

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H02P 9/30 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2026115926, 22.05.2026

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.05.2026Дата регистрации:
28.09.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.05.2026

(45) Опубликовано: 28.09.2026 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

454136, г. Челябинск, ул. Молодогвардейцев,
70А, кв. 90, Шведу А.А.

(72) Автор(ы):

Швед Андрей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Швед Андрей Александрович (RU)

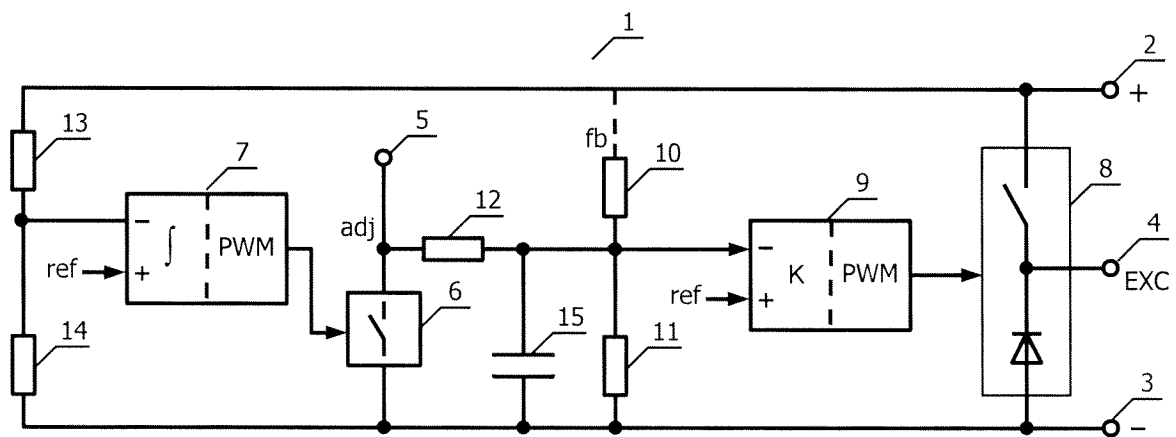
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2687246 C1, 08.05.2019. RU
2465717 C1, 27.10.2012. CN 102647140 A,
22.08.2012. US 9979196 B2, 22.05.2018. RU
2215364 C2, 27.10.2003. SU 1525857 A2,
30.11.1989.

(54) Регулятор напряжения генератора

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно - к системам электроснабжения. Техническим результатом заявленного изобретения является расширение функциональных возможностей регулятора путем его унификации для использования в системах электроснабжения как с одним, так и с несколькими генераторами, соединенными параллельно. Технический результат достигается за счет того, что регулятор, имеющий плюсовой вход, минусовой вход и выход, предназначенные для подключения к генератору, а также вход

коррекции уставки, согласно изобретению обладает статизмом S и снабжен вентилем и интегрирующим корректирующим звеном, выход которого связан через вентиль с входом коррекции уставки. Вход коррекции уставки регулятора выполнен в виде вывода, обеспечивающего возможность соединения с аналогичными выводами других регуляторов в случае параллельного соединения нескольких генераторов. В качестве вентиля может использоваться транзисторный ключ либо полупроводниковый диод. 5 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

RU 2870826 C1

RU 2870826 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02P 9/30 (2026.05)

(21)(22) Application: **2026115926, 22.05.2026**

(24) Effective date for property rights:
22.05.2026

Registration date:
28.09.2026

Priority:

(22) Date of filing: **22.05.2026**

(45) Date of publication: **28.09.2026** Bull. № 28

Mail address:

**454136, g. Chelyabinsk, ul. Molodogvardejtsev,
70A, kv. 90, Shvedu A.A.**

(72) Inventor(s):

Shved Andrej Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Shved Andrej Aleksandrovich (RU)

(54) **GENERATOR VOLTAGE REGULATOR**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to power supply systems. The regulator, having a positive input, a negative input and an output intended for connection to the generator, as well as a setpoint correction input, according to the invention has constant-error response S and is equipped with a valve and an integrating correction link, the output of which is connected through the valve to the setpoint correction input. The regulator setpoint correction input is designed as an output that

