



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 18.11.80 (21) 3220891/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.07.82. Бюллетень № 25

Дата опубликования описания 07.07.82

(11) 941925

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 05 B 11/16

(53) УДК 62.

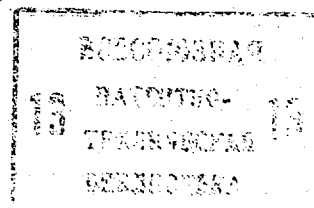
.50 (088.8)

(72) Автор  
изобретения

А. П. Пашкевич

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



### (54) СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА

1

Изобретение относится к автоматике и предназначено для использования в следящих системах, системах стабилизации метательных аппаратов, в приводах промышленных роботов-манипуляторов и металлорежущих станков, в электронно-лучевых установках, сварочных и чертежных машинах, в фотолитографическом оборудовании, автоматических компенсаторах и т.д.

Известна следящая система, содержащая последовательно соединенные первую схему логического сложения, объект управления, нелинейный преобразователь, дифференциатор, вторую схему логического сложения и первое реле, контакты которого подключены ко входу первой схемы логического сложения непосредственно и через контакты второго реле, вход которого соединен с выходом объекта управления [1].

Недостатком такой системы является низкая точность, обусловленная неустойчивостью системы в окрестности положения равновесия.

Наиболее близкой по технической сущности к предложенной является следящая система, содержащая последовательно соединенные элемент сравнения,

2

сумматор, исполнительный привод, объект управления, дифференциатор и функциональный преобразователь, выход которого подключен ко второму входу сумматора, выход объекта управления соединен с вычитающим входом элемента сравнения [2].

Недостатком известной системы является низкая точность. Это объясняется неустойчивостью и наличием автоколебаний в окрестности заданного состояния.

Цель изобретения - повышение точности системы за счет введения в окрестности положения равновесия зоны линейности и обеспечения его устойчивости.

Поставленная цель достигается тем, что в систему, содержащую исполнительный механизм, подключенный к объекту, выход которого соединен со вторым входом первого измерителя рассогласования, а через последовательно соединенные дифференциатор, функциональный преобразователь, первый сумматор - со входом первого сигнум-реле, второй вход первого сумматора соединен с выходом первого измерителя рассогласования, введены первый усилитель, последовательно соединенные

30

второй усилитель, второй измеритель рассогласования, первый блок ограничения, второй сумматор и второй блок ограничения, а также последовательно соединенные второй функциональный преобразователь, третий сумматор, второе сигнум-реле, четвертый сумматор и трехпозиционное реле, выход которого подключен к второму входу второго сумматора, вход второго функционального преобразователя соединен с выходом дифференциатора, а через первый усилитель - со вторым входом второго измерителя рассогласования, второй вход третьего сумматора соединен с выходом первого измерителя рассогласования и входом второго усилителя, а выход второго блока ограничения соединен со входом исполнительного механизма, причем выход первого сигнум-реле соединен со вторым входом четвертого сумматора.

На фиг. 1 представлена блок-схема системы; на фиг. 2 - схема функционального преобразователя.

Система содержит первый измеритель 1 рассогласования, усилитель 2, второй измеритель 3 рассогласования, первый блок 4 ограничения, второй сумматор 5, второй блок ограничения 6, исполнительный механизм 7, объект управления 8, дифференциатор 9, первый функциональный преобразователь 10, первый сумматор 11, первое сигнум-реле 12, второй функциональный преобразователь 13, третий сумматор 14, второе сигнум-реле 15, четвертый сумматор 16, трехпозиционное реле 17, усилитель 18.

Ниже рассмотрены функции, выполняемые отдельными структурными элементами. Первый измеритель рассогласования 1 формирует сигнал ошибки. Дифференциатор 9 вычисляет скорость изменения выходной координаты объекта управления 8. На основе этой информации усилители 2-8, второй измеритель 3 рассогласования и первый блок 4 ограничения формируют алгоритм линейного управления. Алгоритм релейного управления формируется функциональными преобразователями 10 и 13, сумматорами 11, 14, 16, двумя сигнум-реле 12 и 15 и трехпозиционным реле 17. Функциональные преобразователи выполняются по диодной схеме с суммированием токов на операционном усилителе (фиг. 2). Один операционный усилитель использован для инвертирования входного сигнала. В схеме использованы операционные усилители К1УТ401В и германиевые диоды ГД507А.

