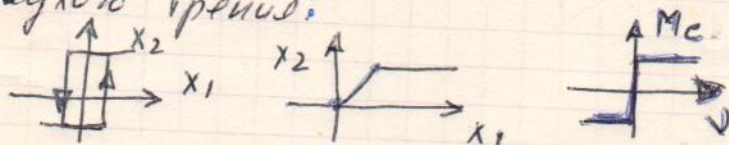


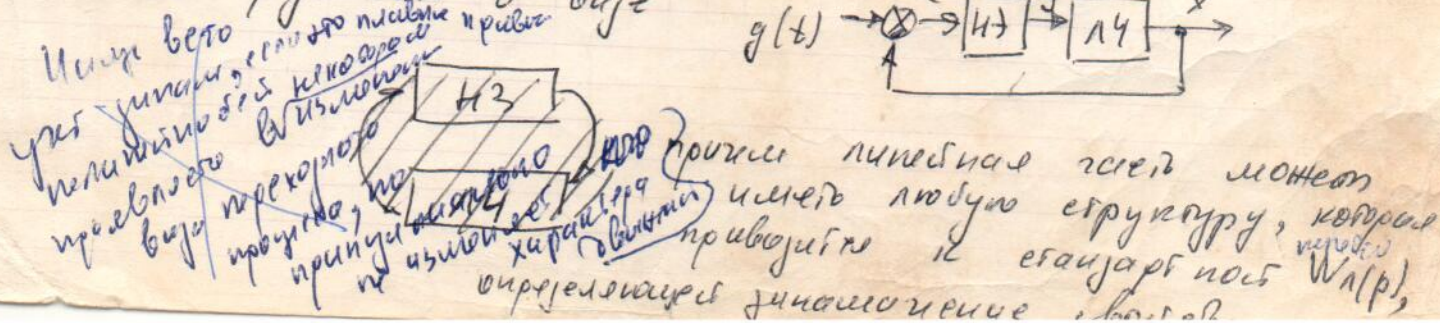
Нелинейные системы.

Немиметной наз. система, которая содержит хотя бы одно звено, описываемое немиметным уравнением. Строго говоря, все системы САУ немиметны, т.к. описание поведения систем линейными ^{диф-ми} ур-ми есть всегда результат идеализации физ. явления. Однако, в большинстве случаев для практических целей можно считать, что к немиметным системам относятся те, где принцип суперпозиции не применим, поэтому необходимо проводить исследование. Система регулирования может оказаться немиметной из-за:

[illegible]

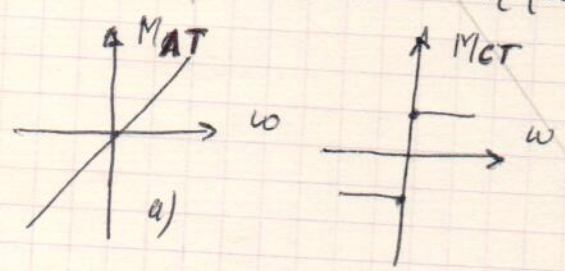
Внимательнее типичности представления в виде
 нелинейных диссипативных ур-ний. Чаще всего
 эти типичности линеаризуются, но иногда, исследуя (модель) исследоват.
 получают системы нелинейных ур-ий с одной-двумя степенями
 свободы. В этом случае обобщенную структуру Прим. 1
 можно представить в виде

$$g(x) \rightarrow \begin{matrix} \varepsilon \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} \boxed{H} \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} y \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} \boxed{14} \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} x \end{matrix}$$



Вращающий момент $M_d = M_d(\omega, U)$ является функцией частоты вращения и управляющей входной величины (в общ. элект. напряжение). Эта зависимость обычно дается с помощью

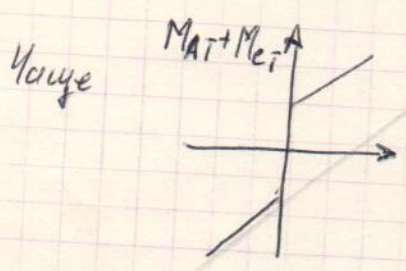
экспериментальных или расчетных зависимостей. Для получения либо нелинейной зависимости M_T в общем случае также зависит от частоты вращения ω , угла поворота вала, и времени, в связи с изменением характера и величины механической нагрузки,



$M_T = M_C(\omega) + M_H(t)$, где $M_H(t) = M_{H0} + \Delta M_H(t)$

M_{H0} - начальный момент нагрузки
 $\Delta M_H(t)$ - момент возмущения

$M_C(\omega)$ - момент трения, который может быть линейным

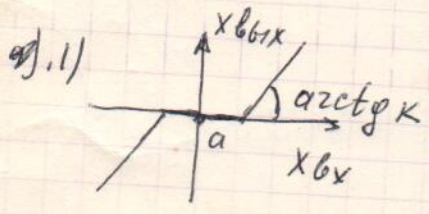


а) или в виде ступенчатого трения б).