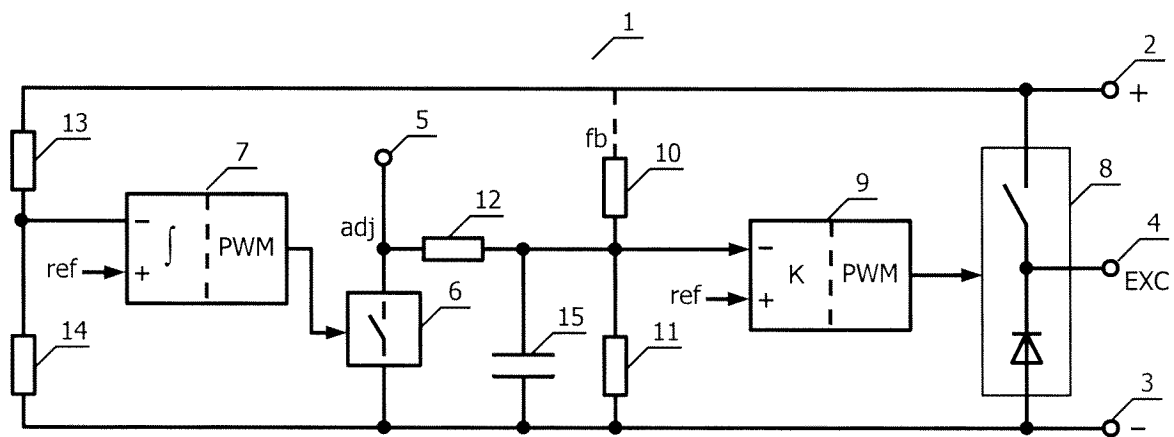
allows connection to similar outputs of other regulators in the case of a parallel connection of several generators. A transistor switch or a semiconductor diode can be used as a valve.

EFFECT: expansion of the functional capabilities of the regulator by unifying it for use in power supply systems with both one and several generators connected in parallel.

6 cl, 5 dwg

RU 2 870 826 C1

RU 2 870 826 C1



Фиг. 1

RU 2870826 C1

RU 2870826 C1

Изобретение относится к области электротехники, а именно, - к системам электроснабжения и может использоваться преимущественно на транспортных машинах, в частности, - на больших автобусах, имеющих в своем составе несколько генераторов, соединенных параллельно.

5 Известно множество схем регуляторов напряжения генераторов (Акимов С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004 - стр. 112-118), которые применяются на транспортных машинах. Регулятор напряжения генератора (далее - регулятор) имеет плюсовой и минусовой входы для подключения к якорным выводам генератора, а также выход для
10 подключения к обмотке возбуждения генератора. Все электрооборудование транспортных машин критически зависимо от работоспособности регуляторов, поэтому их стремятся сделать максимально простыми и надежными.

Регуляторы выполняются релейными (с переменной частотой коммутации обмотки возбуждения генератора) либо работающими по принципу широтно-импульсной
15 модуляции (со стабилизированной частотой коммутации обмотки возбуждения генератора). В обоих случаях, для уменьшения погрешности регулирования напряжения, регуляторы имеют практически нулевой (несущественный) статизм. Недостаток генераторных установок с такими регуляторами заключается в том, что при параллельном соединении нескольких генераторов ток между ними распределяется
20 крайне неравномерно. Это объясняется технологическим разбросом уставок регуляторов, из-за которого максимальную часть тока нагрузки принимает на себя генератор с регулятором, имеющим наибольшую уставку; только после просадки его напряжения вследствие перегрузки, к работе подключается следующий генератор.

Известна система электроснабжения (Патент US 9,979,196 B2 - May 22, 2018) с
25 параллельно соединенными генераторными установками. В этой системе при обнаружении разбалансировки часть электрической нагрузки инкрементно передается под управлением системного контроллера от одной генераторной установки к другой так, чтобы их рабочие нагрузки имели тенденцию к выравниванию. Недостатками рассматриваемой системы электроснабжения являются:

- 30 - сложность, связанная с наличием специального системного контроллера и соответствующего программного обеспечения;
- низкая степень унификации, связанная с необходимостью конфигурирования программного обеспечения для различных воплощений системы.

В качестве прототипа к заявляемому техническому решению выбран регулятор, входящий в состав системы электроснабжения транспортной машины (Патент RU
35 2687246 C1 - опубл. 08.05.2019). Данная система содержит генератор и регулятор который имеет плюсовой и минусовой входы, подключенные к якорным выводам генератора, выход, подключенный к обмотке возбуждения генератора, а также формирователь опорного сигнала с корректирующим входом (входом коррекции уставки).

