



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 02.03.79(21) 2734703/40-23
с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.02.81.Бюллетень № 5

Дата опубликования описания 09.02.81

(11) 802786

(51) М. Кл.³

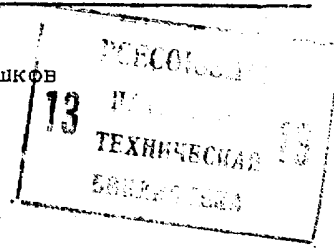
G 01 C 19/24

(53) УДК 629.78.
.051.527
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В.С. Крапивин, А.С. Востриков и Ю.Д. Вышков

(71) Заявитель



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДВЕСКИ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ

1

Изобретение измерений с помощью приборов, основанных на использовании гироскопического эффекта с использованием магнитного поля.

Известны системы электромагнитной подвески ферромагнитных тел, содержащие электромагнитный датчик положения, блок регулирования тока и блок демпфирования [1].

Недостатками таких систем являются их громоздкость, малое быстродействие, малый запас устойчивости и зависимость динамических свойств от положения подвешиваемого тела.

Наиболее близким к изобретению по существу технического решения является устройство для электромагнитной подвески ферромагнитных тел, содержащее источник задающего напряжения и последовательно соединенные блок сравнения, усилитель, электромагнит и датчик положения подвешиваемого тела [2].

Недостатком этого устройства является то, что область притяжения к положению равновесия относительно невелика, невелик также и диапазон возможных перемещений подвешиваемого тела. Все это существенно снижает надежность устройства.

2

Цель изобретения - повышение надежности устройства путем расширения области устойчивости и диапазона перемещения подвешиваемого тела.

5 Это достигается тем, что в устройстве между датчиком положения подвешиваемого тела и блоком сравнения введены последовательно соединенные блок многократного дифференцирования, второй выход которого соединен с блоком сравнения, и блок задания значения степени производной сигнала, второй вход которого соединен с источником задающего напряжения.

15 На чертеже представлена структурная схема устройства.

20 Оно содержит электромагнит 1, усилитель 2, блок сравнения 3, датчик 4 положения подвешиваемого тела, блок 5 многократного дифференцирования, блок 6 задания значения степени производной сигнала, источник задающего напряжения 7.

25 Источник задающего напряжения 7, блок 6 задания степени производной сигнала, блок сравнения 3, усилитель 2, электромагнит 1, датчик 4 положения подвешиваемого тела и блок 5 многократного дифференцирования, 30 выходы которого соединены с блоком

б задания степени производной сигнала и с блоком сравнения 3, соединены последовательно.

Устройство работает следующим образом.

Если подвешиваемое тело находится в одном устойчивом положении, то при появлении задающего сигнала на выходе блока 7 и сигнала рассогласования на выходе блока сравнения 3, который усиливается усилителем 2 и поступает на электромагнит 1, создается тяговое усилие и подвешиваемое тело перемещается в другое (верхнее) устойчивое положение. Причем, в настоящем устройстве реализуется принцип управления по старшей производной. В данном случае старшей производной является третья производная перемещения подвешиваемого тела, поскольку математическая модель имеет третий порядок.

Желаемые динамические свойства устройства задаются блоком 6, формирующим желаемое значение старшей (третьей) производной как функции перемещения подвешиваемого тела, его скорости и ускорения (например, в виде линейной комбинации).

Проявление внутренних и внешних возмущений (нестационарность нагрузки, статические и динамические нелинейности электромагнита, их температурная нестабильность и пр.) в этой системе локализуется в быстродействующем контуре поддержания желаемого значения старшей производной, и этим самым обеспечивается значительное расширение области устойчивости и рабочего диапазона возможных перемещений подвешиваемого ферромагнитного тела.

