НЕ, другой вход которого является первым входом задатчика ослабления возбуждения, а выход подключен к первому входу третьего триггера, второй вход последнего является четвертым входом задатчика ослабления возбуждения, третий вход объединен с одним из входов элемента ИЛИ-НЕ, а выход подключен к одному из входов седьмого элемента И, другой вход которого является вторым входом задатчика ослабления возбуждения, а выход соединен с входом шестого элемента НЕ, выход последнего и выход седьмого элемента И являются соответственно третьим и вторым выходами задатчика ослабления возбуждения.

Поставленная цель достигается также тем,

что блок управления контроллером содержит второй генератор импульсов, один и другой выходы которого подключены соответственно к первым входам восьмого и девятого элементов И, вторые входы последних объединены и соединены с выходом шестого элемента И-НЕ, а выходы подключены соответственно к одному и другому входам четвертого триггера, один и другой выходы которого подключены соответственно через пятнадцатый, шестнадцатый и семнадцатый, восемнадцатый формирователи импульсов к первому, второму и третьему, четвертому входам коммутатора, пятый и шестой входы последнего являются соответственно третьим и четвертым входами блока управления контроллером, последний объединен с входом седьмого элемента НЕ, выход которого подключен к седьмому входу коммутатора, один и другой выходы коммутатора соответственно через восьмой и девятый элементы НЕ подключены к третьим входам девятого и седьмого элементов И и являются соответственно одним и другим выходами блока управления контроллером, один и другой входы шестого элемента И-НЕ являются соответственно первым и вторым входами блока управления контроллером, блок установки в исходное состояние содержит четвертый элемент ИЛИ, один и другой входы которого являются соответственно вторым и третьим входами блока установки в исходное состояние, а выход подключен к одному из входов пятого триггера, выход последнего является выходом блока установки в исходное состояние, а один из входов подключен к выходу десятого элемента И, один из входов последнего является первым входом блока установки в исходное состояние, а другой вход подключен к выходу десятого элемента НЕ, вход которого объединен с одним из входов четвертого элемента ИЛИ, блок переключений содержит седьмой и восьмой элементы И-НЕ, один из входов которых являются соответственно вторым и третьим входами блока переключений, а другие входы объединены с одним из входов пятого элемента ИЛИ и являются четвертым входом блока переключений, второй вход пятого элемента ИЛИ является пятым входом блока переключений, а выход подключен к первому входу девятого элемента И-НЕ, второй вход которого является первым входом блока переключений, третий вход подключен к выходу седьмого элемента И-НЕ, а выход соединен с одним из входов десятого элемента И-НЕ, другой вход последнего соединен с выходом восьмого элемента И-НЕ, выходы десятого и седьмого элементов И-НЕ являются соответственно одним и другим выходами блока переключений, блок формирования уставки содержит первый, второй, третий и четвертый диоды, подключенные катодами к общей точке и образующие выход блока формирования уставки, а аноды диодов соответственно подключены к первым выводам делителей напряжения, вторые выводы которых объединены и соединены с шиной "земля", а третьи выводы образуют первый, второй, третий, четвертый входы блока формирования уставки, к катодам диодов подключен один из выводов конденсатора, второй вывод которого соединен с шиной

"земля", причем конденсатор зашунтирован резистором, блок согласования режимов содержит шесть мультиплексоров, первые, вторые, третьи и четвертые входы которых объединены и подключены к шине "земля", пятые и шестые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют первый вход блока согласования режимов, пятые и шестые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и образуют второй вход блока согласования режимов, седьмые и восьмые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют третий вход блока согласования режимов, седьмые и восьмые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и образуют четвертый вход блока согласования режимов, девятые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют пятый вход блока согласования режимов, девятые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и образуют шестой вход блока согласования режимов, пятые входы пятого и шестого мультиплексоров объединены и образуют седьмой вход блока согласования режимов, шестые входы пятого и шестого мультиплексоров объединены и образуют восьмой вход блока согласования режимов, десятые входы третьего и четвертого мультиплексоров объединены и образуют девятый вход блока согласования режимов, десятые входы первого и второго мультиплексоров объединены и образуют десятый вход блока согласования режимов, одиннадцатые входы третьего и четвертого мультиплексоров объединены и образуют одиннадцатый вход блока согласования режимов, одиннадцатые входы первого и второго мультиплексоров объединены и образуют двенадцатый вход блока согласования режимов, седьмые, восьмые входы пятого и седьмой вход шестого мультиплексоров объединены и соединены с первыми выходами первого и третьего мультиплексоров, первые выходы второго и четвертого мультиплексоров объединены и подключены к восьмому входу шестого мультиплексора, девятый, десятый и одиннадцатый входы пятого и девятым вход шестого мультиплексоров объединены и подключены ко вторым выходам первого и третьего мультиплексоров, вторые выходы второго и четвертого мультиплексоров объединены и подключены к десятому и одиннадцатому входам шестого мультиплексора, один и другой выходы пятого и шестого мультиплексоров являются соответственно первым, вторым и третьим, четвертым выходами блока согласования режимов.

На фиг. 1 представлена функциональная схема устройства; на фиг. 2 - функциональная схема узла регулирования тока; на фиг. 3 - функциональная схема задатчика 4 положения силового контроллера; на фиг. 4 - функциональная схема задатчика 19 торможения; на фиг. 5 - функциональная схема задатчика 3 ослабления возбуждения; на фиг. 6 - функциональная схема блока 28 управления контроллером; на фиг. 7 - функциональная схема блока 34 установки системы в исходное состояние; на фиг. 8 - функциональная схема блока переключений; на фиг. 9 - функциональная схема блока 35

формирования уставки; на фиг. 10 - функциональная схема блока 27 согласования режимов; на фиг. 11, 14 - временные диаграммы, поясняющие принцип работы системы; на фиг. 12 - временные диаграммы, поясняющие принцип работы задатчика 3 ослабления возбуждения; на фиг. 13 - временные диаграммы, поясняющие принцип работы блока 28 управления контроллером.

Устройство управления электроприводом постоянного тока (фиг.1), содержит первый тиристорный преобразователь 1, к выходу которого подключен первый тяговый двигатель 2, задатчик 3 ослабления возбуждения, задатчик 4 положения силового контроллера, первый элемент НЕ 5, первый элемент И-НЕ 6, силовой контроллер 7, первый узел 8 регулирования тока, включающий датчик 9 тока, вход которого образует первый вход первого узла 8 регулирования тока, а выход подключен к одним из входов первого блока 10 сравнения и первого блока 11 инверсий, другой вход последнего подключен к выходу первого блока 10 сравнения, а выход - к первому входу первого блока 12 переключений, первый генератор 13 импульсов, первый, второй, третий, четвертый, пятый формирователи 14-18 импульсов, задатчик 19 торможения, первый триггер 20, второй элемент НЕ 21, первый, второй, третий элементы И 22-24. При этом первый вход первого узла 8 регулирования тока включен в цепь обмоток первого тягового двигателя 1. В устройство также введены второй тиристорный преобразователь 25, к выходу которого подключен второй тяговый двигатель 26, блок 27 согласования режимов, блок 28 управления контроллером, первый элемент ИЛИ 29 и идентичный первому второй узел 30 регулирования тока. В каждый из узлов регулирования тока дополнительно введены идентичный первому второй блок 31 переключений, второй блок 32 сравнения, второй блок 33 инверсий, блок 34 установки в исходное состояние, блок 35 формирования уставки, три элемента И-НЕ 36-38, десятый, одиннадцатый и двенадцатый формирователи 39-41 импульсов. Первый вход второго блока 31 переключений объединен с одним из входов второго блока 33 инверсий и подключен к выходу второго блока 32 сравнения, один из входов которого объединен с одним из входов первого блока 11 инверсий и другим входом блока 33 инверсий, выход которого образует первый выход узла регулирования тока. Вход первого формирователя 14 импульсов объединен с входом второго элемента НЕ 21 и подключен к выходу первого генератора 13 импульсов, а выход подключен к второму входу второго блока 31 переключений, выход второго элемента НЕ 21 подключен к входу второго формирователя 15 импульсов, вход которого подключен к второму входу первого блока 12 переключений и входу третьего формирователя 16 импульсов, выход которого подключен к третьему входу второго блока 31 переключений. Выход первого формирователя 14 импульсов подключен к входу четвертого формирователя 17 импульсов, выход которого подключен к первым входам второго и третьего элементов И-НЕ 36, 37 и третьему входу первого блока

12 переключений. Один из выходов задатчика 19 торможения подключен к четвертым входам первого и второго блоков 12, 31 переключений, пятые входы которых соответственно объединены со вторыми входами второго и третьего элементов И-НЕ 36, 37 и подключены соответственно к выходам пятого и десятого формирователей 18, 39 импульсов. Входы последних объединены соответственно с одними из входов первого и второго элементов И 22, 23 и подключены соответственно к одному и другому выходам первого триггера 20, один и другой входы которого соответственно подключены к одним из выходов второго и первого блоков 31, 12 переключений. Первый вход блока 12 переключений объединен с первыми входами блока 34 установки в исходное состояние и задатчика 19 торможения. Второй вход последнего соединен с другим выходом первого блока 12 переключений, а третий вход образует второй вход узла регулирования тока. Третьи входы второго и третьего элементов И-НЕ 36, 37 объединены и подключены к другому выходу задатчика 19 торможения, а выходы соответственно подключены к другим входам второго и первого элементов И 23, 22, выходы которых подключены соответственно к входам одиннадцатого и двенадцатого формирователей 40, 41 импульсов. Выход формирователя 41 образует второй выход узла регулирования тока, выход одиннадцатого формирователя 40 импульсов подключен к одному из входов третьего элемента И 24, выход последнего образует третий выход узла регулирования тока, а другой вход подключен к выходу блока 34 установки в исходное состояние. Второй и третий входы блока 14 соответственно образуют третий и четвертый входы узла регулирования тока. Первый, второй, третий входы блока 35 формирования уставки и первый, второй, третий входы четвертого элемента И-НЕ 38 образуют соответственно пятый, шестой, седьмой и восьмой, девятый, десятый входы узла регулирования тока. Выход четвертого элемента И-НЕ 38 подключен к четвертому входу блока 35 формирования уставки, выход последнего подключен к другим входам первого и второго блоков 10, 32 сравнения. На схеме показаны также шестой, седьмой, восьмой и девятый формирователи 42-45 импульсов, причем первый вход второго узла 30 регулирования тока подключен к якорной цепи второго тягового двигателя 26, вторые, третьи, четвертые, пятые, шестые, седьмые входы первого узла 8 регулирования тока объединены с соответствующими входами второго узла регулирования тока и образуют соответственно входы U_8 , U_5 , "Пуск", $U_{\text{макс}}$, $U_{\text{ср}}$, $U_{\text{мин}}$ устройства, восьмые входы образуют соответственно входы U_{6MT} , U_{6M} устройства, девятые входы узлов регулирования тока объединены с выходом первого элемента И-НЕ и первым входом задатчика 4 положения силового контроллера, десятые входы объединены и подключены к первому выходу задатчика 3 ослабления возбуждения, первые входы соответственно подключены к второму и третьему входам задатчика 4 положения силового контроллера, вторые и третьи входы соответственно подключены к

