



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011152637/11, 23.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.12.2011

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2013 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 10.01.2014 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2283252 C1, 10.09.2006. RU 2014711 C1,
15.06.1994. US 6,401,015 B1, 04.07.2002.

Адрес для переписки:

125993, Москва, ул. Часовая, 22/2,
Российская открытая академия транспорта
(РОАТ)

(72) Автор(ы):

Луков Николай Михайлович (RU),
Ромашкова Оксана Николаевна (RU),
Космодамианский Андрей Сергеевич (RU),
Андреева Ирина Александровна (RU),
Стрекалов Николай Николаевич (RU),
Попов Юрий Викторович (RU),
Людаговский Константин Андреевич (RU),
Людаговский Андрей Васильевич (RU),
Панова Татьяна Вячеславовна (RU)

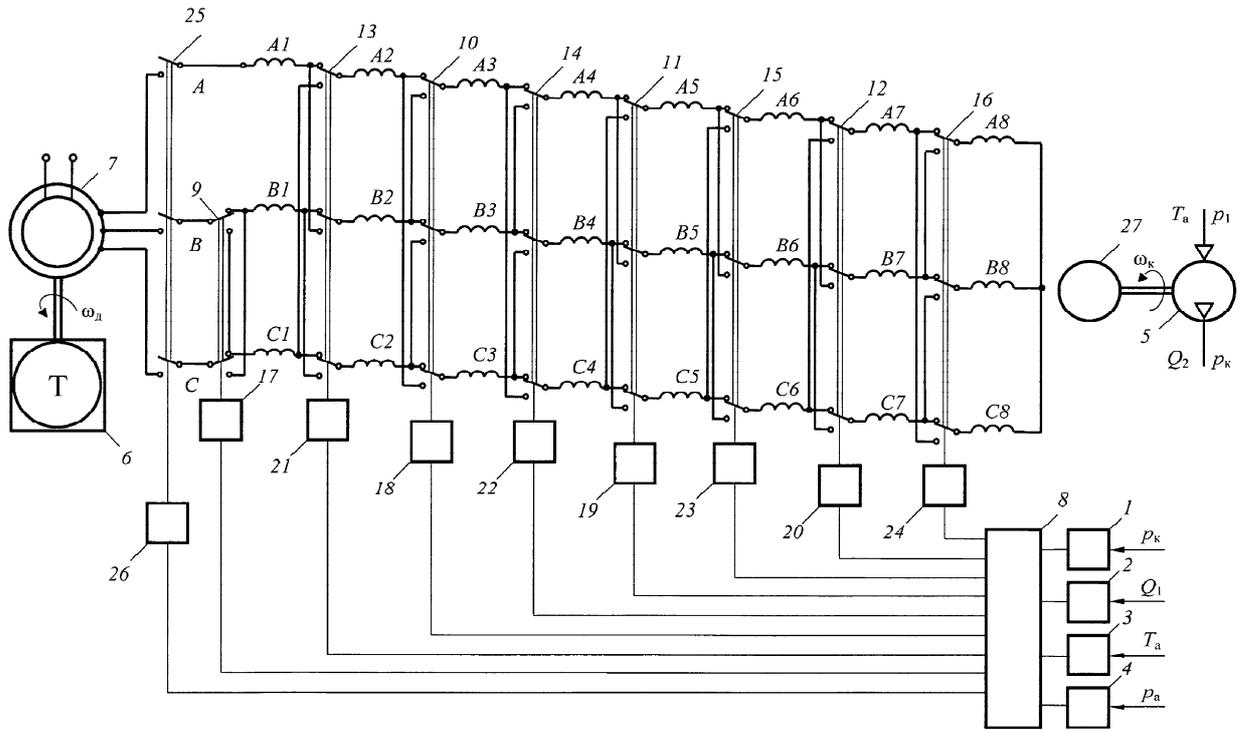
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный университет
путей сообщения" (МГУПС (МИИТ)) (RU)**(54) АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР
ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ВЕНТИЛЯТОРА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области управления тормозными системами железнодорожных транспортных средств. Система регулирования давления содержит асинхронный двигатель полюсопереключаемый четырехскоростной с короткозамкнутым ротором, с полюсопереключаемой статорной обмоткой, содержащей 24 катушечных группы (A1-A8, B1-B8, C1-C8), соединенных с восемью переключателями катушечных групп (9-16) и переключателем соединения двигателя с источником переменного тока, подвижные контактные группы которых имеют приводы (17-24), входящие в состав управляющего устройства. Датчик (1) давления воздуха в пневматической системе связан с первым сравнивающим устройством, датчик (4) давления всасываемого воздуха связан с четвертым сравнивающим устройством, датчик (2) расхода воздуха из пневматической

системы и датчик (3) температуры всасываемого воздуха связаны со вторым и третьим сравнивающими устройствами посредством первого и второго устройств коррекции статических характеристик этих датчиков; первое, второе, третье и четвертое сравнивающие устройства связаны соответственно с первым, вторым, третьим и четвертым задающими устройствами и с устройством суммирования, связанным в свою очередь с управляющим устройством привода компрессора, в программу работы которого заложен алгоритм работы комбинированного релейного восьмипозиционного микропроцессорного регулятора давления воздуха. Достигается повышение качества регулирования давления, повышение надежности и снижение стоимости привода компрессора, повышение надежности компрессора, снижение расхода масла компрессором и топлива ТС. 10 ил., 1 табл.



Фиг. 3

RU 2503558 C2

RU 2503558 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B60T 17/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011152637/11, 23.12.2011**
 (24) Effective date for property rights:
23.12.2011
 Priority:
 (22) Date of filing: **23.12.2011**
 (43) Application published: **27.06.2013 Bull. 18**
 (45) Date of publication: **10.01.2014 Bull. 1**
 Mail address:
**125993, Moskva, ul. Chasovaja, 22/2, Rossijskaja
 otkrytaja akademija transporta (ROAT)**

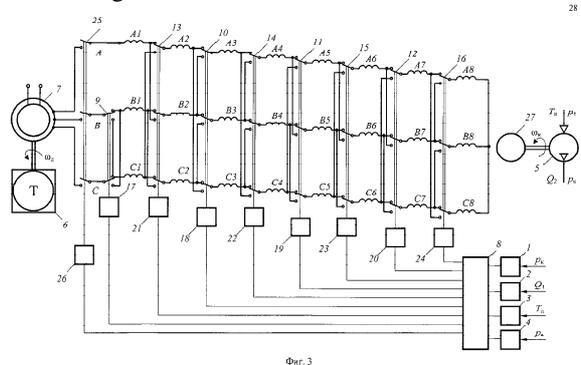
(72) Inventor(s):
**Lukov Nikolaj Mikhajlovich (RU),
 Romashkova Oksana Nikolaevna (RU),
 Kosmodamianskij Andrej Sergeevich (RU),
 Andreeva Irina Aleksandrovna (RU),
 Strekalov Nikolaj Nikolaevich (RU),
 Popov Jurij Viktorovich (RU),
 Ljudagovskij Konstantin Andreevich (RU),
 Ljudagovskij Andrej Vasil'evich (RU),
 Panova Tat'jana Vjacheslavovna (RU)**
 (73) Proprietor(s):
**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
 obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
 professional'nogo obrazovanija "Moskovskij
 gosudarstvennyj universitet putej soobshchenija"
 (MGUPS (MIIT)) (RU)**

(54) **TEMPERATURE CONTROLLER OF AUTOMATIC COMBINED MICROPROCESSOR-BASED HEAT MACHINE WITH BLOWER ELECTRIC DRIVE**

(57) Abstract:
 FIELD: transport.
 SUBSTANCE: invention relates to railway transport, particularly, to brake system control. Pressure control system comprises induction squirrel-cage pole-reversing four-speed motor with pole-reversing stator winding including 24 coil sets (A1-A8, B1-B8, C1-C8) connected with eight coil set switches (9-16) and switch to connect the engine with AC source, movable contact sets with drives (17-24) incorporated with control device. Air pressure controller 1 of pneumatic system is connected with 1st comparator while suction air pressure controller 4 is connected with 4th comparator. Air consumption transducer 2 and suction air temperature gage 3 are connected with 2nd and 3rd comparators via first and second correctors of their static characteristics. First, second, third and fourth comparators are connected with first, second, third and fourth

masters and with adder connected in their turn with compressor drive. Compressor drive incorporates the algorithm of combined relay 8-position microprocessor-based air pressure controller.
 EFFECT: higher quality of pressure control and compressor reliability, lower costs and oil consumption.