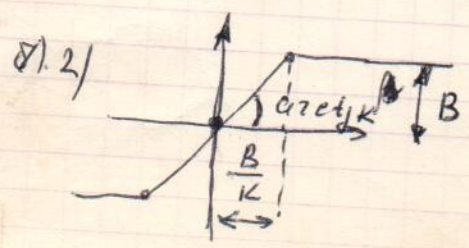
т.е. получаем статическую нелинейность. Обозначим, что M_T - возмущение.

Традиционно упр-ие выполняется линейными и удовлетворяет

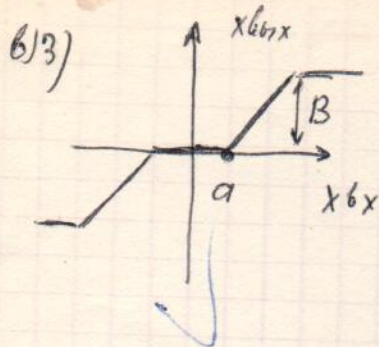
б) нелинейное преобразование сигнала ошибки, т.е. нелинейная статическая характеристика. Реальное зависимость между входом и выходом нелинейна. Часто они аппроксимируются кусочными функциями, состоящими из отрезков прямых линий. В таблицу сведены типовые нелинейности, характерные для САУ, т.е. статическая нелинейность.



1.1) $x_{вых} = 0, |x_{вх}| \leq a$
 $x_{вых} = -ka + kx_{вх}, a \leq x_{вх}$
 $x_{вых} = ka + kx_{вх}, x_{вх} < -a$



1.2) $x_{вых} = kx_{вх}, |x_{вх}| \leq B/K$
 $x_{вых} = B, x_{вх} > B/K$
 $x_{вых} = -B, x_{вх} < -B/K$



Натуральные значения и ограничения: 4.

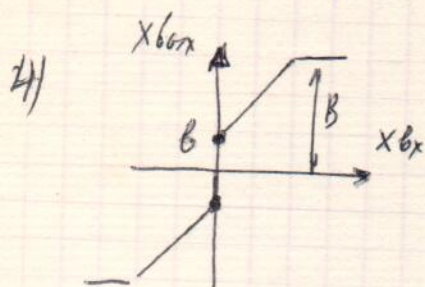
$$x_{b_{01}x} = 0 \quad |x_{b_x}| \leq a$$

$$x_{b_{01}x} = -Ka + Kx_{b_x} \quad a \leq x_{b_x} \leq B/k + a$$

$$x_{b_{01}x} = B \quad x_{b_x} \geq B/k + a$$

$$x_{b_{01}x} = Ka + Kx_{b_x} \quad -(B/k + a) \leq x_{b_x} \leq -a$$

$$x_{b_{01}x} = -B \quad x_{b_x} \leq -(B/k + a).$$



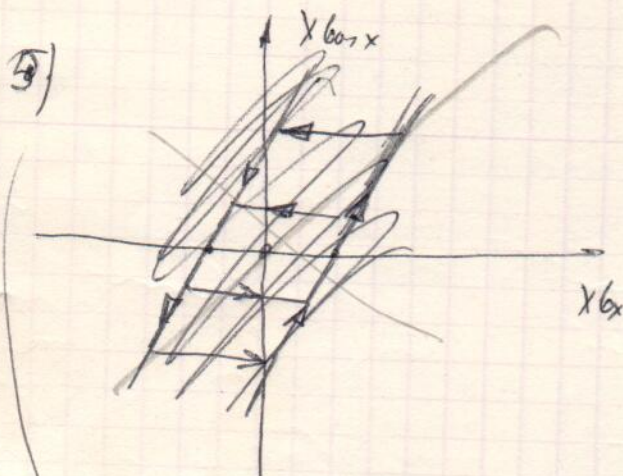
Натуральные значения и ограничения:

$$x_{b_{01}x} = b + Kx_{b_x} \quad 0 \leq x_{b_x} \leq (B-b)/k$$

$$x_{b_{01}x} = B \quad x_{b_x} \geq (B-b)/k$$

$$x_{b_{01}x} = -b + Kx_{b_x} \quad 0 \geq x_{b_x} \geq -(B-b)/k$$

$$x_{b_{01}x} = -B \quad x_{b_x} \leq -(B-b)/k.$$



5) Логист:

$$\begin{cases} x_{b_{01}x} = -Ka + Kx_{b_x} & \dot{x}_{b_x} > 0 \\ x_{b_{01}x} = Ka + Kx_{b_x} & \dot{x}_{b_x} < 0 \end{cases}$$

$$x_{b_{01}x} = -Ka \operatorname{sign} \dot{x}_{b_x} + Kx_{b_x}$$

$$-Ka + Kx_{b_x} < x_{b_{01}x} < Ka + Kx_{b_x}$$

при $\dot{x}_{b_x} = 0$.