первому, второму, третьему и четвертому входам блока 27 согласования режимов, пятые, шестые входы последнего соответственно образуют входы U_{1MT} U_{1M} устройства и соответственно объединены с первыми, вторыми входами первого элемента И-НЕ 6 и первыми входами первого элемента ИЛИ 29. Выход последнего подключен к седьмому входу блока 27 согласования режимов, восьмой вход которого подключен к выходу первого элемента НЕ 5, вход которого объединен с третьим входом первого элемента ИЛИ 29, который образует вход U_4 устройства. При этом первый вход блока 27 согласования режимов объединен с первым входом задатчика 3 ослабления возбуждения, второй и третий входы последнего соответственно образуют входы U_2 и U_3 устройства. Четвертый вход подключен к выходу первого элемента И-НЕ 8, а второй и третий входы подключены соответственно к девятому и десятому входам блока 27 согласования режимов. Одиннадцатый и двенадцатый входы последнего соответственно образуют входы U_2 и U_9 устройства, а первый, второй, третий и четвертый входы соответственно подключены к шестому, седьмому, восьмому и девятому формирователям 42, 43, 44 и 45 импульсов, которые подключены первыми выходами соответственно к цепям управления первого и второго тиристорных преобразователей 1,24. При этом, вторые входы седьмого и восьмого формирователей 43, 44 импульсов соответственно подключены к четвертому и пятому входам задатчика 4 положения силового контроллера, шестой и седьмой входы которого соответственно образуют входы U_{6MT} и U_{6M} системы, а выход подключен к первому входу блока 28 управления контроллером. Второй, третий, четвертый входы последнего соответственно образуют входы U_{10} , "Пуск" U_7 устройства, а оба выхода соединены с силовым контроллером 7, причем задатчик 4 положения силового контроллера выполнен в виде первого и второго интеграторов 46, 47, входы которых соответственно подключены к одним из входов первого и второго компараторов 48, 49. Другие входы компараторов 48, 49 подключены соответственно к первому и второму задатчикам опорного напряжения, а входы соответственно - к одному и другому входам четвертого элемента И 50, выход которого подключен к первому входу пятого элемента И-НЕ 51. Второй вход элемента И-НЕ 51 объединен с входом тринадцатого формирователя 52 импульсов и одним из входов пятого элемента И 53, другой вход которого подключен к выходу тринадцатого формирователя 52 импульсов, а выход подключен к третьему входу пятого элемента И-НЕ 51.

Вход третьего интегратора 54 подключен к выходу второго элемента ИЛИ 55, а выход подключен к одному из входов третьего компаратора 56. Другой выход последнего подключен к третьему задатчику опорного напряжения, а выход подключен через третий элемент НЕ 57 к четвертому входу пятого элемент И-НЕ 51, выход которого образует

выход задатчика 4 положения силового контроллера, а первый, второй, третий, четвертый входы второго элемента ИЛИ 55, входы первого, второго интеграторов 46, 47 и тринадцатого формирователя 52 импульсов соответственно образуют второй, седьмой, шестой, третий, четвертый, пятый и первый входы задатчика 4 положения контроллера. Задатчик 19 торможения выполнен в виде шестого элемента И 58, первый и второй входы которого соответственно образуют второй и первый входы задатчика 19 торможения, а третий вход соединен с выходом четвертого элемента НЕ 59, вход которого образует третий вход задатчика 19 торможения и объединен с одним из входов второго триггера 60, другой вход последнего соединен с выходом шестого элемента И 59, а один и другой выходы соответственно образуют один и другой выходы задатчика 19 торможения. При этом задатчик 3 ослабления возбуждения выполнен в виде пятого элемента НЕ 61, вход которого объединен с одним из входов третьего элемента ИЛИ 62 и образует третий вход задатчика 3 ослабления возбуждения. Выход пятого элемента НЕ 61 подключен к входу четырнадцатого формирователя 63 импульсов, один из выходов последнего образует первый выход задатчика 3 ослабления возбуждения, а другой выход подключен к другому входу третьего элемента ИЛИ 62, выход которого подключен к одному из входов элемента ИЛИ-НЕ 64. Другой вход последнего образует первый вход задатчика 3 ослабления возбуждения, а выход подключен к первому входу третьего триггера 65. Второй вход триггера 65 образует четвертый вход задатчика 3 ослабления возбуждения, третий вход объединен с одним из входов элемента ИЛИ-НЕ 64, а выход подключен к одному из входов седьмого элемента И 66. Другой вход последнего образует второй вход задатчика 3 ослабления возбуждения, а выход соединен с входом шестого элемента И 67. Выход последнего, а также выход седьмого элемента И 66 соответственно образуют третий и второй выходы задатчика 3 ослабления возбуждения.

Тиристорный регулятор содержит тиристоры: главные 68, вспомогательные 69, коммутирующие 70 и 71, коммутирующий конденсатор 72, дроссель 73 подзаряда, дроссель 74 заряда, резистор 75, шунтирующий обмотку 76 возбуждения двигателя 2, ограничивающий резистор 77 ослабления возбуждения.

Контакты 78-82 контроллера 8 предназначены для подключения ступеней 82-85 пускотормозного реостата 86 и силовых цепей электропривода, в которые также введены контакты 87-103 и пускотормозной реостат 104.

Блок 28 управления контроллером содержит второй генератор 105 импульсов, один и другой выходы которого соответственно подключены к первым входам восьмого и девятого элементов И 106, 107, вторые входы которых объединены и подключены к выходу шестого элемента И-НЕ 103, а выходы соответственно подключены к одному и другому входам четвертого триггера 109. Один и другой выходы последнего соответственно подключены через пятнадцатый, шестнадцатый и семнадцатый,

восемнадцатый формирователи 110, 111 и 112, 113 импульсов к первому, второму, третьему и четвертому входам коммутатора 114, пятый и шестой входы которого образуют соответственно третий и четвертый входы блока 28 управления контроллера. Последний объединен с входом седьмого элемента НЕ 115, выход которого подключен к седьмому входу коммутатора 114. Один и другой выходы коммутатора 114 соответственно через восьмой и девятый элементы НЕ 116, 117 подключены соответственно к третьим входам девятого и седьмого элементов И 107, 106 и соответственно образуют один и другой выходы блока 28 управления контроллером. Один и другой входы шестого элемента И-НЕ 108 соответственно образуют первый и второй входы блока 28 управления контроллером.

Блок 34 установки в исходное состояние содержит четвертый элемент ИЛИ 118, один и другой входы которого соответственно образуют второй и третий входы блока 34 установки в исходное состояние, а выход подключен к одному из входов пятого триггера 119. Выход последнего образует выход блока 34 установки в исходное состояние, а один из входов подключен к выходу десятого элемента И 120. Один из входов элемента И 120 образует первый вход блока 34 установки в исходное состояние, а другой вход подключен к выходу десятого элемента НЕ 121, вход которого объединен с одним из входов четвертого элемента И 118.

Блок переключений содержит седьмой и восьмой элементы И-НЕ 122, 123, один из входов которых соответственно образуют второй и третий входы блока переключений, а другие входы объединены с одним из входов пятого элемента ИЛИ 114 и образуют четвертый вход блока переключений. Второй вход пятого элемента ИЛИ 124 образует пятый вход блока переключений, а выход подключен к первому входу девятого элемента И-НЕ 125, второй вход последнего образует первый вход блока переключений, третий вход подключен к выходу седьмого элемента И-НЕ 122, а выход подключен к одному из входов десятого элемента И-НЕ 126, другой вход которого соединен с выходом восьмого элемента И-НЕ 123. Выходы десятого и седьмого элементов И-НЕ 126, 122 соответственно образуют один и другой выходы блока переключений.

Блок 35 формирования уставки содержит первый, второй, третий, четвертый диоды 127, 126, 129, 130, подключенные катодами к общей точке и образующие выход блока 35 формирования уставки. Аноды диодов соответственно подключены к первым выводам делителей 131, 132, 133, 134 напряжения, вторые выводы которых объединены и подключены к шине "ЗЕМЛЯ", а третьи выводы образуют первый второй, третий, четвертый входы блока 35 формирования уставки. К катодам диодов подключен один из выводов конденсатора 135, второй вывод которого подключен к шине "Земля", причем конденсатор 135 зашунтирован резистором 136.

Блок 27 согласования режимов содержит шесть мультиплексов, первые, вторые, третьи, четвертые входы которых объединены и подключены к шине "Земля". Пятые и шестые входы первого и третьего

мультиплексоров 137, 139 объединены и образуют первый вход блока 27 согласования режимов. Пятые и шестые входы второго и четвертого мультиплексоров 138, 140 объединены и образуют второй вход блока 27 согласования режимов. Седьмые и восьмые входы первого и третьего мультиплексоров 137, 139 объединены и образуют третий вход блока 27 согласования режимов. Седьмые и восьмые входы второго и четвертого мультиплексоров 138, 140 объединены и образуют четвертый вход блока 27 согласования режимов. Девятые входы первого и третьего мультиплексоров 137, 139 объединены и образуют пятый вход блока 27 согласования режимов. Девятые входы второго и четвертого мультиплексоров 138, 140 объединены и образуют шестой вход блока 27 согласования режимов. Пятые входы пятого и шестого мультиплексоров 141, 141 объединены и образуют седьмой вход блока 27 согласования режимов. Шестые входы пятого и шестого мультиплексоров 141, 141 объединены и образуют восьмой вход блока 27 согласования режимов. Десятые входы третьего и четвертого мультиплексоров 139, 140 объединены и образуют девятый вход блока 27 согласования режимов. Десятые входы первого и второго мультиплексоров 137, 138 объединены и образуют десятый вход блока 27 согласования режимов. Одиннадцатые входы третьего и четвертого мультиплексоров 139, 140 объединены и образуют одиннадцатый вход блока 27 согласования режимов. Одиннадцатые входы первого и второго мультиплексоров 137, 138 объединены и образуют двенадцатый вход блока 27 согласования режимов. Седьмые, восьмые входы пятого и седьмой вход шестого мультиплексоров 141, 142, объединены и соединены с первыми выходами первого и третьего мультиплексоров 137, 139. Первые выходы второго и четвертого мультиплексоров 138, 140 объединены и подключены к восьмому входу шестого мультиплексора 142. Девятый, десятый и одиннадцатый входы пятого и девятого входы шестого мультиплексоров 141, 142 объединены и подключены к вторым выходам первого и третьего мультиплексоров 137, 139. Вторые выходы второго и четвертого мультиплексоров 138, 140 объединены и подключены к десятому и одиннадцатому входам шестого мультиплексора 142. Один и другой выходы пятого и шестого мультиплексоров 141, 142 соответственно образуют первый, второй, третий, четвертые выходы блока 27 согласования режимов.

Устройство работает следующим образом.

В исходное состояние силовой контроллер 7 находится в первой позиции. Контакты 80, 82, 91, 92, 95, 96, 99, 100, 103 замкнуты, а контакты 81, 88, 89, 90, 93, 94, 97, 98, 101, 102, 78, 79 разомкнуты. Введены все ступени пускотормозных реостатов 86, 104. Вспомогательные тиристоры преобразователей 1 и 25 закорочены. Силовые цепи первого и второго (MT и M) контуров регулирования, включающие соответственно первый и второй преобразователи 1 и 25, первый и второй тяговые двигатели 2 и 26, пускотормозные реостаты 86 и 104, включены последовательно.

На входы "Пуск", $U_{\text{МАКС}}$, $U_{1\text{MT}}$, $U_{1\text{M}}$, U_2 ,

U_3 , U_4 , $U_{6\text{MT}}$, $U_{6\text{M}}$, U_7 , U_8 , U_9 , U_{10} устройства поданы напряжения, равные 1, а на вход 5 - равное 0.

