

СИНТЕЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО И ПАРАЛЛЕЛЬНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО СТРУКТУРНО НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Кудин В.Ф., профессор; Савченко И. А. студент

Кафедра автоматизации электромеханических систем и электропривода

Постановка задачи: задана нелинейная система:

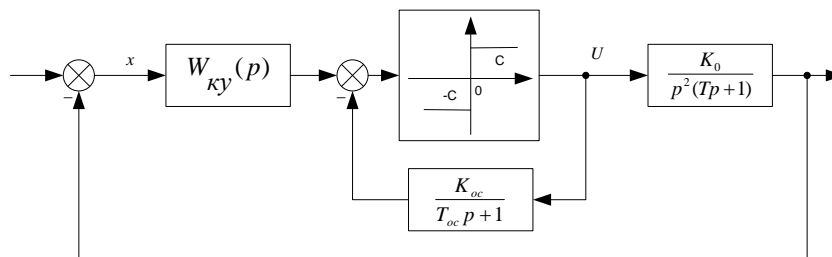


Рисунок 1 – структурная схема заданной нелинейной системы

Начальные условия: $K_o = 50$; $T=0,07$; $C=20$.

Нелинейная часть системы представлена релейным усилителем.

Осуществляем синтез корректирующего устройства:

1. Определим наличие автоколебаний и их устойчивость при $W_{ky}(p)=1$ (П-регулятор) методом Попова Е.П.

Осуществляем гармоническую линеаризацию нелинейности. Сущность этого метода состоит в том, что нелинейное звено заменяется линейным звеном, коэффициент усиления которого зависит от амплитуды автоколебаний. Двухпозиционная релейная характеристика, которую мы рассматриваем в данном случае, имеет следующие коэффициенты:

$$q(a) = \frac{4cb}{\pi a}$$

$$q'(a) = 0$$

Записываем характеристическое уравнение гармонически линеаризованной замкнутой нелинейной системы:

$$Tp^3 + p^2 + K_o q(a) = 0$$

Записываем выражение для годографа Михайлова. Для этого делаем замену

$p = j\omega$ и из полученного выражения выделим действительную и мнимую части:

$$X(a, \omega) = -\omega^2 + K_o q(a) = 0$$

$$Y(a, \omega) = T\omega^3 = 0$$

Определяем значение частоты и амплитуды из полученных уравнений:

В нашем случае получаем: $\omega = 0$; $a = \infty$

Полученные значения свидетельствуют о физически нереализуемом режиме автоколебаний.

Делаем вывод, что автоколебания отсутствуют.

2. Сделаем оценку устойчивости замкнутой нелинейной системы, для этого воспользуемся алгебраическим методом Гурвица. Записав характеристическое

уравнение нашей системы, проанализируем его коэффициенты. Получаем не выполнение одного из условий критерия, а именно положительности всех коэффициентов. В нашем случае один из них равен нулю.

Делаем вывод, что данная система не устойчива при любых начальных условиях.

3. Так как система не устойчива, введем в контур системы корректирующее звено, для этого осуществим синтез последовательной корректирующей системы для нелинейного структурно неустойчивого объекта. Для начала рассмотрим структурную схему без учета нелинейного звена (Рис.2):

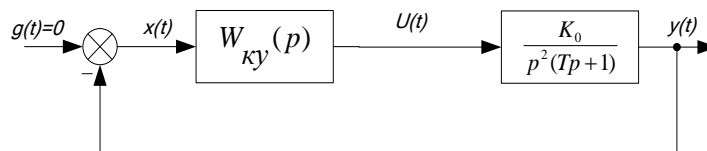


Рис.2

Далее строим ЛАХ и ЛФХ не скорректированной системы (Рис.4). Так как система не устойчива, то для введения корректирующей системы построим желаемую ЛАХ. Находим среднегеометрический корень, который определяет быстродействие системы: $\Omega = \sqrt[3]{|p_1 p_2 p_3|} = 8.939$

Находим время переходного процесса: $t_n = \frac{3}{\Omega} = \frac{3}{8.939} = 0.34$ с.

Находим частоту среза желаемой ЛАХ: $\omega_{cp} \geq \frac{k\pi}{t_n} = \frac{1.5\pi}{0.34} = 13.85$ рад/с.

