

Анонс. В 1960-е годы у автора в числе трудов и достижений были изобретения и научные отчёты, доклады, публикации. В частности, по параметрам процессов, материалов, объектов. В электронной версии см., например, <http://econf.rae.ru/article/9802>. ..9803. ..9823. ..9830. ..9831. Любопытно, что методически аналогичны (изобретения, статьи, доклады) только что обнаруженные публикации талантливого Густава Владимировича Треля по параметрам материалов. Далее впервые в электронном виде и дизайне автора этих строк приводятся полезные людям, уникальные результаты Т.Г.В. 1981-2011 г.г. Без их оценки. Без комментариев.

Изобретения Треля Г. В. / Из интернета.

/ Ниже в скобках с 6–лучевой звёздочкой – дата, когда автор этих строк впервые обнаружил и скопировал.

1а. Устройство для моделирования коэффициента трения

[FindPatent.ru> patent/96/960859.html](http://FindPatent.ru/patent/96/960859.html) / NB. В действительности – Авторское свидетельство СССР.

Авторы патента: Трель Александр Густавович, Трель Густав Владимирович. (17.5.16)*.

Устройство для моделирования коэффициента трения, содержащее диодный выпрямительный мост, в одну диагональ которого включен инвертор, вход которого является входом устройства, а вершины другой диагонали диодного выпрямительного моста соединены с первыми входами ограничителей, вторые входы которых подключены к соответствующим источникам опорного напряжения, а выходы ограничителей соединены с первым и вторым входами сумматора, выход которого является выходом устройства, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счёт обеспечения возможности моделирования "падающей" и "горбатой" зависимостей коэффициента трения от скорости, в него дополнительно введен источник постоянного напряжения, подключенный к третьему входу сумматора.

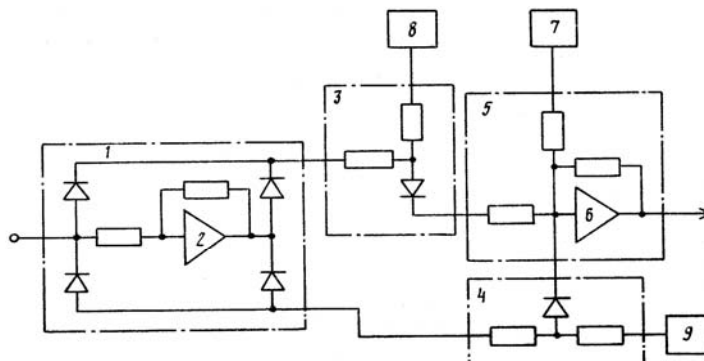
Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

Авторские свидетельства СССР:

1. № 221397, кл. 5 06 7/48., 1967. 2. № 456280, кл. G06C7/48. 1973.

960859

Схема включает диодный выпрямительный мост 1 с инвертором на операционном усилителе 2, первый 3 и второй 4 ограничители, сумматор 5 на операционном усилителе 6 в источник 7 постоянного напряжения, пропорционального экстремальному значению коэффициента трения в зоне граничного трения, источники 8 и 9 опорного напряжения, пропорционального соответственно скорости конца зоны граничного трения и максимальному изменению коэффициента трения в зоне до начала граничного трения.



Устройство работает следующим образом.

Напряжение с входа устройства, пропорциональное скорости относительного скольжения элементов моделируемой пары трения, после выпрямления на диодном мосте 1 в виде напряжения, пропорционального модулю скорости, одной полярности через первый ограничитель 3, моделирующий зону нечувствительности с постоянным опорным напряжением от источника 8, пропорциональным скорости конца зоны граничного трения, подается на первый вход сумматора 5, а другой полярности через ограничитель 4 с постоянным опорным напряжением от источника 9, пропорциональным максимальному изменению коэффициент-ен-5а та трения в зоне до начала граничного трения, подается на второй вход операционного усилителя 6. На третий вход сумматора 5 от источника 7 подается постоянное напряжение, пропорциональное экстремальному значению коэффициента трения в зоне граничного трения.

В результате алгебраического суммирования поступающих напряжений на выходе сумматора 5, т.е. на выходе устройства, 40 вырабатывается напряжение, пропорциональное коэффициенту трения или с "падающей" 9 или с "горбатой" зависимостью его от скорости. Переход от одного вида зависимости к другому обеспечивается простым изменением полярности напряжения источника 7, что расширяет функциональные возможности устройства.

Выполнение устройства в соответствии с изобретением, позволяет моделировать механические системы с парами трения на наиболее простых и, следовательно, на наиболее дешевых аналоговых вычислительных машинах.

Формула изобретения. 960859

Составитель И. Лебедев. Редактор Т. Киселева. Техред Е. Харитончик. Корректор О. Билак.

Заказ 7 286/6 1 Тираж 731 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий

113035, Москва, ЖЗС, Раушская наб., д. 4/5. Филиал ПГПП Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4.

16. Трель Александр Густавович, Трель Густав Владимирович.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19)SU

(11)960859

(13)A1



(51) МПК⁵ G06G7/48

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА

ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к авторскому свидетельству

Статус: по данным на 17.05.2016 - **нет** данных


(21), (22) Заявка: 3250934,
20.02.1981

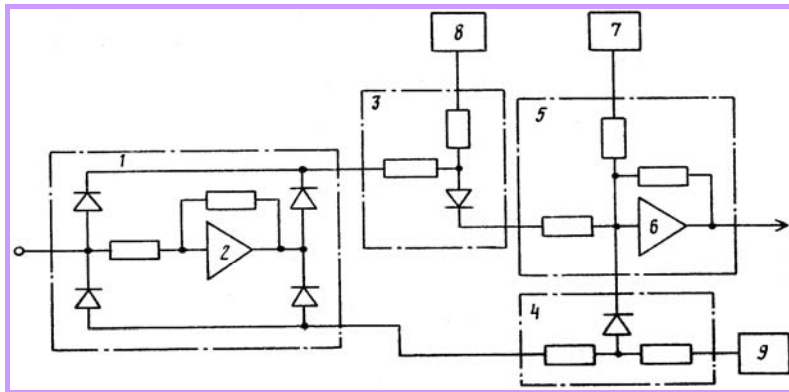
(71) Заявитель(и): КОВРОВСКИЙ ФИЛИАЛ ВЛАДИМИРСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

(45) Опубликовано:
23.09.1982

(72) Автор(ы): ТРЕЛЬ ГУСТАВ ВЛАДИМИРОВИЧ,
ТРЕЛЬ АЛЕКСАНДР ГУСТАВОВИЧ

(54) Устройство для моделирования коэффициента трения

<p>Союз Советских Социалистических Республик</p>  <p>Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий</p>	<p>О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ</p> <p>(61) Дополнительное к авт. свид-ву -</p> <p>(22) Заявлено 20.02.81 (21) 3250934/18-24 с присоединением заявки № -</p> <p>(23) Приоритет -</p> <p>Опубликовано 23.09.82. Бюллетень № 35</p> <p>Дата опубликования описания 23.09.82</p>	<p>(11) 960859</p> <p>(51) М. Кл.³ С 06 С 7/48</p> <p>(53) УДК 681. .333(088.8)</p>
<p>(72) Авторы изобретения</p> <p>(71) Заявитель</p>	<p>Г. В. Трель и А. Г. Трель</p> <p>Ковровский филиал Владимирского политехнического института</p>	<p>ВСЕСОЮЗНАЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА</p>
<p>(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ</p>		
<p>1</p> <p>Изобретение относится к аналоговой вычислительной технике и предназначено для использования при моделировании механических систем с парами трения, коэффициенты трения которых зависят от скорости.</p> <p>Известно устройство для моделирования коэффициента трения, содержащее двухполупроводниковый выпрямитель с инвертором, два сумматора и блок деления, воспроизводящее основные из известных зависимости коэффициентов трения от скорости относительного скольжения элементов пар трения [1].</p> <p>Недостатком этого устройства является то, что применение нелинейного блока деления отрицательно влияет на точность моделирования пар трения.</p> <p>Наиболее близким по технической сущности является устройство для моделирования коэффициента трения [2].</p> <p>Недостатком известного устройства является невозможность воспроизводить</p>	<p>2</p> <p>как "падающую" так и "горбатую" зависимости коэффициента трения от скорости.</p> <p>Целью изобретения является расширение функциональных возможностей устройства.</p> <p>Для достижения поставленной цели в устройстве для моделирования коэффициента трения, содержащее диодный выпрямительный мост, в одну диагональ которого включен инвертор, вход которого является входом устройства, а вершины другой диагонали диодного выпрямительного моста соединены с первыми входами ограничителей, вторые входы которых подключены к соответствующим источникам опорного напряжения, а выходы ограничителей соединены с первым и вторым входами сумматора, выход которого является выходом устройства, дополнительно введен источник постоянного напряжения, подключенный к третьему входу сумматора.</p> <p>На чертеже приведена схема устройства.</p>	



3

960859

4

Схема включает диодный выпрямительный мост 1 с инвертером на операционном усилителе 2, первый 3 и второй 4 ограничители, сумматор 5 на операционном усилителе 6, источник 7 постоянного напряжения, пропорционального экстремальному значению коэффициента трения в зоне граничного трения, источники 8 и 9 опорного напряжения, пропорционального соответственно скорости конца зоны граничного трения и максимальному изменению коэффициента трения в зоне до начала граничного трения.

Устройство работает следующим образом.

Напряжение со входа устройства, пропорциональное скорости относительного скольжения элементов моделируемой пары трения, после выпрямления на диодном мосте 1 в виде напряжения, пропорционального модулю скорости, одной полярности через первый ограничитель 3, моделирующий зону нечувствительности с постоянным опорным напряжением от источника 8, пропорциональным скорости конца зоны граничного трения, подается на первый вход сумматора 5, а другой полярности через ограничитель 4 с постоянным опорным напряжением от источника 9, пропорциональным максимальному изменению коэффициента трения в зоне до начала граничного трения, подается на второй вход операционного усилителя 6. На третий вход сумматора 5 от источника 7 подается постоянное напряжение, пропорциональное экстремальному значению коэффициента трения в зоне граничного трения.

В результате алгебраического суммирования поступающих напряжений на выходе сумматора 5, т.е. на выходе устройства, вырабатывается напряжение, пропорциональное коэффициенту трения или с "падающей"

или с "горбатой" зависимостью его от скорости. Переход от одного вида зависимости к другому обеспечивается простым изменением полярности напряжения источника 7, что расширяет функциональные возможности устройства.

Выполнение устройства в соответствии с изобретением, позволяет моделировать механические системы с парами трения на наиболее простых, и следовательно, на наиболее дешевых аналоговых вычислительных машинах.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для моделирования коэффициента трения, содержащее диодный выпрямительный мост, в одну диагональ которого включен инвертор, вход которого является входом устройства, а вершины другой диагонали диодного выпрямительного моста соединены с первыми входами ограничителей, вторые входы которых подключены к соответствующим источникам опорного напряжения, а выходы ограничителей соединены с первым и вторым входами сумматора, выход которого является выходом устройства, отличающееся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей за счет обеспечения возможности моделирования "падающей" и "горбатой" зависимостей коэффициента трения от скорости, в него дополнительно введен источник постоянного напряжения, подключенный к третьему входу сумматора.

Источники информации,

- принятые во внимание при экспертизе
1. Авторское свидетельство СССР № 221397, кл. G 06G 7/48, 1967.
 2. Авторское свидетельство СССР № 456280, кл. G 06G 7/48, 1973.

Составитель И. Лебедев

Редактор Т. Киселева Техред Е. Харитончик Корректор О. Вилак

Заказ 7286/61

Тираж 731

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

2. Устройство для моделирования силы трения. FindPatent.ru>patent/99/999071. html (17.5.16)*.
 Трель Густав Владимирович. Устройство для моделирования силы трения. 6.7.1981-23.2.1983.

Союз Советских
 Социалистических
 Республик



Государственный комитет
 СССР
 по делам изобретений
 и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 999071

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 06.07.81 (21) 3313605/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.02.83. Бюллетень № 7

Дата опубликования описания 23.02.83

(51) М. Кл.³

G 06 G 7/48

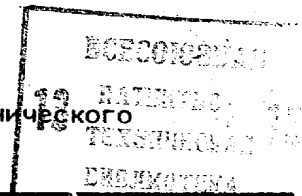
(53) УДК 681.333
 (088.8)

(72) Автор
 изобретения

Г. В. Трель

(71) Заявитель

Ковровский филиал Владимирского политехнического
 института



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИЛЫ ТРЕНИЯ

1
 Изобретение относится к анало-
 говой вычислительной технике и пред-
 назначено для моделирования механи-
 ческих систем с парами трения с уче-
 том зависимости силы трения в дви-
 жении по величине от величины нор-
 мальной внешней нагрузки и по знаку
 от направления скорости относитель-
 5
 ного скольжения элементов пары трения,
 а в покое по величине и по знаку от
 величины и направления относительно
 перемещения элементов пары в пределах
 переменной зоны предварительного сме-
 щения, определяемой нормальной внеш-
 ней нагрузкой.