10 dwg



RU 2 503 558 C2

RU 2 503 558 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Предлагаемое изобретение относится к области совершенствования поршневых компрессорных установок тягового подвижного состава, например дизельного тягового подвижного состава, на котором компрессоры приводятся от теплового двигателя. На дизельном тяговом подвижном составе применяются следующие приводы компрессоров: механический неотключаемый от главного теплового двигателя; электрический; гидродинамический с регулируемой муфтой; гидродинамический с нерегулируемой муфтой; привод от вспомогательного теплового двигателя (неотключаемый) [Тепловозы. Конструкция, теория и расчет./ Под ред. Н.И.Панова. - М.: Машиностроение, 1976. - 544 с.].

Эксплуатация компрессорных установок на локомотивах значительно отличается от эксплуатации их в стационарных условиях. Из-за специфики поездной работы, конструктивных особенностей локомотивов и типов привода компрессоров это отличие характеризуется переменными скоростью вращения вала, давлением нагнетания, температурными условиями, частыми пусками и остановками или сменами рабочего и холостого хода [Шарунин А.А. Эксплуатационные испытания локомотивных компрессоров ПК-35 и ПК-3,5. Труды ЦНИИ МПС, 1970, Вып.413].

Известно, что из всех применяемых способов изменения подачи Q_2 и давления p_k компрессоров способ изменения их путем изменения скорости вращения вала компрессора ω_k является наиболее эффективным. Однако, для поддержания давления воздуха p_k в пневматической системе тягового транспортного средства широко применяются релейные автоматические системы регулирования давления (АСРД), в которых функции исполнительно-регулирующих устройств (ИРУ), т.е. исполнительных механизмов (ИМ) в совокупности с регулирующими органами (РО), выполняют привод компрессора и собственно компрессор. Сама пневматическая система тягового транспортного средства является объектом регулирования давления (ОРД). Автоматический регулятор давления (АРД) содержит, кроме исполнительно-регулирующего устройства, еще управляющий орган (УО), состоящий из измерительного устройства (ИУ), задающего (ЗУ), сравнивающего (СУ) и усилительно-преобразующего устройств [Луков Н.М. Космодамианский А.С. Автоматические системы управления локомотивов. - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007, с.342-343]. На объект регулирования давления ОРД действуют внешние возмущающие воздействия λ_1 , λ_2 и λ_3 : расход воздуха из пневматической системы Q_1 , температура T_a и давление p_a атмосферного (всасываемого) воздуха. Изменения этих возмущающих воздействий приводят к изменениям регулируемой величины φ - давления p_k [Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Т. 1. Теория и расчет. - М.: КолосС, 2006. - с.114-119]. Для поддержания давления p_k в заданном диапазоне автоматический регулятор давления изменяет подачу воздуха Q_2 в пневматическую систему. Автоматический релейный двухпозиционный регулятор давления имеет статические характеристики в виде петли (см. фиг.1. Статические характеристики автоматического релейного двухпозиционного регулятора давления) при максимальной ω_{k1} и минимальной ω_{k2} частоте вращения вала компрессора. При работе автоматической системы регулирования давления величина p_k изменяется в пределах от p_{k1} до p_{k2} . Повышение давления p_k от p_{k1} до p_{k2} осуществляется при работе компрессора с максимальной скоростью вращения вала $\omega_{k \text{ макс}}$ и максимальной подачей $Q_{2 \text{ макс}}$. При этом наблюдается максимальная скорость износа деталей цилиндра-поршневой группы компрессора и увеличенный расход смазки. [Банников В.А., Маньшин А.П. Влияние режимов работы компрессоров на

износ деталей цилиндро-поршневой группы и расход смазки. - Коломна, Труды ВНИТИ, 1983, Вып.58]. Результаты испытаний показывают, что скорость износа деталей компрессора возрастает как с увеличением ω_k , так и с увеличением p_k , причем более сильное влияние на увеличение скорости износа оказывает давление p_k [Цыкунов Ю.И. Результаты испытаний на износ компрессоров ПК-35 и ПК-3,5. - М.: НИИИНФОРМТЯЖМАШ, Транспортное машиностроение, 1968, Вып.13]. С повышением ω_k и давления нагнетания p_k расход смазки увеличивается [Банников В.А., Маньшин А.П. Влияние режимов работы компрессоров на износ деталей цилиндро-поршневой группы и расход смазки. - Коломна, Труды ВНИТИ, 1983, Вып.58]. Для уменьшения износа деталей цилиндро-поршневой группы компрессора и уменьшения расхода смазки необходимо применять плавное регулирование давления p_k наиболее эффективным способом - изменением ω_k , при котором уменьшается время работы компрессора при $\omega_{k \text{ макс}}$ и $p_{k \text{ макс}}$. Анализ свойств автоматических регуляторов давления релейного двухпозиционного и непрерывного действия показывает, что при непрерывном регулировании давления компрессор работает больше времени при пониженной ω_k и пониженном p_k , что способствует уменьшению скорости износа деталей цилиндро-поршневой группы и уменьшению расхода смазки (стоимость которой на порядок выше стоимости дизельного топлива) [Цыкунов Ю.И., Лесин В.И. Результаты испытаний опытных образцов локомотивных компрессоров ПК-3,5 и ПК-1,75. - М.: НИИИНформТяжМаш, Транспортное машиностроение, 1968, Вып.5-67-14].

Уровень техники

Известна автоматическая система регулирования давления [Патент РФ №2254249], в которой вал компрессора соединен с валом асинхронного двигателя, статорная обмотка которого подключена к синхронному генератору, приводимому от вала теплового двигателя, а роторная обмотка посредством выпрямителя подключена к якорной обмотке регулирующей машины постоянного тока, обмотка возбуждения которой соединена с первым блоком управления, соединенным с первым цифроаналоговым преобразователем, подключенным к первому выходу микропроцессорного контроллера, к первому входу которого посредством первого аналого-цифрового преобразователя подключен датчик давления в пневматической системе, а ко второму входу микропроцессорного контроллера посредством второго аналого-цифрового преобразователя подключен датчик скорости вращения вала компрессора, второй выход микропроцессорного контроллера посредством второго цифроаналогового преобразователя соединен с блоком управления контактора подключения асинхронного двигателя к синхронному генератору, а третий выход микропроцессорного контроллера посредством третьего цифроаналогового преобразователя соединен с блоком управления тяговым транспортным средством.

Известны асинхронные многоскоростные двигатели с короткозамкнутым ротором, в которых статорная обмотка имеет полюсопереключаемые обмотки:

1. Для двухскоростных двигателей: $p=5:3$, $\omega_1=600$ и $\omega_2=1000$ об/мин [А.с. СССР №995212]; $p=12:3$, $\omega_1=250$ и $\omega_2=1000$ об/мин [А.с. СССР №1721731]; $p=8:4$, $\omega_1=375$ и $\omega_2=750$ об/мин [Патент РФ №2345463].

2. Для трехскоростных двигателей: $p=5:2:1$, $\omega_1=600$, $\omega_2=1500$ об/мин и $\omega_3=3000$ об/мин [А.с. СССР №884039]; $p=10:4:2$, $\omega_1=300$, $\omega_2=750$ об/мин и $\omega_3=1500$ об/мин [А.с. СССР №1086511]; $p=5:2:1$, $\omega_1=600$, $\omega_2=1500$ об/мин и $\omega_3=3000$ об/мин [Патент РФ №2285994]; $p=7:5:3$, $\omega_1=430$, $\omega_2=600$ об/мин и $\omega_3=1000$ об/мин [Патент РФ №2298273].

