ПРИМЕР:

Постановка задачи

Исследовать следящую систему автоматического управления с сельсинным измерительным устройством (рис. 1). В состав САУ входят сельсинное измерительное устройство СД и СТ (трансформаторный режим включения), фазовый детектор ФД, электромашинный усилитель мощности с поперечным полем ЭМУ, двигатель постоянного тока с независимым возбуждением ДПТ, редуктор РЕД и рабочая машина РМ .

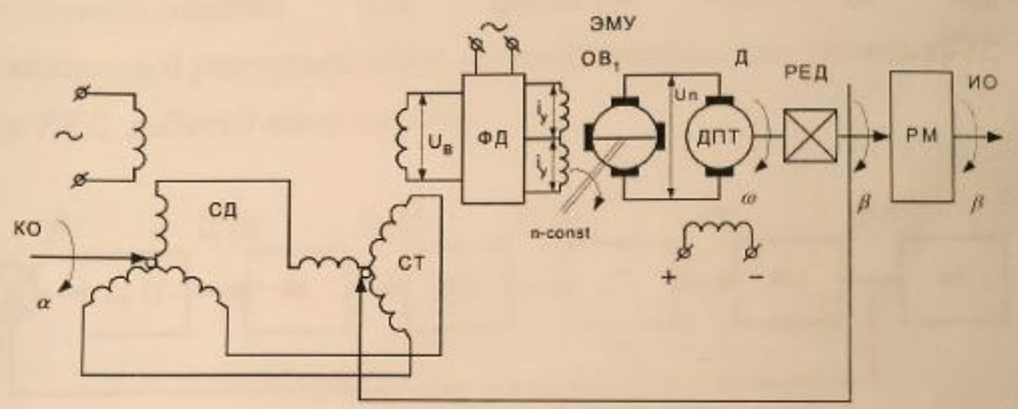

Рис. 1. Следящая система с сельсинным измерительным устройством

функциональной схемы САУ

Исследуемая система является замкнутой электромеханической системой автоматического управления, работа которой основана на использовании принципа регулирования по отклонению.

В следящей системе с сельсинным измерительным устройством целесообразно выделить следующие элементы: сельсинное измерительное устройство (сельсин-датчик СД и сельсин-трансформатор СТ); фазовый детектор ФД; электромашинный усилитель ЭМУ; исполнительный двигатель ДПТ; редуктор РЕД; рабочий механизм РМ.

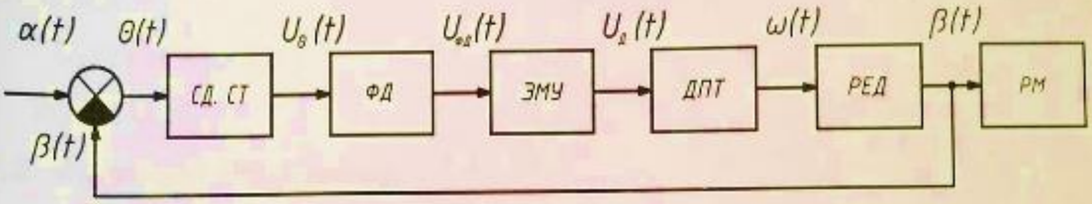

Рис. 2. Функциональная схема следящей системы с сельсинным измерительным

Функциональная схема данной САУ представлена на рис. 2. Разность углов поворота сельсина-датчика СД и сельсина-трансформатора СТ $\theta(t)=\alpha(t)-\beta(t)$ порождает напряжение на первичной обмотке фазового детектора $U_{\theta}(t)$, которое, усиливаясь, возникает на вторичных обмотках в виде $U_{ФД}(t)$, электромашинный усилитель преобразовывает его в $U_{Д}(t)$, которое подаётся на якорные обмотки ДПТ и порождает вращение двигателя с угловой скоростью $\omega(t)$, редуктор РД преобразовывает её в изменение угла поворота рабочего механизма $\beta(t)$.

2. Передаточные функции элементов, образующих САУ

2.1. Сельсинное измерительное устройство.