Принцип действия схемы основан на кусочно-линейной аппроксимации заданной зависимости и представлении ее в виде суммы слагаемых, каждое из которых реализуется отдельной диодной

ячейкой. Каждая диодная ячейка реализует одну кусочно-линейную функцию. Структурные элементы 10, 11 и 13, 14 производят вычисление двух нелинейных функций от ошибки и скорости изменения выходной координаты, а сигнум-реле 12 и 15 определяют их знак.

Сумматор 16 и трехпозиционное реле 17, в зависимости от соотношения знаков вычисленных функций, подают на второй вход сумматора 5 сигнал постоянной положительной или отрицательной полярности либо равный нулю. Сумматор 5 вместе со вторым блоком 6 ограничения объединяют сигналы, поступающие с контуров релейного линейного управления, и формируют на входе исполнительного механизма 7 управляющее воздействие требуемой величины и знака. Исполнительный механизм 7 воздействует на объект управления 8 и соответствующим образом изменяет его состояние.

Измерители рассогласования 1 и 3, усилители 2 и 8, сумматоры 5, 11, 14, 16, функциональные преобразователи 10 и 13, реле 12, 15 и 17 и блоки ограничения 4 и 6 могут быть выполнены на серийно выпускаемых интегральных микросхемах (операционных усилителях, компараторах и т.д.). В качестве дифференциатора 9 может быть использован тахогенератор. Исполнительный механизм 7 - электрический или электрогидравлический, в зависимости от типа управляемого объекта.

Система реализует релейно-линейный алгоритм управления следующего вида

$$U = \text{sat}[\text{sat}(\text{sat}(C^1 E + C^2 E^0) + M \text{sgn}(E + F^+(\dot{v})) + M \text{sgn}(E + F^-(\dot{v})))],$$

где  $U$  - сигнал на входе исполнительного привода 7;

$E$  - ошибка;

$\dot{v}$  - скорость изменения выходной координаты объекта 8;

$M > 1$  - некоторое число;

$F^+, F^-$  - характеристики функциональных преобразователей 10 и 13, причем  $F^+(v) > F^-(v)$ ;  $C^1, C^2$  - коэффициенты передачи усилителей 2 и 18.

Система работает следующим образом.

В исходном состоянии выходная координата объекта управления 8 равна сигналу на первом входе первого элемента сравнения 1, а ошибка и скорость изменения выходной координаты, формируемые соответственно измерителем рассогласования 1 и дифференциатором 9, равны нулю. Поэтому на входе четвертого сумматора 16 поступают разнополярные сигналы и трехпозиционное реле 17 находится в среднем

('нулевом') состоянии. Стабилизация исходного состояния осуществляется за счет контуров линейного управления по положению скорости. При этом управляющее воздействие, равное 5 линейной комбинации ошибки и скорости, формируется первым и вторым измерителем рассогласования 1 и 3, усилителями 2 и 18, блоками ограничения 4 и 6, сумматором 5 и дифференциатором 9. Коэффициенты линейного управления 10 выбираются так, чтобы обеспечить устойчивость замкнутой системы.

При скачкообразном изменении значения входного воздействия ошибка системы становится отличной от нуля. Поэтому первый блок 4 ограничения переходит в режим насыщения и на первый вход второго сумматора 5 поступает постоянный сигнал, совпадающий по знаку с ошибкой. Сигнал ошибки 20 через сумматоры 11 и 14 поступает также на сигнум-реле 12 и 15. Поэтому на входы сумматора 16 поступают противоположные сигналы и трехпозиционное реле 17 подключает ко второму входу 25 второго сумматора 5 постоянное напряжение, совпадающее по знаку с ошибкой. В результате выходная величина второго сумматора 5 оказывается достаточной для того, чтобы перевести в насыщение 30 второй блок 6 ограничения, и на исполнительный привод 7 подается управляющее воздействие постоянной амплитуды, соответствующее первому интервалу релейного управления. 35

По мере отработки заданного рассогласования ошибка уменьшается, а скорость изменения выходной координаты увеличивается. Поэтому наступает момент, когда входная величина блока 40 ограничения 4 изменяется настолько, что он работает на линейном участке статической характеристики. Однако изменение управляющего воздействия, поступающего на исполнительный привод 45 7, не происходит, так как полка трехпозиционного реле 17 выбирается по крайней мере в два раза больше, чем максимальный сигнал блока ограничения 4. В результате к концу первого интервала релейного управления элемент 4 вновь входит в насыщение, но уже по другой ветви статической характеристики.