3. Для четырехскоростных двигателей: $p=8:4:2:1$, $\omega_1=375$, $\omega_2=750$ об/мин, $\omega_3=1500$

об/мин и $\omega_4=3000$ об/мин [Патент РФ №2014711]; $p=8:4:2:1$, $\omega_1=375$, $\omega_2=750$ об/мин, $\omega_3=1500$ об/мин и $\omega_4=300$ об/мин [Патент РФ №2020693].

Известны также пятискоростные двигатели, для которых: $p=10:6:4:3:2$, $\omega_1=300$, $\omega_2=500$ об/мин, $\omega_3=750$ об/мин, $\omega_4=1000$ об/мин и $\omega_5=1500$ об/мин.

Таким образом, имеется возможность широкого выбора трехфазных полюсопереключаемых обмоток для многоскоростных асинхронных двигателей.

Аналог предлагаемого изобретения, наиболее близкий к нему по совокупности существенных признаков (прототип)

Известна автоматическая система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства [Патент РФ №2283252], содержащая компрессор, соединенный с валом регулирующей машины постоянного тока, отличающаяся тем, что вал компрессора соединен с валом асинхронного двигателя, статорная обмотка которого подключена к источнику переменного тока, а роторная обмотка посредством выпрямителя подключена к якорной обмотке регулирующей машины постоянного тока, обмотка возбуждения которой соединена с первым блоком управления, подключенным к первому выходу микропроцессорного контроллера, к первому входу которого подключен датчик давления в пневматической системе, а ко второму входу микропроцессорного контроллера подключен датчик скорости вращения вала компрессора, второй выход микропроцессорного контроллера соединен с блоком управления контактора подключения асинхронного двигателя к синхронному генератору, а третий выход микропроцессорного контроллера соединен с блоком управления тяговым транспортным средством.

Эта автоматическая система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства, так же, как и аналог предлагаемого изобретения [Патент РФ №2254249], имеет существенный недостаток. Применение в системе асинхронного двигателя с фазным ротором, вращающегося выпрямителя и машины постоянного тока очень усложняет электрический привод компрессора, повышает стоимость и снижает его надежность и КПД.

Сущность изобретения

Предлагаемая автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства не имеет недостатков, присущих известным автоматическим системам регулирования давления [Патенты РФ №№2254249, 2283252], так как она содержит автоматический комбинированный релейный восьмипозиционный микропроцессорный регулятор давления с электрическим приводом компрессора, который содержит асинхронный полюсопереключаемый четырехскоростной двигатель с короткозамкнутым ротором, в котором статорная обмотка имеет полюсопереключаемые обмотки (число пар полюсов двигателя: 8, 4, 2 и 1).

Недостатки автоматического релейного регулятора можно значительно уменьшить путем превращения его из двухпозиционного в многопозиционный. Чем больше позиций имеет релейный регулятор, тем больше релейная система регулирования с таким регулятором приближается к системе непрерывного действия по показателям качества работы.

В этом асинхронном полюсопереключаемом двигателе трехфазная обмотка статора выполнена из 24 катушечных групп с выводами от их начал и концов. Коммутационные переключатели катушечных групп (7 трехполюсных переключателей и один двухполюсный переключатель) соединяют катушечные

группы так, что они образуют на расточке статора двигателя фазные зоны с целым числом катушек на зону (см. фиг.2. Принципиальная схема асинхронного полюсопереключаемого четырехскоростного двигателя с короткозамкнутым ротором с переключателями катушечных групп статорной обмотки).

При подаче трехфазного напряжения на входные зажимы обмотки последняя создает в воздушном зазоре магнитное поле, первая пространственная гармоника которого вращается в одном и том же направлении с частотой вращения, зависящей от числа пар полюсов. В зависимости от положения переключателей угловая скорость поля равна 375 об/мин при включении на 8 пар полюсов, 750 об/мин - при включении на 4 пары полюсов, 1500 об/мин - при включении на 2 пары полюсов и 3000 об/мин - при включении на одну пару полюсов. Таким образом, статорная обмотка обеспечивает ступенчатое изменение частоты вращения магнитного поля в отношении $\omega_1:\omega_2:\omega_3:\omega_4=8:4:2:1$.

Эта трехфазная полюсопереключаемая обмотка на четыре числа пар полюсов (двухслойная, трехзонная, соединенная в звезду с одной параллельной ветвью в каждой фазе при всех числах пар полюсов) состоит из одинаковых равномерно распределенных катушек, входящих в катушечные группы с номерами А1 - А8, В1 - В8, С1 - С8. При указанном на фиг.2 исходном положении переключателей схема подготовлена для включения обмотки на 8 пар полюсов (подвижные контакты переключателей катушечных групп расположены вверх), а включение производится подачей трехфазного напряжения на входные зажимы обмотки, обозначенные буквами А, В и С.

В предлагаемой автоматической комбинированной микропроцессорной системе регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства электрический привод компрессора имеет более высокую надежность, так как компрессор включается в работу только на первой передаче, обеспечивающей пониженную частоту вращения компрессора ω_k , например, 0,125 номинального значения. Затем следующее увеличение частоты вращения компрессора ω_k при переходе с первой на вторую частоту вращения (0,25 номинального значения) также небольшое и осуществляется без предварительного выключения компрессора. Увеличение частоты вращения ω_k при переходе со второй на третью частоту вращения (0,5 номинального значения) также небольшое и осуществляется без предварительного выключения компрессора. Эти условия обуславливают пониженные динамические нагрузки в элементах привода компрессора и значительное повышение его надежности. Применение пониженных частот вращения компрессора обеспечивает значительное уменьшение затрат энергии на привод компрессора, повышение надежности привода и компрессора и уменьшение амплитуды и частоты колебаний давления p_k , что приводит к уменьшению расхода топлива тяговым транспортным средством и к повышению надежности компрессорной установки.

Автоматический комбинированный микропроцессорный регулятор давления в пневматической системе тягового транспортного средства с электрическим приводом компрессора (см. фиг.3. Принципиальная блок-схема автоматического комбинированного микропроцессорного регулятора давления в пневматической системе тягового транспортного средства) содержит датчик 1 давления воздуха (ДДВ1) в пневматической системе, датчик 2 расхода воздуха (ДРВ) из пневматической системы Q_1 , датчик 3 температуры атмосферного (всасываемого) воздуха (ДТВ) и датчик 4 давления атмосферного (всасываемого) воздуха (ДДВ2), компрессор (К) 5, тепловой двигатель 6, синхронный генератор (источник электроэнергии) 7,

микропроцессорный контроллер (МПК) 8, асинхронный четырехскоростной двигатель с полюсопереключаемой статорной обмоткой, содержащей 24 катушечных группы: А1 - А8, В1 - В8 и С1 - С8, соединенных с восемью переключателями 9-16, подвижные контактные группы которых имеют приводы 17-24, переключатель 25

включения двигателя с приводом 26, ротор 27 двигателя.

Автоматический микропроцессорный шестипозиционный регулятор давления с механическим приводом компрессора является комбинированным, так как в нем для управления исполнительно-регулирующим устройством кроме сигнала регулируемого

величины φ - давления p_k , используются еще сигналы внешних возмущающих воздействий λ_1 , λ_2 и λ_3 : расхода воздуха из пневматической системы Q_1 , температуры атмосферного (всасываемого) воздуха T_a , давления атмосферного (всасываемого) воздуха p_a . В результате регулирующее воздействие μ на объект регулирования определяется выражением (алгоритмом работы комбинированного регулятора температуры) [Луков Н.М. Основы автоматики и автоматизации тепловозов. - М.: Транспорт, 1989, стр.19. Луков И.М., А.С.Космодамианский. Автоматические системы управления локомотивов. - М.: ГОУ УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, стр.22]

$$\Delta\mu = k_p \Delta\varphi + k_{p\lambda_1} \Delta\lambda_1 + k_{p\lambda_2} \Delta\lambda_2 + k_{p\lambda_3} \Delta\lambda_3, \quad (2)$$

где k_p , $k_{p\lambda_1}$, $k_{p\lambda_2}$, $k_{p\lambda_3}$ - коэффициенты передачи регулятора по каналам действия регулируемой величины и возмущающих воздействий.

Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневмосистеме тягового транспортного средства (см. фиг.4.

Принципиальная схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства) содержит датчик 1 давления воздуха ДДВ1 в пневматической системе 28, датчик 2 расхода воздуха ДРВ из пневматической системы, датчик 3 температуры атмосферного (всасываемого) воздуха ДТВ и датчик 4 давления атмосферного (всасываемого) воздуха ДДВ2, компрессор 5, тепловой двигатель 6, синхронный генератор (источник электроэнергии) 7, микропроцессорный контроллер МПК 8, асинхронный четырехскоростной двигатель с полюсопереключаемой статорной обмоткой, содержащей 24 катушечных группы: А1-А8, В1-В8 и С1-С8, соединенных с восемью переключателями 9-16, подвижные контактные группы которых имеют приводы 17-24, переключатель 25 включения двигателя с приводом 26, ротор 27 двигателя, пневматическую систему 28, разгрузочное устройство (РУ) 29 с приводом.

Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства, содержащая автоматический комбинированный релейный восьмипозиционный микропроцессорный регулятор давления с электрическим приводом компрессора, содержит следующие функциональные элементы (см. фиг.5. Функциональная схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства): объект регулирования давления в пневматической системе ОР 28 (пневматическую систему тягового транспортного средства), первое измерительное устройство (ИУ1) 1 (датчик давления p_k воздуха в пневматической системе) с выходным сигналом $x_{д1}$, второе измерительное устройство (ИУ2) 2 (датчик расхода Q_1 воздуха из пневматической системы) с выходным сигналом $x_{д2}$, третье измерительное устройство (ИУ3) 3 (датчик температуры T_a атмосферного (всасываемого) воздуха) с выходным сигналом $x_{д3}$, четвертое измерительное устройство (ИУ4) 4 (датчик давления атмосферного

(всасываемого) воздуха p_a) с выходным сигналом, $x_{д4}$, регулирующий орган (РО) 5 (компрессор К), исполнительный механизм (ИМ) 30 с выходным сигналом $h_{им}$ (электрический привод компрессора ПК), четыре задающих устройства 31, 32, 33 и 34 - (ЗУ1), (ЗУ2), (ЗУ3) и (ЗУ4) с сигналами задания η_1, η_2, η_3 , и с выходными сигналами $x_{зy1}, x_{зy2}$ и $x_{зy3}$, четыре сравнивающих устройства 35, 36, 37 и 38 - (СУ1), (СУ2), (СУ3) и (СУ4) с выходными сигналами $\Delta x_{cy1}, \Delta x_{cy2}, \Delta x_{cy3}$ и Δx_{cy4} , два устройства коррекции 39 и 40 (УК1) и (УК2) статических характеристик измерительных устройств ИУ2 и ИУ3 с выходными сигналами $x_{ук1}$ и $x_{ук2}$, устройство суммирования 41 (УС) с выходным сигналом x_{yc} выходных сигналов сравнивающих устройств СУ1, СУ2, СУ3 и СУ4, разгрузочное устройство 29 РУи управляющее 42 (УУ) с выходным сигналом x_{yy} .

Разгрузочное устройство применено в микропроцессорной автоматической системе регулирования давления с целью уменьшения времени разгона компрессора и токовой нагрузки при пуске электрического привода компрессора. При включении катушечных групп статорной обмотки двигателя на новое (меньшее) число пар полюсов устройство управления включает на несколько (3-5) секунд разгрузочное устройство РУ, которое отключает пневматическую систему от компрессора, а его выход соединяет с атмосферой.

Устройства коррекции УК1 и УК2 статических характеристик измерительных устройств ИУ2 и ИУ3 предназначены для установления степени влияния сигналов возмущающих воздействий λ_1 и λ_2 на регулирующее воздействие μ . Степени влияния определяются значениями коэффициентов передачи устройств коррекции УК1 и УК2: $k_{ук1}$ и $k_{ук2}$ (статические параметры настройки регулятора). Например, давление воздуха в пневматической системе p_k изменяется пропорционально давлению атмосферного (всасываемого) воздуха p_a , а коэффициент пропорциональности (коэффициент передачи пневматической системы по давлению атмосферного (всасываемого) воздуха p_a) равен единице. Поэтому для уменьшения влияния давления атмосферного (всасываемого) воздуха p_a на регулирующее воздействие μ , а значит и на давление воздуха в пневматической системе p_k , необходимо делать меньше единицы значение коэффициента передачи устройства коррекции УК2.

Выходной сигнал устройства суммирования УС определяется из выражения

$$x_{yc} = \Delta x_{cy1} + \Delta x_{cy2} + \Delta x_{cy3} + \Delta x_{cy4} \quad (1)$$

Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства содержит четыре регулятора (фиг.5). Регулятор давления p_k по отклонению его от заданного значения вместе с объектом регулирования образует замкнутый контур регулирования и содержит функциональные элементы: ИУ1, СУ1, ЗУ1, УС, УУ, ИМ И РО. Регулятор давления p_k по расходу воздуха из пневматической системы Q_1 вместе с объектом регулирования образует первый разомкнутый контур регулирования и содержит функциональные элементы: ИУ2, УК1, СУ2, ЗУ2, УС, УУ, ИМ И РО. Регулятор давления p_k по температуре всасываемого воздуха T_a вместе с объектом регулирования образует второй разомкнутый контур регулирования и содержит функциональные элементы: ИУ3, УК2, СУ3, ЗУ3, УС, УУ, ИМ И РО. Регулятор давления p_k по давлению всасываемого воздуха p_a вместе с объектом регулирования образует третий разомкнутый контур регулирования и содержит функциональные элементы: ИУ4, СУ4, ЗУ4, УС, УУ, ИМ И РО.

Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования

давления в пневматической системе тягового транспортного средства (см. фиг.6. Блок-схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства) содержит датчик 1 давления p_k воздуха в пневматической системе - ДДВ1, датчик 2 расхода воздуха Q_1 из пневматической системы - ДРВ, датчик 3 температуры T_a всасываемого воздуха - ДТВ, датчик 4 давления p_a всасываемого воздуха - ДДВ2, устройства коррекции 39 и 40 - УК1 и УК2, задающие устройства 31, 32, 33 и 34 - ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3 и ЗУ4, сравнивающие устройства 35, 36, 37 и 38 - СУ1, СУ2, СУ3 и СУ4, устройства суммирования 41 - УС и управления 42 - УУ, привод компрессора 30 - ПК, компрессор 5 - К и пневматическую систему 28 - ПС. Функции устройств УК1, УК2, ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3 и ЗУ4, СУ1, СУ2, СУ3 и СУ4, УС и УУ выполняет микропроцессорный контроллер МПК.

Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства работает следующим образом. При отключенных датчиках ДРВ, ДТВ, ДДВ2 и четырехскоростном приводе компрессора микропроцессорный контроллер обеспечивает выключение (при повышении давления p_k до значений p_{k2} , p_{k4} , p_{k6} и p_{k8}) компрессора или включение (при понижении давления p_k до значений p_{k1} , p_{k3} , p_{k5} и p_{k7}) при соответствующей ступени частоты вращения. В результате автоматический микропроцессорный восьмипозиционный релейный регулятор давления в пневматической системе с электрическим приводом компрессора имеет статические характеристики, представленные на фиг.7 (Фиг.7 Статические характеристики автоматического релейного восьмипозиционного микропроцессорного регулятора давления в пневматической системе). При таком регуляторе давления поле статических характеристик автоматической микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе с электрическим приводом компрессора будет иметь вид, представленный на фиг.8 (Фиг.8. Поле статических характеристик автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления). На фиг.8 видно, что при уменьшении расхода воздуха из пневматической системы Q_1 , амплитуда и размах колебаний давления p_k увеличиваются. При этом также увеличивается период колебаний давления p_k и остаточная неравномерность Δp_k . Это обусловлено тем, что при уменьшении расхода воздуха из пневматической системы Q_1 и температуры всасываемого воздуха T_a увеличиваются постоянная времени и коэффициент передачи пневматической системы как объекта регулирования давления [Попов Е.П. Автоматическое регулирование и управление. - М.: Наука, 1966, стр.309-311. В.С.Прусенко. Пневматические системы автоматического регулирования технологических процессов. - М.: Машиностроение, 1987, стр.164, 165, 180-181]. Уменьшение среднего давления p_k при уменьшении расхода воздуха из пневматической системы Q_1 приводит к уменьшению точности регулирования давления p_k , то есть к снижению качества работы системы регулирования. Увеличение амплитуды и периода колебаний давления p_k отрицательно сказывается на технико-экономических показателях компрессора и пневматической системы.