Известно устройство для модели-
 рования характеристик силы трения, со-
 держащее усилители, схему воспроизве-
 дения абсолютной величины, инверторы
 и электронный коммутатор, учитываю-
 10
 щее зависимость знака и величины силы
 трения от направления и величины ско-
 рости относительного перемещения эле-
 ментов моделируемой пары трения [1].

2
 Недостатками этого устройства яв-
 ляются его сложность и то, что оно не
 учитывает зависимости силы трения от
 относительного перемещения элемен-
 тов пары трения в пределах переменной
 5
 зоны предварительного смещения, опре-
 деляемой величиной нормальной внешней
 нагрузки, в моделируемой паре.

Наиболее близким к изобретению яв-
 ляется устройство для моделирования
 Кулонова трения, содержащее источник
 напряжения, пропорционального скорос-
 ти относительного перемещения в тру-
 10
 щейся паре, сумматор, первую диодную
 мостовую схему с инвертором, представ-
 ляющую двухполупериодный двухполярный
 выпрямитель и вторую с двумя резисто-
 рами, учитывающее зависимость величин
 15
 силы трения от величины нормальной
 нагрузки в паре трения, а знака силы
 трения от направления (от знака) ско-
 рости относительного перемещения ее
 элементов [2].

Недостатком известного устройства является то, что оно не учитывает зависимости силы трения от относительного перемещения элементов пары трения в пределах переменной зоны предварительного смещения, определяемой величиной нормальной внешней нагрузки.

Целью предлагаемого изобретения является расширение функциональных возможностей применения устройства и повышение точности моделирования механических систем с парами трения.

Указанная цель достигается тем, что в устройство для моделирования силы трения, содержащее двухполупериодный двухполярный диодный выпрямитель, вход которого является входом устройства, первый и второй выходы двухполупериодного двухполярного диодного выпрямителя подключены к первым выводам соответственно первого и второго согласующих резисторов и последовательно включенные первый и второй ограничительные диоды, введены, первый, второй и третий масштабные резисторы и интегратор, выход которого является выходом устройства, второй вход которого подключен к первому выводу первого масштабного резистора, второй вывод которого соединен с катодом и анодом соответственно первого и второго ограничительных диодов и со входом интегратора, выход которого подключен к первым выводам второго и третьего масштабных резисторов, второй вывод второго масштабного резистора соединен со вторым выводом первого согласующего резистора и анодом первого ограничительного диода, а второй вывод третьего масштабного резистора подключен ко второму выводу второго согласующего резистора и к катоду второго ограничительного диода.

На чертеже изображено предлагаемое устройство.

Устройство содержит двухполупериодный двухполярный диодный выпрямитель 1, интегратор 2, ограничительные диоды 3 и 4, согласующие резисторы 5 и 6 и масштабные резисторы 7-11, диоды 12-15, операционные усилители 16 и 17 и конденсатор 18.

Устройство работает следующим образом.

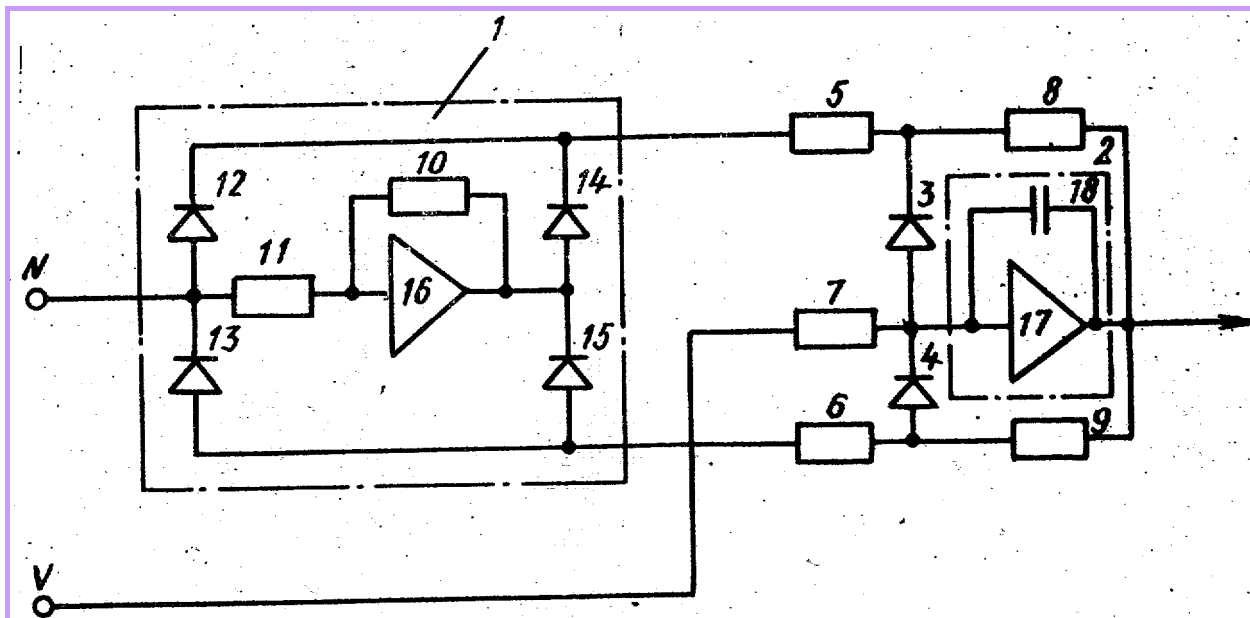
Вход N подключен к источнику напряжения, пропорционального нормальной

внешней нагрузке элементов пары трения, вход V - к источнику напряжения, пропорционального скорости относительного скольжения элементов пары трения.

Напряжение со входа N, пропорциональное нормальной внешней нагрузке, поступает на вход двухполупериодного двухполярного диодного выпрямителя 1, с выхода которого уже в виде двух разнополярных напряжений, пропорциональных модулю нормальной внешней нагрузки, через согласующие резисторы 5 и 6 подаются в качестве опорных напряжений на цепи ограничения, реализованные на ограничительных диодах 3 и 4, включенных в обратных связях интегратора 2. На вход интегратора 2 через масштабный резистор 7 подается напряжение со входа V, пропорциональное скорости относительного скольжения элементов пары трения. В результате на выходе интегратора 2, т.е. на выходе устройства, вырабатывается напряжение, пропорциональное силе трения, по величине определяемое в относительном покое величиной относительного перемещения в пределах переменной зоны предварительного смещения, зависящей от нормальной внешней нагрузки, в относительном движении - величиной нормальной внешней нагрузки, а по знаку - знаком (направлением) скорости относительного движения элементов моделируемой пары трения.

Предлагаемый порядок связи позволяет учесть зависимость силы трения как в движении от величины нормальной внешней нагрузки, так и в покое от относительного перемещения элементов пары в пределах переменной зоны предварительного смещения, определяемой величиной нормальной внешней нагрузки. Учет указанной зависимости силы трения в движении и покое расширяет функциональные возможности применения устройства и повышает точность моделирования механических систем с парами трения.

Простота выполнения схемы позволяет шире использовать наиболее простые и, следовательно, наиболее дешевые аналоговые вычислительные машины для моделирования систем с трением.



Формула изобретения

Устройство для моделирования силы трения, содержащее двухполупериодный двухполярный диодный выпрямитель, вход которого является входом устройства, первый и второй выходы двухполупериодного двухполярного диодного выпрямителя подключены к первым выводам соответственно первого и второго согласующих резисторов и последовательно включенные первый и второй ограничительные диоды, отличающееся тем, что, с целью повышения точности, в него введены первый, второй и третий масштабные резисторы и интегратор, выход которого является выходом устройства, второй вход которого подключен к первому выводу первого масштабного резистора, второй вывод которого соединен с катодом и

анодом соответственно первого и второго ограничительных диодов и со входом интегратора, выход которого подключен к первым выводам второго и третьего масштабных резисторов, второй вывод второго масштабного резистора соединен со вторым выводом первого согласующего резистора и анодом первого ограничительного диода, а второй вывод третьего масштабного резистора подключен ко второму выводу второго согласующего резистора и к катоду второго ограничительного диода.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 324636, кл. G 06 G 7/68, 1970.
2. Авторское свидетельство СССР № 456280, кл. G 06 G 7/48, 1973 (прототип).

Составитель В. Рыбин
 Редактор Л. Филиппова Техред М. Гергель Корректор М. Шароши
 Заказ 1158/73 Тираж 704 Подписное
 ВНИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

3. Устройство для моделирования механических систем.. FindPatent.ru> patent/101/1015400 .html 1981-83

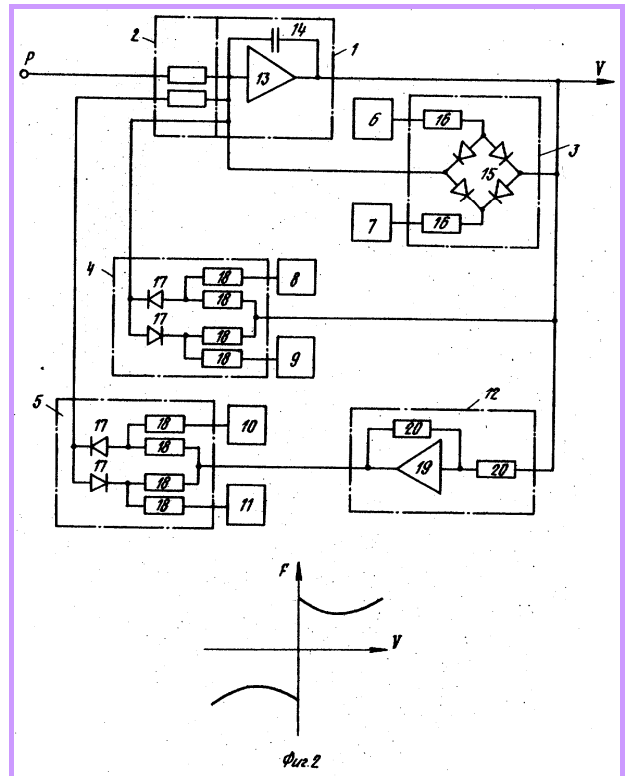
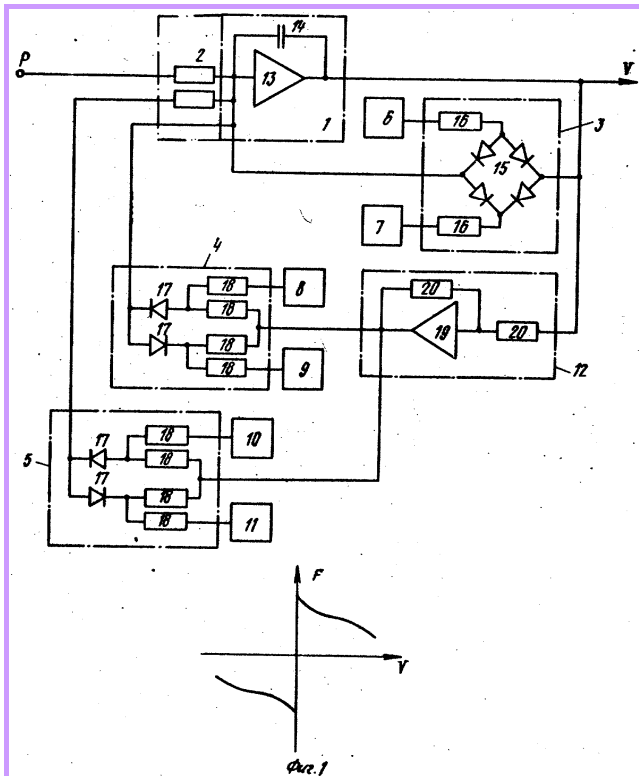
Авторы патента: Трель Густав Владимирович. Косорукова Ольга Владимировна. (17.5.2016)*

Заявка: 3373607, 30.12.1981. Опубликовано: 30.04.1983.

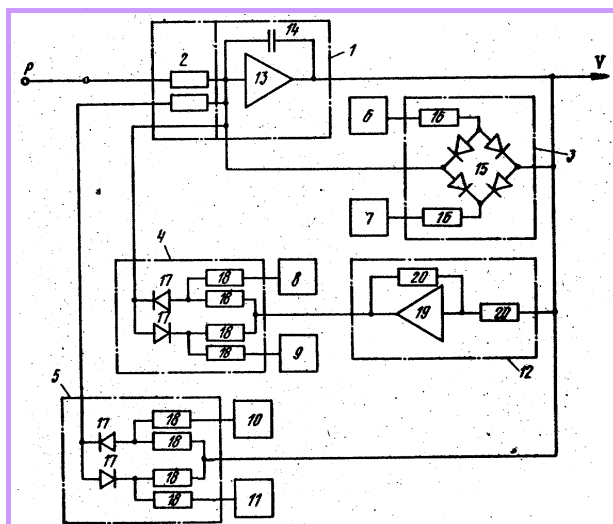
Список документов, цитированных в отчёте о поиске: Авторские свидетельства СССР:
 1. 263294, кл. GD6G7/48, 1968. 2. 366478, кл. G06G7/48, 1971 (прототип).