Таким образом, передаточная функция желаемой ЛАХ будет выглядеть так:

$$W_{ж}(p) = \frac{K_0(1 + \tau p)}{p^2(T_3^2 p^2 + 2\xi T_3 p + 1)};$$

Находим ЛАХ корректирующего звена и строим его фазовую характеристику. С помощью построенных ЛФХ строим ЛФХ скорректированной системы: $\varphi_{ck}(\omega) = \varphi_{ky}(\omega) + \varphi_{ис}(\omega)$. При помощи полученных характеристик определяем запас устойчивости по амплитуде и фазе, а так же по ЛАХ корректирующего устройства находим передаточную функцию корректирующего устройства:

$$W_{кy}(p) = \frac{(1 + 0.38p)(1 + 0.07p)}{(0.0001p^2 + 0.014p + 1)}$$

В результате получаем устойчивую систему, которая обладает достаточно высоким запасом устойчивости по частоте и фазе: $\Delta L(\omega) = 16$ дБ; $\Delta\varphi(\omega) = 66^\circ$.

Далее определим устойчивость в скорректированной системе. Как и вначале заменяем нелинейное звено линеаризованным, записываем характеристическое уравнение замкнутой системы:

$$1 + \frac{K_o}{p^2(Tp+1)} \cdot \frac{4c}{\pi a} \cdot \frac{(T_1p+1)(T_2p+1)}{(T_3^2 p^2 + 2\xi T_3 p + 1)} = 0$$

Получаем уравнение: $T_3^2 \pi a p^4 + 2\xi T_3 \pi a p^3 + \pi a p^2 + 4c K_o \pi p + 4c K_o = 0$, сделав замену $p = j\omega$; выделив действительную и мнимую часть, находим значение амплитуды и частоты: $\omega = \pm \sqrt{10084.2375}$; $a = 3,4257$

Делаем вывод, что автоколебания присутствуют.

Получаем устойчивую систему с периодическим режимом колебаний.

4. Введем параллельную обратную связь, охватив нелинейное звено инерционной обратной связью (Рис.3).

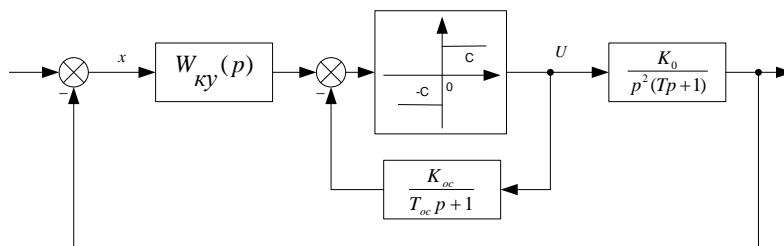


Рисунок 3

В конечном итоге охваченное параллельной обратной связью нелинейное звено даст нам форсирующее звено первого порядка[1]. На рис.4 (ЛАХ И ЛФХ скорректированной системы без обратной связи) мы можем увидеть, что при добавлении обратной связи наша конечная ЛФХ поднимается на 90 градусов и на частоте -180 не имеет точек пересечения кроме нуля и бесконечности.

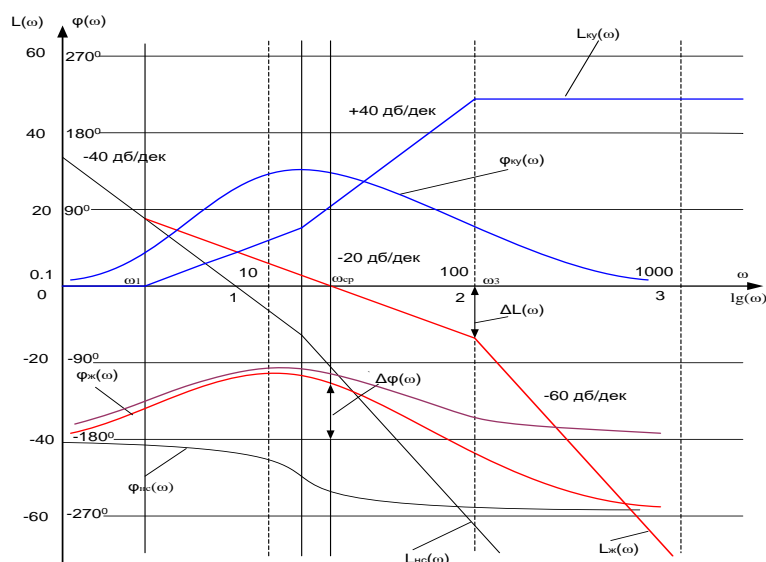


Рисунок 4

Таким образом, сделаем вывод, что при синтезе последовательного корректирующего устройства мы получаем систему, не обладающую абсолютной устойчивостью. Имеем устойчивую систему с режимом автоколебаний.

Добавив обратную связь – охватывая нелинейное звено аperiodическим звеном первого прядка, дает нам увеличение качество всей системы.

Система становится абсолютно устойчивой.

Перечень ссылок

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Київ “Либідь” 2007.