Смена знака релейного управления происходит тогда, когда меняет знак 55 один из сигналов, формируемых функциональными преобразователями 10 и 13, сумматорами 11 и 14 и сигнум-реле 12 и 15. При этом трехпозиционное реле 17 переключается в среднее состояние 60, сигнал на втором входе второго сумматора 5 становится равным нулю и элемент 6 переходит в тот же режим, что и элемент 4. Поэтому на вход исполнительного привода 7 поступает 65

постоянное управляющее воздействие другого знака, соответствующее второму интервалу релейного управления. Перевод системы с релейного управления на линейное происходит в момент, когда выходят из насыщения элементы 4 и 6. Дальнейшая доводка объекта 8 до заданного состояния осуществляется линейным управлением.

Характеристики функциональных преобразователей 10 и 13 выбираются таким образом, чтобы линия переключений релейного управления совпадала с фазовыми траекториями, происходящими через заранее выбранные точки второго и четвертого координатных углов плоскости ошибки и ее производной. Эти точки, в свою очередь, выбираются так, чтобы заключительный участок переходного процесса, соответствующий линейному управлению, отвечал заданным 20 требованиям качества. Поэтому переходный процесс в предложенной системе состоит из двух участков, первый из которых (релейный) соответствует оптимальному по быстродействию движению в заданную точку фазовой плоскости, а второй (линейный) - гладкому затуханию процесса в окрестности положения равновесия.

Применение данной системы в станках с программным управлением, приводах роботов-манипуляторов и т.д. позволяет повысить их производительность и улучшить качество выпускаемой продукции (за счет более точного 30 соблюдения технологических режимов). Система отличается простотой настройки, надежностью работы и обеспечивает устойчивость заданного состояния объекта. Применение ее для управления движением координатного стола фотолитографической установки позволяет довести точность позиционирования до долей мкм.

#### Формула изобретения

Следящая система, содержащая исполнительный механизм, подключенный к объекту, выход которого соединен с вторым входом первого измерителя рассогласования, а через последовательно соединенные дифференциатор, функциональный преобразователь, первый сумматор - с входом первого, 50 сигнум-реле, второй вход первого сумматора соединен с выходом первого измерителя рассогласования, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения точности системы, в нее введены первый усилитель, последовательно соединенные второй усилитель, второй измеритель рассогласования, первый блок ограничения, второй сумматор и второй блок ограничения, а также последовательно соединенные 55

второй функциональный преобразователь, третий сумматор, второе сигнум-реле, четвертый сумматор и трехпозиционное реле, выход которого подключен к второму входу второго сумматора, вход второго функционального преобразователя соединен с выходом дифференциатора, а через первый усилитель - с вторым входом второго измерителя рассогласования; второй вход третьего сумматора соединен с выходом первого измерителя рассогласования и входом второго усилителя, а выход второго блока ограничения соединен с входом

исполнительного механизма, причем выход первого сигнум-реле соединен с вторым входом четвертого сумматора.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Синтез позиционных систем программного управления. Под ред. А.Вавилова. Л., 'Машиностроение', 1977, с. 183.

2. Павлов А.А. Синтез релейных систем, оптимальных по быстродействию. М., 'Наука', 1966, с. 98-102 (прототип).