(57) Реферат:

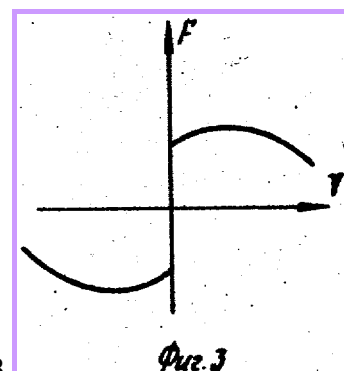
1. Устройство для моделирования механических систем с трением, содержащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого является выходом устройства, вход которого соединён с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход которого соединен с первым выводом четырёх-диодного ограничительного моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выходы первого и второго источников опорного напряжения соединены соответственно с третьим и четвёртым выводами четырёх-диодного ограничительного



моста, отличающаяся тем, что, с целью **повышения точности**, в него введены инвертор и первый и второй блоки ограничения, выходы которых подключены, соответственно, к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединён с входом интегратора, выход которого подключён через инвертор к информационным входам первого и второго блоков ограничения, первый и второй управляющие входы первого из которых соединены соответственно с выходами третьего и четвёртого источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами соответственно пятого и шестого источников опорного напряжения. 2. Устройство для моделирования механических систем с **трением**, содержащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого является выходом устройства, вход которого соединен с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключён к входу интегратора, выход которого соединён с первым выводом четырёх диодного ограничительного моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход первого и второго источников с опорного напряжения соединены, соответственно, с третьим и четвёртым выводами четырёх диодного ограничительного моста, отличающаяся тем, что, с целью **повышения точности**, в него введены инвертор и первый и второй блоки ограничения, выходы которых, соответственно к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединён с входом интегратора, выход которого соединён через инвертор с информационным входом второго блока ограничения и непосредственно с информационным входом первого блока ограничения, первый и второй управляющие входы первого блока ограничения соединены с выходами соответственно третьего и четвёртого источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами, соответственно, пятого и шестого источников опорного напряжения. 3. Устройство для моделирования механических систем с **трением**, содер-

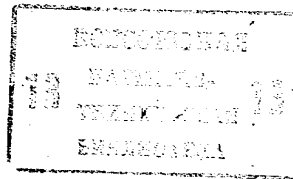


Фиг.3





ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3373607/18-24
(22) 30.12.81
(46) 30.04.83. Бюл. № 16
(72) Г.В.Трель и О.В.Косорукова
(71) Филиал Владимирского политехнического института в г. Коврове
(53) 681.333(088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 263294, кл. G 06 G 7/48, 1968.
2. Авторское свидетельство СССР № 366478, кл. G 06 G 7/48, 1971 (прототип).

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ТРЕНИЕМ (ЕГО ВАРИАНТЫ).

(57) 1. Устройство для моделирования механических систем с трением, содержащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого является выходом устройства, вход которого соединен с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход которого соединен с первым выводом четырехдиодного ограничительного моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выходы первого и второго источников опорного напряжения соединены соответственно с третьим и четвертым выводами четырехдиодного ограничительного моста, *отличающиеся* тем, что, с целью повышения точности, в него введены инвертор и первый и второй блоки ограничения, выходы которых подключены соответственно к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединен с входом интегратора, выход которого подключен через инвертор к информационным входам первого и второго блоков ограничения, первый и второй управляющие входы первого из которых соединены соответственно с выходами третьего и четвер-

того источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами соответственно пятого и шестого источников опорного напряжения.

2. Устройство для моделирования механических систем с трением, содержащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого является выходом устройства, вход которого соединен с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход которого соединен с первым выводом четырехдиодного ограничительного моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход первого и второго источников опорного напряжения соединены соответственно с третьим и четвертым выводами четырехдиодного ограничительного моста, *отличающиеся* тем, что, с целью повышения точности, в него введены инвертор и первый и второй блоки ограничения, выходы которых соответственно к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединен с входом интегратора, выход которого соединен через инвертор с информационным входом второго блока ограничения и непосредственно с информационным входом первого блока ограничения, первый и второй управляющие входы первого блока ограничения соединены с выходами соответственно третьего и четвертого источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами соответственно пятого и шестого источников опорного напряжения.

3. Устройство для моделирования механических систем с трением, содер-

1015400

жащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого соединен с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход которого соединен с первым выводом четырехдиодного ограничительного моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выходы первого и второго источников опорного напряжения соединены соответственно с третьим и четвертым выводами четырехдиодного ограничительного моста, *отличающиеся* тем, что, с целью повышения точности, в него введены инвертор и первый и второй блоки

ограничения, выходы которых подключены соответственно к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединен с входом интегратора, выход которого соединен через инвертор с информационным входом первого блока ограничения и непосредственно с информационным входом второго блока ограничения, первый и второй управляющие входы первого блока ограничения соединены с выходами соответственно третьего и четвертого источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами соответственно пятого и шестого источников опорного напряжения.

(19) **SU** (11) **1015400 A**

4. Устройство для моделирования механических систем с трением, содержащее шесть источников опорного напряжения, два масштабных резистора и интегратор, выход которого является выходом устройства, вход которого соединен с первым выводом первого масштабного резистора, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выход которого соединен с первым выводом четырехдиодного ограничителя моста, второй вывод которого подключен к входу интегратора, выходы первого и второго источников опорного напряжения соединены соответственно с третьим и четвертым выводами четырехдиодного ограничитель-

ного моста, отличающееся тем, что, с целью повышения точности, в него введены первый и второй блоки ограничения, выходы которых подключены соответственно к входу интегратора и к первому выводу второго масштабного резистора, второй вывод которого соединен с входом интегратора, выход которого подключен к информационным входам первого и второго блоков ограничения, первый и второй управляющие входы первого из которых соединены соответственно с выходами третьего и четвертого источников опорного напряжения, а первый и второй управляющие входы второго блока ограничения соединены с выходами соответственно пятого и шестого источников опорного напряжения.

4. Устройство для воспроизведения зависимости силы трения.. FindPatent.ru>patent/137/1374256.html
Трель Густав Владимирович, Ларина Галина Борисовна, Косорукова Ольга Владимировна. (17.5.16)*
Заявка: 4100949, 05.08.1986. Опубликовано: 15.02.1988.

Список документов, цитированных в отчете о поиске: Авторские свидетельства СССР:

1. № 968830, кл. G06G7/64, 1981. № 989564, кл. G06G7/4p, 1981.

(57) Реферат: 1374256

Изобретение относится к области аналоговой вычислительной техники и предназначено для использования при моделировании механических систем с парами трения. Цель изобретения - повышение точности. С этой целью в устройство введены интегратор и блок задания ограничения. Подавая на вход устройства сигнал, пропорциональный относительной скорости скольжения пар трения, создается возможность получить на выходе сигнал, пропорциональный силам трения, зависящим в движении от направления и величины относительной скорости элементов пары, а в относительном покое - от предварительного их смещения. 3 ил. (Л



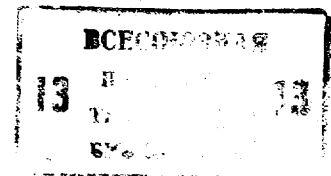
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1374256 A1

(51) 4 G 06 G 7/48

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

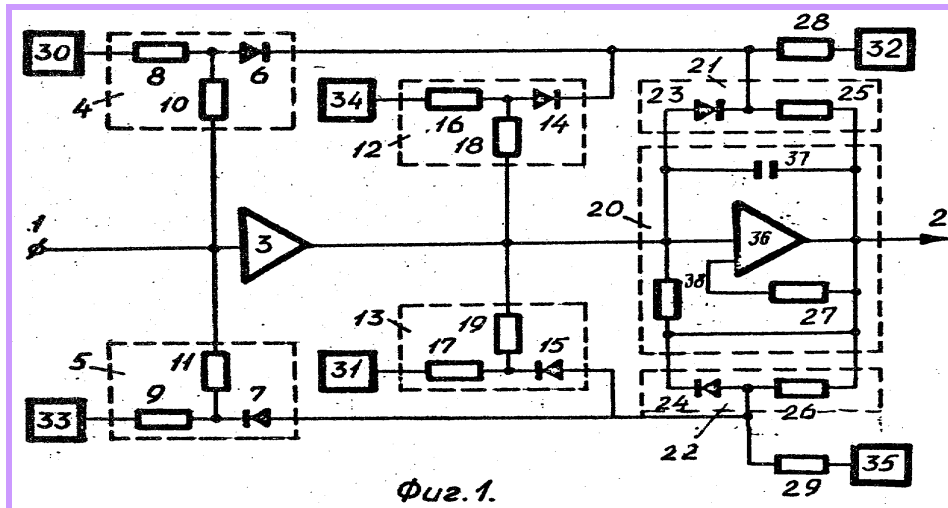
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 4100949/24-24
(22) 05.08.86
(46) 15.02.88. Бюл. № 6
(71) Филиал Владимирского политехнического института в г. Коврове
(72) О.В.Косорукова, Г.Б.Ларина и Г.В.Трель
(53) 681.8(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 968830, кл. G 06 G 7/64, 1981.
Авторское свидетельство СССР № 989564, кл. G 06 G 7/48, 1981.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТРЕНИЯ ОТ СКОРОСТИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ ПАР ТРЕНИЯ

(57) Изобретение относится к области аналоговой вычислительной техники и предназначено для использования при моделировании механических систем с парами трения. Цель изобретения - повышение точности. С этой целью в устройство введены интегратор и блок задания ограничения. Подавая на вход устройства сигнал, пропорциональный относительной скорости скольжения пар трения, создается возможность получить на выходе сигнал, пропорциональный силам трения, зависящим в движении от направления и величины относительной скорости элементов пары, а в относительном покое - от предварительного их смещения. 3 ил.



Фиг. 1.

SU
1374256
A1

Изобретение относится к аналоговой вычислительной технике и предназначено для использования при моделировании механических систем с параметрами трения, силы трения которых зависят в движении от направления и величины относительной скорости элементов пары, а в относительном покое — от предварительного смещения их с учетом диссипации энергии в процессе упруго-пластических деформаций поверхностей контакта пары трения при относительных микроперемещениях ее элементов в пределах зоны предварительного смещения.

Цель изобретения — повышение точности.

На фиг. 1 представлена схема устройства; на фиг. 2 — зависимости силы трения движения $F(V)$ от скорости относительного скольжения пар трения, воспроизводимых устройством; на фиг. 3 — воспроизводимая устройством зависимость между $F(S)$ и S с учетом запаздывания между ними, построенная для случая малых изменений относительной скорости $V(t) \neq 0$ элементов пары трения при перемещениях их в пределах зоны предварительного смещения $|S| < |S_m|$.

Устройство содержит вход 1 задания относительной скорости пар трения, выход 2 по силе трения, инвертор 3, первый 4 и второй 5 блоки ограничения, моделирующие максимальную величину изменения силы трения на участке полусухого трения, выполненные на диодах 6 и 7 и резисторах 8, 9 и 10, 11, первый 12 и второй 13 блоки нелинейности типа "зона нечувствительности", моделирующие изменение скорости конца участка граничного трения, выполненные на диодах 14, 15 и резисторах 16, 17 и 18, 19, интегратор 20, третий 21 и четвертый 22 блоки ограничения, моделирующие изменение величины силы трения покоя, выполненные на диодах 23 и 24 и резисторах 25 и 26, резистор 27 обратной связи интегратора, согласующие резисторы 28 и 29, второй, первый и третий источники 30, 31 и 32 положительного опорного напряжения, второй, первый и третий источники 33, 34 и 35 отрицательного опорного напряжения, пропорциональные соответственно максимальной величине изменения силы трения на участке полусухого трения и максимальной величине силы трения по-

коя. Интегратор выполнен на операционном усилителе 36 и включает конденсатор 37 и резистор 38. Напряжение с входа устройства 1 поступает на вход инвертора 3 и одновременно на входы первого и второго блоков 4 и 5 ограничения, на опорные входы которых поступает постоянное опорное напряжение от источников 30 и 33. С выхода инвертора 3 напряжение подается на первый вход интегратора 20 и одновременно на входы первого и второго блоков 12 и 13, на опорные входы которых поступает постоянное опорное напряжение от источников 34 и 31. С выхода интегратора 20 напряжение поступает на его второй вход непосредственно через резистор 27, повышая устойчивость его работы в динамических режимах, и на первый вход по обратным связям через третий и четвертый блоки 21 и 22 ограничения. На опорные точки третьего 21 и четвертого 22 блоков ограничения через первый и второй согласующие резисторы 28 и 29 поступает постоянное опорное напряжение от источников 32 и 35, одновременно напряжение на эти точки подается соответственно с выходов первого блока 4 ограничения и первого блока 12 нелинейности типа "зоны нечувствительности" и с выходов второго блока 5 ограничения и второго блока 13 нелинейности типа "зоны нечувствительности".