40 Недостаток прототипа заключается в ограниченных функциональных возможностях: мощность системы электроснабжения не может быть увеличена за счет параллельного соединения нескольких генераторов, так как регуляторы этих генераторов не обладают возможностями по пропорциональному распределению тока нагрузки между ними.

Задачей заявляемого изобретения является расширение функциональных
45 возможностей регулятора.

Технический результат, позволяющий расширить функциональные возможности регулятора заключается в том, что он должен быть унифицирован для использования в различных системах электроснабжения:

- в системах с одним генератором;
- в системах с несколькими генераторами, соединенными параллельно.

Решение задачи по расширению функциональных возможностей регулятора достигается тем, что регулятор, имеющий плюсовой вход, минусовой вход и выход, предназначенные для подключения к генератору, а также вход коррекции уставки, согласно изобретению обладает статизмом S и снабжен вентилем и интегрирующим корректирующим звеном, выход которого связан через вентиль с входом коррекции уставки. Вход коррекции уставки регулятора выполнен в виде вывода, обеспечивающего возможность соединения с аналогичными выводами других регуляторов в случае параллельного соединения нескольких генераторов.

В качестве вентиля может использоваться транзисторный ключ либо полупроводниковый диод - выбор определяется конкретной схемотехнической реализацией, причем в результате соединении входов коррекции уставки нескольких регуляторов возможны следующие варианты:

- транзисторные ключи могут образовывать селектор максимума, минимума, или произвольного сигнала;
- диоды, включенные в прямом направлении, образуют селектор максимума;
- диоды, включенные в обратном направлении, образуют селектор минимума.

Регулятор может быть выполнен так, что на вход интегрирующего корректирующего звена подано регулируемое напряжение - напряжение между плюсовым и минусовым входами регулятора (последовательная коррекция); возможен также вариант выполнения, в котором вход интегрирующего корректирующего звена связан с выходом регулятора (параллельная коррекция). Выбор варианта зависит от конкретной схемотехнической реализации регулятора и не влияет на достижение заявляемого технического результата.

Интегрирующее корректирующее звено имеет диапазон изменения выходного сигнала ADJ , приведенного по величине к напряжению генератора, не меньший чем статизм S

$$ADJ_{\max} - ADJ_{\min} \geq S, \quad (1)$$

где $ADJ_{\max}$, $ADJ_{\min}$ - соответственно максимально и минимально возможная величина сигнала ADJ , а статизм S - диапазон изменения установившегося напряжения генератора.

В пропорциональном (обладающем статизмом S) регуляторе напряжение генератора U стремится к величине

$$U \rightarrow REF(p) - I \cdot S / I_{\max}, \quad (2)$$

где $REF(p)$ - уставка пропорционального регулятора, I - текущее значение тока генератора, $I_{\max}$ - максимально допустимое значение тока генератора.

Величина статизма S должна быть достаточна для пропорционального распределения тока генераторов с приемлемой погрешностью в случае их параллельного соединения.

Регулятор может быть выполнен так, чтобы требуемый статизм S достигался за счет применения дополнительной обратной связи по току генератора, который с коэффициентом $SA_{\max}$ добавляется к сигналу обратной связи по напряжению генератора U . В данном варианте формирования статизма может быть обеспечена инвариантность регулируемого напряжения по отношению к изменениям скорости вращения генератора, поэтому этот вариант универсален и может применяться для параллельного соединения генераторов разного типа, вращающихся с различными скоростями.

Регулятор может быть выполнен также и так, чтобы требуемый статизм достигался

за счет ограничения коэффициента усиления ошибки в контуре регулирования; данный вариант приемлем для параллельного соединения генераторов одного типа с приводом от общего вала.

