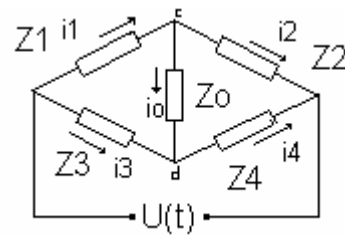


file:///D:/01%20%D0%A2%D0%9F%D0%A3%05%20%D0%A3%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%05%20%D0%QD%D0%LE/WEBCT/Lecture09/Lectio... 1/8



На величину тока I_0 в диагонали моста влияет напряжение питания. Найдем условия независимости (инвариантности) I_0 от напряжения питания.

Методом контурных токов находим сумму падений напряжений и сумму токов в узлах схемы c и d :

$$\begin{aligned} I_0 Z_0(p) + I_1 Z_1(p) - I_3 Z_3(p) &= 0, \\ I_3 Z_3(p) + I_4 Z_4(p) &= U(p), \\ I_1 Z_1(p) + I_2 Z_2(p) &= U(p), \\ I_0 - I_1 - I_2 &= 0, \\ -I_0 + I_3 + I_4 &= 0, \end{aligned}$$

Преобразуем уравнения и запишем их в стандартном виде:

$$\begin{aligned} Z_0(p)I_0 + Z_1(p)I_1 - Z_3(p)I_3 &= 0, \\ -Z_2(p)I_0 + (Z_1 + Z_2)I_1 &= U(p), \\ Z_4(p)I_0 + (Z_3 + Z_4)I_3 &= U(p), \end{aligned} \quad (3)$$

Находим отсюда структурную схему системы:

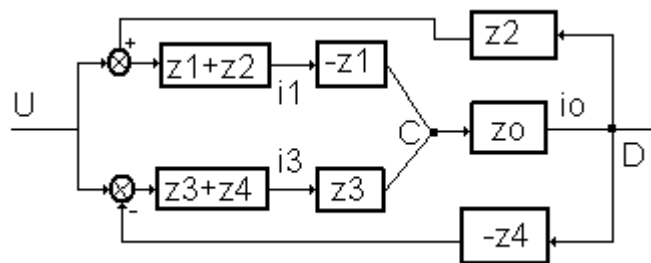


Схема похожа на систему управления, где управляемой координатой является I_0 , а возмущение U передается по двум каналам.

Решаем систему уравнений (3) относительно I_0 :

$$I_0(p) = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 0 & Z_1 & -Z_3 \\ U & Z_1 + Z_2 & 0 \\ U & 0 & Z_3 + Z_4 \end{vmatrix} = \frac{1}{\Delta} (Z_2 Z_3 - Z_1 Z_4) U(p);$$

Условием инвариантности I_0 от U будет:

$$Z_2 Z_3 - Z_1 Z_4 = 0 \quad (4)$$

Это и есть известное условие равновесия моста. Нетрудно убедиться, что условия физической реализации условия (4) выполняются, значит перед нами абсолютно инвариантная система. Как известно, одно из сопротивлений, например, Z_1 является измеряемым. В принципе для его измерения достаточно было бы подключить к источнику питания цепь из Z_1 и Z_2 и измерить ток в этой цепи. Однако мы создаем дополнительный канал измерения из известных сопротивлений Z_3 и Z_4 , а измерительный прибор включаем в диагональ моста.

Эта идея создания дополнительного канала для передачи одного и того же возмущения и была использована в комбинированных системах управления.

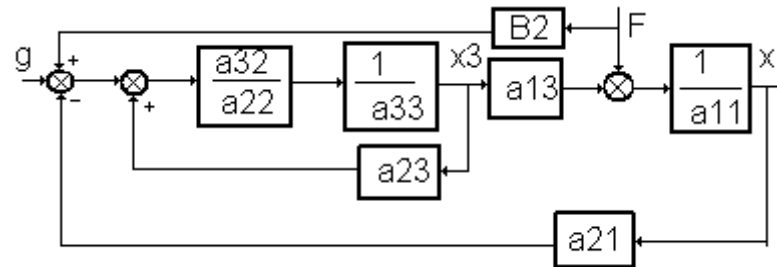
2. КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ

Рассмотрим вопрос о достижении абсолютной инвариантности в комбинированной системе автоматической стабилизации.

Пусть уравнения движения такой системы имеют вид:

$$\begin{aligned} a_{11}(p)X + a_{13}(p)X &= F(p); \\ a_{21}(p)X + a_{22}(p)X + a_{23}(p)X &= B_2(p)F(p) + g(p); \\ a_{32}(p)X + a_{33}(p)X &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Структурная схема системы имеет вид:



Найдем условия абсолютной инвариантности регулируемой величины от возмущения $F(p)$.

$$X_1(p) = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} F(p) & 0 & a_{13} \\ g(p) + B_2(p)F & a_{22} & a_{23} \\ 0 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (A_{11} - A_{21}B_2)F(p) - A_{21}g(p) \cdot$$

Отсюда:

$$(A_{11} - A_{21}B_2) \equiv 0 \quad (2)$$

Видим, что запись условия абсолютной инвариантности для комбинированных систем меняет вид. Уже не требуется, чтобы минор $A_{11}=0$. Из условия инвариантности находим передаточную функцию синтезируемого элемента $B_2(p)$:

$$B_2(p) = \frac{A_{11}}{A_{21}}; \quad (3)$$

Проверим условия физической реализации для (4):

необходимый признак выполняется

$$\Delta_{paz}(p) = \begin{vmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}A_{11} \neq 0;$$

достаточный признак в большинстве систем этого класса не может быть выполнен по следующей причине.