В результате на выходе интегратора 20, т.е. на выходе устройства, формируется напряжение, соответствующее семейству "падающих" характеристик типа "падающая-возрастающая" зависимости силы трения в движении от направления и величины скорости скольжения элементов пары (фиг. 2, график 1), а в относительном покое — от предварительного смещения их с учетом диссипации энергии в процессе упруго-пластических деформаций поверхностей контакта пары трения при относительных микроперемещениях ее элементов в пределах зоны предварительного смещения (фиг. 3а).

Для воспроизведения "горбчатых" характеристик типа "возрастающая-падающая" (фиг. 2, график 2) необходимо в исходной схеме (фиг. 1) поменять местами первый блок 4 ограничения с вторым блоком 13 нелинейности типа "зона нечувствительности", вто-

рой блок 5 ограничения - с первым блоком 12 нелинейности типа "зона нечувствительности".

Для воспроизведения "падающих" характеристик типа "падающая-падающая" (фиг. 2, график 3) необходимо инвертор 3 установить непосредственно перед интегратором 20.

Для воспроизведения "горбчатых" характеристик типа "возрастающая-возрастающая" (фиг. 2, график 4) необходимо инвертор 3 установить на входе устройства, к его выходу попарно подключить входы первого 12 и второго 13 блоков нелинейности "зона нечувствительности", второго 5 и первого 4 блоков ограничения. Наклон характеристик определяется величиной собственных сопротивлений резисторов

$$F(V) = F(S_m) \mp F_{nc}(V) \pm F_*(V) \text{ при } |S(t)| > S_m, V(t) \neq 0;$$

$$F_{nc}(V) = \begin{cases} K_{nc} V(t) & \text{при } 0 \leq |V(t)| \leq |V_n|; \\ K_{nc} V_n(t) & \text{при } |V_n| \leq |V(t)|; \\ 0 & \text{при } 0 \leq |V(t)| \leq |V_k|; \end{cases}$$

$$F_*(V) = \begin{cases} K_* [V(t) - |V_k| \text{sign} V(t)] & \text{при } |V_k| \leq |V(t)|. \end{cases}$$

где K_s - коэффициент жесткости упругой составляющей предварительного смещения;
 K_F - коэффициент, характеризующий неупругую составляющую предварительного смещения, пропорциональную силе трения, отражающий своей величиной диссипацию энергии в процессе упругопластических деформаций поверхностей контакта в относительном покое элементов пары трения, выражающаяся в запаздывании между силой трения $F(S)$ и предварительным смещением $S(t)$;
 $\pm S_m$ - максимальное предварительное смещение, соответствующее предельному состоянию покоя перед началом движения;
 $F(S_m)$ - экстремальное (максимальное или минимальное) значение силы трения покоя перед началом движения;
 $\mp F_{nc}(V)$ - составляющая силы трения на участке полусухого трения до начала граничного трения;

и диодов, входящих в состав устройства.

Устройство позволяет воспроизвести следующую зависимость силы трения $F(t)$: в движении - от направления и величины относительной скорости $V(t)$ элементов пары трения; в относительном покое - от предварительного смещения $S(t)$ этих элементов с учетом диссипации энергии в процессе упругопластических деформаций поверхностей контакта пары при относительных микроперемещениях ее элементов в пределах зоны предварительного смещения:

$$F(S) = \int [K_s V(t) - K_F F(S)] dt, S(t) = \int V(t) dt, \text{ при } -S_m \leq S(t) \leq S_m, V(t) \approx 0.$$

в относительном движении пар

$\pm F_*(V)$ - составляющая силы трения на участке полужидкостного трения;
 $\pm V_n, \pm V_k$ - скорости, соответствующие началу и концу участка граничного трения;
 K_{nc}, K_* - коэффициенты пропорциональностей линейных зависимостей $F_{nc}(V)$ и $F_*(V)$.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для воспроизведения зависимости силы трения от скорости и предварительного смещения пар трения, содержащее первый и второй блоки нелинейности типа "зона нечувствительности", первый, второй и третий блоки ограничения, первый, второй и третий источники положительного опорного напряжения, первый, второй и третий источники отрицательного опорного напряжения и инвертор, вход которого соединен с входом задания относительной скорости пар трения устройства, а выход инвертора соединен с входами первого и второго бло-

ков нелинейности типа "зона нечувствительности", опорные входы которых соединены соответственно с выходами первого источника отрицательного и первого источника положительного опорного напряжения, входы первого и второго блоков ограничения соединены с входом задания относительной скорости пар трения устройства, а опорные входы первого и второго блоков ограничения соединены соответственно с выходами второго источника положительного и первого источника положительного опорного напряжения, выходы первого и второго блоков ограничения объединены соответственно с выходами первого и второго блоков нелинейности типа "зона нечувствительности", опорный вход третьего блока ограничения соединен с выходом

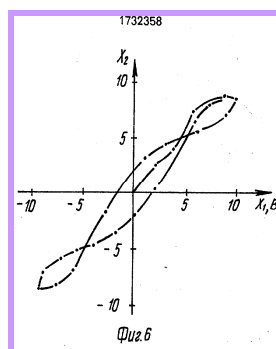
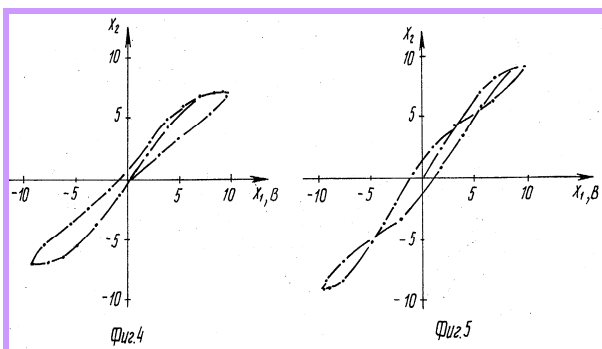
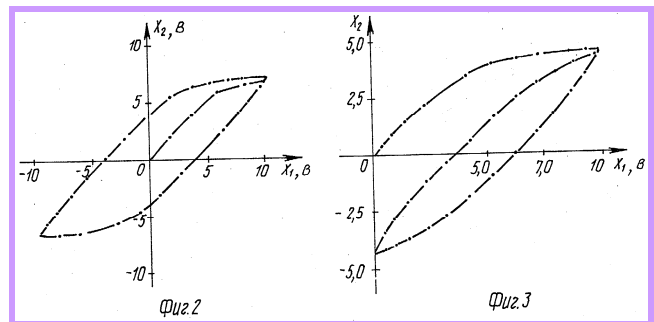
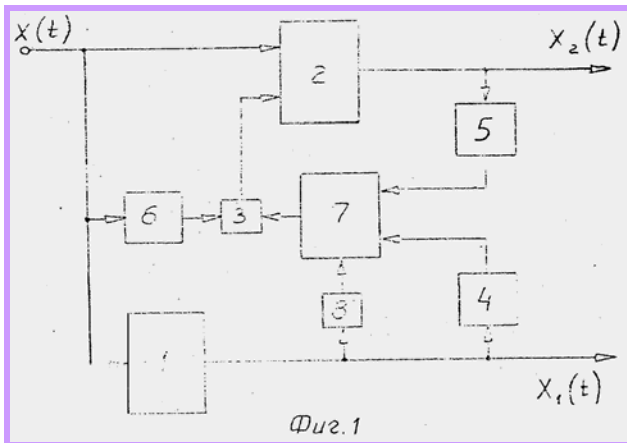
третьего источника положительного опорного напряжения, отличающемся с тем, что, с целью повышения точности, в него введены интегратор и четвертый блок ограничения, вход интегратора соединен с выходом инвертора и входами третьего и четвертого блоков ограничения, а выход интегратора соединен с выходами третьего и четвертого блоков ограничения и является выходом устройства, опорный вход третьего блока ограничения соединен с выходом первого блока нелинейности типа "зона нечувствительности", опорный вход четвертого блока ограничения соединен с выходом второго блока нелинейности типа "зона нечувствительности" и выходом третьего источника отрицательного напряжения.

5. Устройство для моделирования петли гистерезиса. FindPatent.ru > patent/173/1732358.html. (17.5.2016)* Трель Густав Владимирович. Мамулин Валерий Павлович. ..1732358. 29.12.1989–7.5.1992. Заявка: 4775764, 29.12.1989. Опубликовано: 07.05.1992.

Список документов, цитированных в отчете о поиске: Авторские свидетельства СССР: 1. № 1269157, кл. G06G7/25, 1985. 2. 1550542, кл. G06G7/25, 1988.

(57) Реферат: 1732358.

Изобретение для моделирования петли гистерезиса относится к аналоговой вычислительной технике. Целью изобретения является расширение области применения за счёт воспроизведения составляющих внутреннего гистерезисного трения элементов с пластическими, перетянутыми и пропеллерными петлями. Устройство содержит два интегратора, блок умножения, два блока возведения в третью степень, блок выделения модуля, сумматор и инвертор. 7 ил.



Фиг.	K_{21}	K_{22}	K_{71}	K_{72}	K_{73}
1	1,0	1,0	0	-2,5	0
2	1,0	1,0	0	-1,0	0
3	1,0	1,0	0	-4,0	10
4	1,0	2,5	0	-1,0	0,6
5	1,0	2,5	0,7	-1,0	1,0

Фиг.7



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1732358 A1

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

(51)5 G 06 G 7/25, 7/48

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4775764/24
(22) 29.12.89
(46) 07.05.92. Бюл. № 17
(75) В.П.Мамулин и Г.В.Трель
(53) 681.3 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1269157, кл. G 06 G 7/25, 1985.
Авторское свидетельство СССР
№ 1550542, кл. G 06 G 7/25, 1988.

2

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА

(57) Изобретение для моделирования петли гистерезиса относится к аналоговой вычислительной технике. Целью изобретения является расширение области применения за счет воспроизведения составляющих внутреннего гистерезисного трения элементов с пластическими, перетянутыми и пропеллерными петлями. Устройство содержит два интегратора, блок умножения, два блока возведения в третью степень, блок выделения модуля, сумматор и инвертор. 7 ил.

Изобретение относится к аналоговой вычислительной технике и предназначено для применения при исследовании динамики механических, электромеханических и электрических систем, содержащих элементы из пластичных конструкционных, магнитных и диэлектрических материалов, с учетом рассеяния энергии при их деформировании, перемагничивании или переполаризации на внутреннее гистерезисное (частотно-независимое) трение, которое воспроизводится устройством, в частности, в виде пластических, перетянутых и, особенно, пропеллерных петель гистерезиса.

Известно устройство для моделирования упругого гистерезиса, содержащее два интегратора, блок умножения, инвертор и сумматор, которое воспроизводит составляющие гистерезисного внутреннего трения элементов с петлями упругого гистерезиса.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому техническому решению является устройство для моделирования петли гистерезиса, содержащее первый и второй интеграторы, блок умножения, блок

выделения модуля и сумматор, которое воспроизводит составляющие внутреннего гистерезисного трения элементов с петлями упругопластического гистерезиса конструкционных материалов и петлями гистерезиса магнетиков и диэлектриков в слабых и средних технических полях.

Общим недостатком известных устройств является то, что они не воспроизводят составляющих внутреннего гистерезисного трения элементов с пластическими, перетянутыми и пропеллерными петлями гистерезиса. Это ограничивает область их применения.

Цель изобретения – расширение области применения устройства за счет воспроизведения составляющих внутреннего гистерезисного трения элементов с пластическими, перетянутыми и пропеллерными петлями гистерезисов.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для моделирования петли гистерезиса, содержащее первый и второй интеграторы, сумматор, блок выделения модуля, блок умножения, информационный вход устройства соединен с входами перво-

(19) SU (11) 1732358 A1

го интегратора и блока выделения модуля, выходы первого и второго интеграторов являются соответственно первым и вторым выходами устройства, выход блока выделения модуля соединен с первым входом блока умножения, введены инвертор, первый и второй блоки возведения в третью степень, причем выходы первого и второго интеграторов соединены с входами соответственно первого и второго блоков возведения в третью степень, выходы которых подключены соответственно к первому и второму входам сумматора, третий вход которого через инвертор соединен с выходом первого интегратора, выход сумматора подключен к второму входу блока умножения, выход которого соединен с вторым входом второго интегратора.