Пусть динамика электромагнитного подвеса описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} U = JR + \dot{\Psi} = \sqrt{\frac{C}{2\alpha}} \Psi (b - x_1) R + \dot{\Psi} \\ F_3 = C\Psi^2 = m\ddot{x}_1 + m\dot{q} + F_B(t) = 2\alpha J^2 / (b - x_1)^2 \end{cases} \quad (1)$$

или

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \dot{x}_2 = x_3; \{x_3, x_2, x_1\} = x; \\ \dot{x}_3 = -2\sqrt{\frac{C}{2\alpha}} R (b - x_1) (x_3 + q + m^{-1}F_B(t) - \dot{F}_B(t)) m^{-1} - \\ - m^{-1}x_3 + 2\sqrt{\frac{C}{m}} \sqrt{x_3 + q + m^{-1}F_B(t)} U = f(x_1, t) + B(x_1, t)U, \end{cases}$$

где x_1 - выходная величина перемещения подвешиваемого ферромагнитного тела;

U - напряжение, прикладываемое к обмотке электромагнита;

I - ток;

R - активное сопротивление обмотки;

Ψ - потокосцепление;

m - масса подвижной части системы;

F_3 - электромагнитное тяговое усилие;

t - время;

F_B - силовое возмущение;

a, b, c - конструктивные постоянные;

5

$$(\cdot) \frac{d}{dt}$$

Зависимость функций f и B от t отражает действие сигнальных и параметрических возмущений.

10

Как следует из системы уравнений (1), устройство характеризуется наличием существенных нелинейностей, и использование известных способов коррекции по x_1 и x здесь обеспечивает весьма малую область притяжения к положению равновесия.

15

Пусть задана математическая модель желаемых динамических свойств системы в виде

20

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 = x_2; \dot{x}_2 = x_3; \dot{x}_{3*} = F(x_1, x) = T^{-3}(x_1^0(t) - \\ - x_1 - T^2 A x_3 - T B_1 x_2), \end{aligned} \quad (2)$$

25

где T - желаемое быстродействие;

A, B_1 - постоянные коэффициенты (выбираются по диаграмме Вышнеградского $A=B=3$);

30

$x_1^0(t)$ - программа изменения предписанного значения (x_1^0) выходной величины x_1 ;

x_{3*} - желаемое значение старшей производной;

35

Для подчинения движения системы уравнения (2) организуем следующий алгоритм управления:

$$U = K\Delta = K(x_{3*} - \dot{y}_3), \quad (3)$$

где K - коэффициент усиления;

Δ - сигнал рассогласования;

40

$\dot{y}_3 = \dot{x}_3 W_\Phi(\mu p)$ - измеренное значение старшей производной;

$$W_\Phi(\mu p) = (\mu^3 p^3 + \mu^2 B_2 p^2 + \mu b_1 p + 1)^{-1}$$

- передаточная функция блока многократного дифференцирования;

μ - малый параметр, определяющий инерционность процессов реального дифференцирования;

$$b_1 = b_2 = 3$$

С учетом выражений (1), (2) и (3) составим полную систему уравнений:

55

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \dot{x}_2 = x_3 \\ \dot{x}_3 = f(x_1, t) + B(x_1, t)U \\ U = K\Delta = K(x_{3*} - \dot{y}_3) \\ \dot{x}_{3*} = F(x_1, y) = T^{-3}(x_1^0(t) - y_1 - T^2 A y_3 - T B_1 y_2) \\ y_i = x_1 W_\Phi(\mu p), i = 1, 2, 3. \\ \dot{y}_3 = \dot{x}_3 W_\Phi(\mu p) \\ y = \{y_1, y_2, y_3\} \end{cases} \quad (4)$$

65

Если устремить $\mu \rightarrow 0$, то $W_\Phi(\mu\rho) = 1$, и мы получаем подсистему медленных движений

$$\dot{x}_3 = \frac{B(x_1 t)K}{1+B(x_1 t)K} F(x_1^0, x) + \frac{1}{1+B(x_1 t)K} f(x_1 t). \quad (5)$$

При достаточно большом значении K ($K=20-100$)

$$\dot{x}_3 \rightarrow F(x_1^0, x) = \dot{x}_{3*}$$

Для выделения быстрых движений введем время

$$\tau = \mu^{-1} t \text{ и } \rho = \mu^{-1} q,$$

обозначив,

$$z(t) = \dot{x}_3(t).$$

Тогда уравнения для Z и Y_i примут вид

$$\begin{cases} \dot{z} = f(\mu\tau, x_1, \mu^{-1}x_2, \mu^{-2}x_3) + \\ + B(\mu\tau, x_1, \mu^{-1}x_2, \mu^{-2}x_3)K \cdot (Y_1 x_1^0) - W_\Phi(q)z \\ Y_i = W_\Phi(q) x_i. \end{cases} \quad (6)$$