Возможен цифровой вариант построения схемы регулятора на основе микроконтроллера. Данная схема содержит: плюсовой вход, минусовой вход, выход и вход коррекции уставки регулятора; источник опорного напряжения; транзисторный ключ в качестве вентиля с входом управления и коммутируемым каналом; интегрирующее корректирующее звено, представляющее собой программу интегрирования входного сигнала с последующей широтно-импульсной модуляцией результата интегрирования на выходе; силовой ключ; пропорциональное звено, представляющее собой программу умножения входного сигнала на коэффициент пропорциональности с последующей широтно-импульсной модуляцией результата умножения на выходе; суммирующий делитель на трех резисторах; делитель на двух резисторах и конденсатор. Цифровой вариант может также содержать LIN-трансивер, связывающий микроконтроллер с коммуникационной шиной транспортной машины. Общим проводом схемы может являться минусовой либо плюсовой вход регулятора. Выход интегрирующего корректирующего звена связан с входом управления транзисторного ключа, коммутируемый канал которого подключен к входу коррекции уставки и общему проводу. Выводы питания силового ключа соединены с плюсовым и минусовым входами регулятора, а выход является выходом регулятора. Вход управления силового ключа подключен к выходу пропорционального звена, на вход которого подана разность опорного напряжения и выходного напряжения суммирующего делителя на трех резисторах. Один вход суммирующего делителя на трех резисторах соединен с входом коррекции уставки, а на другой подано напряжение обратной связи. Напряжение обратной связи может являться функцией якорного напряжения, якорного тока и скорости вращения генератора. На вход интегрирующего корректирующего звена подана разность опорного напряжения и выходного напряжения делителя на двух резисторах, подключенных к плюсовому и минусовому входам регулятора. Выход суммирующего делителя на трех резисторах соединен через конденсатор с общим проводом.

Возможен аналоговый вариант построения схемы регулятора. Данная схема содержит: плюсовой вход, минусовой вход, выход и вход коррекции уставки регулятора; источник опорного напряжения; диод в качестве вентиля, который может быть включен в прямом или обратном направлении; интегрирующее корректирующее звено с аналоговым выходным сигналом; силовой ключ; пропорциональное звено, в состав которого входят компаратор и генератор пилообразного напряжения; суммирующий делитель на трех резисторах; делитель на двух резисторах; инвертирующий повторитель и резистор. Общим проводом схемы может являться минусовой либо плюсовой вход регулятора. Вход коррекции уставки связан через диод с выходом интегрирующего корректирующего звена. Выводы питания силового ключа соединены с плюсовым и минусовым входами регулятора, а выход является выходом регулятора. Вход управления силового ключа подключен к выходу пропорционального звена, на вход которого подано выходное напряжение суммирующего делителя на трех резисторах. Один вход суммирующего делителя на трех резисторах связан через инвертирующий повторитель с входом коррекции уставки, а на другой подано напряжение обратной связи. Напряжение обратной связи может являться функцией якорного напряжения, якорного тока и скорости вращения генератора. На вход интегрирующего корректирующего звена подана разность опорного напряжения и выходного напряжения делителя на двух

резисторах, подключенных к плюсовому и минусовому входам регулятора. Выход компаратора является выходом пропорционального звена. Один вход компаратора является входом пропорционального звена а другой подключен к выходу генератора пилообразного напряжения. Для исключения работы инвертирующего повторителя в

режиме оборванного входа последний соединен через резистор с общим проводом. Описанные выше цифровой и аналоговый варианты схем регулятора не являются исчерпывающими - возможны также и иные варианты построения схем с той же совокупностью существенных признаков.

К сети электроснабжения транспортной машины обычно подключены нагрузки, аккумуляторная батарея, а также якорные выводы одного или нескольких параллельно соединенных генераторов. В случае использования предлагаемых регуляторов ими оснащается каждый генератор, при этом плюсовой и минусовой входы каждого регулятора подключается параллельно к якорным выводам, а выход - к обмотке возбуждения соответствующего генератора. Входы коррекции уставки всех регуляторов должны быть объединены.

Проведенные исследования по патентным и научно-техническим источникам информации свидетельствуют о том, что заявляемый регулятор содержит совокупность существенных признаков, которая не выявлена из изученного уровня техники, причем не является явным влияние отличительных признаков на технический результат. Таким образом, предлагаемый регулятор соответствует критериям «новизна» и «изобретательский уровень». Существенные признаки предлагаемого решения влияют на достижение технического результата следующим образом:

- является общеизвестным то, что регулятор имеет плюсовой вход, минусовой вход и выход, предназначенные для подключения к генератору. Данные признаки позволяют использовать регулятор в традиционных системах с одним генератором, но не обеспечивают пропорционального распределения тока нагрузки между несколькими генераторами, соединенными параллельно;

- пропорциональное распределение тока нагрузки в системах с несколькими генераторами обеспечивается за счет того, что регулятор обладает статизмом S. Этот прием известен из теории автоматического регулирования, но при его реализации увеличивается погрешность регулирования напряжения, что недопустимо для систем электроснабжения транспортных машин;