На фиг. 1 представлена схема примера выполнения предлагаемого устройства; на фиг. 2-6 – примеры воспроизводимых устройством пластических, перетянутых и пропеллерных петель гистерезиса; на фиг. 7 – таблица значений коэффициентов передачи соответствующих операционных блоков, при которых получены петли, представленные на фигурах 2-6 (знаки этих коэффициентов даны без учета изменения полярности сигналов операционными блоками).

Устройство состоит из информационного входа по сигналу скорости $\dot{X}(t)$ первого параметра, первого выхода по сигналу первого параметра $X_1(t)$, второго выхода по сигналу второго параметра $X_2(t)$, первого и второго 2 интеграторов, блока 3 умножения, первого 4 и второго 5 блоков возведения в третью степень, блока 6 выделения модуля, сумматора 7 и инвертора 8. Блок возведения в третью степень может быть выполнен на двух блоках умножения с инвертором или без него, а блок выделения модуля – на блоке идеального диода и сумматоре.

Работу устройства рассмотрим на примере моделирования пропеллерной петли гистерезиса диэлектрика при его переполяризации.

В процессе моделирования сигнал скорости изменения первого параметра $\dot{X}_1(t) = \dot{E}(t)$, соответствующий скорости изменения напряженности электрического поля $\dot{E}(t)$, с информационного входа устройства поступает на вход блока 6 выделения модуля, на первый вход с коэффициентом передачи K_{21} второго интегратора 2 и на вход первого интегратора 1, с выхода которого сигнал первого параметра $X_1(t) = E(t)$, соответствующий напряженности электрического поля $E(t)$, поступает на первый выход устройства. Одновременно этот сигнал через инвертор 8 подают на третий вход с

коэффициентом передачи K_{73} сумматора 7, а через первый блок 4 возведения в третью степень на первый вход с коэффициентом передачи K_{71} того же сумматора 7, с выхода которого сигнал суммы поступает на второй вход блока 3 умножения, на первый вход которого подают сигнал с выхода блока 6 выделения модуля, соответствующий $|\dot{X}_1(t)| = |\dot{E}(t)|$. Сигнал произведения с выхода блока 3 умножения поступает на второй вход с коэффициентом передачи K_{22} второго интегратора 2, с выхода которого сигнал второго параметра $X_2(t) = P(t)$, соответствующий поляризации $P(t)$, поступает на второй выход устройства и через второй блок 5 возведения в третью степень на второй вход с коэффициентом передачи K_{72} сумматора 7.

В результате устройством воспроизводится пропеллерная петля диэлектрического гистерезиса $P(E)$, пример которой представлен на фиг. 6.

В общем случае устройство по сигналу скорости изменения первого параметра $\dot{X}_1(t)$ воспроизводит в аналоговом виде гистерезисное частотно-независимое соотношение между параметрами состояния $X_1(t)$ и $X_2(t)$ моделируемого элемента, описываемое системой

$$\dot{X}_1(t) = \int_0^t \dot{X}_1(t) dt + C_{X1} ;$$

$$\dot{X}_2(t) = \int_0^t \dot{X}_2(t) dt + C_{X2} ;$$

$$\dot{X}_2(t) = K_X \dot{X}_1(t) + [K_{r1} X_2^3(t) + K_{r2} X_1(t) + K_{r3} X_1^3(t)] \dot{X}_1(t) ,$$

где $X_1(t)$, $\dot{X}_1(t)$ – первый параметр состояния и его скорость;

$X_2(t)$, $\dot{X}_2(t)$ – второй параметр состояния и его скорость;

C_{X1} , C_{X2} – начальные условия интегрирования соответственно первого 1 и второго 2 интеграторов;

K_X – коэффициент крутизны характеристики $X_2(X_1)$ в начальный момент воздействия на моделируемый элемент при $X_1(0) = 0$ и $X_2(0) = 0$;

K_{r1} , K_{r2} , K_{r3} – коэффициенты составляющих внутреннего гистерезисного трения в материале моделируемого элемента.

В устройстве физические переменные моделируемого элемента отображаются электрическими напряжениями, поэтому коэффициенты передачи используемых операционных блоков по их соответствующим входам можно определить с помощью соотношений

$$K_{21} = M_X K_X, \quad K_{22} K_{71} = M_{r3} K_{r3},$$

$$K_{22} K_{12} = M_{r1} K_{r1}, \quad K_{22} K_{73} = M_{r2} K_{r2} ,$$

где M – обозначение соответствующего масштабного коэффициента.

Формула изобретения

Устройство для моделирования петли гистерезиса, содержащее первый и второй интеграторы, сумматор, блок выделения модуля, блок умножения, информационный вход устройства соединен с входами первого интегратора и блока выделения модуля, выходы первого и второго интеграторов являются соответственно первым и вторым выходами устройства, выход блока выделения модуля соединен с первым входом блока умножения, отличающееся тем, что, с целью расширения области применения за счет воспроизведения составляющих

внутреннего гистерезисного трения элементов с пластическими, перетянутыми и пропеллерными петлями, в него введены инвертор, первый и второй блоки возведения в третью степень, причем выходы первого и второго интеграторов соединены с входами соответственно первого и второго блоков возведения в третью степень, выходы которых подключены соответственно к первому и второму входам сумматора, третий вход которого через инвертор соединен с выходом первого интегратора, выход сумматора подключен к второму входу блока умножения, выход которого соединен с вторым входом второго интегратора.

Редактор И.Горная	Составитель В.Мамулин Техред М.Моргентал	Корректор Т.Палий
Заказ 1584 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5	Тираж	Подписное
Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101		

6. Устройство для моделирования механических... <http://patents.su> > 3-1833862-ustrojstvo-dlya-modelirovaniya-mekhanicheskikh-kharakteristik-tverdogo-tela. (29.5.2016)*


Трель Г. В. Устройство для моделирования механических характеристик твёрдого тела. Заявка: 4944242, 10.06.1991. Опубликовано: 15.08.1993. БИ. № 30.

Список документов, цитированных в отчёте о поиске: Авторские свидетельства СССР:

1. № 1399780, кл. G06G7/48, 1987. 2. № 1550542, кл. G 06 G 7/25, 7/48, 1990.

(57) Реферат:

Сущность изобретения: устройство содержит интегросумматор 9, интегратор 8, четыре сумматора 1,2,3,4, три инвертора 5, 6, 7, три блока умножения 10, 11, 12, два блока выделения модуля 13, 14. 1 ил.

	СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК	(19) <u>SU</u> (11) <u>1833862 A1</u>
	ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО СССР (ГОСПАТЕНТ СССР)	(51) <u>G 06 G 7/25, 7/48</u>
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ		
1 (21) 4944242/24 (22) 10.06.91 (46) 15.08.93. Бюл. № 30 (75) Г.В.Трель (56) Авторское свидетельство СССР № 1399780, кл. G 06 G 7/48, 1987. Авторское свидетельство СССР № 1550542, кл. G 06 G 7/25, 7/48, 1990.	2 (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОГО ТЕЛА (57) Сущность изобретения: устройство содержит интегросумматор 9, интегратор 8, четыре сумматора 1, 2, 3, 4, три инвертора 5, 6, 7, три блока умножения 10, 11, 12, два блока выделения модуля 13, 14. 1 ил.	

Редактор	Составитель Г.Трель Техред М.Моргентал	Корректор М.Ткач
Заказ 2686 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5	Тираж	Подписное
Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101		

Изобретение относится к вычислительной технике и предназначено для использования в составе аналоговых вычислительных машин при исследовании динамики механических систем с твердыми телами из упруговязкоползучепластичных материалов с деформационным упрочнением (разупрочнением) и неустановившейся ползучестью, в том числе из сверхпластичных материалов с повышенными деформациями и материалов, диаграммы циклического деформирования которых имеют линейные участки разгрузки или же нагружения.

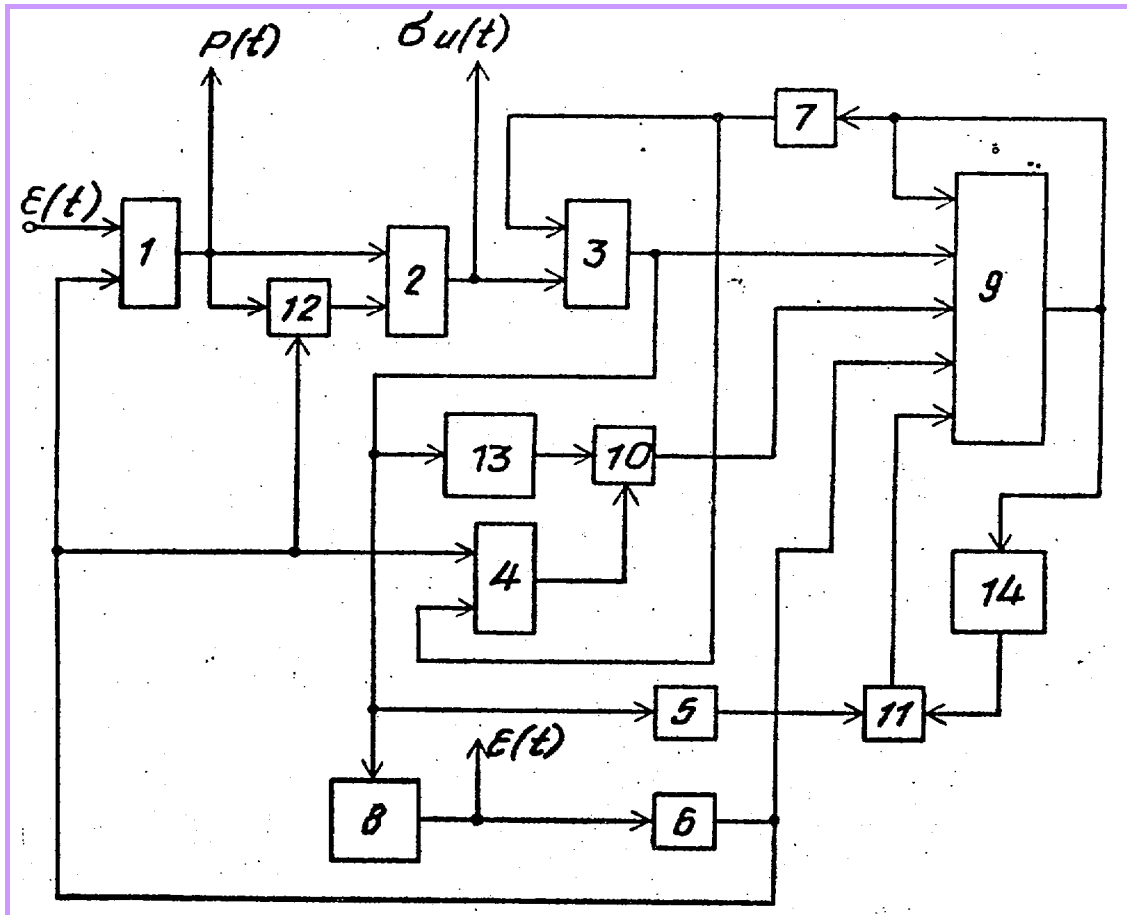
Цель изобретения – повышение точности моделирования и расширение области применения устройства.

На чертеже представлена схема предлагаемого устройства.

Устройство содержит первый 1, второй 2, третий 3 и четвертый 4 сумматоры, первый 5, второй 6 и третий 7 инверторы, интегратор 8, интегросумматор 9, первый 10, второй 11 и третий 12 блоки умножения, первый 13 и второй 14 блоки выделения модуля. Оно имеет информационный вход по сигналу задания параметра нагружения $\epsilon(t)$, первый, второй и третий информационные выходы

устройства соответственно по сигналам полной относительной деформации $\epsilon(t)$, усилию нагрузки $P(t)$ и истинного напряжения $\sigma_u(t)$ моделируемого твердого тела.

В процессе моделирования с информационного входа $\epsilon(t)$ сигнал поступает на первый вход первого сумматора 1, на второй вход которого подают сигнал с выхода второго инвертора 6. С выхода первого сумматора 1, служащего вторым информационным выходом устройства $P(t)$, сигнал поступает на первые входы третьего блока умножения 12 и второго сумматора 2, на второй вход которого подают сигнал произведения с выхода третьего блока умножения 12. С выхода второго сумматора 2, являющегося третьим информационным выходом устройства $\sigma_u(t)$, сигнал поступает на первый вход третьего сумматора 3, на второй вход которого подают сигнал с выхода третьего инвертора 7. С выхода третьего сумматора 3 сигнал, соответствующий скорости полной относительной деформации $\dot{\epsilon}(t)$, поступает на входы первого блока выделения модуля 13, первого инвертора 5, интегратора 8 и первый вход интегросумматора 9, с выхода которого сигнал, соответствующий упругому напряжению $\sigma_y(t)$, подают на его собст-



венный пятый вход, на вход второго блока выделения модуля 14 и через третий инвертор 7 на второй вход четвертого сумматора 4. С выхода интегратора 8, служащего первым информационным выходом устройства $\varepsilon(t)$, сигнал через второй инвертор 6 поступает на четвертый вход интегросумматора 9, второй вход третьего блока умножения 12 и первый вход четвертого сумматора 4, с выхода которого сигнал подают на второй вход первого блока умножения 10. С выхода первого блока выделения модуля 13 сигнал, соответствующий $|\varepsilon(t)|$, поступает на первый вход первого блока умножения 10, с выхода которого сигнал произведения подают на второй вход интегросумматора 9. С выхода второго блока выделения модуля 14 сигнал, соответствующий $|\sigma_y(t)|$, подают на первый вход второго блока умножения 12, на второй вход которого поступает сигнал с выхода первого инвертора 5, а сигнал произведения подают на третий вход интегросумматора 9.