При включенных датчиках ДРВ, ДТВ и ДДВ2 микропроцессорный контроллер в соответствии с программой, заложенной в устройство управления УУ (фиг.5 и 6), обеспечивает включение и выключение соответствующего числа пар полюсов двигателя в зависимости не только от сигнала давления p_k , но и от сигналов по расходу воздуха из пневматической системы Q_1 , температуре всасываемого воздуха

T_a , давлению p_a всасываемого воздуха. При этом автоматический комбинированный релейный восьмипозиционный микропроцессорный регулятор давления имеет статические характеристики (Фиг.9. Статические характеристики автоматического комбинированного микропроцессорного регулятора давления), отличные от характеристик, приведенных на фиг.7. При этом алгоритм (закон) работы устройства управления УУ приводом компрессора ПК имеет вид:

$\omega_B = \omega_{B4}$ при $x_{yy8} < x_{yy} < x_{yy7}$ - контактные группы всех переключателей находятся в нижнем положении;

$\omega_B = \omega_{B3}$ при $x_{yy6} < x_{yy} < x_{yy5}$ - контактные группы переключателя 3 находятся в верхнем положении, а переключателей 10 и 11, 13-17 - в нижнем положении;

$\omega_B = \omega_{B2}$ при $x_{yy4} < x_{yy} < x_{yy3}$ - контактные группы переключателей 10-13 находятся в верхнем положении, а контактные группы переключателей 14-17 находятся в нижнем положении;

$\omega_B = \omega_{B1}$ при $x_{yy2} < x_{yy} < x_{yy1}$ - контактные группы всех переключателей находятся в верхнем положении.

Эти переключения катушечных групп статорной обмотки двигателя производятся в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

p	Переключатели катушечных групп статорной обмотки и алгоритмы их переключения и положения								ω_B	ω_B , об/мин
	10	11	12	13	14	15	16	17		
8	В	В	В	В	В	В	В	В	ω_{B1}	375
4	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	ω_{B2}	750
2	Н	Н	В	Н	Н	Н	Н	Н	ω_{B3}	1500
1	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	ω_{B4}	3000

В данной таблице обозначено:

В - подвижные контактные группы переключателей расположены вверху;

Н - подвижные контактные группы переключателей расположены внизу.

Как видно из таблицы 1, для перевода двигателя с первой ступени частоты вращения ($p=8$) на вторую ступень частоты вращения ($p=4$) переключаются 14-17 переключатели; для перевода двигателя со второй ступени частоты вращения на третью ступень частоты вращения ($p=2$) переключаются 10, 11 и 13 переключатели; а для перевода двигателя с третьей ступени частоты вращения на четвертую ступень частоты вращения ($p=1$) переключается 12 переключатель. При переключении катушечных групп и изменении числа пар полюсов не происходит разрыва потока мощности на привод компрессора [Винокуров В.А., Попов Д.А. Электрические машины железнодорожного транспорта. - М.: Транспорт, 1986, с.369-372].

Для того чтобы при уменьшении расхода воздуха из пневматической системы Q_1 не увеличивалась амплитуда колебаний давления p_k , зона нечувствительности устройства управления УУ, а значит и регулятора давления p_k , уменьшается при уменьшении частоты вращения ω_k вала компрессора. Зона нечувствительности устройства управления УУ: при $\omega_k = \omega_{k1}$ $2\Delta Z_{нч1} = x_{yy2} - x_{yy1}$, при $\omega_k = \omega_{k2}$ $2\Delta Z_{нч2} = x_{yy4} - x_{yy3}$, при $\omega_k = \omega_{k3}$ $2\Delta Z_{нч3} = x_{yy6} - x_{yy5}$ и при $\omega_k = \omega_{k4}$ $2\Delta Z_{нч4} = x_{yy8} - x_{yy7}$. Соотношение зон нечувствительности: $\Delta Z_{нч1} = k_{z1} \Delta Z_{нч2}$, $\Delta Z_{нч2} = k_{z2} \Delta Z_{нч3}$; $k_{z1} > k_{z2} > 1$. Значения зоны нечувствительности $\Delta Z_{нч1}$ и коэффициентов k_{z1} и k_{z2} являются статическими параметрами настройки регулятора. Интервалы $x_{yy3} - x_{yy2}$, $x_{yy5} - x_{yy4}$ и $x_{yy7} - x_{yy6}$

составляют 0,1-0,2 от зоны нечувствительности.

В результате поле характеристик автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления, содержащей автоматический комбинированный релейный восьмипозиционный микропроцессорный регулятор давления с электрическим приводом компрессора, будет иметь вид, представленный на фиг.10 (Фиг.10. Поле характеристик автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления). На фиг.10 видно, что при уменьшении расхода воздуха из пневматической системы Q_1 , среднее значение давления p_k достигается постоянным, также постоянной остается амплитуда колебаний давления p_k , что свидетельствует о высоком качестве работы автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении предлагаемого изобретения

В предлагаемой автоматической комбинированной микропроцессорной системе регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства с автоматическим микропроцессорным восьмипозиционным регулятором давления применен более простой, более надежный и более дешевый электрический привод вентилятора, чем в регуляторах известных систем. В нем применен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и восемь переключателей (вместо двигателей с фазным ротором и постоянного тока и вращающегося выпрямителя). Осуществление предлагаемого изобретения позволит повысить качество регулирования давления, повысить надежность и снизить стоимость электрического привода компрессора, повысить надежность компрессора, уменьшить расход масла компрессором и топлива транспортным средством. Технический результат достигается за счет того, что автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства содержит компрессор, соединенный с валом теплового двигателя посредством электрического привода переменного тока, состоящего из источника переменного тока и асинхронного двигателя, датчик давления воздуха в пневматической системе. В ней применен асинхронный двигатель полюсопереключаемый четырехскоростной с короткозамкнутым ротором, с полюсопереключаемой статорной обмоткой, содержащей 24 катушечных группы, соединенных с восемью переключателями катушечных групп и переключателем соединения двигателя с источником переменного тока, подвижные контактные группы которых имеют приводы, входящие в состав управляющего устройства. Электрический привод компрессора связан с управляющим устройством. Регулятор дополнительно содержит датчик расхода воздуха из пневматической системы, датчик температуры всасываемого воздуха и датчик давления всасываемого воздуха. Датчик давления воздуха в пневматической системе связан с первым сравнивающим устройством, датчик давления всасываемого воздуха связан с четвертым сравнивающим устройством, датчик расхода воздуха из пневматической системы и датчик температуры всасываемого воздуха связаны со вторым и третьим сравнивающими устройствами посредством первого и второго устройств коррекции статических характеристик этих датчиков. Первое, второе, третье и четвертое сравнивающие устройства связаны соответственно с первым, вторым, третьим и четвертым задающими устройствами и с устройством суммирования, связанным в свою очередь с управляющим устройством электрического привода компрессора, в

программу работы которого заложен алгоритм работы комбинированного релейного восьмипозиционного микропроцессорного регулятора давления воздуха.

Фиг.1. Статические характеристики автоматического релейного двухпозиционного регулятора давления.

Фиг.2. Принципиальная схема асинхронного полюсопереключаемого четырехскоростного двигателя с короткозамкнутым ротором с переключателями катушечных групп статорной обмотки.