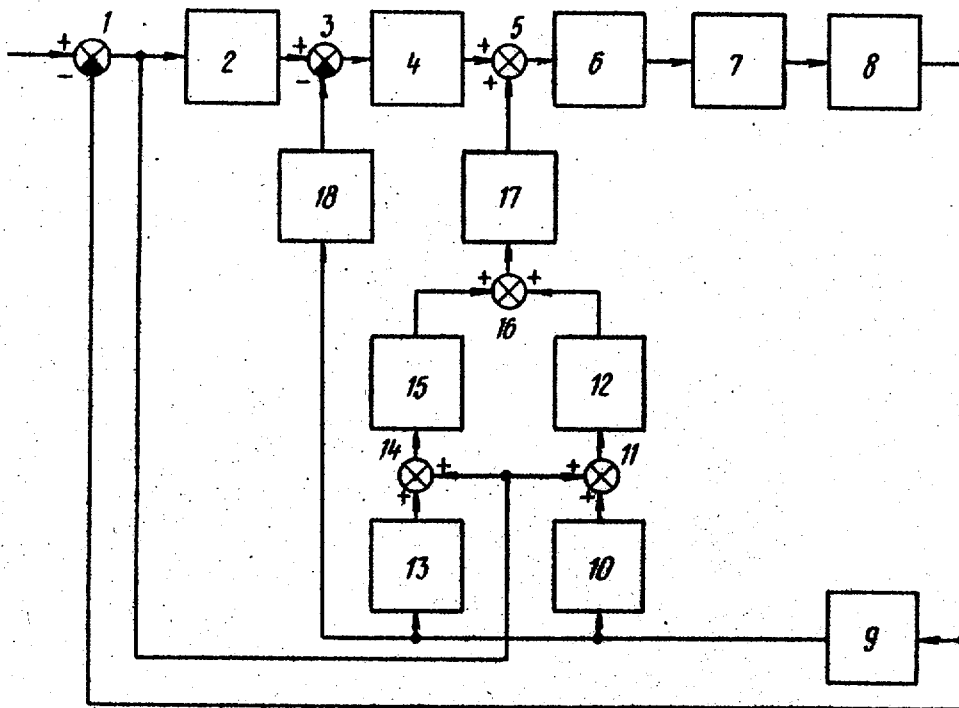
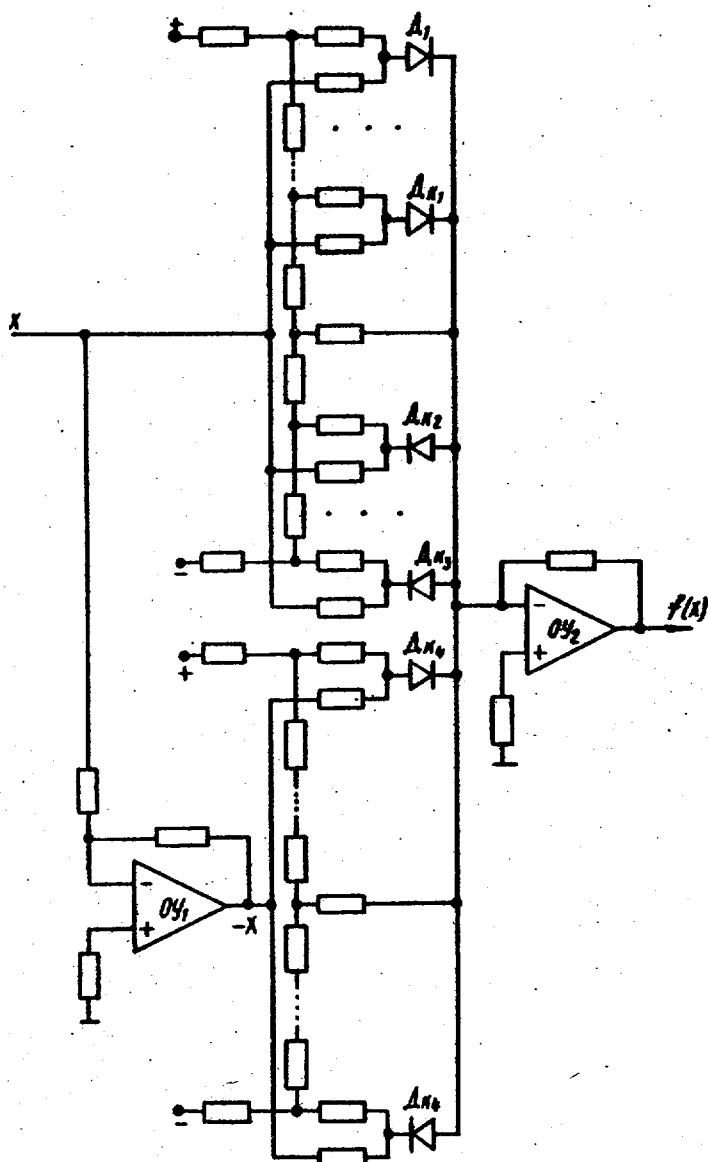


Рис. 1



Фиг. 2

Редактор П. Коссей                      Составитель В. Грибова                      Корректор И. Муска  
 Техред К. Мышьо  
 -----  
 Заказ 4836/35                      Тираж 914                      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