- совокупность признаков, которая обеспечивает достижение заявленного технического результата заключается в том, что регулятор снабжен вентилем и интегрирующим корректирующим звеном, выход которого связан через вентиль с входом коррекции уставки. В системах с одним генератором регулятор, обладающий статизмом, в совокупности с интегрирующим корректирующим звеном работает как ПИ-регулятор. В системах с несколькими генераторами, каждый из которых оснащен регулятором, входы коррекции уставки этих регуляторов должны быть объединены, при этом вентили будут связаны между собой через входы коррекции уставки, образуя селектор сигнала, который обеспечит выбор одного из интегрирующих корректирующих звеньев в качестве ведущего звена для всех регуляторов. Таким образом разрешается противоречие между необходимостью обеспечения существенного статизма для каждого отдельного регулятора, и необходимостью обеспечения практически нулевого (несущественного) статизма для системы в целом.

Заявляемое техническое решение поясняется чертежами.

Фиг. 1 содержит схему регулятора с вентилем в виде транзисторного ключа.

Фиг. 2 содержит схему регулятора, с вентилем в виде диода, включенного в прямом

направлении.

Фиг. 3 содержит схему регулятора, с вентилем в виде диода, включенного в обратном направлении.

Фиг. 4 содержит схему системы электроснабжения с использованием предлагаемого регулятора.

Фиг. 5 иллюстрирует распределение тока генераторов.

Вариант схемы регулятора (фиг. 1) является цифровым и построен на основе микроконтроллера. Схема содержит:

- регулятор 1 с плюсовым входом 2, минусовым входом 3, выходом 4 и входом 5 коррекции уставки;

- источник (на схеме не показан) опорного напряжения ref ;

- транзисторный ключ 6 в качестве вентиля, который имеет вход управления и коммутируемый канал;

- интегрирующее корректирующее звено 7, представляющее собой программу

интегрирования входного сигнала и широтно-импульсной модуляции (PWM) выходного сигнала;

- силовой ключ 8;

- пропорциональное звено 9, представляющее собой программу умножения входного сигнала на коэффициент пропорциональности (K) и широтно-импульсной модуляции

(PWM) выходного сигнала;

- суммирующий делитель на резисторах 10, 11, 12;

- делитель на резисторах 13,14;

- конденсатор 15;

- LIN-трансивер (на схеме не показан) для связи микроконтроллера с

коммуникационной шиной транспортной машины.

Плюсовой вход 2 и минусовой вход 3 регулятора 1 служат для подключения к якору генератора, а выход 4 - для подключения к обмотке возбуждения генератора; минусовой

вход 3 является общим проводом схемы. Выход интегрирующего корректирующего звена 7 связан с входом управления транзисторного ключа 6, коммутируемый канал

которого подключен к входу 5 коррекции уставки и общему проводу. Выводы питания силового ключа 8 соединены с плюсовым входом 2 и минусовым входом 3 регулятора

1, а выход является выходом 4 регулятора 1. Вход управления силового ключа 8

подключен к выходу пропорционального звена 9, на вход которого подана разность опорного напряжения ref и выходного напряжения суммирующего делителя на

резисторах 10, 11, 12. На один вход суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12

подано напряжение adj с входа 5 коррекции уставки, а на другой подано напряжение обратной связи fb . В общем случае напряжение обратной связи может являться функцией

якорного напряжения, якорного тока и скорости вращения генератора. В

рассматриваемом примере напряжение обратной связи fb равно якорному напряжению генератора, то есть, подается с плюсового входа 2 регулятора 1. На вход

интегрирующего корректирующего звена 7 подана разность опорного напряжения ref и выходного напряжения делителя на резисторах 13,14, подключенных к плюсовому

входу 2 и минусовому входу 3 регулятора 1. Выход суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12 соединен через конденсатор 15 с общим проводом.

Варианты схем регулятора (фиг. 2 и фиг. 3) являются аналоговыми. Схемы содержат:

- регулятор 1 с плюсовым входом 2, минусовым входом 3, выходом 4 и входом 5

коррекции уставки;

- источник (на схемах не показан) опорного напряжения ref ;

- диод 6 в качестве вентиля (на схеме фиг.2 диод включен в прямом направлении, а на схеме фиг. 3 - в обратном);
- интегрирующее корректирующее звено 7 с аналоговым выходным сигналом;
- силовой ключ 8;
- 5 - пропорциональное звено 9, в состав которого входят компаратор 16 и генератор 17 пилообразного напряжения;
- суммирующий делитель на резисторах 10, 11, 12;
- делитель на резисторах 13,14;
- инвертирующий повторитель 18;
- 10 - резистор 19.