В результате устройство воспроизводит механические характеристики моделируемого твердого тела, описываемые системой следующих уравнений:

$$P(t) = K_e \varepsilon(t) - K_\varepsilon \dot{\varepsilon}(t);$$

$$\sigma_u(t) = \frac{P(t)}{F_0} [1 + \varepsilon(t)];$$

$$\dot{\varepsilon}(t) = \frac{1}{\eta} [\sigma_u(t) - \sigma_y(t)]; \quad \varepsilon(t) = \int \dot{\varepsilon}(t) dt;$$

$$\sigma_y(t) = \int \{ E \dot{\varepsilon}(t) - [K_{пл} \sigma_y(t) - K_{ду} \dot{\varepsilon}(t)] \times x |\dot{\varepsilon}(t)| - K_{уп} \sigma_y(t) + K_{нп} \varepsilon(t) - K_{нж} \dot{\varepsilon}(t) \times x |\sigma_y(t)| \} dt;$$

где $\varepsilon(t)$ – параметр нагружения деформируемого твердого тела;

$P(t)$ – усилие нагрузки деформируемого твердого тела;

$\sigma_u(t), \sigma_y(t)$ – истинное и упругое напряжения;

$\varepsilon(t), \dot{\varepsilon}(t)$ – полная относительная деформация и ее скорость;

F_0 – исходная (до опыта) площадь поперечного сечения образца;

η, E – коэффициенты вязкости и линейной жесткости (модуль Юнга) материала деформируемого тела;

K_e, K_ε – коэффициенты, характеризующие режим нагружения моделируемого тела (при $K_\varepsilon = 0, P(t) = K_e \varepsilon(t)$ – мягкое нагружение, при $P(t) \ll K_\varepsilon \dot{\varepsilon}(t) \approx K_e \varepsilon(t)$ – жесткое нагружение; в других случаях – промежуточное);

$K_{пл}$ – коэффициент скорости пластической деформации;

$K_{ду}$ – коэффициент скорости деформации деформационного упрочнения (разупрочнения);

$K_{уп}$ – коэффициент скорости деформации установившейся ползучести;

$K_{нп}$ – коэффициент скорости деформации неустановившейся ползучести;

$K_{нж}$ – коэффициент скорости деформации нелинейной жесткости.

Коэффициенты передачи K_{ij} , используемых в устройстве операционных блоков i по их соответствующим входам j , можно рассчитать с помощью следующих соотношений:

$$K_{11} = M_e K_e; \quad K_{12} = M_\varepsilon K_\varepsilon;$$

$$K_{21} = K_{22} = M_F \frac{1}{F_0}; \quad K_{31} = K_{32} = M_\eta \frac{1}{\eta};$$

$$K_{91} = M_E E; \quad K_{92} K_{41} = M_{ду} K_{ду};$$

$$K_{92} K_{42} = M_{пл} K_{пл}; \quad K_{93} = M_{нж} K_{нж};$$

$$K_{94} = M_{уп} K_{уп}; \quad K_{95} = M_{нп} K_{нп},$$

где M – обозначение соответствующего масштабного коэффициента.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для моделирования механических характеристик твердого тела, содержащее интегросумматор, интегратор, первый и второй блоки выделения модуля, три блока умножения, выход первого блока выделения модуля соединен с первым входом первого блока умножения, выход которого соединен с первым входом интегросумматора, выход второго блока выделения модуля соединен с первым входом второго блока умножения, выход которого соединен со вторым входом интегросумматора, вход интегратора соединен с входом первого блока выделения модуля, а выход является первым информационным выходом устройства, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что в него введены четыре сумматора, первый и второй инверторы, вход первого сумматора является информационным входом устройства, а выход, являющийся вторым информационным выходом устройства, соединен с первым входом второго сумматора и с первым входом третьего блока умножения, выход которого соединен с вторым входом второго сумматора, выход последнего, являющийся третьим информационным выходом устройства, подключен к первому входу третьего сумматора, выход которого соединен с третьим входом интегросумматора, с входом интегратора и через первый инвертор с вторым входом второго блока умножения, выход интегратора через второй инвертор интегратора подключен к четвертому входу интегросумматора, к вторым входам первого блока умножения и к первому входу четвертого сумматора, выход которого соединен с вторым входом первого

блока умножения, выход интегросумматора соединен со своим пятым входом и через

третий инвертор с вторыми входами третьего и четвертого сумматора.

7. Устройство для моделирования синхронного трёхфазного ... FindPatent.ru> patent/200/2000607.html.
 Мамулин В.П., Трель Г.В. Устройство для моделирования синхронного трёхфазного шагового двигателя / кл. G06G7/62. // А.С. СССР № 2000607. 1989–1993. (17-29.5.2016)*

Заявка: 04650133, 13.02.1989. Опубликовано: 07.09.1993. БИ. 1993. № 33-36.

(57) Реферат: Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в аналоговых моделях электромеханических систем управления, содержащих в качестве исполнительных элементов реверсируемые синхронные трехфазные шаговые двигатели с регулируемой частотой вращения ротора и длительностью включения фаз. Цель изобретения - расширение функциональных возможностей устройства за счёт учёта статического синхронизирующего момента и



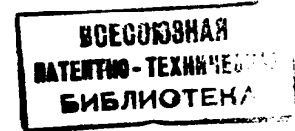
(19) RU (11) 2000607 C

(51) G 06 G 7/62

Комитет Российской Федерации
 по патентам и товарным знакам

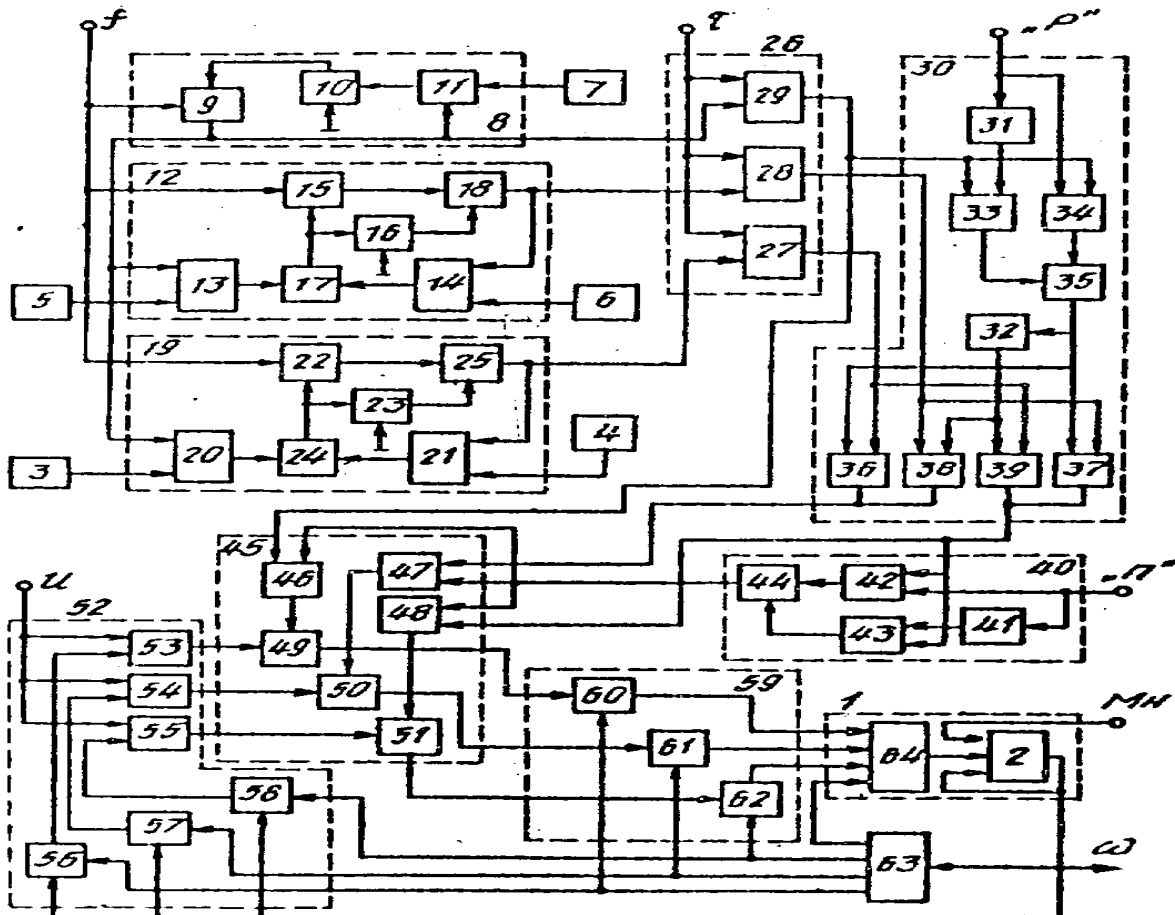
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ



(21) 4650133/24
 (22) 13.02.89
 (46) 07.09.93. Бюл. № 33-36
 (76) Мамулин В.П., Трель Г.В.
 (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
 СИНХРОННОГО ТРЕХФАЗНОГО ШАГОВОГО
 ДВИГАТЕЛЯ
 (57) Изобретение относится к вычислитель-
 ной технике и может быть использовано в

аналоговых моделях электромеханических систем управления, содержащих в качестве исполнительных элементов реверсируемые синхронные трехфазные шаговые двигатели с регулируемой частотой вращения ротора и длительностью включения фаз. Цель изобретения - расширение функциональных возможностей устройства за счёт учёта статического синхронизирующего момента и



инерционности ротора. Она достигается тем, что в устройство, содержащее блок 1 моделирования динамики ротора, включающий интегросумматор 2, и пять источников 3–7 постоянных напряжений, введены блок 8 моделирования частоты переключения первой фазы (интегратор 9, ключ 10 и нуль-орган 11), блок моделирования частоты переключения второй фазы (два нуль-органа 13, 14, два ключа 15, 16, триггер 17 и интегратор 18), блок 19 моделирования частоты переключения третьей фазы (два нуль-органа 20, 21, два ключа 22, 23, триггер 24 и интегратор 25), блок 26 моделирования длительности включения фаз (три нуль-органа 27–29), блок 30 моделирования реверса (два узла 31, 32 элементов НЕ, два узла 33, 34 элементов И, триггер 35 и четыре узла 36–39

элементов И–НЕ), блок 40 моделирования пуска (узел 41 элементов НЕ, два узла 42, 43 элементов И и триггер 44), блок 45 моделирования коммутации фаз (три узла 46–48 элементов И и три ключа 49–51), блок 52 моделирования токов фаз (три сумматора 53–55 и три узла 56–58 умножения), блок 59 моделирования моментов фаз двигателя (три узла 60–62 умножения), блок 63 моделирования потоков и реактивного момента, а в блок 1 моделирования динамики ротора введен сумматор 64. Устройство имеет входы задания момента нагрузки M_n , напряжения питания обмоток фаз U , команды "пуск", команды "реверс", длительности включения фаз t , частоты переключения фазы f и выход формирования частоты вращения ротора ω . 1 ил.

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в аналоговых моделях электромеханических систем управления, содержащих в качестве исполнительных элементов реверсируемые синхронные трехфазные шаговые двигатели с регулируемой частотой вращения ротора и длительностью включения фаз.

Известно устройство для моделирования синхронных машин, содержащее четыре сумматора, три интегратора, шесть блоков умножения и четыре источника постоянных напряжений, которое может быть использовано для воспроизведения соотношений между электрическими параметрами синхронного двигателя с неограниченным вращением его ротора.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство для моделирования бесконтактного двигателя постоянного тока, содержащее блок моделирования динамики ротора, включающий интегросумматор, первый вход которого является входом задания момента нагрузки устройства, и пять источников постоянных напряжений, которое воспроизводит неограниченное вращение ротора электродвигателя при бесконтактном переключении его фаз.