Задающий генератор 13 (фиг.2) формирует последовательность импульсов постоянной частоты (напряжение 143, фиг.11). По положительному и отрицательному перепадам напряжения 143 соответственно срабатывают формирователи 14, 15, формирующие блокировочные импульсы БИ1, БИ2 напряжений 144, 145, сдвинутые друг относительно друга на половину периода, и равные по длительности удвоенному времени переразряда коммутирующего конденсатора 72 тиристорного преобразователя. По положительным перепадам блокировочных импульсов напряжений 144, 145 соответственно срабатывают формирователи 17, 16, которые формируют первые и вторые синхронизирующие импульсы постоянной частоты ИПЧ1 (напряжение 146) и ИПЧ2 (напряжение 147), расположенные в результате временного сдвига в центре зоны действия блокировочных импульсов БИ1 и БИ2 напряжений 144 и 145. Импульсы ИПЧ1 и ИПЧ2 (напряжений 146 и 147) сдвинуты друг относительно друга на половину периода.

Напряжение, равное 0, с выхода элемента И-НЕ 6 (фиг.1) инвертируется элементом И-НЕ 38 и поступает в блок 35 формирования уставки. Напряжением, снимаемым с делителя 134, через диод 130 заряжается конденсатор 135. Напряжение с выхода блока 35 формирования уставки, эквивалентное сбросовой уставке 1о сброс, поступает в первый и второй блоки 10, 32 сравнения.

Ток 156 (фиг.11) якорной цепи электродвигателей равен нулю. Информация о якорном токе в частотной форме поступает с выхода датчика 9 тока в первую и вторую схему сравнения, где в каждый полупериод выходного напряжения датчика 9 формируется импульсы пилообразного напряжения, которые сравниваются с напряжением уставки.

Первый блок 10 сравнения настроен таким образом, что порог его срабатывания смещен относительно порога срабатывания второго блока 32 сравнения на величину, пропорциональную разности уровней тока уставок:

$$\Delta i = I_{01} - I_{02}, (I_{01} > I_{02}).$$

Блоки 10 и 32 сравнения формируют соответственно импульсы СУ1 и СУ2 (напряжение 149, фиг.11), поступающие в блоки 11, 33 инверсий, которые формируют соответственно импульсы НЕ1 (напряжение 148) и НЕ2 при превышении якорного тока $i_{\text{я}}(t)$ (кривая 156, фиг.11) соответственно уровней уставки I_{01} и I_{02} . В исходном состоянии напряжения на выходах блоков 11, 33 инверсий равны 1.

На вход U_8 устройства подано напряжение, равное "1", которое инвертируется элементом НЕ 59 (фиг.4) задатчика 19 торможения и запрещает прохождение импульса напряжения НЕ1 с выхода блока 11 инверсий (фиг.2) через элемент И58 (фиг.4) на S-вход триггера 60. Напряжение с входа U_8 устройства, равное 1, поступая на R-вход триггера 60, устанавливает последний в состоянии с напряжением на прямом выходе, равным 1, которое блокирует прохождение импульсов

БИ3 и БИ4 (напряжения 175 и 176, фиг.14) с выходов соответственно формирователей 18 и 39 через элемент ИЛИ 124 (фиг.8) блоков 12 и 31 переключений (фиг.2).

Напряжение, равное 1, с прямого выхода триггера 60 задатчика 19 торможения разрешает прохождение импульсов ИПЧ2, БИ1 и ИПЧ1, БИ2 (напряжения 147, 144 и 146, 145) через элементы И-НЕ 123, 122 (фиг.8) соответственно блоков 12 и 31 переключений (фиг.2).

Импульсы СУ2 напряжения 149 поступает в блок 31 переключений, где после окончания действия блокировочных импульсов БИ1 (напряжение 144) совместно с импульсами ИПЧ2 (напряжение 147) поступают на S-вход триггера 20. Последний устанавливается в состояние с напряжением 152, равным "1", на прямом выходе.

Импульс НЕ1 напряжения 148, равный "0", с выхода первого блока 11 инверсий поступает в блок 12 переключений. После окончания действия блокировочных импульсов БИ2 импульс НЕ1 совместно с импульсами ИПЧ1 (напряжение 146) поступает на R-вход триггера 20 и устанавливает его в состояние с напряжением 152, равным 0, на прямом выходе.

По положительным перепадам напряжений импульсов с прямого (напряжение 152) и инверсного выходов триггера 20 формирователя 18 и 39 формируются импульсы БИ3 и БИ4 (напряжения 175, 176, фиг.14). Напряжением, равным 0, с другого выхода задатчика 19 торможения запрещается прохождение импульсов БИ3 и БИ4 через элементы И-НЕ 37 и 36.

Импульсы с прямого и инверсного выходов триггера 20, проходят соответственно через элементы И 22 и 23 по положительным перепадам напряжения соответственно запускают формирователи 40 и 41, формирующие импульсы отпирания $U_{отп}$ и запирающие $U_{зап}$ (напряжения 153 и 154).

Напряжение 155 (фиг.11) с входа "Пуск" устройства, равное 1, поступает через элемент ИЛИ 118 (фиг.7) на R-вход триггера 119 блока 34 установки системы в исходное состояние. Триггер 119 устанавливается в состояние с напряжением на выходе, равным "0", которым запрещается прохождение импульсов $U_{зап}$ (напряжение 154, фиг.11) через элемент И 24 (фиг.2) в блок 27 согласования режимов (фиг.1).

Напряжение (158, фиг.12) равное 1, с входа U_3 устройства через элемент ИЛИ 62 (фиг.5) задатчика 3 ослабления возбуждения устанавливает триггер 65 в состояние с напряжением, равным 0 на выходе. Напряжением 163 (фиг.12) с выхода элемента И 66 разрешается работа мультиплексоров 139, 140 (фиг.10) автомата согласования режимов 27. Напряжение 163 инвертируется элементом НЕ 67 (фиг.5) и закрывает каналы мультиплексоров 137, 138 (фиг.10). Состояние мультиплексоров 139, 140, 141, 142 приведены в табл.1.

Напряжения на выходах мультиплексоров 141 и 142 равны 0.

Так как в исходном состоянии силовая цепь отключена от источника питания, ток якоря 156 (фиг.11) равен нулю.

С других выходов формирователей 43, 44 в интеграторы 46, 47 (фиг.3) задатчика 4 положения силового контроллера поступают напряжения, равные 0.

Напряжения на выходах интеграторов 46, 47 превышают порог срабатывания компараторов 48, 49. Напряжения, равные 0 с выходов компараторов 48, 49 поступают через элемент И 50 на вход элемента И-НЕ 51.

Напряжение, равное 0, с выхода элемента И-НЕ 6 (фиг.1) поступает на входы элемента И-НЕ 51 (фиг.3) и элемента И 53. Напряжение, равное 0, с выхода элемента И 53 поступает на вход элемента И-НЕ 51.

Напряжения, равные 0, с входов $U_{БМТ}$ устройства поступают на входы элемента ИЛИ 55.

На входы последнего поступают импульсы НЕ 2 с первого (МТ) и второго (М) узлов 8, 30 регулирования тока - соответственно НЕ 2 Мт и НЕ 2М.

С выхода элемента ИЛИ 55 на интегратор 54 поступает напряжение, равное 0. На выходе последнего формируется напряжение, превышающее порог срабатывания компаратора 56. Напряжение, равное 0, с выхода последнего инвертируется элементом НЕ 57 и поступает на вход элемента И-НЕ 51.

Напряжение, равное 1, с выхода последнего поступает на один из входов элемента И-НЕ 108 (фиг.6) блока 23 управления контроллером. Напряжение, равное 1 с входа U_{10} устройства поступает на другой вход элемента И-НЕ 108 и, инвертируясь, блокирует прохождение импульсов с выходов второго генератора 105 соответственно через элементы И 106, 107.

Состояние триггера 109 не меняется. На выходах формирователей 110, 111, 112, 113 действуют напряжения, равные 0.

Напряжение 155 (фиг.11а), равное 1, запрещает работу коммутатора 114. Напряжения, равные 0, с выходов последнего соответственно инвертируются элементами НЕ 116, 117 и поступают соответственно на входы элементов И 107, 106.

Силовой контроллер 7 (фиг.1) находится в исходной позиции.

В режиме реостатного пуска с плавным межступенчатым регулированием сопротивления пускотормозного реостата с полным возбуждением тяговых двигателей при их последовательном соединении замыкается контакт 87. На входы $U_{1МТ}$, $U_{1М}$, U_2 , U_4 , U_5 , Пуск устройства поданы напряжения, равные 0.

Положительным перепадом напряжения с выхода элемента И-НЕ 6 (фиг.1) запускается формирователь 52 (фиг.3) задатчика 4 положения силового контроллера. Импульсы логического 0 (длительность которого соответствует времени возрастания якорного тока $i_a(t)$ 156 до уровня уставки I_{01}) с выхода формирователя 52 поступает через элемент И 53 на вход элемента И-НЕ 51. С выхода элемента И-НЕ 51 импульс напряжения, равного 1, инвертируясь элементом И-НЕ 108 (фиг.6), запрещает прохождение импульсов напряжений 164, 165 (фиг.13) с выходов второго генератора 105 на входы триггера 109.

Напряжение, равное 1, с выхода элемента

И-НЕ 6 (фиг.1), инвертируется элементом И-НЕ 38 (фиг.2) и поступает в блок 35 формирования уставки.

Конденсатор 135 (фиг.9) блока 35 формирования уставки разряжается через резистор 136 до напряжения, эквивалентного заданному значению тока уставки. Напряжение, равное 0, с выхода триггера 119 (фиг.7) блока 34 установки в исходное состояние запрещает прохождение импульсов $U_{зап.}$ (напряжение 154, фиг.11) через элемент И 24 (фиг.2) в блок 27 согласования режимов (фиг.1).

Состояния мультиплексоров 139, 140, 141, 142 (фиг.10) приведены в табл. 2.

Импульсы $U_{отп.мт.}$ с X - выходов мультиплексоров 141 и 142 запускают формирователи 43, 44 (фиг.1). Импульсы с выходов последних поступают соответственно в тиристорные преобразователи 1,25. Открываются главные 68 и вспомогательные тиристоры 71. Закорачиваются регулируемые ступени 85 пускотормозных реостатов 86, 104 и перезаряжаются коммутирующие конденсаторы 72 с полярностью, необходимой для запираания тиристоров 68 в последующем цикле коммутации. Якорный ток 156 (фиг.11) $i_{я}(t)$ возрастает.

При достижении якорным током 156 $i_{я}(t)$ уровня уставки I_{02} второй блок 32 сравнения (фиг.2) прекращает формирование импульсов СУ2 (напряжение 149, фиг.11). Второй блок 33 инверсий начинает формирование импульсов НЕ 2.

Импульсы НЕ 2 с выходов первого и второго узлов 8,30 регулирования тока через элемент ИЛИ 55 (фиг.3) задатчика 4 положения силового контроллера поступают в интегратор 54. Напряжение на его выходе уменьшается. На выходе компаратора 56 устанавливается напряжение, равное 1, которое инвертируясь, элементами НЕ 57, И-НЕ 51 и 108 (фиг.6) запрещает переключение триггера 109 в другое устойчивое состояние.

При достижении якорным током 156 (фиг.11) $i_{я}(t)$ уровня уставки I_{01} первый блок 10 сравнения (фиг.2) прекращает формирование импульсов СУ1. Первый блок 11 инверсий начинает формирование импульсов НЕ 1 (напряжение 148, фиг.11), которые, проходя в блок 12 переключений, ограничиваются импульсами БИ 2 (напряжение 145) и смешиваются с импульсами ИПЧ1 (напряжение 146). Сформированная последовательность импульсов напряжения 151 поступает на R-вход триггера 20, перебрасывая его в состояние с напряжением 152 на прямом выходе.

