

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **10613**  
(13) **С1**  
(46) **2008.06.30**  
(51) МПК (2006)  
**G 05В 13/02**

(54)

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

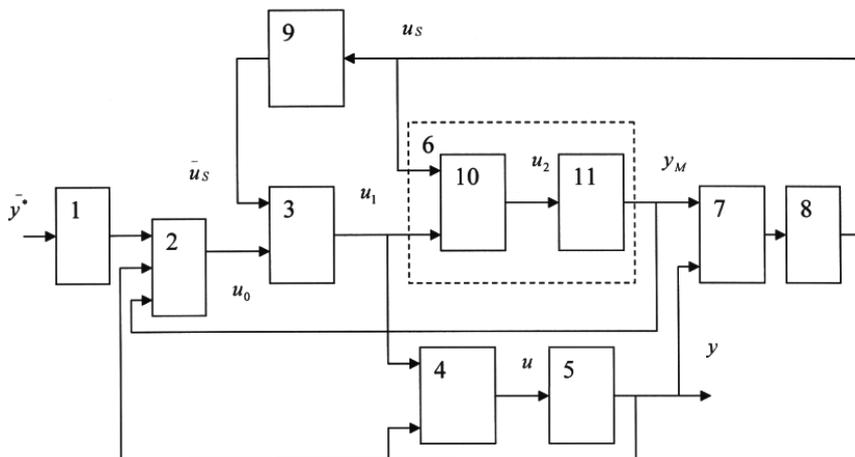
(21) Номер заявки: а 20060440  
(22) 2006.05.11  
(43) 2007.12.30  
(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)  
(72) Автор: Опейко Ольга Федоровна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)  
(56) SU 1153314 А, 1985.  
RU 94033714 А1, 1996.  
RU 2031434 С1, 1995.  
SU 935875, 1982.  
SU 1499318 А1, 1989.  
JP 2002312004, 2002.  
US 5485367 А, 1996.

(57)

1. Система автоматического управления, содержащая объект управления, устройство сравнения, первый вход которого соединен с выходом объекта управления, а второй вход - с выходом модели, выход устройства сравнения соединен со входом релейного элемента, выход которого соединен со входом фильтра и с первым входом модели, **отличающаяся** тем, что содержит регулятор, два нелинейных звена и дополнительный фильтр, причем выход регулятора соединен с первым входом первого нелинейного звена, выход которого соединен со вторым входом модели и с первым входом второго нелинейного звена, выход которого соединен со входом объекта управления, выход которого является выходом системы и соединен соответственно со вторыми входами регулятора и второго нелинейного звена, второй вход первого нелинейного звена соединен с выходом фильтра, первый вход регулятора соединен с выходом дополнительного фильтра, вход которого является входом системы, третий вход регулятора соединен с выходом модели.

2. Система по п. 1, **отличающаяся** тем, что модель содержит последовательно соединенные нелинейное и линейное звенья, причем входы нелинейного звена являются входами модели, а выход линейного звена является выходом модели.



**ВУ 10613 С1 2008.06.30**

Изобретение относится к автоматическому управлению и может быть использовано для управления объектами, в которых в процессе функционирования имеют место параметрические и сигнальные возмущения, например в системах автоматического управления приводами металлорежущих станков и промышленных роботов.

Известна система управления [1], содержащая последовательно соединенные сумматор и объект регулирования, выход которого подключен к первому входу устройства сравнения, к второму входу которого подключен выход эталонной модели, а выход соединен с входом первого релейного элемента и с входом блока вычисления гиперплоскости скольжения, причем вход первого релейного элемента подключен на первый вход первого умножителя, выход блока вычисления гиперплоскости скольжения соединен с входом второго релейного элемента, выход которого подключен к первому входу второго блока умножения, причем первый вход сумматора является входом системы, блок усиления, вход которого соединен с выходом первого блока умножения, второй вход которого соединен с выходом блока сравнения, а выход блока усиления подключен на второй вход блока умножения, выход которого подключен на второй вход сумматора, первый вход которого соединен с входом эталонной модели.

Однако данная система оказывается работоспособной только при линейных характеристиках объекта, так как при существенных нелинейностях нарушаются условия существования скользящих режимов в системе.

Наиболее близкой к предлагаемой является система управления [2], содержащая сумматор, подключенный выходом к входу объекта регулирования, устройство сравнения, первый вход которого подключен к выходу объекта регулирования, второй вход подключен к выходу модели, а выход устройства сравнения соединен со входом блока релейных элементов, причем первый вход сумматора является входом системы, последовательно соединенные блок фильтров и инвертор, причем выход инвертора подключен ко второму входу сумматора, а вход блока фильтров соединен с выходом блока релейных элементов и вторым входом модели, первый вход которой подключен к выходу сумматора.

Данная система управления позволяет расширить область применения за счет обеспечения работоспособности в условиях нелинейности объекта, однако, при изменениях параметров нелинейного объекта в широких пределах система может оказаться неработоспособной. Кроме того, в системе отсутствует обратная связь по выходу объекта, что отрицательно отражается на точности.

Задачей изобретения является расширение области применения системы за счет обеспечения ее работоспособности в условиях нелинейности объекта и значительных изменений параметров.