Известные устройства не учитывают электромеханические параметры синхронного шагового двигателя, в частности статического синхронизирующего момента и инерционности ротора, что особенно важно в случае шагового режима его движения.

Это ограничивает функциональные возможности устройства.

Цель изобретения – расширение функциональных возможностей устройства за счет статического синхронизирующего момента и инерционности ротора.

Цель достигается тем, что в устройство для моделирования синхронного трехфазного двигателя, содержащее блок моделирования динамики ротора, включающий интегросумматор, первый вход которого является входом задания момента нагрузки устройства, пять источников постоянных напряжений, введены блок моделирования частоты переключения первой фазы, включающий интегратор, ключ и нуль-орган, блок моделирования частоты переключения второй фазы, включающий два нуль-органа, два ключа, триггер и интегратор, блок моделирования частоты переключения третьей фазы, включающий два нуль-органа, два ключа, триггер и интегратор, блок моделирования длительности включения фаз, включающий три нуль-органа, блок моделирования реверса, включающий два узла элементов НЕ, два узла элементов И, триггер и четыре узла элементов И–НЕ, блок моделирования пуска, включающий узел элементов НЕ, два узла элементов И и триггер, блок моделирования коммутации фаз, включающий три узла элементов И и три ключа, блок моделирования токов фаз, включающий три сумматора и три узла умножения, блок моделирования моментов фаз двигателя, включающий три узла умножения, блок мо-

делирования потоков и реактивного момента, а в блок моделирования динамики ротора введен сумматор, причем в блоке моделирования частоты переключения первой фазы выход интегратора подключен к первому входу нуля-органа, выход которого соединен с управляющим входом ключа, информационный вход которого подключен к шине нулевого потенциала, выход ключа подключен к входу ограничения интегратора, в блоке моделирования частоты переключения второй фазы выходы первого и второго нуля-органов подключены соответственно к первому и второму входам триггера, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго ключей, выходы которых подключены соответственно к информационному входу и входу ограничения интегратора, выходы которого соединены с первым входом второго нуля-органа, информационный вход второго ключа подключен к шине нулевого потенциала, в блоке моделирования частоты переключений третьей фазы выходы первого и второго нуля-органов подключены соответственно к первому и второму входам триггера, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго ключей, выходы которых подключены соответственно к информационному входу и входу ограничения интегратора, выходы которого соединены с первым входом второго нуля-органа, информационный вход второго ключа подключен к шине нулевого потенциала, в блоке моделирования реверса выход первого узла элементов НЕ подключен к первому входу узла элементов И, выходы первого и второго узлов элементов И соединены соответственно с первым и вторым входами триггера, выход которого подключен к первым входам первого и второго узлов элементов И-НЕ и входу второго узла элементов НЕ, выход которого соединен с первыми входами третьего и четвертого узлов элементов И-НЕ, в блоке моделирования пуска первые входы первого узла элементов И и узла элементов НЕ объединены и являются входом "пуск" устройства, выход узла элементов И, выходы первого и второго узлов элементов И подключены соответственно к первому и второму входам триггера, в блоке моделирования коммутации фаз выходы первого, второго и третьего узлов элементов И подключены к управляющим входам первого, второго и третьего ключей соответственно, в блоке моделирования токов фаз выходы первого, второго и третьего узлов умножения соединены с первыми входами соответственно первого, второго и третьего сумматоров,

вторые входы которых объединены и являются входом задания напряжения питания обмоток фаз двигателя, в блоке моделирования динамики ротора выход сумматора соединен с вторым входом интегросумматора, выход которого подключен к своему третьему входу, входу частоты вращения ротора блока моделирования потоков и реактивного момента и первым входам первого, второго и третьего узлов умножения блока моделирования токов фаз, выходы сумматоров которого соединены с информационными входами соответствующих ключей блока моделирования коммутации фаз, выходы которых подключены к первым входам соответственно первого, второго и третьего узлов умножения блока моделирования моментов фаз двигателя, выходы которых соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами сумматора блока моделирования динамики ротора, четвертый вход которого подключен к первому выходу блока моделирования потоков и реактивного момента, второй выход которого соединен с вторыми входами третьих узлов умножения блока моделирования токов фаз и блока моделирования моментов фаз двигателя, третий выход блока моделирования потоков и реактивного момента подключен к вторым входам вторых узлов умножения блока моделирования токов фаз и блока моделирования моментов фаз двигателя, вторые входы первых узлов умножения которых соединены с четвертым выходом блока моделирования потоков и реактивного момента, выход триггера блока моделирования пуска подключен к первым входам первого, второго и третьего узлов элементов И блока моделирования коммутации фаз, выходы второго и четвертого узлов элементов И-НЕ блока моделирования реверса соединены с вторыми входами первого и второго узлов элементов И блока моделирования пуска и вторым входом третьего узла элементов И блока моделирования коммутации фаз, второй вход второго узла элементов И которого подключен к выходам третьего и первого узлов элементов И-НЕ блока моделирования реверса, вторые входы первого и четвертого узлов элементов И-НЕ которого соединены с выходом первого нуля-органа блока моделирования длительности включения фаз, выход второго нуля-органа которого подключен к вторым входам второго и третьего узлов элементов И-НЕ блока моделирования реверса, первый вход второго узла элементов И и вход узла элементов НЕ которого объединены и являются входом реверса устройства, входом длительности включения фазы которого являются первые входы пер-

вого, второго и третьего нуль-органов блока моделирования длительности включения фаз, выход третьего нуль-органа которого подключен к вторым входам первого и второго узлов элементов И блока моделирования реверса и второму входу первого узла элементов И блока моделирования коммутации фаз, вход частоты переключения фазы устройства соединен с информационным входом первого ключа блока моделирования частоты переключения второй фазы, информационным входом первого ключа блока моделирования частоты переключения третьей фазы и информационным входом интегратора блока моделирования частоты переключения первой фазы, выход которого подключен к второму входу третьего нуль-органа блока моделирования длительности включения и первым входам первых нуль-органов блока моделирования частоты переключения второй фазы и блока моделирования частоты переключения третьей фазы, выход интегратора блока моделирования частоты переключения второй фазы соединен с вторым входом второго нуль-органа блока моделирования длительности включения фаз, второй вход первого нуль-органа которого подключен к выходу интегратора блока моделирования частоты переключения третьей фазы, вторые входы первого и второго нуль-органов которого соединены с выводами первого и второго источников постоянных напряжений соответственно, выводы третьего и четвертого источников постоянных напряжений подключены соответственно к вторым входам первого и второго нуль-органа блока моделирования частоты переключения второй фазы, вывод пятого источника постоянного напряжения соединен с вторым входом нуль-органа блока моделирования частоты переключения первой фазы.

На чертеже представлена схема предлагаемого устройства.

Устройство содержит блок 1 моделирования динамики ротора, включающий интегратор сумматор 2 и сумматор 64, первый 3, второй 4, третий 5, четвертый 6 и пятый 7 источники постоянных напряжений, блок 8 моделирования частоты переключения первой фазы, включающий интегратор 9, ключ 10 и нуль-орган 11, блок 12 моделирования частоты переключения второй фазы, включающий первый 13 и второй 14 нуль-органы, первый 15 и второй 16 ключи, триггер 17 и интегратор 18, блок 19 моделирования частоты переключения третьей фазы, включающий первый 20 и второй 21 нуль-органы, первый 22 и второй 23 ключи, триггер 24 и интегратор 25, блок 26 моделирования дли-

тельности включения фаз, включающий первый 27, второй 28 и третий 29 нуль-органы, блок 30 моделирования реверса, включающий первый 31 и второй 32 узлы элементов НЕ, первый 33 и второй 34 узлы элементов И, триггер 35 и первый 36, второй 37, третий 38 и четвертый 39 узлы элементов И-НЕ, блок 40 моделирования пуска, включающий узел 41 элементов НЕ, первый 42 и второй 43 узлы элементов И и триггер 44, блок 45 моделирования коммутации фаз, включающий первый 46, второй 47 и третий 48 узлы элементов И, первый 49, второй 50 и третий 51 ключи, блок 53 моделирования токов фаз, включающий первый 53, второй 54 и третий 55 сумматоры, первый 56, второй 57 и третий 58 узлы умножения, блок 59 моделирования моментов фаз двигателя, включающий первый 60, второй 61 и третий 62 узлы умножения, и блок 63 моделирования потоков и реактивного момента. Последний, в частности, может быть выполнен на основе схемы формирования тригонометрической функции для воспроизведения потоков, дополненной сумматором и двумя блоками умножения для воспроизведения реактивного момента. Устройство имеет входы задания момента нагрузки M_n , напряжения питания обмоток фаз двигателя U , команды "пуск" ("П"), команды "реверс" ("Р"), длительности включения фаз τ , частоты переключения фазы f и выход формирования частоты вращения ротора ω .

В процессе моделирования сигнал с входа задания U устройства подают на вторые входы первого 53, второго 54 и третьего 55 сумматоров блока 52 моделирования токов фаз. С выходов этих сумматоров сигналы, соответствующие токам первой $I_1(t)$, второй $I_2(t)$ и третьей $I_3(t)$ фаз, поступают на информационные входы первого 49, второго 50 и третьего 51 ключей блока 45 моделирования коммутации фаз. С выходов этих ключей сигналы подаются на первые входы первого 60, второго 61 и третьего 62 узлов умножения блока 59 моделирования моментов фаз двигателя, а с выходов этих узлов умножения сигналы, соответствующие моментам первой $M_1(t)$, второй $M_2(t)$ и третьей $M_3(t)$ фаз двигателя, поступают соответственно на первый, второй и третий входы сумматора 64 блока 1 моделирования динамики ротора. В этом блоке с выхода сумматора 64 сигнал, соответствующий электромагнитному моменту двигателя $M_3(t)$, подается на второй вход интегратор-сумматора 2, на первый вход которого поступает сигнал с входа задания $M_n(t)$ устройства. С выхода интегратор-сумматора 2, являющегося

выходом формирования $\omega(t)$ устройства. сигнал поступает на третий вход самого интегратора, на вход блока 63 моделирования потоков и реактивного момента и первые входы первого 56, второго 57 и третьего 58 узлов умножения блока 52 моделирования токов фаз. Коэффициенты передачи по входам интегратора 2 выбирают с учетом величины момента инерции ротора двигателя. С второго, третьего и четвертого выходов блока 63 моделирования потоков и реактивного момента сигналы, соответствующие полюсным рабочим потокам третьей $C\Phi_3(t)$, второй $C\Phi_2(t)$ и первой $C\Phi_1(t)$ фаз, поступают на вторые входы соответственно третьего 62, второго 61 и первого 60 узлов умножения блока 59 моделирования моментов фаз двигателя, а также третьего 58, второго 57 и первого 56 узлов умножения блока 52 моделирования токов фаз. В последнем с выходов первого 56, второго 57 и третьего 58 узлов умножения сигналы, соответствующие ЭДС первой $E_1(t)$, второй $E_2(t)$ и третьей $E_3(t)$ фаз, подаются на первые входы соответственно первого 53, второго 54 и третьего 55 сумматоров. С первого выхода блока 63 моделирования потоков и реактивного момента сигнал, соответствующий реактивному моменту $M_p(t)$, поступает на четвертый вход сумматора 64 блока 1 моделирования динамики ротора.

Сигнал с входа задания f устройства поступает на информационные входы интегратора 9 блока 8 моделирования частоты переключения первой фазы, первого ключа 15 блока 12 моделирования частоты переключения второй фазы и первого ключа 22 блока 19 моделирования частоты переключения третьей фазы. С выхода интегратора 9 сигнал пилообразного напряжения подается на первые входы первых нуль-органов 13 и 20 блоков моделирования частоты переключения второй 12 и третьей 19 фаз соответственно, второй вход третьего нуль-органа 29 блока 26 моделирования длительности включения фаз и первый вход нуль-органа 11 блока 8 моделирования частоты переключения первой фазы. С вывода пятого источника 7 постоянного напряжения сигнал поступает на второй вход нуль-органа 11, с выхода которого сигнал результата сравнения подается на управляющий вход ключа 10, информационный вход которого подключен к шине нулевого потенциала, а сигнал с выхода этого ключа подается на вход ограничения интегратора 9. С вывода третьего источника 5 постоянного напряжения сигнал поступает на второй вход первого нуль-органа 13 блока 12 моделирования частоты переключения второй

фазы. Сигнал результата сравнения с выхода первого нуль-органа 13 подается на первый вход триггера 17, с выхода которого сигнал поступает на управляющие входы первого 15 и второго 16 ключей. Информационный вход второго ключа 16 подключен к шине нулевого потенциала, с его выходной сигнал подается на вход ограничения интегратора 18, на информационный вход которого поступает сигнал с выхода первого нуль-органа 15. С выхода интегратора 18 сигнал пилообразного напряжения, сдвинутый по фазе на 120° относительно пилообразного напряжения на выходе интегратора 9, подается на второй вход второго нуль-органа 28 блока 26 моделирования длительности включения фаз и первый вход второго нуль-органа 14. Сигнал с вывода четвертого источника 6 постоянного напряжения поступает на второй вход второго нуль-органа 14, с выхода которого сигнал результата сравнения подается на второй вход триггера 17. С вывода первого источника 3 постоянного напряжения сигнал поступает на второй вход первого нуль-органа 20 блока 19 моделирования частоты переключения третьей фазы. Сигнал результата сравнения с выхода первого нуль-органа 20 подается на первый вход триггера 24, с выхода которого сигнал поступает на управляющие входы первого 22 и второго 23 ключей. Информационный вход второго ключа 23 подключен к шине нулевого потенциала, а его выходной сигнал подается на вход ограничения интегратора 25, на информационный вход которого поступает сигнал с выхода первого ключа 22. С выхода интегратора 25 сигнал пилообразного напряжения, сдвинутый по фазе на 240° относительно пилообразного напряжения на выходе интегратора 9, подается на второй вход первого нуль-органа 27 блока 26 моделирования длительности включения фаз и первый вход второго нуль-органа 21. Сигнал с вывода второго источника 4 постоянного напряжения поступает на второй вход второго нуль-органа 21, с выхода которого сигнал результата сравнения подается на второй вход триггера 24.