Одновременно импульсы НЕ 1 (напряжение 148) через элемент И 120 (фиг.7) блока 34 установки системы в исходное состояние устанавливают триггер 119 в состояние с напряжением, равным 1, на выходе, которое разрешает прохождение импульсов $U_{зап.}$ (напряжение 154) через элемент И 24 (фиг.2) в блок 27 согласования режимов (фиг.1).

Состояния мультиплексоров 139, 140, 141, 142 приведены в табл.3.

Импульсы $U_{зап. мт}$ и $U_{зап. м}$ с U-выходов мультиплексоров 141, 142 запускают соответственно формирователи 42, 45.

Импульсы с выходов последних поступают соответственно в тиристорные преобразователи 1,25 на управляющие цепи коммутирующих тиристоров 70, которые осуществляют запираание главных тиристоров 68. Таким образом, в цепь вводятся регулируемые ступени 86 пусковых реостатов 86, 104. Якорный ток 156 уменьшается.

Очередное открывание тиристоров 68 преобразователя осуществляется импульсом $U_{отп.}$ (напряжение 153), сформированным в момент переключения триггера 20 импульсом ИПЧ2 (напряжение 147). Якорный ток 156 возрастает до уровня уставки I_{01} . Далее, процесс регулирования повторяется.

При коэффициенте заполнения тиристорного преобразователя $[0; 0,5]$ средняя скорость нарастания регулируемого тока якоря 156 больше средней скорости спадаания в пределах периодов регулирования тока. Открывание тиристоров 68 преобразователей 1,25 осуществляется импульсами ИПЧ2 (напряжение 147), а запираание - НЕ 1 (напряжение 148).

По мере увеличения частоты вращения тяговых двигателей увеличивается коэффициент заполнения и амплитуда пульсаций регулируемого тока 156.

При достижении коэффициентом заполнения значения $\gamma = 0,5$ и дальнейшем увеличении частоты вращения электродвигателя средние скорости спадаания и нарастания регулируемого тока становятся равными, а затем средняя скорость спадаания якорного тока начинает превышать среднюю скорость его нарастания в пределах периода регулирования. Среднее значение тока 156 уменьшается. Очередной раз нарастающий ток не достигает верхнего уровня тока уставки I_{01} , поскольку первыми на тиристорный преобразователь оказывают воздействие импульсы ИПЧ1 (напряжение 144). Таким образом, открывание тиристоров 68 преобразователей 1,25 осуществляется импульсами ИПЧ2 (напряжение 147), а запираание - ИПЧ1 (напряжение 146). Ток колеблется со стабилизированным значением коэффициента заполнения $\gamma = 0,5$ до момента достижения в очередной раз спадающим током нижнего уровня тока уставки I_{02} .

В этот момент времени блок 32 сравнения формирует импульс СУ2 (напряжение 149), который первым по отношению к очередному импульсу ИПЧ2 (напряжение 147) устанавливает триггер 20 в состояние с напряжением 152, равным 1 на прямом выходе. Тиристорные преобразователи открываются. Ток якоря 156 нарастает до поступления очередного импульса ИПЧ1 (напряжение 146), осуществляя тем самым ограничение нарастания тока электродвигателя воздействием импульсов ИПЧ1 на тиристорные преобразователи. Далее процесс релейно-импульсного регулирования якорного тока 156 осуществляется в диапазоне изменения коэффициента заполнения $\gamma [0,5; \gamma_{max}]$.

При этом импульсы НЕ 2 мт и НЕ 2м через элемент ИЛИ 55 (фиг.3) задатчика 4 положения силового контроллера поступают в интегратор 54. Конденсатор интегратора 54 разряжается. Напряжение на выходе интегратора 54 меньше порога срабатывания

компаратора 56.

В момент достижения коэффициентом заполнения γ максимального значения γ_{\max} якорный ток $i_{\text{я}}$ (t) начинает спадать ниже уровня тока уставки I_{02} . При этом блок 32 сравнения начинает формирование импульсов СУ2 (напряжение 149), а блок 33 инверсий прекращает формирование импульсов HE 2.

Напряжение на конденсаторе интегратора 54 увеличивается и при достижении опорного напряжения $U_{\text{опз}}$ компаратора 56 последний срабатывает. Напряжение, равное 0, с выхода компаратора 56 проходит по цепи элементов HE 57, И-HE 51, И-HE 103 (фиг.6), в виде напряжения, равного 1, поступает на входы элементов И 106, 107.

Импульс напряжения 164 (фиг.13) с одного из выходов генератора 105 импульсов через элемент И 106 поступает на S-вход триггера 109, устанавливая последний в состояние с напряжением, равным 1, на прямом выходе, по положительному перепаду которого запускаются формирователи 110, 111 импульсов, формирующие импульсы с различными длительностями, определяющие скорость хода силового контроллера 7. Задание скорости хода контроллера 7 осуществляется сигналом с входа U_7 системы согласно табл.4.

Импульс напряжения с одного из выходов коммутатора 114 инвертируется элементом 116 и поступает на вход элемента И 107, запрещая прохождение импульсов напряжения 165. После окончания действия импульса напряжения 114, импульсы напряжения 165 поступают на R-вход триггера 109. Последний перебрасывается в состояние с напряжением, равным 1, на инверсном выходе, по положительному перепаду которого запускаются формирователи 112, 113. Дальнейшее прохождение импульсов с выходов последних зависит от состояния коммутатора 114. Импульс напряжения 165 с другого выхода коммутатора 114 инвертируется элементом HE 117 и, поступая на вход элемента И 106, запрещает прохождение импульсов напряжения 164.

Импульсы напряжений 168, 169 усиливаются и запитывают катушки силового контроллера 7. Вал силового контроллера проворачивается на следующую позицию. Замыкаются контакты 78, тем самым закорачиваются нерегулируемые ступени 33 реостатов 86, 104.

Далее процесс регулирования якорного тока повторяется, начиная с минимального значения γ и заканчивается закорачиванием последних нерегулируемых ступеней реостатов 86, 104 и плавным регулированием ступени 85 реостата 86 и соответствующей ступени реостата 104.

При достижении максимального значения коэффициента γ все ступени реостатов оказываются выведенными. Разрывается цепь питания катушек вентилях силового контроллера 8. Дальнейший разгон осуществляется по естественной характеристике тяговых двигателей. При этом, на вход U_2 устройства подается напряжение, равное 1, запрещающее прохождение импульсов $U_{\text{зап.мт.}}$ и $U_{\text{зап.м.}}$ в преобразователи. Коэффициент заполнения γ увеличивается до 1,0. По мере

увеличения скорости вращения двигателей якорный ток m уменьшается и достигает значения уставки I_{02} .

В режиме разгона при ослаблении возбуждения тяговых двигателей при их последовательном соединении на вход U_9 устройства подается напряжение, равное 0. Одновременно восстанавливается цепь питания катушек вентилях силового контроллера 7, который переключается в следующую позицию. При этом выводятся все ступени пускоремных реостатов 86, 104. Размыкаются контакты 80, 82 и замыкаются контакты 78, 79, 81, 97. Таким образом, формируются силовые цепи при регулировании ослаблением возбуждения двигателей: при ослаблении возбуждения тяговый ток проходит через вспомогательные тиристоры 69, контакт 81, реостат резистор 75 с малым сопротивлением (шунтирующий обмотку 76 возбуждения), якорные обмотки 2,26. Меньшая часть тягового тока ответвляется через резистор 77 и дроссель 66 в обмотку 76 возбуждения. При усилении возбуждения тяговый ток проходит через главные тиристоры 69, обмотку 76 возбуждения и якорную обмотку двигателя; часть тока ответвляют дроссель 74, резисторы 77 и 75.

Разрывается цепь питания катушек вентилях силового контроллера 7. Якорный ток возрастает. На вход U_3 устройства подается напряжение 153 (фиг. 12), которое инвертируется элементом HE 61 (фиг.5) и положительным перепадом запускает формирователь 63. Импульс напряжения логического "0" с инверсного выхода формирователя 63 инвертируется элементом И-HE 38 (фиг.2) и поступает в блок 36 формирования уставки (фиг.2), где формируется напряжение, эквивалентное сбросовой уставки 1, сброс, длительность действия которой определяется длительностью импульса с инверсного выхода формирователя 63 (фиг.5). Импульс напряжения 160 с прямого выхода формирователя 63 поступает через элементы ИЛИ 62 и ИЛИ-HE 64 в виде напряжения 162 на S-вход триггера 65. После окончания импульса напряжения 160 инвертированное элементом ИЛИ-HE 64 напряжение 158 с входа U_3 устройства устанавливает триггер 65 в состояние с напряжением на выходе, равным 1. Напряжение с выхода элемента И 66, равное 1, поступает на E1-входы мультиплексоров 139, 140 (фиг.10), закрывает их. Напряжение 163 инвертируется элементом HE 67 (фиг.5), поступает на E1-входы мультиплексоров 137, 138 (фиг.10) и разрешает их работу.

Состояния мультиплексоров 137-142 приведены в табл.5.

Таким образом, меняется последовательность поступления импульсов управления на отпирание главных 68, коммутирующих 70, 71 и вспомогательных 69 тиристоров. Изменение алгоритма управления вызвано тем, что при переходе на регулирование возбуждения автоматическое поддержание якорного тока осуществляется включением вспомогательных тиристоров 69 в отличие от режима реостатного пуска.

По мере разгона двигателей коэффициент ослабления возбуждения двигателей уменьшается благодаря постепенному

увеличению коэффициента γ . После достижения максимального значения γ дальнейший разгон продолжается на автоматической характеристике с постоянным ослаблением возбуждения двигателей, конечная ступень которого ограничена сопротивлением резисторов 75 и максимальным коэффициентом γ .

В режиме разгона при полном возбуждении тяговых двигателей при параллельном их соединении восстанавливается цепь питания катушек вентилей силового контроллера 7 (фиг.1). Последний переключается в следующую позицию.

При этом размыкаются контакты 78, 79, 81, 91, 97 и замыкаются контакты 80, 82, 89, 90. Таким образом, происходит перегруппирование тяговых двигателей 2,26 с последовательного на параллельное соединение и устанавливается порядок подачи на преобразователи 1,25 импульсов управления, соответствующий реостатному пуску с плавным межступенчатым регулированием сопротивления пускотормозного реостата.

Одновременно, на вход U_2 устройства подано напряжение, равное "0", а на входы U_3, U_4, U_9 системы поданы напряжения, равные "1".

Напряжение с входа U_4 устройства поступает через элемент ИЛИ 29 на В-входы мультиплекторов 141, 142 (фиг.10). На А-входы последних поступает напряжение с входа U_4 устройства, инвертированное элементом НЕ 5 (фиг.1).

Напряжение 158 (фиг.12), равное 1, с входа U_3 устройства проходит через элемент ИЛИ 62 (фиг.5) и сбрасывает триггер 65 в нулевое состояние. Напряжения с выходов задатчика 3 ослабления возбуждения разрешают работу мультиплексорам 139, 140 (фиг.10) и отключают мультиплексоры 137, 138.

Состояния мультиплекторов 139-142 (фиг.10) приведены в табл.6.

Регулирование осуществляется аналогично, как и при последовательном соединении двигателей.

После выведения всех ступеней 83, 84, 85 пускотормозных реостатов 86, 104 (фиг.1) разрывается цепь питания катушек вентилей силового контроллера 7. Дальнейший разгон осуществляется по естественной характеристике полного возбуждения тяговых двигателей.

При этом, на вход U_2 устройства подается напряжение, равное "1", запрещающее прохождение импульсов $U_{зап. мт.}$ и $U_{зап. м}$ в преобразователи. Коэффициент γ увеличивается до 1,0.