Поставленная задача решается тем, что система автоматического управления, содержащая объект управления, устройство сравнения, первый вход которого соединен с выходом объекта управления, а второй вход - с выходом модели, выход устройства сравнения соединен со входом релейного элемента, выход которого соединен со входом фильтра и с первым входом модели, содержит регулятор, два нелинейных звена и дополнительный фильтр, причем выход регулятора соединен с первым входом первого нелинейного звена, выход которого соединен со вторым входом модели и с первым входом второго нелинейного звена, выход которого соединен со входом объекта управления, выход которого является выходом системы и соединен соответственно со вторыми входами регулятора и второго нелинейного звена, второй вход первого нелинейного звена соединен с выходом фильтра, первый вход регулятора соединен с выходом дополнительного фильтра, вход которого является входом системы, третий вход регулятора соединен с выходом модели.

Модель содержит последовательно соединенные нелинейное и линейное звенья, причем входы нелинейного звена являются входами модели, а выход линейного звена является выходом модели.

В предлагаемом устройстве удается расширить область устойчивости за счет уменьшения взаимного влияния контура настройки модели (модель, устройство сравнения, релейный элемент, модель) и основного контура, содержащего объект управления, два нелинейных звена и регулятор. Для этого в систему введены регулятор взамен сумматора, дополнительный фильтр входного сигнала и два нелинейных звена, обратная связь по выходной величине, что позволяет расширить область возможных применений.

Контур настройки модели работает в автоколебательном режиме, близком к скользящему [1], в то время как основной контур работает в режиме плавного изменения сигналов управления и переменных состояния объекта. Наличие первого нелинейного звена и нелинейного звена модели позволяет обеспечить сигнальную и параметрическую настройку в системе, а второе нелинейное звено позволяет компенсировать нелинейные свойства объекта. Дополнительный фильтр входного сигнала совместно с фильтром в канале настройки улучшают плавность процессов в основном контуре, что способствует независимости главного контура и контура настройки.

На чертеже изображена система автоматического управления. Система содержит дополнительный фильтр 1, регулятор 2, нелинейные звенья 3, 4, объект управления 5, модель 6, устройство сравнения 7, релейный элемент 8, фильтр 9, нелинейное звено 10 и линейное звено 11 модели 6.

Система автоматического управления работает следующим образом.

Задающий сигнал через дополнительный фильтр 1 подается на первый вход регулятора 2, с выхода которого сигнал  $u_0$  поступает на первый вход первого нелинейного звена 3, настраиваемого через второй вход сигналом  $\bar{u}_s$  настройки. С выхода первого нелинейного звена 3 сигнал одновременно поступает на первый вход второго нелинейного звена 4, формирующего сигнал  $u$  управления объектом 5, и на первый вход модели 6. На второй вход нелинейного звена 4 поступает сигнал обратной связи  $u$  с выхода объекта 5. При совпадении динамических свойств контура, состоящего из объекта 5 и нелинейного звена 4, и модели 6 сигналы, поступающие на первый и второй входы устройства сравнения 7, равны и поэтому сигнал выхода устройства сравнения 7, поступающий на вход релейного элемента 8, равен нулю. Контур адаптации не работает.

Если под действием параметрических или сигнальных возмущений выходной сигнал у объекта 5 будет отличаться от выходного сигнала  $u_m$  модели 6, на выходе устройства сравнения 7 появится сигнал рассогласования. Сигнал поступает на релейный элемент 8, на выходе которого формируется управление  $u_s$  настройки модели 6, и контур 6, 7, 8 работает в автоколебательном режиме, близком к скользящему, в результате чего модель 6 настраивается по выходному сигналу объекта 5. Одновременно сигнал настройки  $u_s$  поступает на вход фильтра 9, с выхода которого снимается сигнал  $\bar{u}_s$ , который является медленной составляющей сигнала  $u_s$ , и используется для настройки через второй вход нелинейного звена 3, формируя сигнал  $u_1$  управления в основном контуре. Поскольку сигнал  $u_1$  поступает также и на вход модели 6, создаются условия для возможности оценки состояния объекта 5 по состоянию модели 6, когда рассогласование между их выходами достигает достаточно малой величины. Поэтому выходная величина  $u_m$  модели 6 используется вместе с выходной величиной  $u$  объекта 5 в регуляторе 2 для формирования сигнала  $u_1$  управления основного контура. В то же время сигнал  $u_1$  формируется с учетом сигнала настройки через нелинейное звено 3, что позволяет компенсировать сигнальные и параметрические возмущения объекта 5, которые вызывают отклонение выхода объекта 5 от выхода модели 6. Сигнал  $u$  управления на входе объекта 5 формируется вторым нелинейным звеном 4, компенсируя нелинейные свойства объекта, что облегчает процесс адаптации.

Модель 6 состоит из нелинейного звена 10 и линейного звена 11. Нелинейное звено 3 и нелинейное звено 10 выполняют взаимно обратные преобразования относительно средней составляющей сигнала  $u_s$ . В результате средние составляющие сигналов  $u_0$  и  $u_2$  совпа-

# ВУ 10613 С1 2008.06.30

дают, а контур, образованный звеньями 2, 3, 6, 2, сохраняет оптимальные расчетные динамические свойства.

Использование дополнительных звеньев (нелинейных звеньев, дополнительного фильтра и регулятора взамен сумматора) и их включение указанным способом выгодно отличают предлагаемое устройство от известного, так как расширяют область устойчивости при параметрических возмущениях.

Работоспособность предлагаемой системы подтверждается исследованиями методом имитационного моделирования для электроприводов переменного тока с частотным управлением в условиях параметрических и сигнальных возмущений. Эффективность данной системы обусловлена улучшением динамических свойств.

Источники информации:

1. А.с. СССР 935875, МПК G 05B 13/02, 1980.
2. А.с. СССР 1153314, МПК G 05B 13/02, 1985.