Логист и ограничения:

$$x_{b_{01}x} = -Ka + Kx_{b_x}, \quad -(B/k - a) < x_{b_x} < B/k + a$$

$$x_{b_{01}x} = B \quad x_{b_x} \geq B/k + a$$

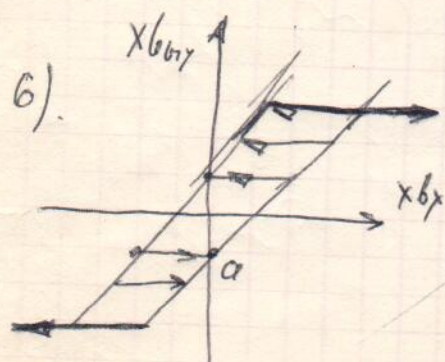
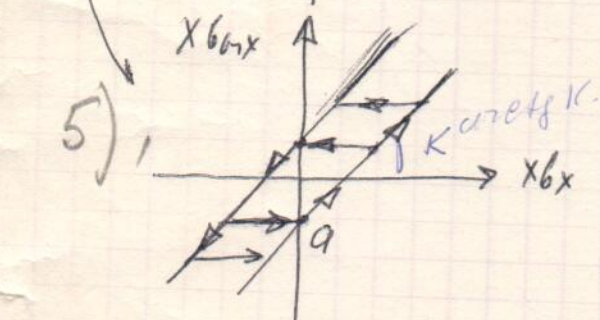
$$x_{b_{01}x} = -B \quad x_{b_x} \leq -(B/k - a)$$

$$x_{b_{01}x} = \text{const} \quad \text{при } \dot{x}_{b_x} = 0$$

$$x_{b_{01}x} = Ka + Kx_{b_x} \quad -(B/k + a) \leq x_{b_x} \leq B/k - a$$

$$x_{b_{01}x} = B \quad x_{b_x} \geq B/k - a$$

$$x_{b_{01}x} = -B \quad x_{b_x} \leq -(B/k + a).$$



$$\left. \begin{array}{l} x_{b_{01}x} = -Ka + Kx_{b_x} \\ x_{b_{01}x} = B \\ x_{b_{01}x} = -B \end{array} \right\} \dot{x}_{b_x} > 0$$

$$\left. \begin{array}{l} x_{b_{01}x} = Ka + Kx_{b_x} \\ x_{b_{01}x} = B \\ x_{b_{01}x} = -B \end{array} \right\} \dot{x}_{b_x} < 0$$

Нелинейность (1-4) характерна для усилителей и измерителей рассеивания. Кроме того 3-характерна для зоологии газравлиженных и пневматических сервомоторов.

Людг 5 типична для механических преобразователей.

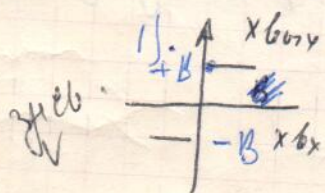
Нелинейность возникает при разрыве цепи (средней частоты) и при насыщении (зубчатые передачи).

Нелинейные преобразователи вынуждают проектировщика в начале преобразования сигнала и как правило отменяют нелинейное влияние на качество процессов регулирования. Вносимые нелинейности в линейную систему.

Однако возможно и другое постановка вопроса, когда система намеренно вводится нелинейная для улучшения ее работы. Это, прежде всего системы с релейными регуляторами. Такие системы наз. релейными.

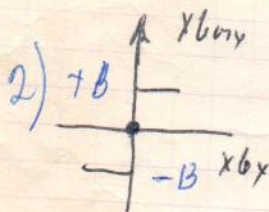
Типичная характеристика релейных элементов. Релейные системы часто распространены в автоматике, например, в системах автоматического регулирования скорости, температуры, давления, уровня, и т.д. В тех случаях, когда требуется большое быстродействие. Во многих случаях в р. применяются вынужденные колебания.