По мере увеличения скорости вращения двигателей якорный ток уменьшается и достигает значения уставки I_{02} .

В режиме разгона при ослабленном возбуждении тяговых двигателей при их параллельном соединении на вход U_9 устройства подается напряжение, равное "0". Одновременно восстанавливается цепь питания катушек вентилей силового контроллера 7. Последний переключается в следующую позицию. При этом выводятся все ступени пускотормозных реостатов 86, 104.

Размыкаются контакты 80, 82 и замыкаются контакты 78, 79, 81, 97.

Разрывается цепь питания катушек вентилей силового контроллера 7.

На вход U_3 устройства подается напряжение 158 (фиг.12), по перепаду которого задатчик 3 ослабления возбуждения формирует импульс напряжения, равный "0", который через элемент И-НЕ 38 (фиг.2) поступает в блок 38 формирования уставки. Последний формирует импульс напряжения, эквивалентный сбросовой уставки I_0 сброс.

Задатчик 3 ослабления возбуждения формирует напряжения, закрывающие мультиплексоры 139, 140 (фиг.10) и разрешающее работу мультиплексорам 137, 138.

Состояния мультиплекторов 137, 138, 141, 142 приведены в табл.7.

Регулирование якорного тока осуществляется аналогично, как и в режиме разгона при ослабленном возбуждении двигателей при их последовательном соединении.

После достижения максимального значения γ разгон тяговых двигателей продолжается на автоматической характеристике с постоянным ослаблением возбуждения тяговых двигателей. Процесс пуска и разгона тяговых двигателей заканчивается.

При переходе электропривода в режим реостатного торможения с ослаблением возбуждения тяговых двигателей по команде, с контроллера машиниста на вход U_{10} устройства подается напряжение, равное 0, а на вход U_5 - напряжение, равное 1. Силовой контроллер 7 автоматически переключается в первую позицию. На вход U_{10} устройства подается напряжение, равное 1.

При этом размыкаются контакты 87, 92, 95, 96, 100, 103 и замыкаются контакты 80, 88, 89, 93, 94, 98, 101, 102. Тиристоры 69 закорачиваются, якорные обмотки тяговых двигателей реверсируются. Формируются два независимых тормозных контура.

На входы U_1, U_2, U_5, U_8 устройства подаются напряжения, равные 0, а на входы U_3, U_9 - напряжения равные 1.

При этом, напряжение, равное 0, с входа U_2 устройства проходит через элемент И 66 (фиг.5) и разрешает работу мультиплекторов 139, 140 (фиг.10), а инвертированный элементом НЕ 67 (фиг.5) сигнал с входа U_2 закрывает каналы мультиплекторов 137, 138 (фиг.10).

Состояния мультиплекторов 138-142 приведены в табл.8.

На R-вход триггера 20 поступают импульсы ИПЧ1 (напряжение 146, фиг.11), а на S-вход после окончания действия импульсов БИ1 - импульсы СУ2 (напряжение 149), т.к. $0 \approx i_a(t) < I_{01}$.

На выходе триггера 20 формируются последовательность импульсов напряжения 152 с максимальным коэффициентом заполнения γ . По положительным перепадам напряжений с выходов триггера 20 запускаются формирователи 40, 41. Импульсы напряжения 154 с выхода формирователя 40 не проходят через элемент И 24, т.к. последний закрыт по входу напряжением, равным 0, с выхода блока 34

установки в исходное состояние. Импульсы напряжения 154 с выхода формирователя 41 проходят через блок 27 (фиг.1) согласования режимов и открывают тиристоры 68, 71 преобразователей 1,25. Закорачиваются регулируемые ступени тормозного реостата 85, и ток якоря возрастает.

В момент достижения $i_a(t)$ уровня I_{01} блок 11 инверсий формирует импульсы НЕ 1 (напряжение 170, фиг.14). Импульсы НЕ 1 после окончания действия импульсов БИ 2 устанавливают триггер 60 (фиг.4) задатчика 19 торможения в состояние с напряжением, равным 1, на прямом выходе.

Напряжение, равное 0, с инверсного выхода триггера 60 запрещает прохождение импульсов ИПЧ2, БИ1 и ИПЧ1, БИ2 соответственно через второй и первый блоки 31, 12 переключения, тем самым система переключается на релейный способ регулирования тормозного тока тяговых двигателей.

Одновременно импульсы НЕ 1 (напряжение 170, фиг.14) проходит в блок 34 установки системы в исходное состояние и переключает его в стояние с напряжением, равным 1 на выходе. При этом разрешается прохождение импульсов напряжения 174.

Одновременно импульсы НЕ 1 поступают через блок 12 переключения на R-вход триггера 20 и устанавливают последний в состояние с напряжением 172, равным 0 на прямом выходе.

По положительному перепаду напряжения с инверсного выхода триггера 20 запускаются формирователи 38, 40. Импульсы напряжений с выхода формирователя 40 проходят через блок 27 (фиг.1) согласования режимов и открывают тиристоры 70 преобразователей 1,25. В цепь двигателей вводится регулируемая ступень пускотормозного реостата 85 и ток якоря $i_a(t)$ спадает. Импульсы БИ 4 с выхода формирователя 38 поступают на вход блока 31 переключения и запрещает открывание тиристоров 68, 71 преобразователя во время перезаряда коммутирующего конденсатора 72.

При достижении $i_a(t)$ уровня тока уставки I_{02} блок 32 сравнения формирует импульсы СУ2. После окончания действия блокировочных импульсов БИ 4 импульсы СУ 2 поступают на S-вход триггера 20 и устанавливают его в единичное состояние. В момент изменения состояния триггера 20 запускаются формирователи 18 и 41. Импульсы БИ 3 (напряжение 175) с выхода формирователя 18 поступают на вход блока 12 переключения и запрещает открывание тиристоров 70 преобразователя в ходе перезаряда коммутирующего конденсатора 72. Тиристоры 68, 71 открываются и ток якоря нарастает. Далее процесс регулирования повторяется.

Для обеспечения надежного открывания тиристоров 68, 70 и 71 преобразователей 1,25 производится повторный запуск формирователей 41, 42 импульсами ИПЧ2.

По мере снижения скорости вращения двигателей увеличивается коэффициент заполнения γ . Частота регулирования увеличивается, достигая максимального значения γ , равном 0,8, а затем, уменьшается с увеличением γ .

Когда γ достигает максимального значения

($\gamma = 1$), по команде задатчика 4 положения силового контроллера последний переходит на следующую позицию. При этом размыкается контакт 97 и замыкаются контакты 78, 74. Тем самым отключается цепь, шунтирующая обмотку возбуждения тяговых двигателей, и выводятся ступени 82 тормозных реостатов 86, 104.

Электропривод переключается на режим торможения регулированием сопротивления тормозного реостата с полным полем возбуждения тяговых двигателей. Коэффициент заполнения уменьшается до минимальной величины, далее процесс регулирования тока якоря повторяется и заканчивается выводом последних нерегулируемых ступеней 84 тормозных реостатов 86, 104.

Задатчик 4 положения силового контроллера в режиме реостатного торможения с релейным способом регулирования тормозного тока работает аналогично режимам тяги электропривода с полным возбуждением тяговых двигателей.

При юзе или буксовании система управления снижает уставку тока тяговых двигателей до величины сбросовой установки 1₀ сброс и поддерживает ее до восстановления сцепления, а также формирует сигнал запрета переключения силового контроллера 7.

Снижение уставки до величины I_0 сброс осуществляется следующим образом.

При возникновении юза или буксования на входы U_{6M} (U_{6MT}) (элемент И-НЕ 38) узла регулирования М (Мт) (30 или 8) подается напряжение, равное 0. Напряжение, равное 1, с выхода И-НЕ 38 поступает в блок задания уставки, где производится снижение уставки до I_0 сброс. Одновременно инвертированное напряжение, равное 0, с входа U_{6M} (U_{6MT})

устройства поступает на вход элемента ИЛИ 55 задатчика 4 положения силового контроллера.

Напряжение на выходе интегратора 53 равно 0, а на выходе компаратора 56 - 1. Напряжение, равное 1, с выхода компаратора 56 инвертируется элементом ИЛИ-НЕ 57 и поступает на вход элемента И-НЕ 51.

Напряжение, равное 1, с выхода последнего поступает на вход элемента И-НЕ 108 блока 28 управления контроллером. Напряжением, равным 0, с выхода элемента И-НЕ 108 блокируется переключение силового контроллера.

Изменение тягового и тормозного усилий тяговых двигателей возможно заданием тока уставки, для чего, на входы $U_{\text{макс}}$ или $U_{\text{ср}}$ или $U_{\text{мин}}$ подаются напряжения, равные 1.

Формула изобретения:

1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА, содержащее первый тиристорный преобразователь, к выходу которого подключен первый тяговый двигатель, задатчик ослабления возбуждения, силовой контроллер, задатчик положения силового контроллера, первые элементы НЕ и И-НЕ, первый узел регулирования тока, включающий в себя датчик тока с входом, являющимся первым входом данного узла, включенным в цепь обмоток первого тягового

двигателя, первый блок сравнения и блок инверсий, соединенные одними из входов с выходом датчика тока, первый блок переключений, подключенный первым входом к выходу первого блока инверсий, соединенного другим входом с выходом первого блока сравнения, первый генератор импульсов, первый, второй, третий, четвертый и пятый формирователи импульсов, задатчик торможения, первый триггер, второй элемент НЕ, первый, второй и третий элементы И, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности в работе, оно снабжено вторым тиристорным преобразователем, к выходу которого подключен второй тяговый двигатель, блоком согласования режимов, блоком управления контроллером, первым элементом ИЛИ, шестым, седьмым, восьмым и девятым формирователями импульсов и идентичным первому вторым узлом регулирования тока, а в каждый узел регулирования тока дополнительно введены идентичный первому второй блок переключений, вторые блок сравнения и блок инверсий, блок установки в исходное состояние, блок формирования уставки, второй, третий и четвертый элементы И-НЕ, десятый, одиннадцатый и двенадцатый формирователи импульсов, причем первый вход второго блока переключений объединен с одним из входов второго блока инверсий и подключен к выходу второго блока сравнения, один из входов последнего объединен с одним из входов первого блока инверсий и другим входом первого блока инверсий, выход которого является первым выходом соответствующего узла регулирования тока, вход первого формирователя импульсов объединен с входом второго элемента НЕ и подключен к выходу первого генератора импульсов, а выход подключен к второму входу второго блока переключений, выход второго элемента НЕ соединен с входом второго формирователя импульсов, подключенного выходом к второму входу первого блока переключений и входу третьего формирователя импульсов, выход которого соединен с третьим входом второго блока переключений, выход первого формирователя импульсов подключен к входу четвертого формирователя импульсов, выход которого соединен с первыми входами второго и третьего элементов И-НЕ и третьим входом первого блока переключений, один из выходов задатчика торможения подключен к четвертым входам первого и второго блоков переключений, пятые входы которых объединены соответственно с вторыми входами второго и третьего элементов И-НЕ и подключены соответственно к выходам пятого и десятого формирователей импульсов, входы последних объединены соответственно с одними из входов первого и второго элементов И и подключены соответственно к одному и другому выходам первого триггера, один и другой входы которого соответственно подключены к одним из выходов второго и первого блоков переключения, первый вход первого блока переключения объединен с первыми входами блока установки в исходное состояние и задатчика торможения, второй вход которого соединен с другим выходом первого блока переключения, а третий вход является вторым входом соответствующего узла регулирования тока, третьи входы