Сигнал с входа задания t устройства поступает на первые входы первого 27, второго 28 и третьего 29 нуль-органов блока 26 моделирования длительности включения фаз. С выхода третьего нуль-органа 29 сигнал включения первой фазы подается на вторые входы первого узла 46 элементов И блока 45 моделирования коммутации фаз, первого 33 и второго 34 узлов элементов И блока 30 моделирования реверса. С выходов первого 27 и второго 28 нуль-органов

сигналы включения соответственно второй и третьей фаз поступают на вторые входы первого 36 и четвертого 39, второго 37 и третьего 38 узлов элементов И-НЕ блока 30 моделирования реверса.

Сигнал с входа задания команды "Р" устройства поступает непосредственно и через первый узел 31 элементов НЕ на первые входы соответственно второго 34 и первого 33 узлов элементов И блока 30 моделирования реверса. С выхода первого узла 33 элементов И логический сигнал подается на первый вход триггера 35, на второй вход которого поступает сигнал с выхода второго узла 34 элементов И. С выхода триггера 35 сигнал непосредственно и через второй узел 32 элементов НЕ подается на первые входы соответственно первого 36 и второго 37, третьего 38 и четвертого 39 узлов элементов И-НЕ. С выходов первого 36 и третьего 38 узлов элементов И-НЕ сигнал включения второй фазы поступает на второй вход второго узла элементов И блока 45 моделирования коммутации фаз 45, на второй вход третьего узла 48 элементов И которого подается с выходов второго 37 и четвертого 39 узлов элементов И-НЕ блока 30 моделирования реверса сигнал включения третьей фазы. Одновременно этот сигнал поступает на вторые входы первого 42 и второго 43 узлов элементов И блока 40 моделирования пуска.

Сигнал с входа задания команды "П" непосредственно и через узел 41 элементов НЕ подается на первые входы первого 42 и второго 43 узлов элементов И блока 40 моделирования пуска. С выходов двух последних узлов сигналы поступают соответственно на первый и второй входы триггера 44, с выхода которого сигнал разрешения включения фаз подается на первые входы первого 46, второго 47 и третьего 48 узлов элементов И блока 45 моделирования коммутации фаз. С выходов трех последних узлов сигналы включения фаз поступают на управляющие входы соответственно первого 49, второго 50 и третьего 51 ключей.

Таким образом, устройство на своем выходе вырабатывает сигнал частоты вращения ротора $\omega(t)$ моделируемого синхронного трехфазного шагового двигателя, являющийся решением следующей системы уравнений:

$$\omega(t) = \frac{1}{I_0} \int [M_3(t) - K_{\text{вТ}} \omega(t) - M_H(t)] dt;$$

$$M_3(t) = M_1(t) + M_2(t) + M_3(t) + M_p(t),$$

где I_0 – момент инерции ротора двигателя (с учетом инерционности нагрузки);

$M_3(t)$ – электромагнитный момент двигателя;

$M_p(\theta)$ – статический синхронизирующий (реактивный) момент двигателя;

5 $M_H(t)$ – момент внешней нагрузки двигателя;

$K_{\text{вТ}}$ – коэффициент вязкого трения;

10 $\alpha(t)$ – угол полюсного рассогласования, соответствующий углу поворота ротора двигателя;

$M_1(t) = C\Phi_1(t)I_1(t)$ – момент первой фазы;

$M_2(t) = C\Phi_2(t)I_2(t)$ – момент второй фазы;

$M_3(t) = C\Phi_3(t)I_3(t)$ – момент третьей фазы;

15 $I_1(t) = \frac{1}{R}[U - E_1(t)]Q_1(t)$ – ток первой фазы;

• $I_2(t) = \frac{1}{R}[U - E_2(t)]Q_2(t)$ – ток второй фазы;

$I_3(t) = \frac{1}{R}[U - E_3(t)]Q_3(t)$ – ток третьей фазы;

20 $E_1(t) = C\Phi_1(\theta)\omega(t)$ – ЭДС первой фазы;

$E_2(t) = C\Phi_2(\theta)\omega(t)$ – ЭДС второй фазы;

$E_3(t) = C\Phi_3(\theta)\omega(t)$ – ЭДС третьей фазы;

С – электромашинная постоянная двигателя;

25 U – напряжение питания обмоток фаз двигателя;

R – омическое сопротивление обмоток фаз двигателя;

30 $\Phi_1(\theta), \Phi_2(\theta), \Phi_3(\theta)$ – полюсные рабочие магнитные потоки фаз;

$Q_1(t), Q_2(t), Q_3(t)$ – логические сигналы включения соответствующих фаз двигателя ("1" – фаза включена, "0" – фаза выключена).

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

35 Устройство для моделирования синхронного трехфазного шагового двигателя, содержащее блок моделирования динамики ротора, включающий интегратор, первый вход которого является входом задания момента нагрузки устройства, пять

40 источников постоянного напряжения, отличающемся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей устройства за счет статического синхронизирующего момента и инерционности ротора, в него введены блок моделирования частоты переключения первой фазы, включающий интегратор, ключ и нуль-орган, блок моделирования частоты переключения

45 второй фазы, включающий два нуль-органа, два ключа, триггер и интегратор, блок моделирования частоты переключения третьей фазы, включающий два нуль-органа, два ключа, триггер и интегратор, блок моделирования длительности включения фаз,

50 включающий три нуль-органа, блок моделирования реверса, включающий два узла элементов НЕ, два узла элементов И, триггер и четыре узла элементов И-НЕ, блок модели-

55 рования реверса, включающий два узла элементов НЕ, два узла элементов И, триггер и четыре узла элементов И-НЕ, блок модели-

рования пуска, включающий узел элементов HE, два узла элементов И и триггер, блок моделирования коммутации фаз, включающий три узла элементов И и три ключа, блок моделирования токов фаз, включающий три сумматора и три узла умножения, блок моделирования моментов фаз двигателя, включающий три узла умножения, блок моделирования потоков и реактивного момента, а в блок моделирования динамики ротора введен сумматор, причем в блоке моделирования частоты переключения первой фазы выход интегратора подключен к первому входу нуля-органа, выход которого соединен с управляющим входом ключа, информационный вход которого подключен к шине нулевого потенциала, выход ключа подключен к входу ограничения интегратора, в блоке моделирования частоты переключения второй фазы выходы первого и второго нуля-органов подключены соответственно к первому и второму входам триггера, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго ключей, выходы которых подключены соответственно к информационному входу и входу ограничения интегратора, выход которого соединен с первым входом второго нуля-органа, информационный вход второго ключа подключен к шине нулевого потенциала, в блоке моделирования частоты переключения третьей фазы выходы первого и второго нуля-органов подключены соответственно к первому и второму входам триггера, выход которого соединен с управляющими входами первого и второго ключей, выходы которых подключены соответственно к информационному входу и входу ограничения интегратора, выходы которого соединены с первым входом второго нуля-органа, информационный вход второго ключа подключен к шине нулевого потенциала, в блоке моделирования реверса выход первого узла элементов HE подключен к первому входу первого узла элементов И, выходы первого и узлов элементов И соединены соответственно с первым и вторым входами триггера, выход которого подключен к первым входам первого и второго элементов И-HE и входу второго узла элементов HE, выход которого соединен с первыми входами третьего и четвертого узлов элементов И-HE, в блоке моделирования пуска первые входы первого узла элементов И и узла элементов HE объединены и являются входом "Пуск" устройства, выход узла элементов HE соединен с первым входом второго узла элементов И, выходы первого и второго узлов элементов И подключены соответственно к первому и

второму входам триггера, в блоке моделирования коммутации фаз выходы первого, второго и третьего узлов элементов И подключены к управляющим входам первого, второго и третьего ключей соответственно, в блоке моделирования токов фаз выходы первого, второго и третьего узлов умножения соединены с первыми входами соответственно первого, второго и третьего сумматоров, вторые входы которых объединены и являются входом задания напряжения питания обмоток фаз двигателя, в блоке моделирования динамики ротора выход сумматора соединен с вторым входом интегратора, выход которого подключен к своему третьему входу, входу частоты вращения ротора блока моделирования потоков и реактивного момента и первым входам первого, второго и третьего узлов умножения блока моделирования токов фаз, выходы сумматоров которого соединены с информационными входами соответствующих ключей блока моделирования коммутации фаз, выходы которых подключены к первым входам соответственно первого, второго и третьего узлов умножения блока моделирования моментов фаз двигателя, выходы которых соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами сумматора блока моделирования динамики ротора, четвертый вход которого подключен к первому выходу блока моделирования потоков и реактивного момента, второй выход которого соединен с вторыми входами третьих узлов умножения блока моделирования токов фаз и блока моделирования моментов фаз двигателя, третий выход блока моделирования потоков и реактивного момента подключен к вторым входам вторых узлов умножения блока моделирования токов фаз и блока моделирования моментов фаз двигателя, вторые входы первых узлов умножения которых соединены с четвертым выходом блока моделирования потоков и реактивного момента, выход триггера блока моделирования пуска подключен к первым входам первого, второго и третьего узлов элементов И блока моделирования коммутации фаз, выходы второго и четвертого узлов элементов И-HE блока моделирования реверса соединены с вторым входами первого и второго узлов элементов И блока моделирования пуска и вторым входом третьего узла элементов И qU блока моделирования пуска и вторым входом третьего узла элементов И блока моделирования коммутации фаз, второй вход второго узла элементов И которого подключен к выходам третьего и первого узла элементов И-HE блока моделирования реверса, вторые вхо-

ды первого и четвертого узлов элементов И-НЕ которого соединены с выходом первого нуль-органа блока моделирования длительности включения фаз, выход второго нуль-органа которого подключен к вторым входам второго и третьего узлов элементов И-НЕ блока моделирования реверса, первый вход второго узла элементов И и вход узла элементов НЕ которого объединены и являются входом реверса устройства, входом длительности включения фазы которого являются первые входы первого, второго и третьего нуль-органов блока моделирования длительности включения фаз, выход третьего нуль-органа которого подключен к вторым входам первого и второго узлов элементов И блока моделирования реверса и второму входу первого узла элементов И блока моделирования коммутации фаз, вход частоты переключения фазы устройства соединен с информационным входом первого ключа блока моделирования частоты переключения второй фазы, информационным входом первого ключа блока моделирования частоты переключения третьей фазы и информационным входом интегратора блока моделирования частоты переключения

первой фазы, выход которого подключен к второму входу третьего нуль-органа блока моделирования длительности включения и первым входам первых нуль-органов блока моделирования частоты переключения второй фазы и блока моделирования частоты переключения третьей фазы, выход интегратора блока моделирования частоты переключения второй фазы соединен с вторым входом второго нуль-органа блока моделирования длительности включения фаз, второй вход первого нуль-органа которого подключен к выходу интегратора блока моделирования частоты переключения третьей фазы, вторые входы первого и второго нуль-органов которого соединены с выводами первого и второго источников постоянного напряжения соответственно. выводы третьего и четвертого источников постоянного напряжения подключены соответственно к вторым входам первого и второго нуль-органов блока моделирования частоты переключения второй фазы, вывод пятого источника постоянного напряжения соединен с вторым входом нуль-органа моделирования частоты переключения первой фазы.

Редактор Т.Юрчикова

Составитель Г.Трель
Техред М.Моргентал

Корректор С.Патрушева

Заказ 3079

Тираж
НПО "Поиск" Роспатента
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Подписное

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

С поздравлением и пожеланием здоровья Густаву Владимировичу!

Продолжение следует

© А.М. Репин. 29.5.16