Устремляя $\mu \rightarrow 0$, в итоге получим подсистему быстрых движений

$$\begin{cases} \dot{z} = -BKW_\Phi(q)z + f + BKf \\ \dot{Y}_i = W_\Phi(q) Y_i, (i=1, 2, 3), x = \text{const} \\ f = \text{const}, B = \text{const}, F = \text{const}. \end{cases} \quad (7)$$

В данном случае не учитывается малая инерционность датчика положения. Если эта инерционность больше μ , то необходимо либо корректировать контур быстрых движений, либо формировать алгоритм управления по четвертой производной выходной величины.

Зная из уравнений (1) диапазон изменения $B(x_1 t)$ в рабочей области пространства состояний

$$B(x_1 t) = 2\sqrt{\frac{c}{m}} \sqrt{x_3 + q + m^{-1}F_B(t)},$$

можно определить значение K таким образом, чтобы система обладала за-

данным запасом устойчивости. Уравнения

$$Y_i = X_i W_\Phi(\mu\rho)$$

описывают процессы в блоке 5 и поэтому не могут качественно повлиять на "основные" быстрые движения в контуре поддержания производной \dot{x}_{3*} . Это имеет место в том случае, когда выполняются неравенства (условия разделения движений по μ)

$$10, \mu < T,$$

$$10, \mu < T_{\text{эм мин}},$$

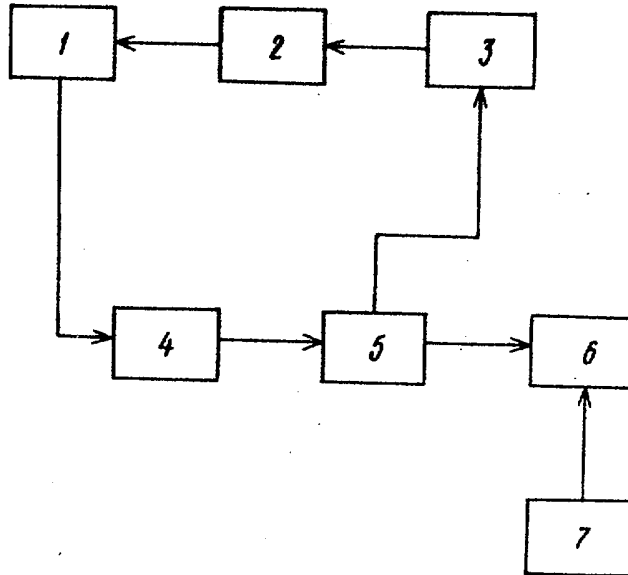
где $T_{\text{эм мин}}$ - минимальное значение постоянной времени электромагнитного подвеса.

Таким образом, предложенное устройство позволяет расширить область устойчивости и диапазон перемещений подвешиваемого тела.

20 Формула изобретения

25 Устройство для электромагнитной подвески ферромагнитных тел, содержащее источник задающего напряжения и последовательно соединенные блок сравнения, усилитель, электромагнит и датчик положения подвешиваемого тела, отличающееся тем, что, с целью повышения надежности устройства путем расширения области устойчивости и диапазона перемещения подвешиваемого тела, в него между датчиком положения подвешиваемого тела и блоком сравнения введены последовательно соединенные блок многократного дифференцирования, второй выход которого соединен с блоком сравнения, и блок задания значения степени производной сигнала, второй вход которого соединен с источником задающего напряжения.

40 Источники информации, принятые во внимание при экспертизе
 45 1. Авторское свидетельство СССР № 435384, кл. F 16 C 39/06, 1976.
 2. Авторское свидетельство СССР № 418732, кл. G 01 C 19/24, 1976 (прототип).



Редактор Т. Ключина Составитель И. Колчин
Заказ 10600/53 Техред А. Ач Корректор Г. Решетник
Тираж 653 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