второго и третьего элементов И-НЕ объединены и подключены к другому выходу задатчика торможения, а выходы соединены с другими входами соответственно второго и первого элементов И, выходы которых подключены соответственно к входам одиннадцатого и двенадцатого формирователей импульсов, выход последнего является вторым выходом соответствующего узла регулирования тока, выход одиннадцатого формирователя импульсов подключен к одному из входов третьего элемента И, выход которого является третьим выходом соответствующего узла регулирования тока, а другой вход подключен к выходу блока установки в исходное состояние, второй и третий входы блока установки в исходное состояние являются соответственно третьим и четвертым входами соответствующего узла регулирования тока, первый, второй и третий входы блока формирования уставки и первый, второй и третий входы четвертого элемента И-НЕ являются соответственно пятым, шестым, седьмым, восьмым, девятым и десятым входами соответствующего узла регулирования тока, выход четвертого элемента И-НЕ подключен к четвертому входу блока формирования уставки, выход которого соединен с другими входами первого и второго блоков сравнения, при этом первый вход второго узла регулирования тока подключен к якорной цепи второго тягового двигателя, вторые, третьи, четвертые, пятые, шестые, седьмые входы узлов регулирования тока объединены и образуют соответственно первый, второй, третий, четвертый, пятый, шестой входы устройства, восьмые входы первого и второго узлов регулирования тока образуют соответственно седьмой и восьмой входы устройства, девятые входы узлов регулирования тока объединены с выходом первого элемента И-НЕ и первым входом задатчика положения силового контроллера, их десятые входы объединены и подключены к первому выходу задатчика ослабления возбуждения, первые входы подключены соответственно к второму и третьему входам задатчика положения силового контроллера, вторые и третьи входы подключены соответственно к первому, второму, третьему и четвертому входам блока согласования режимов, пятые, шестые входы последнего образуют соответственно девятый, десятый входы устройства и объединены соответственно с первыми, вторыми входами первого элемента И-НЕ и первыми, вторыми входами первого элемента ИЛИ, выход последнего подключен к седьмому входу блока согласования режимов, соединенного восьмым входом с выходом первого элемента НЕ, вход которого объединен с третьим входом первого элемента ИЛИ, образующим одиннадцатый вход устройства, первый вход блока согласования режимов объединен с первым входом задатчика ослабления возбуждения, второй и третий входы последнего образуют соответственно двенадцатый, тринадцатый входы устройства, четвертый вход подключен к выходу первого элемента И-НЕ, а второй и третий входы - соответственно к девятому и десятому входам блока согласования режимов, одиннадцатый вход блока согласования режимов соединен с двенадцатым входом

устройства, двенадцатый вход блока согласования режимов образует четырнадцатый вход устройства, а первый, второй, третий и четвертый выходы подключены соответственно к входам шестого, седьмого, восьмого и девятого формирователей импульсов, которые соединены первыми выходами соответственно с цепями управления первого и второго тиристорных преобразователей, причем вторые выходы седьмого и восьмого формирователей импульсов подключены соответственно к четвертому и пятому входам задатчика положения силового контроллера, шестой и седьмой входы которого соединены с седьмым и восьмым входами устройства, а выход подключен к первому входу блока управления контроллером, второй и четвертый входы блока управления контроллером образуют соответственно пятнадцатый и шестнадцатый входы устройства, третий вход блока управления контроллером подключен к третьему входу устройства, а оба выхода соединены с силовым контроллером, причем задатчик положения силового контроллера выполнен в виде первого и второго интеграторов, выходы которых подключены соответственно к одним из входов первого и второго компараторов, другие входы последних подключены соответственно к первому и второму задатчикам опорного напряжения, а выходы - соответственно к одному и другому входам четвертого элемента И, выход которого соединен с первым входом пятого элемента И-НЕ, второй вход пятого элемента И-НЕ объединен с входом тринадцатого формирователя импульсов и одним из входов пятого элемента И, другой вход которого подключен к выходу тринадцатого формирователя импульсов, а выход - к третьему входу пятого элемента И-НЕ, вход третьего интегратора соединен с выходом второго элемента ИЛИ, а выход подключен к одному из входов третьего компаратора, другой вход последнего соединен с выходом третьего задатчика опорного напряжения, а выход подключен через третий элемент НЕ к четвертому входу пятого элемента И-НЕ, выход которого является выходом задатчика положения силового контроллера, а первый, второй, третий и четвертый входы второго элемента ИЛИ, входы первого, второго интеграторов и тринадцатого формирователя импульсов являются соответственно вторым, седьмым, шестым, третьим, четвертым, пятым и первым входами задатчика положения контроллера, задатчик торможения выполнен в виде шестого элемента И, первый и второй входы которого являются соответственно вторым и первым входами задатчика торможения, а третий вход соединен с выходом четвертого элемента НЕ, вход четвертого элемента НЕ является третьим входом задатчика торможения и объединен с одним из входов второго триггера, другой вход последнего соединен с выходом шестого элемента И, а один и другой выходы являются соответственно одним и другим выходами задатчика торможения, задатчик ослабления возбуждения выполнен в виде пятого элемента НЕ, вход которого объединен с одним из входов третьего элемента ИЛИ и является третьим входом задатчика ослабления возбуждения, выход

пятого элемента НЕ подключен к входу четырнадцатого формирователя импульсов, один из выходов последнего является первым выходом задатчика ослабления возбуждения, а другой выход подключен к другому входу третьего элемента ИЛИ, выход которого соединен с одним из входов элемента ИЛИ-НЕ, другой вход которого является первым входом задатчика ослабления возбуждения, а выход подключен к первому входу третьего триггера, второй вход последнего является четвертым входом задатчика ослабления возбуждения, третий вход объединен с одним из входов элемента ИЛИ-НЕ, а выход подключен к одному из входов седьмого элемента И, другой вход которого является вторым входом задатчика ослабления возбуждения, а выход соединен с входом шестого элемента НЕ, выход последнего и выход седьмого элемента И являются соответственно третьим и вторым выходами задатчика ослабления возбуждения.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок управления контроллером содержит второй генератор импульсов, один и другой выходы которого подключены соответственно к первым входам восьмого и девятого элементов И, вторые входы последних объединены и соединены с выходом шестого элемента И-НЕ, а выходы подключены соответственно к одному и другому входам четвертого триггера, один и другой выходы которого подключены соответственно через пятнадцатый, шестнадцатый, семнадцатый и восемнадцатый формирователи импульсов к первому, второму, третьему и четвертому входам коммутатора, пятый и шестой входы последнего являются соответственно третьим и четвертым входами блока управления контроллера, последний объединен с входом седьмого элемента НЕ, выход которого подключен к седьмому входу коммутатора, один и другой выходы коммутатора соответственно через восьмой и девятый элементы НЕ подключены к третьим входам девятого и седьмого элементов И и являются соответственно одним и другим выходами блока управления контроллером, один и другой входы шестого элемента И-НЕ являются соответственно первым и вторым входами блока управления контроллером.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок установки в исходное состояние содержит четвертый элемент ИЛИ, один и другой входы которого являются соответственно вторым и третьим входами блока установки в исходное состояние, а выход подключен к одному из входов пятого триггера, выход последнего является выходом блока установки в исходное состояние, а один из входов подключен к выходу десятого элемента И, один из входов последнего является первым входом блока установки в исходное состояние, а другой вход подключен к выходу десятого элемента НЕ, вход которого объединен с одним из входов четвертого элемента ИЛИ.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок переключений содержит седьмой и восьмой элементы И-НЕ, один из входов которых являются соответственно вторым и третьим входами блока переключений, а другие входы объединены с одним из входов пятого элемента ИЛИ и являются четвертым

входом блока переключений, второй вход пятого элемента ИЛИ является пятым входом блока переключений, а выход подключен к первому входу девятого элемента И-НЕ, второй вход которого является первым входом блока переключений, третий вход подключен к выходу седьмого элемента И-НЕ, а выход соединен с одним из входов десятого элемента И-НЕ, другой вход последнего соединен с выходом восьмого элемента И-НЕ, выходы десятого и седьмого элементов И-НЕ являются соответственно одним и другим выходами блока переключений.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок формирования уставки содержит первый, второй, третий и четвертый диоды, подключенные катодами к общей точке и образующие выход блока формирования уставки, а аноды диодов соответственно подключены к первым выводам делителей напряжения, вторые выводы которых объединены и соединены с шиной "Земля", а третьи выводы образуют первый, второй, третий и четвертый входы блока формирования уставки, к катодам диодов подключен один из выводов конденсатора, другой вывод которого соединен с шиной "Земля", причем конденсатор зашунтирован резистором.

6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок согласования режимов содержит шесть мультиплексоров, первые, вторые, третьи и четвертые входы которых объединены и подключены к шине "Земля", пятые и шестые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют первый вход блока согласования режимов, пятые и шестые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и образуют второй вход блока согласования режимов, седьмые и восьмые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют третий вход блока согласования режимов, седьмые и восьмые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и

образуют четвертый вход блока согласования режимов, девятые входы первого и третьего мультиплексоров объединены и образуют пятый вход блока согласования режимов, девятые входы второго и четвертого мультиплексоров объединены и образуют шестой вход блока согласования режимов, пятые входы пятого и шестого мультиплексоров объединены и образуют седьмой вход блока согласования режимов, шестые входы пятого и шестого мультиплексоров объединены и образуют восьмой вход блока согласования режимов, десятые входы третьего и четвертого мультиплексоров объединены и образуют девятый вход блока согласования режимов, десятые входы первого и второго мультиплексоров объединены и образуют десятый вход блока согласования режимов, одиннадцатые входы третьего и четвертого мультиплексоров объединены и образуют одиннадцатый вход блока согласования режимов, одиннадцатые входы первого и второго мультиплексоров объединены и образуют двенадцатый вход блока согласования режимов, седьмые, восьмые входы пятого и седьмой вход шестого мультиплексоров объединены и соединены с первыми выходами первого и третьего мультиплексоров, первые выходы второго и четвертого мультиплексоров объединены и подключены к восьмому входу шестого мультиплексора, девятый, десятый и одиннадцатый входы пятого и девятый вход шестого мультиплексоров объединены и подключены к вторым выходам первого и третьего мультиплексоров, вторые выходы второго и четвертого мультиплексоров объединены и подключены к десятому и одиннадцатому входам шестого мультиплексора, один и другой выходы пятого и шестого мультиплексоров являются соответственно первым, вторым, третьим и четвертым выходами блока согласования режимов.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

Таблица 1

Состояния мультиплексоров 139, 140, 141, 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
139	0	1	1	0	0
140	0	1	1	0	0
141	0	0	0	0	0
142	0	0	0	0	0

Таблица 6

Состояния мультиплексоров 139 – 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
139	0	0	0	Uотп.мт.	Uзап.мт.
140	0	0	0	Uотп.м	Uзап.м.
141	0	0	1	Uотп.мт.	Uзап.мт.
142	0	0	1	Uотп.м	Uзап.м

Таблица 7

Состояния мультиплексоров 137, 138, 141, 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	XY
137	0	0	0	Uзап.мт.	Uотп.мт.
138	0	0	0	Uзап.м.	Uотп.м.
141	0	0	1	Uзап.мт.	Uотп.мт.
142	0	0	1	Uзап.м	Uзап.м.

Таблица 8

Состояния мультиплексоров 139 – 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
139	0	0	0	Uотп.мт.	Uзап.мт.
140	0	0	0	Uотп.м.	Uзап.м.
141	0	0	1	Uотп.мт.	Uзап.мт.
142	0	0	1	Uотп.м	Uзап.м.