Фиг.3. Принципиальная блок-схема автоматического комбинированного микропроцессорного регулятора давления в пневматической системе тягового транспортного средства.

Фиг.4. Принципиальная схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства.

Фиг.5. Функциональная схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного.

Фиг.6. Блок-схема автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования.

Фиг.7. Статические характеристики автоматического релейного восьмипозиционного микропроцессорного регулятора давления в пневматической системе.

Фиг.8. Поле статических характеристик автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления.

Фиг.9. Статические характеристики автоматического комбинированного микропроцессорного регулятора давления.

Фиг.10. Поле характеристик автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления.

Перечень позиций, соответствующих на рисунках основным элементам автоматической комбинированной микропроцессорной системы регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства

Фиг.3, 4, 5 и 6:

1 - датчик давления воздуха в пневматической системе (первое измерительное устройство);

2 - датчик расхода воздуха из пневматической системы (второе измерительное устройство);

3 - датчик температуры атмосферного (всасываемого) воздуха (третье измерительное устройство);

4 - датчик давления атмосферного (всасываемого) воздуха (четвертое измерительное устройство);

5 - компрессор (регулирующий орган);

6 - тепловой двигатель;

7 - синхронный генератор;

8 - микропроцессорный контроллер;

9-16 - переключатели катушечных групп полюсопереключаемой статорной обмотки асинхронного четырехскоростного двигателя;

17-24 - приводы подвижных контактных групп переключателей катушечных групп полюсопереключаемой статорной обмотки асинхронного четырехскоростного двигателя;

- 25 - переключатель включения асинхронного двигателя;
 26 - привод переключателя включения асинхронного двигателя;
 27 - ротор асинхронного двигателя;
 28 - пневматическая система (объект регулирования температуры);
 5 29 - разгрузочное устройство компрессора;
 30 - электрический привод компрессора (исполнительный механизм);
 31-34 - задающие устройства;
 35-38 - сравнивающие устройства;
 10 39 и 40 - устройства коррекции;
 41 - устройство суммирования;
 42 - устройство управления
- Перечень условных сокращений
- 15 АСРД - автоматическая система регулирования давления
 ОРД - объект регулирования давления
 АРД - автоматический регулятор давления
 УО - управляющий орган
 ИРУ - исполнительно-регулирующее устройство
 20 ИУ, ИУ1, ИУ2, ИУ3 и ИУ4 - измерительное устройство
 ЗУ, ЗУ1, ЗУ2, ЗУ3 и ЗУ4 - задающее устройство
 УУ - управляющее устройство
 УК1 и УК2 - устройства коррекции
 СУ, СУ1, СУ2, СУ3 и СУ4 - сравнивающее устройство
 25 ИМ - исполнительный механизм
 РО - регулирующий орган
 ДДВ1 - датчик давления воздуха в пневматической системе
 ДРВ - датчик расхода воздуха из пневматической системы
 30 ДТВ - датчик температуры атмосферного (всасываемого) воздуха
 ДДВ2 - датчик давления атмосферного (всасываемого) воздуха
 МПК - микропроцессорный контроллер
 ПС - пневматическая система тягового транспортного средства
 К - компрессор
 35 ПК - привод компрессора
- Перечень обозначений величин
- p_k - давление воздуха в пневматической системе тягового транспортного средства
 Q_2 - подача компрессора
 40 ω_k - частота вращения вала компрессора
 λ_1, λ_2 и λ_3 - возмущающие воздействия
 Q_1 - расход воздуха из пневматической системы
 T_a - температура атмосферного (всасываемого) воздуха
 p_a - давление атмосферного (всасываемого) воздуха
 45 φ - сигнал регулируемой величины (давления воздуха в пневматической системе)
 $x_{д1}$ - выходной сигнал датчика давления воздуха в пневматической системе
 (первого измерительного устройства)
 $x_{д2}$ - выходной сигнал датчика расхода воздуха из пневматической системы
 50 (второго измерительного устройства)
 $x_{д3}$ - выходной сигнал датчика температуры атмосферного (всасываемого) воздуха
 (третьего измерительного устройства)
 $x_{д4}$ - выходной сигнал датчика давления атмосферного (всасываемого) воздуха

(четвертого измерительного устройства)

$h_{им}$ - выходной сигнал исполнительного механизма (привода компрессора)

η_1, η_2, η_3 и η_4 - сигналы задания

$X_{зy1}, X_{зy2}, X_{зy3}$ и $X_{зy4}$ - выходные сигналы задающих устройств

X_{yk1} и X_{yk2} - выходные сигналы устройств коррекции

$\Delta X_{cy1}, \Delta X_{cy2}, \Delta X_{cy3}$ и ΔX_{cy4} - выходные сигналы сравнивающих устройств

X_{yc} - выходной сигнал устройства суммирования выходных сигналов сравнивающих устройств

X_{yy} - выходной сигнал управляющего устройства

k_{yk1} и k_{yk2} - коэффициенты передачи устройств коррекции

$k_p, k_{p\lambda1}, k_{p\lambda2}$, и $k_{p\lambda3}$ - коэффициенты передачи регулятора по каналам действия регулируемой величины и возмущающих воздействий

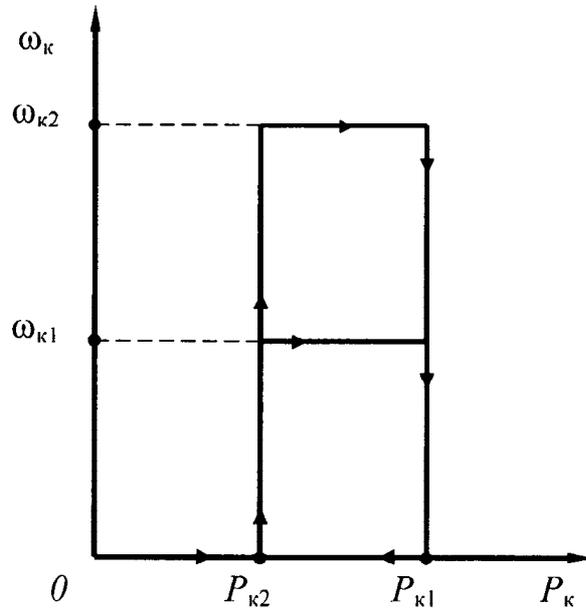
k_{z1} и k_{z2} - коэффициенты, характеризующие соотношение зон нечувствительности устройства управления

Δr_k - остаточная неравномерность

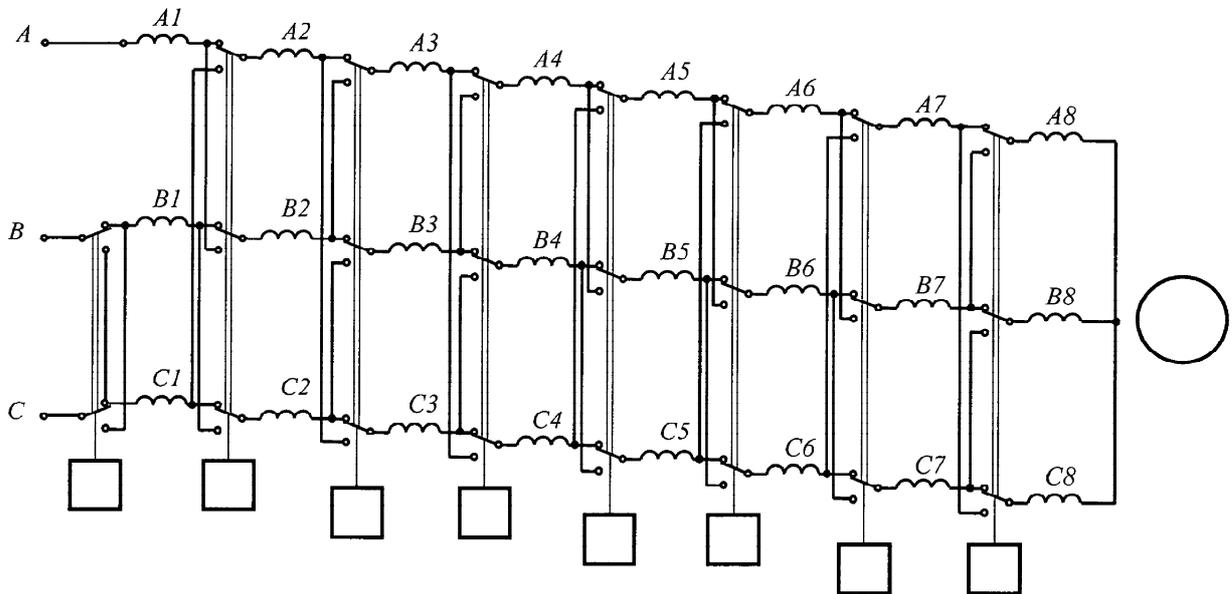
$2\Delta Z_{нч1}, 2\Delta Z_{нч2}, 2\Delta Z_{нч3}$ и $2\Delta Z_{нч4}$ - зоны нечувствительности устройства управления.