Из выражения (3) видно, что если все операторы имеют второй порядок, то миноры A_{11} и A_{21} имеют четвертый порядок, а передаточная функция компенсатора возмущения B_2 может быть постоянным коэффициентом усиления. Однако все операторы a_{ij} не могут иметь второй порядок, так как для этого необходимо выполнить идеальное дифференцирование в силовых цепях системы. Поэтому практически всегда $a_{13} = const$, а значит минор A_{21} является оператором не выше второго порядка. При этом компенсатор B_2 должен быть идеальным дифференциатором второго порядка.

Однако, в отличие от одномерных систем с обратной связью, переход к реальным дифференциаторам в компенсаторе B_2 не изменяет степени устойчивости системы. Поэтому комбинированные системы, инвариантные до ϵ , не имеют противоречия между устойчивостью и инвариантностью, от состояния абсолютной инвариантности их отделяет лишь технически возможный предел приближения к идеальному дифференцированию. Причиной этого обстоятельства является то, что порядки полного

и вырожденных характеристических полиномов здесь совпадают. Это и обуславливает широкую степень использования комбинированных систем.

3. КОМБИНИРОВАННЫЕ СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ

Задача абсолютной инвариантности для следящих систем может быть сформулирована следующим образом: найти условия, при которых выходная величина φ_1 будет копировать без искажений и запаздывания входную величину φ_0 .

Для этого необходимо, чтобы передаточная функция замкнутой системы была равна единице.

$$W_{зам}(p) = \frac{\varphi_1}{\varphi_0}(p) = 1 \cdot (4)$$

Или можно сказать иначе: необходимо, чтобы передаточная функция системы по ошибке регулирования была равна нулю.

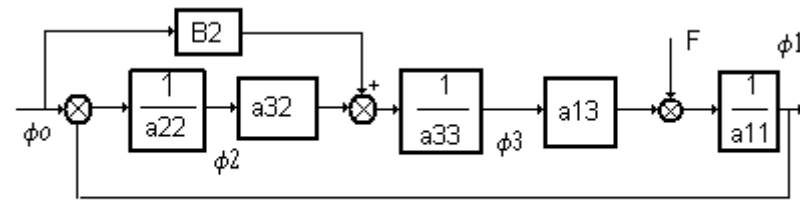
$$W_{\varepsilon}(p) = \frac{\varepsilon}{\varphi_0}(p) = 0.$$

Поэтому будем считать условием инвариантности для следящих систем условие (4) и полагать возмущение $F(p)=0$.

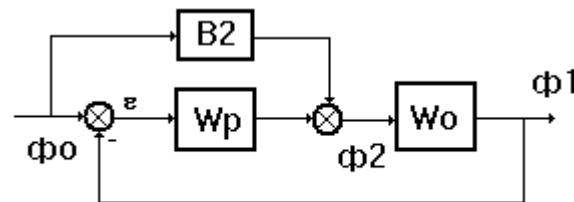
В этом случае уравнения движения системы можно записать в виде:

$$\begin{aligned} a_{11}(p)\varphi_1 + a_{13}(p)\varphi_3 &= 0; \\ \varphi_1 + a_{22}(p)\varphi_2 &= \varphi_0; \\ a_{32}(p)\varphi_2 + a_{33}(p)\varphi_3 &= B_2(p)\varphi_0; \end{aligned} \quad (5)$$

Структурная схема системы получается в виде:



Можно упростить уравнение и схему системы и записать их для обобщенных передаточных функций регулятора и объекта:



Тогда для нулевых начальных условий уравнения системы примут вид:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= W_o(p) \varphi_2; \\ \varphi_2 &= W_p(p) \varepsilon + B_2 \varphi_1; \quad (6) \\ \varepsilon &= \varphi_0 - \varphi_1;\end{aligned}$$

Исключая из (6) промежуточные переменные, получаем:

$$\varphi_1 = \frac{W_o(p) * [W_p(p) + B_2(p)]}{1 + W_o(p) W_p(p)} * \varphi_0;$$

Условие инвариантности в виде (4) для этой системы будет:

$$W_{зам}(p) = \frac{\varphi_1}{\varphi_0}(p) = \frac{W_o(p) * [W_p(p) + B_2(p)]}{1 + W_o(p)W_p(p)} = 1;$$

Поэтому сразу находим требуемую передаточную функцию компенсатора:

$$B_2(p) = \frac{1}{W_o(p)}; \quad (7)$$

Так как передаточная функция объекта редко может быть принята равной простому коэффициенту усиления, то очевидно, что **$B_2(p)$** для большинства следящих систем должен быть идеальным дифференциатором. Но это не является в комбинированных системах большим недостатком, так как всегда можно перейти к реальным дифференциаторам, не теряя при этом устойчивости системы. Получаемые при этом комбинированные следящие системы, инвариантные до ϵ , широко распространены в промышленности.

Вопросы для самоподготовки:

1. Если в системе выполнены условия абсолютной инвариантности, то чему должна быть равна передаточная функция системы по возмущению?
2. Известны ли Вам примеры из техники, когда ставится и решается задача компенсации внешних воздействий, подобно измерительному мостику?
3. Из всех комбинированных систем наибольшее распространение получили комбинированные следящие системы. Почему?