Таблица 2

Состояния мультиплексоров 139, 140, 141, 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
139	0	0	0	U _{отп.мт.}	0
140	0	0	0	U _{отп.мт.}	0
141	0	1	0	U _{отп.мт.}	0
142	0	1	0	U _{отп.мт.}	0

Таблица 3

Состояния мультиплексоров 139, 140, 141, 142

Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
139	0	0	0	U _{отп.мт.}	U _{зап.мт.}
140	0	0	0	U _{отп.м}	U _{зап.м}
141	0	1	0	U _{отп.мт.}	U _{зап.мт.}
142	0	1	0	U _{отп.мт.}	U _{зап.мт.}

Таблица 4

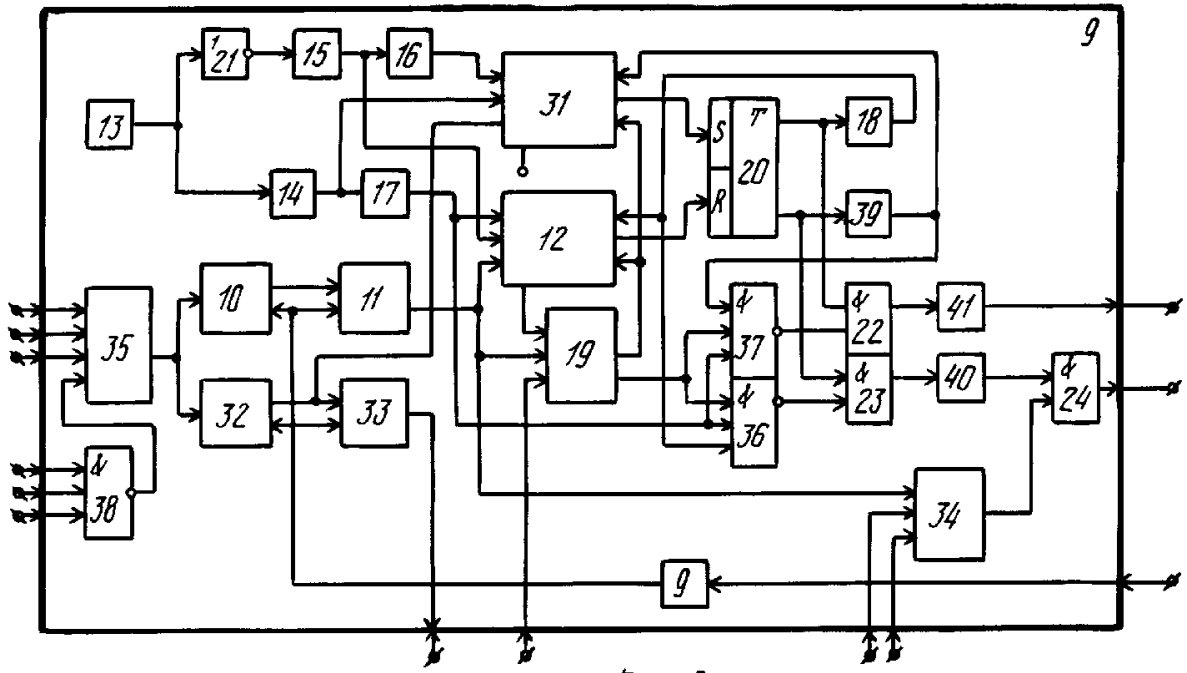
Состояние коммутатора 114

Вход U7 сис- темы	Вход "Пуск" системы	У1 вход	УП вход	Выходы	
				один	другой
1	0	1	0	Импульсы с выхода фор- мирователя 110	Импульсы с выхода фор- мирователя 112
0	0	0	1	Импульсы с выхода фор- мирователя 111	Импульсы с выхода фор- мирователя 113

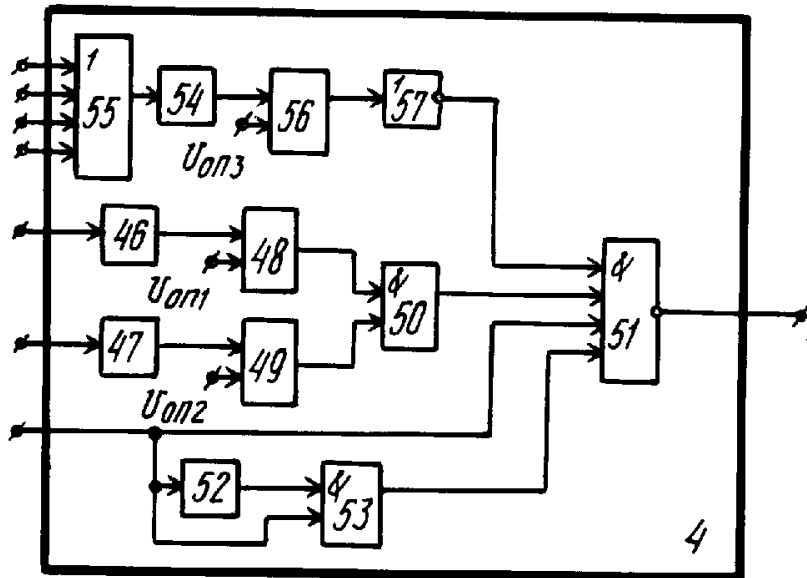
Таблица 5

Состояния мультиплексоров 137, 138, 141, 142

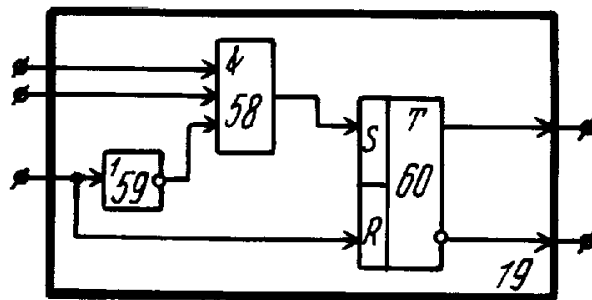
Мультиплек- сор	Входы			Выходы	
	E1	A	B	X	Y
137	0	0	0	U _{зап.мт.}	U _{отп.мт.}
138	0	0	0	U _{зап.м.}	U _{зап.м.}
141	0	1	0	U _{зап.мт.}	U _{отп.мт.}
142	0	1	0	U _{зап.мт.}	U _{отп.мт.}