Формула изобретения

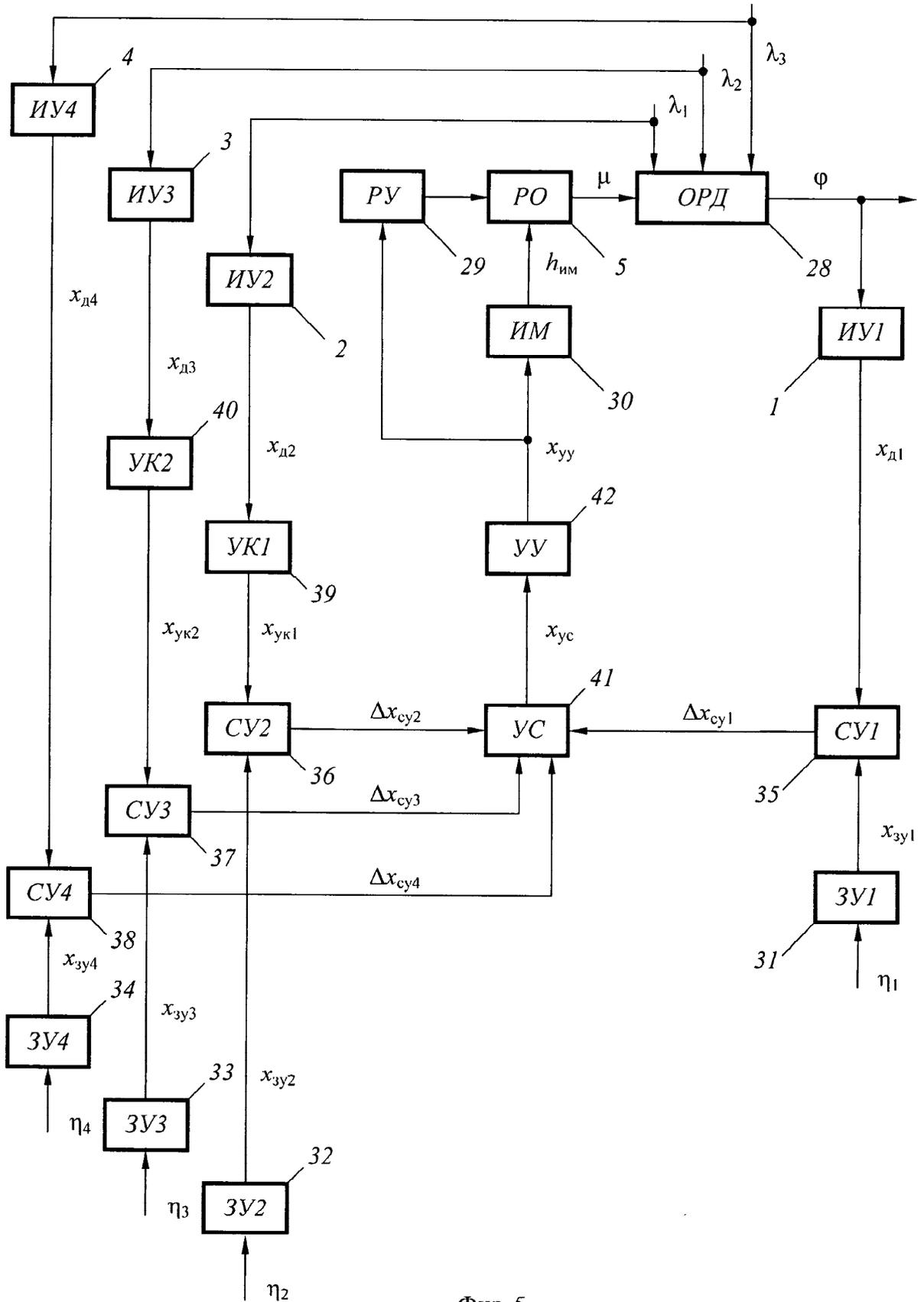
Автоматическая комбинированная микропроцессорная система регулирования давления в пневматической системе тягового транспортного средства, содержащая компрессор, соединенный с валом теплового двигателя посредством электрического привода переменного тока, состоящего из источника переменного тока и асинхронного двигателя, датчик давления воздуха в пневматической системе, отличающаяся тем, что в ней применен асинхронный двигатель полюсопереключаемый четырехскоростной с короткозамкнутым ротором, с полюсопереключаемой статорной обмоткой, содержащей 24 катушечных группы, соединенных с восемью переключателями катушечных групп и переключателем соединения двигателя с источником переменного тока, подвижные контактные группы которых имеют приводы, входящие в состав управляющего устройства, причем электрический привод компрессора связан с управляющим устройством; регулятор дополнительно содержит датчик расхода воздуха из пневматической системы, датчик температуры всасываемого воздуха и датчик давления всасываемого воздуха; датчик давления воздуха в пневматической системе связан с первым сравнивающим устройством, датчик давления всасываемого воздуха связан с четвертым сравнивающим устройством, датчик расхода воздуха из пневматической системы и датчик температуры всасываемого воздуха связаны со вторым и третьим сравнивающими устройствами посредством первого и второго устройств коррекции статических характеристик этих датчиков; первое, второе, третье и четвертое сравнивающие устройства связаны соответственно с первым, вторым, третьим и четвертым задающими устройствами и с устройством суммирования, связанным в свою очередь с управляющим устройством электрического привода компрессора, в программу работы которого заложен алгоритм работы комбинированного релейного восьмипозиционного микропроцессорного регулятора давления воздуха.