Типовые характеристики релейных эл-ов:



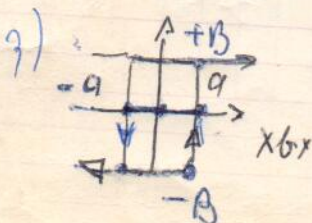
функция с памятью

$$x_{byx} = B \operatorname{sign} x_{bx}$$



идеальный релейный элемент

$$\begin{aligned} x_{byx} &= B, & x_{bx} > 0 \\ x_{byx} &= -B, & x_{bx} < 0 \\ x_{byx} &= 0, & x_{bx} = 0 \end{aligned}$$

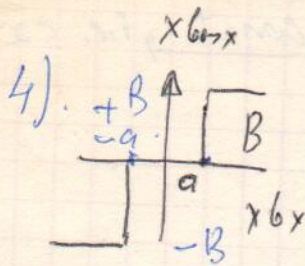


двухпозиционный элемент с зоной нечувствительности (или инерции)

$$\begin{aligned} x_{byx} &= B, & x_{bx} > a \\ x_{byx} &= -B, & x_{bx} < -a \\ x_{byx} &= 0, & -a < x_{bx} < a \end{aligned}$$

линейная характеристика

когда не релейный элемент



Трёхпозиция
с зонами
устой.

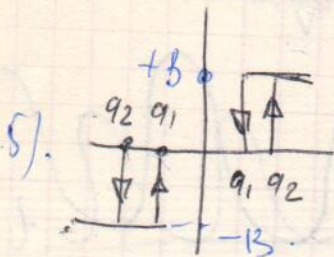
Трёхпозиционное реле с зоной неустойчивости 6.

$$\begin{aligned} x_{bux} &= B & x_{bux} > a \\ x_{bux} &= 0 & -a \leq x_{bux} \leq a \\ x_{bux} &= -B & x_{bux} \leq -a \end{aligned}$$

Трёхпозиционное реле с зоной неустойчивости и неоднозначности

$$\begin{aligned} x_{bux} &= B & x_{bux} > a_2 \\ x_{bux} &= 0 & -a_1 < x_{bux} < a_2 \\ x_{bux} &= -B & x_{bux} \leq -a_1 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} x_{bux} > 0$$

$$\begin{aligned} x_{bux} &= B & x_{bux} > a_1 \\ x_{bux} &= 0 & -a_2 < x_{bux} < a_1 \\ x_{bux} &= -B & x_{bux} \leq -a_2 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} x_{bux} < 0$$



Трёхпозиция
с зонами
устой.
и неуст.

И аналогично проверять все реле, если установлено на логических устройствах, а также в перемещаемой структуре, в которой коррекция устр.

В этом случае введение минимальных ограничений по разности регуляторов и алгоритм упрощения. Внешнее логическое устройство чаще всего является результатом оптимального синтеза. В общем случае получается зависимость для регулятора $F(x, x', x'', \dots, u)$. или нескольких параметров и их производных. Такие системы с перемещаемой структурой работают по принципу изменения структуры регулятора в зависимости от размеров и знаков входных величин, поступающих на регулятор. При этом возможно простое изменение

коэффициента усиления системы, например, на базе логического разгона с большим коэффициентом, дающим выходной сигнал x_a и на определенном уровне - перемещение на заданное значение. Для обеспечения такого закона подходить к цели можно по-разному. Или использовать другой подход, когда система с передаточной функцией $G(s)$ и ее выходной сигнал x_a и его производными

Точные методы исследования нелинейных систем Метод фазового пространства.

Н.С. - нелинейные системы

Процессы в Н.С. имеют ценные особенности, которые не встречаются в линейных системах. Кроме того, и значение параметров для установившегося режима имеет значение в установившихся условиях. Кроме того в Н.С. возможны новые виды установившихся процессов - автоколебания, т.е. установившихся колебаний с постоянной амплитудой и частотой.

Следовательно, в общем случае в Н.С. может быть несколько установившихся состояний.

1. установившееся равновесие с постоянной величиной. (как в л. с. с мех. анал. и др. т.д.)
2. область установившихся автоколебаний
3. область неустойчивости системы, расходящиеся колебания
4. область более сложного поведения, например, хаотическое или установившееся равновесие, и т.д.

Для наглядного представления о процессах в нелинейных системах используют понятие фазового пространства. Суть его в следующем. Дифференциальное уравнение замкнутой системы n -го порядка можно преобразовать в систему n уравнений первого

порядка:

Возьмем случай:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= P_1(x_1, x_2, \dots, x_n, t, g) \\ \frac{dx_2}{dt} &= P_2(x_1, x_2, \dots, x_n, t, g) \\ &\dots \\ \frac{dx_n}{dt} &= P_n(x_1, x_2, \dots, x_n, t, g) \end{aligned} \right\}$$

с начальными условиями:

$$x_1 = x_{10}, x_2 = x_{20}, \dots, x_n = x_{n0} \text{ при } t=0$$

где x_1 - регулируемая величина, а x_2, \dots, x_n - вспомогательные переменные (таким образом). Пусть $n=3$. Тогда переменные x_1, x_2, x_3 могут иметь любое физическое значение, но их условно можно

Здесь
можно
использовать
и для
линейных
систем.