Плюсовой вход 2 и минусовой вход 3 регулятора 1 служат для подключения к якору генератора, а выход 4 - для подключения к обмотке возбуждения генератора. На схеме фиг. 2 общим проводом является минусовой вход 3, а на схеме фиг. 3 - плюсовой вход 2 регулятора 1. Вход 5 коррекции уставки связан через диод 6 с выходом интегрирующего корректирующего звена 7. Выводы питания силового ключа 8 соединены с плюсовым 2 и минусовым 3 входами регулятора 1, а выход является выходом 4 регулятора 1. Вход управления силового ключа 8 подключен к выходу пропорционального звена 9, на вход которого подано выходное напряжение суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12. На один вход суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12 через

20 инвертирующий повторитель 18 подано напряжение adj с входа 5 коррекции уставки, а на другой подано напряжение обратной связи fb . В общем случае напряжение обратной связи может являться функцией якорного напряжения, якорного тока и скорости вращения генератора. В рассматриваемом примере напряжение обратной связи fb равно якорному напряжению генератора, то есть, подается с плюсового входа 2 регулятора

25 (для варианта схемы фиг. 2) либо с минусового входа 3 регулятора (для варианта схемы фиг. 3). На вход интегрирующего корректирующего звена 7 подана разность опорного напряжения ref и выходного напряжения делителя на резисторах 13, 14, подключенных к плюсовому 2 и минусовому 3 входам регулятора 1. Выход компаратора 16 является выходом пропорционального звена 9. Один вход компаратора 16 является входом

30 пропорционального звена 9, а другой подключен к выходу генератора 17 пилообразного напряжения. Для исключения работы инвертирующего повторителя 18 в режиме обрыванного входа последний соединен через резистор 19 с общим проводом.

На схеме системы электроснабжения с использованием предлагаемого регулятора (фиг. 4) показаны:

- 35 - множество регуляторов 1, каждый из которых имеет плюсовой вход 2, минусовой вход 3, выход 4 и вход 5 коррекции уставки;
- сеть электроснабжения транспортной машины с плюсовым проводом 20 и минусовым проводом 21;
- нагрузки 22;
- 40 - аккумуляторная батарея 23;
- якоря 24 и обмотки 25 возбуждения множества генераторов;
- линия 26 связи;
- коммуникационная шина 27 транспортной машины (опционально).

К плюсовому проводу 20 и минусовому проводу 21 системы электроснабжения

45 параллельно подключены нагрузки 22, аккумуляторная батарея 23, а также выводы якорей 24 нескольких генераторов. Каждый генератор оснащен регулятором 1, плюсовой вход 2 и минусовой вход 3 которого подключены параллельно к выводам якоря 24, а выход 4 - к обмотке 25 возбуждения соответствующего генератора. Входы 5 коррекции

уставки всех регуляторов 1 объединены линией 26 связи. Регуляторы 1 могут быть подключены к коммуникационной шине 27 транспортной машины, например, - по протоколу связи LIN.

На фиг. 5 показаны Вольт-Амперные характеристики (ВАХ) для случая параллельного соединения двух генераторов:

- ВАХ 31 одного из генераторов и суммарная ВАХ 32 двух генераторов при нагрузке, близкой к нулевой;
- ВАХ 33 одного из генераторов и суммарная ВАХ 34 двух генераторов при нагрузке, близкой к максимальной.

Принцип работы регулятора поясняется на примере схемы фиг. 1.

В режиме работы с единственным генератором вход 5 коррекции уставки не используется для внешних подключений и величина сигнала adj определяется состоянием коммутируемого канала транзисторного ключа 6. Если выходное напряжение делителя на резисторах 13, 14 больше опорного напряжения ref , то сигнал на выходе интегрирующего корректирующего звена 7 равен логическому нулю и коммутируемый канал транзисторного ключа 6 разомкнут, в противном случае - замкнут.

Рассмотрим состояние когда коммутируемый канал транзисторного ключа 6 разомкнут, при этом:

- напряжение на выходе суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12 пропорционально сигналу fb обратной связи;
- пропорциональное звено 9 в совокупности с силовым ключом 8 работают как обладающий статизмом (пропорциональный) регулятор;
- регулируемое напряжение U генератора уменьшается с ростом тока генератора в соответствии с выражением (2).