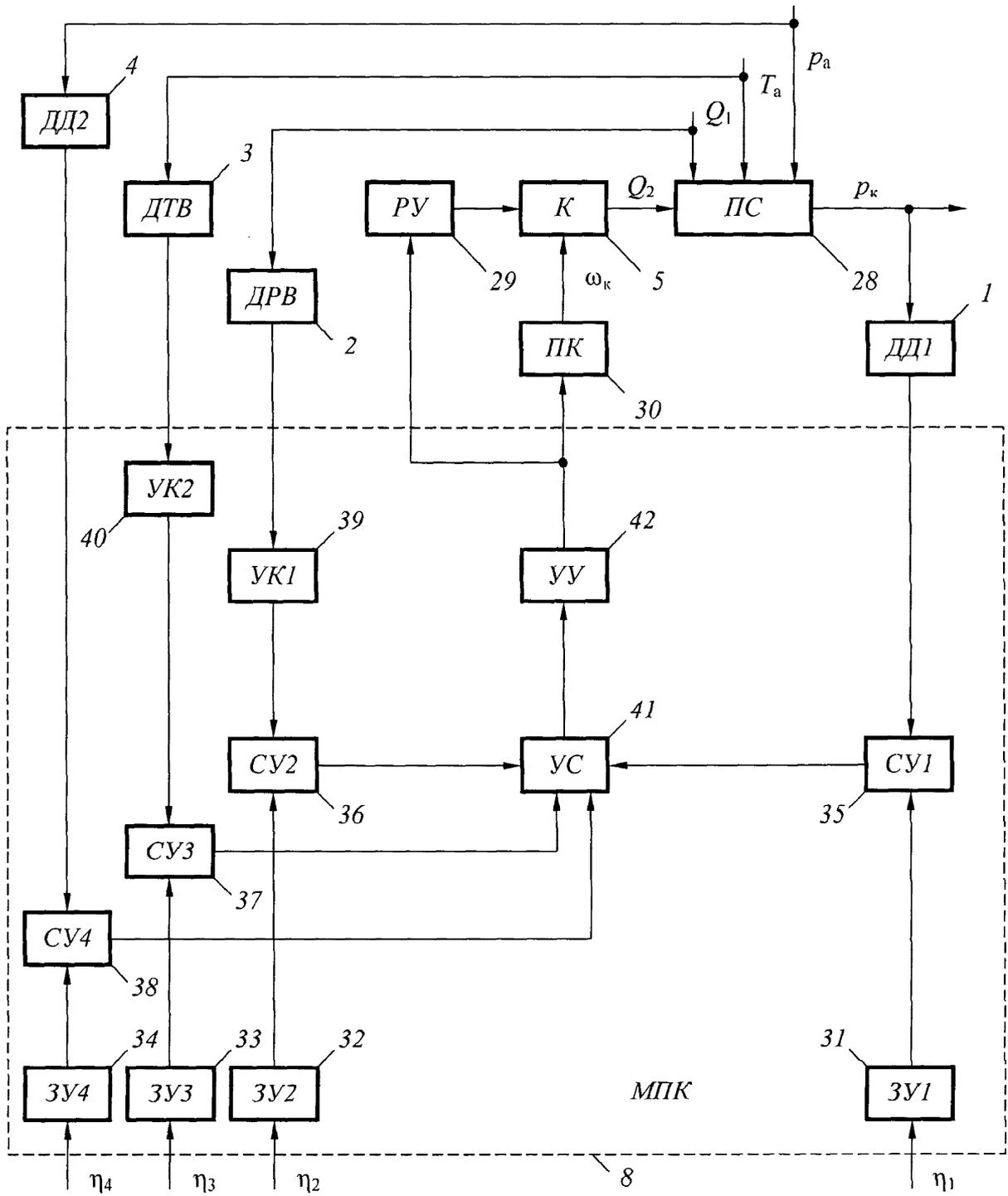
Фиг. 1



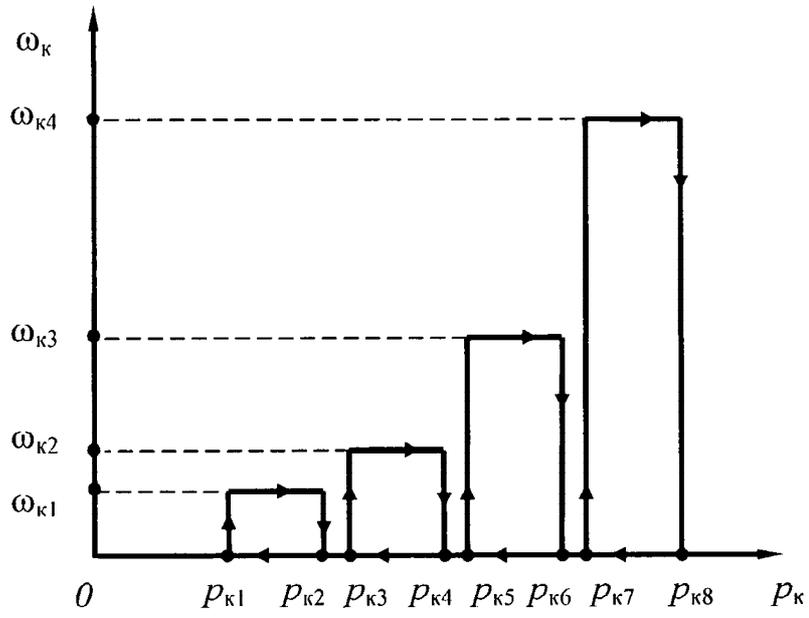
Фиг. 2



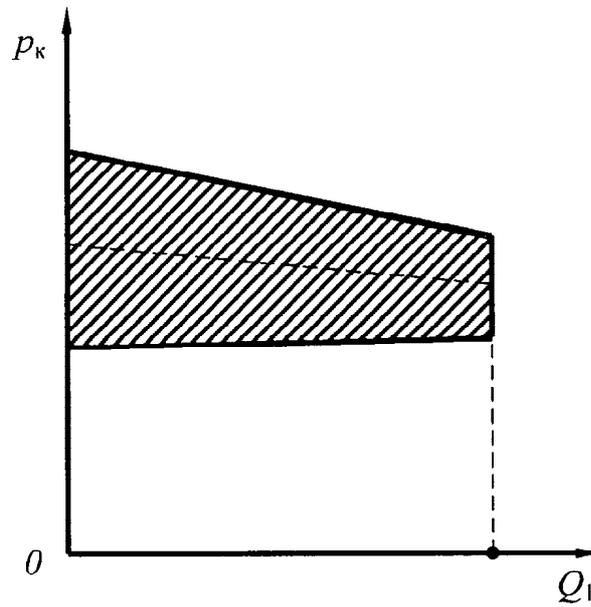
Фиг. 5



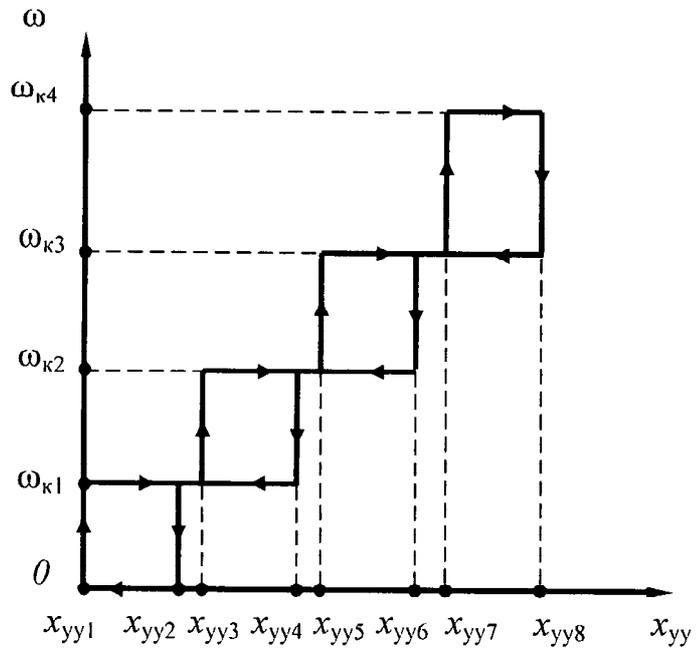
Фиг. 6



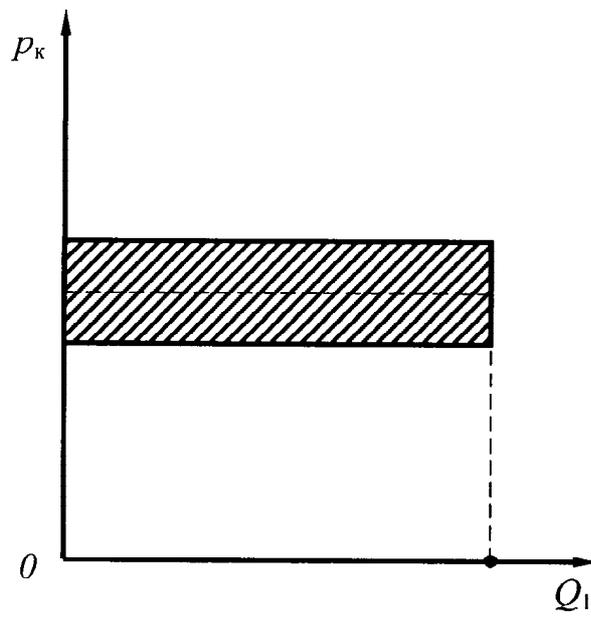
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10