ФУ2.2



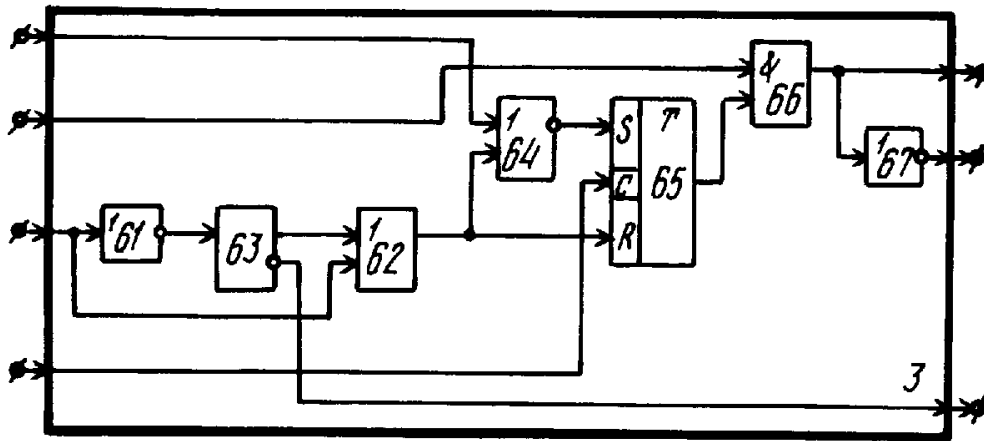
ФУ2.3



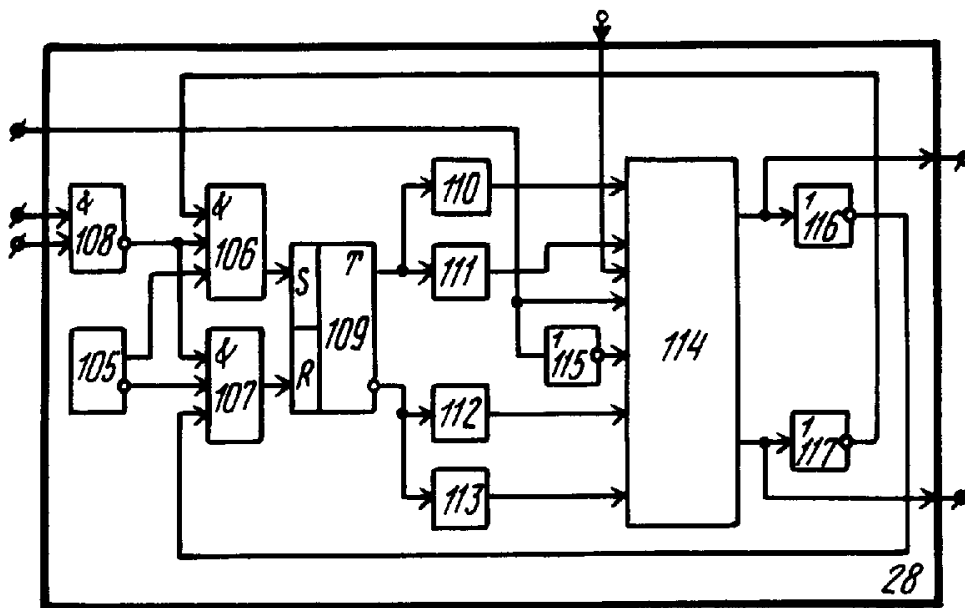
ФУ2.4

RU 2029688 C1

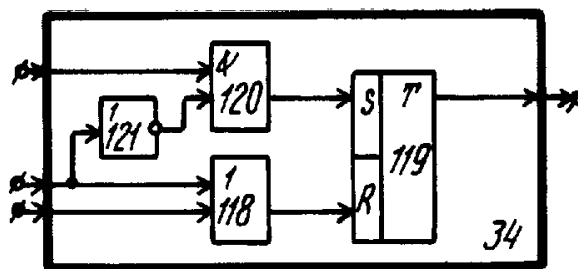
RU 2029688 C1



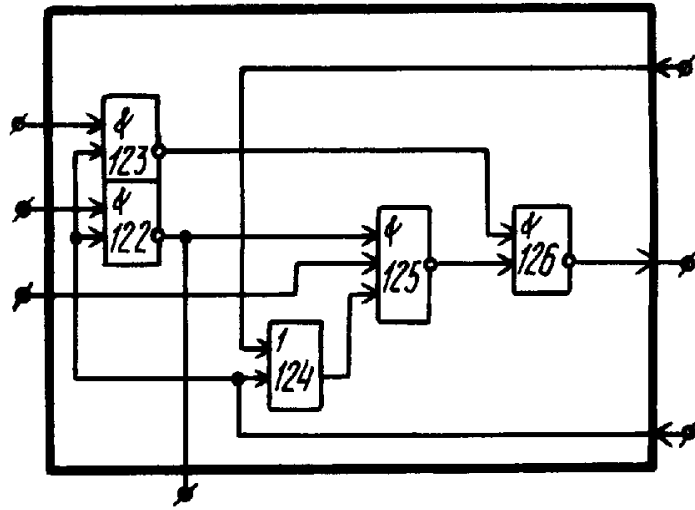
ΦU2.5



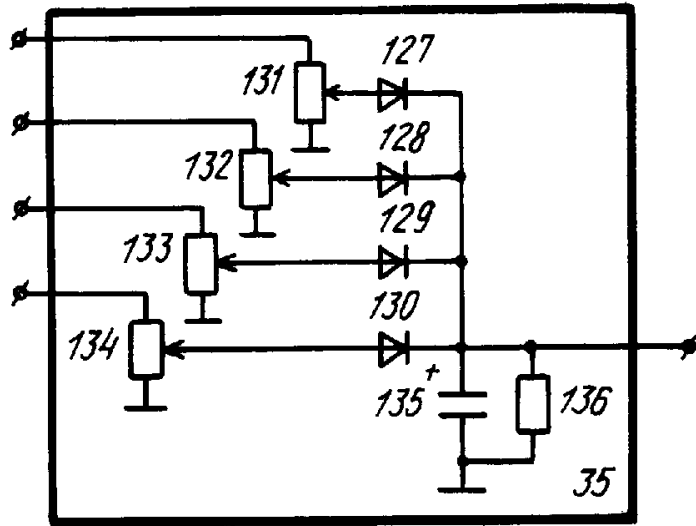
ΦU2.6



ΦU2.7

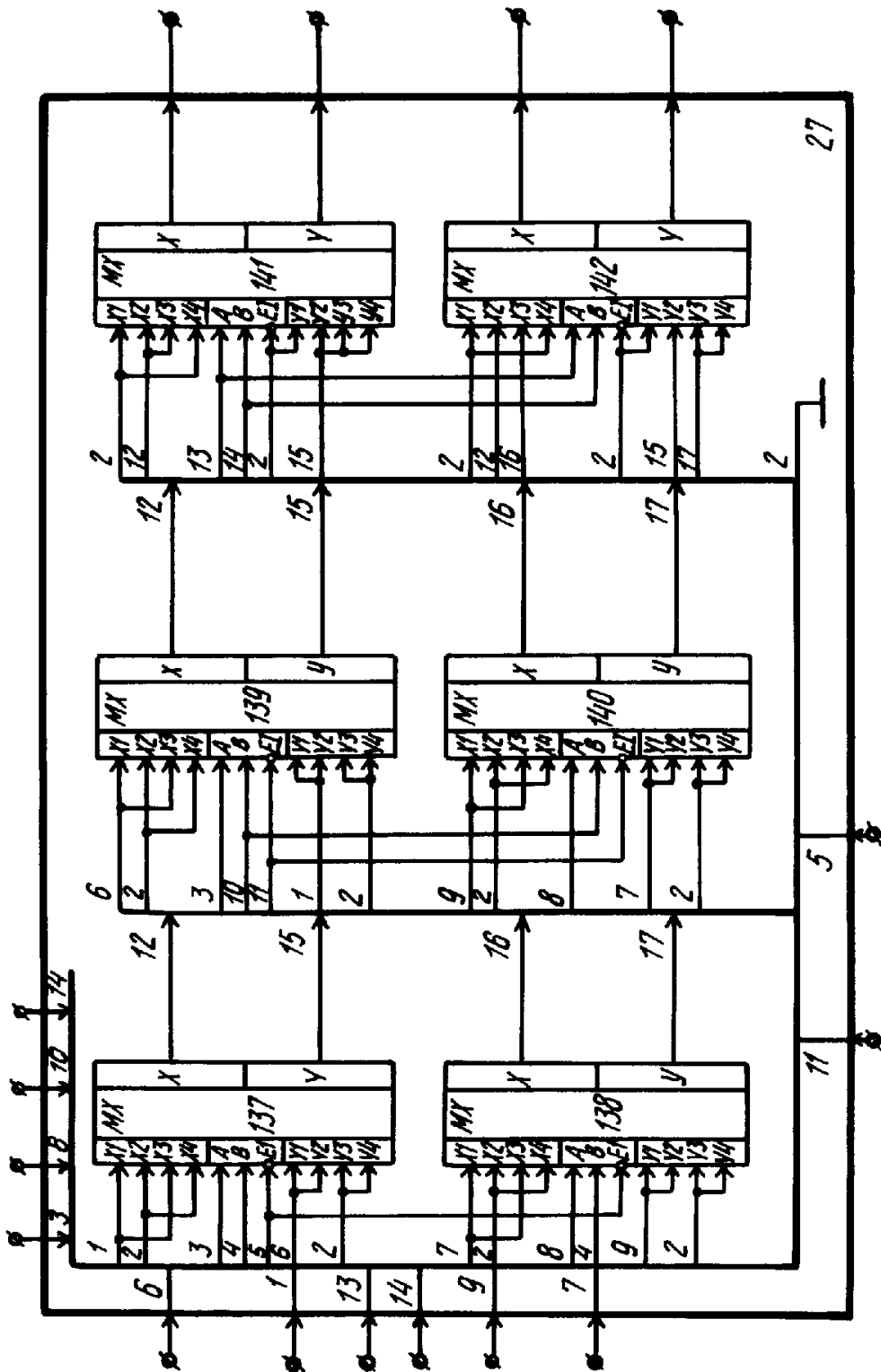


Фиг. 2.8



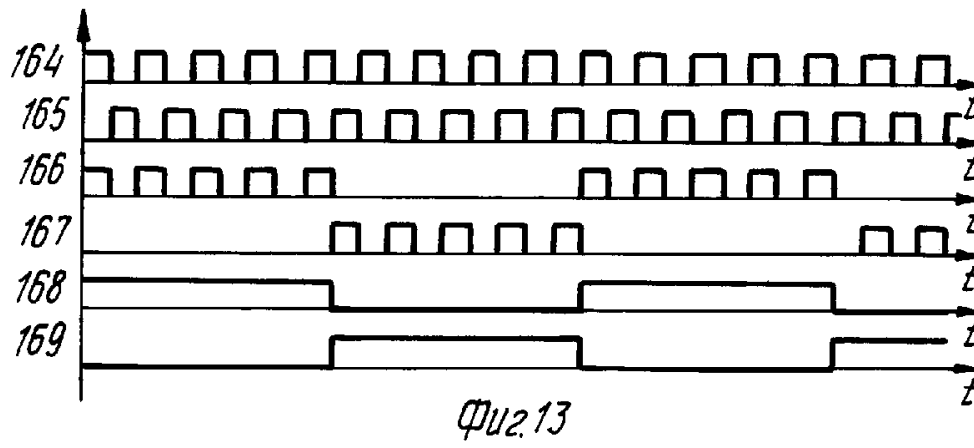
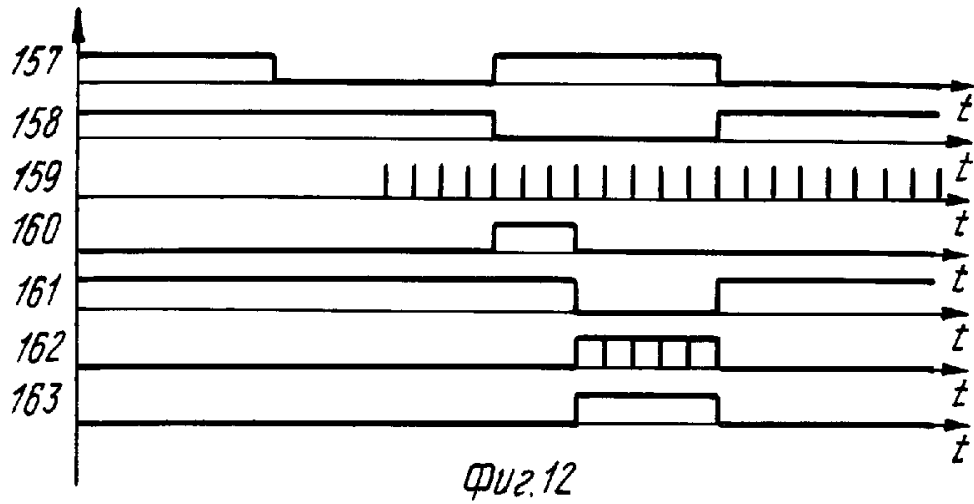
Фиг. 2.9

RU 2029688 C1

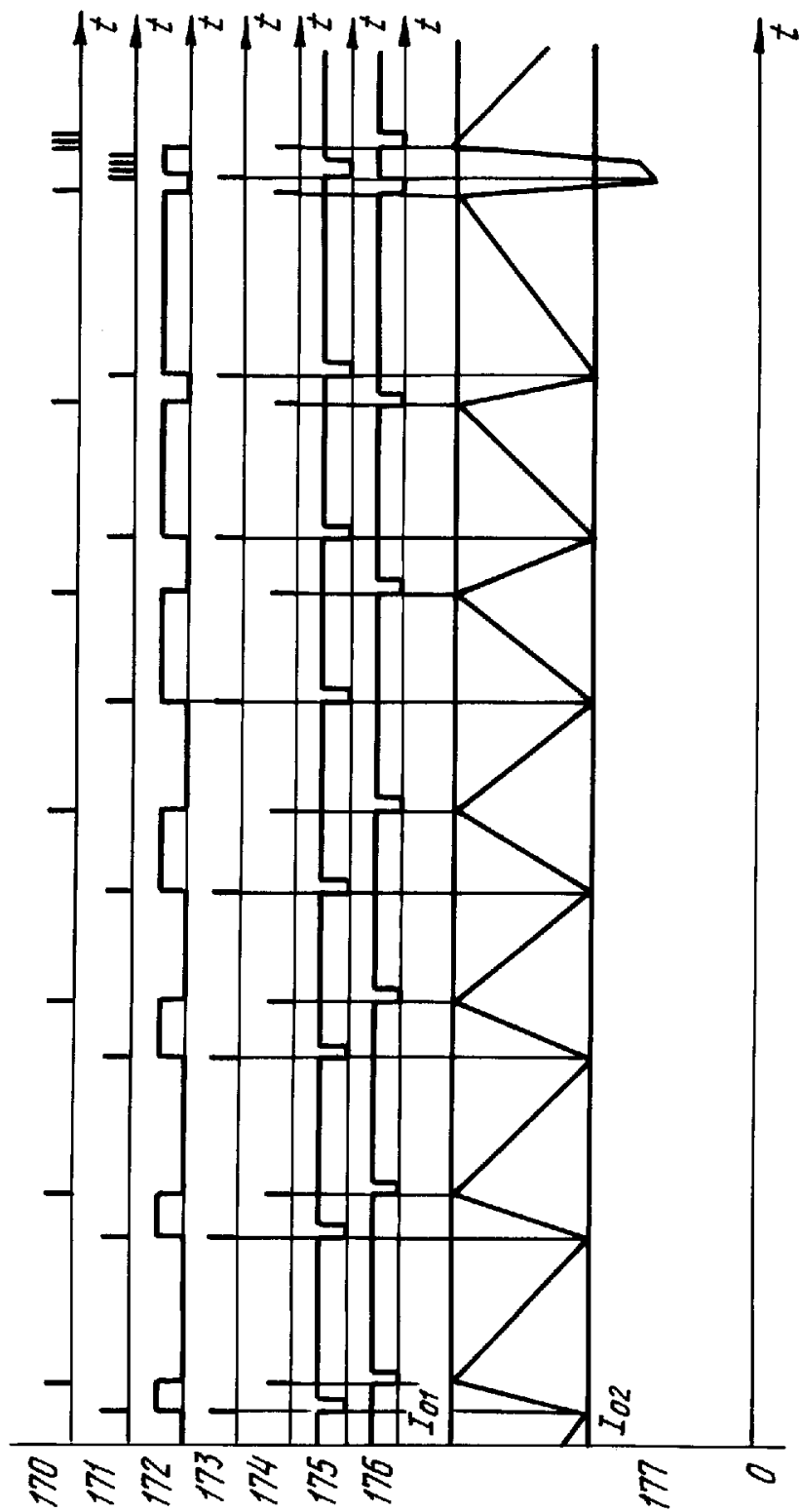


Фиг.10

RU 2029688 C1



RU 2029688 C1



RU 2029688 C1