Рассмотрим состояние когда коммутируемый канал транзисторного ключа 6 периодически замыкается, при этом:

- интегрирующее корректирующее звено 7 уменьшает величину сигнала adj и, соответственно, напряжение на выходе суммирующего делителя на резисторах 10, 11, 12 (сигнал adj усредняется конденсатором 15);
- пропорциональное звено 9 в совокупности с силовым ключом 8 повышают регулируемое напряжение;
- выходное напряжение делителя на резисторах 13, 14 за счет действия отрицательной обратной связи автоматически поддерживается равным опорному напряжению ref , то есть, схема работает как пропорционально-интегральный регулятор (ПИ-регулятор);
- уставка ПИ-регулятора

$$REF = ref(R13 + R14)/R14, \quad (3)$$

где $R13$ - сопротивление резистора 13, $R14$ - сопротивление резистора 14.

В режиме работы с множеством генераторов, каждый из которых оснащен заявляемым регулятором 1, входы 5 коррекции уставки этих регуляторов объединены линией 26 связи в соответствии с фиг. 4. Уставки множества регуляторов имеют технологический разброс. Регулятор с максимальной уставкой удерживает регулируемое напряжение U генератора на уровне максимальной уставки REF в соответствии с формулой (3). При этом у регуляторов с меньшей уставкой:

- сигнал на выходе интегрирующих корректирующих звеньев 7 равен логическому нулю;
- коммутируемые каналы транзисторных ключей 6 разомкнуты;
- величина сигнала adj одинакова для всех регуляторов и задается регулятором с

максимальной уставкой.

Таким образом, интегрирующее корректирующее звено 7, входящее в состав регулятора с максимальной уставкой, является ведущим.

Возможен также и другой способ выбора ведущего звена - подачей команды по коммуникационной шине 27. В этом случае микроконтроллер, на основе которого реализована схема фиг. 1, принудительно установит выходы всех интегрирующих корректирующих звеньев (за исключением одного - ведущего) в нулевое состояние.

Система электроснабжения, представленная на фиг. 4, является астатической, но каждый из входящих в ее состав регуляторов обладает статизмом S, что позволяет обеспечить пропорциональное распределение тока генераторов. Сказанное поясняется графиками, представленными на фиг. 5 для случая параллельного соединения двух генераторов:

- выходной сигнал ведущего интегрирующего корректирующего звена изменяет сигнал на входе 5 коррекции уставки;
- так как входы 5 коррекции уставки объединены линией 26 связи, уставки REF(p) пропорциональных регуляторов изменяются

$$REF(p) = REF + ADJ, \quad (4)$$

где ADJ - величина выходного сигнала ведущего интегрирующего корректирующего звена, приведенная к напряжению генератора;

- ВAX 31, 33 представляют собой зависимость напряжения U от тока I нагрузки одного из генераторов и построены на основе выражений (2) и (4);

- если статизм S обоих регуляторов приблизительно одинаков, то наклон ВAX 31, 33 одного генератора превышает наклон ВAX 32, 34 двух параллельно соединенных генераторов приблизительно вдвое;

- так как генераторы соединены параллельно, их напряжения U одинаковы и равны уставке REF, а токи I₃₁, I₃₂, I₃₃, I₃₄ определяются пересечением соответствующих ВAX 31, 32, 33, 34 с линией U=REF;

- независимо от тока нагрузки справедливы соотношения

$$I_{32} \approx 2 \cdot I_{31}, I_{34} \approx 2 \cdot I_{33}, \quad (5)$$

то есть, ток ток двух параллельно соединенных генераторов превышает ток одного генератора приблизительно вдвое.

Регуляторы, представленные на схемах фиг. 2, фиг. 3 работают по тому-же принципу, что и регулятор на схеме фиг. 1. Разница заключается в схеме включения вентиля бив алгоритме выбора ведущего интегрирующего корректирующего звена 7.

(57) Формула изобретения

1. Регулятор напряжения генератора, имеющий плюсовой вход, минусовой вход, выход и вход коррекции уставки, отличающийся тем, что он обладает статизмом S и снабжен вентиляем и интегрирующим корректирующим звеном, выход которого связан через вентиль с входом коррекции уставки.

2. Регулятор по п. 1, отличающийся тем, что вход коррекции уставки выполнен в виде вывода, обеспечивающего возможность соединения с аналогичными выводами других регуляторов.

3. Регулятор по п. 2, отличающийся тем, что интегрирующее корректирующее звено выполнено с широтно-импульсной модуляцией выходного сигнала, а в качестве вентиля использован транзисторный ключ с входом управления, связанным с выходом

интегрирующего корректирующего звена, и коммутируемым каналом, подключенным к входу коррекции уставки.

4. Регулятор по п. 2, отличающийся тем, что интегрирующее корректирующее звено имеет аналоговый выход, а в качестве вентиля использован полупроводниковый диод, включенный в прямом или обратном направлении.

5. Регулятор по п. 1, отличающийся тем, что интегрирующее корректирующее звено имеет диапазон изменения выходного сигнала, приведенного по величине к напряжению генератора, не меньший чем статизм S .

6. Регулятор по п. 5, отличающийся тем, что величина статизма S достаточна для пропорционального распределения тока генераторов с приемлемой погрешностью в случае их параллельного соединения.

15

20

25

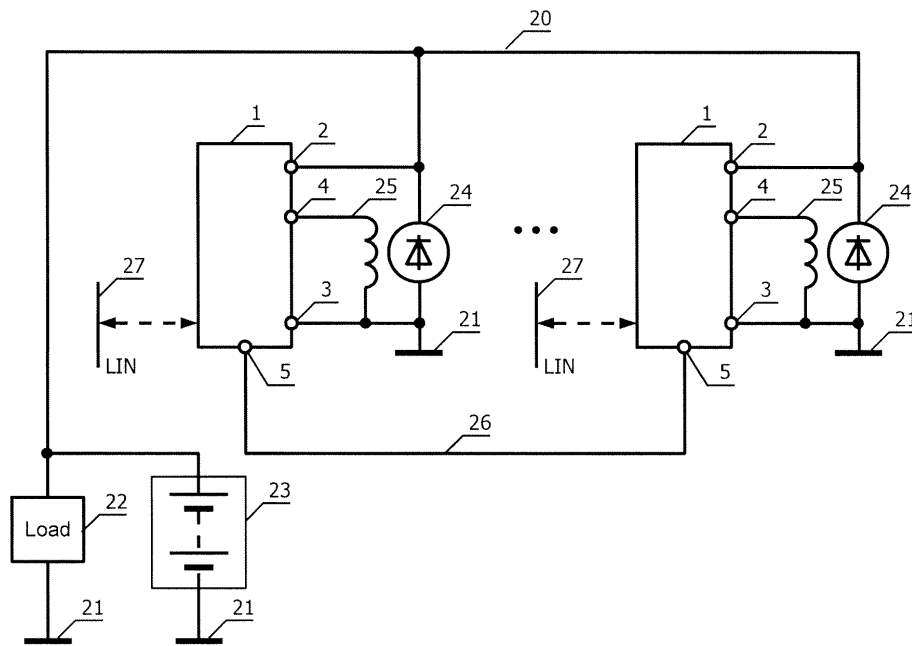
30

35

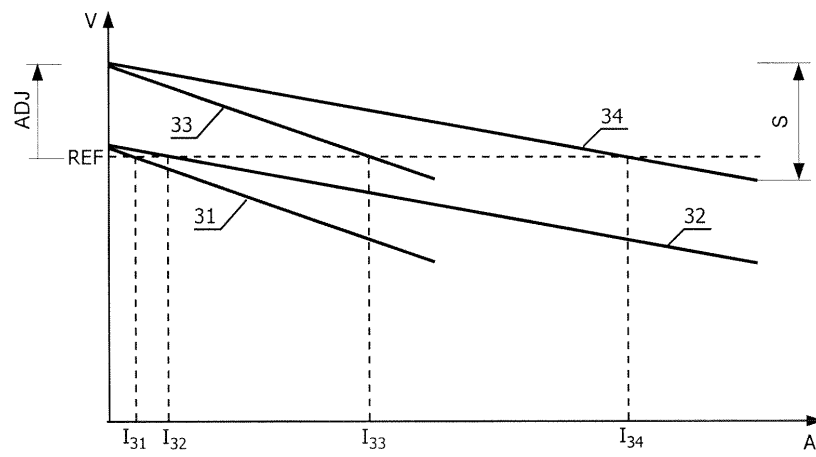
40

45





Фиг. 4



Фиг. 5