Сельсины в данной системе работают в трансформаторном режиме. Поэтому рассогласование валов рабочих механизмов на угол $\theta = \alpha - \beta$ приводит к возникновению выходного напряжения на обмотке статора сельсина-приёмника, равного $U_\theta = E_{max} \cdot \cos\theta(t)$, где E_{max}– максимальное эффективное значение э. д. с., индуцируемое на обмотке статора. В данном случае, роторы сельсинов изначально рассогласованы на 90°, поэтому $U_\theta(t) = E_{max} \cdot \cos(90° + \theta(t)) = E_{max} \cdot \sin\theta(t)$, на интервале углов – 45° < θ < 45° данную нелинейную зависимость с хорошей точностью можно аппроксимировать линейной функцией,

$$U_\theta(t) = K_\theta \cdot \theta(t)$$

$$W_\theta(s) = K_\theta$$

2.2. Фазовый детектор.

Осуществляет усиление подаваемого на его вход напряжения

$$U_{ФД}(t) = K_{ФД} \cdot U_\theta(t),$$

$$W_{ФД} = K_{ФД}$$

2.3. Электромашинный усилитель.

Электромашинный усилитель является в данном случае генератором постоянного тока. Предположим, что генератор находится в режиме холостого хода и в нем отсутствуют потери на гистерезис и вихревые токи, а магнитная характеристика – не насыщена, то есть характеристика намагничивания может быть описана линейной зависимостью магнитного потока и тока возбуждения

$\Phi_В = k_ф \cdot i_в$, *где* $i_в$ *- ток обмотки возбуждения,* $k_ф$*– коэффициент пропорциональности*

Закон Кирхгофа для обмотки возбуждения

$$u_в = R_в \cdot i_в + L_в \frac{di_в}{dt}.$$

Уравнение ЭДС якоря с учётом принятых выше допущений примет вид

$$e_я = C_e \cdot n \cdot \Phi_В = C_e \cdot n \cdot k_Ф \cdot i_В,$$

откуда

$$i_В = \frac{e_я}{C_e \cdot n \cdot k_Ф} \text{ и } \frac{di_В}{dt} = \frac{1}{C_e \cdot n \cdot k_Ф} \frac{de_я}{dt}.$$

Подставляем,

$$\frac{C_e \cdot n \cdot k_Ф}{R_В} \cdot u_В = e_я + \frac{L_В}{R_В} \cdot \frac{de_я}{dt},$$

$$e_я + T_В \frac{de_я}{dt} = K_u u_В.$$

Так как напряжение на зажимах генератора $U_Д = e_я$, *а напряжение возбуждения соответствует* $u_В = U_{ФД}$, $K_{эму} = K_u$, $T_к = T_В$, *передаточная функция будет иметь вид*

$$W_{эму}(s) = \frac{U_Д(s)}{U_{ФД}(s)} = \frac{K_{эму}}{T_В s + 1}.$$

2.4. Двигатель постоянного тока.

Для якорной цепи на основании закона Кирхгофа справедливо следующее уравнение: $U_у = R_я \cdot i_я + L_я \frac{di_я}{dt} + e_Д$, *где* $e_Д$ *— э.д.с., наводимая в обмотке якоря магнитным потоком обмотки возбуждения* $Ф_В$, *равная* $e_Д = c_e \cdot \omega_Д$, c_e *— электрическая постоянная двигателя.*

Уравнение механического равновесия двигателя записывается на основании закона сохранения моментов: $M_Д = M_c + M_Н$, *где* $M_Н$ *— динамический момент якоря двигателя, равный произведению момента инерции якоря на его угловое ускорение:*

$$M_{Я} = J\frac{d\omega_{Д}}{dt}.$$

Моментом сопротивления, равным моменту трения в осях, можно пренебречь.

$$c_{М} \cdot i_{Я} = J\frac{d\omega_{Д}}{dt},$$

$$i_{Я} = \frac{J}{c_{М}} \cdot \frac{d\omega_{Д}}{dt},$$

$$\frac{di_{Я}}{dt} = \frac{J}{c_{М}} \cdot \frac{d^2\omega_{Д}}{dt^2}.$$

Подставляя в уравнение для якорной цепи, получаем:

$$U_{y} = R_{Я} \cdot \frac{J}{c_{М}} \cdot \frac{d\omega_{Д}}{dt} + L_{Я} \cdot \frac{J}{c_{М}} \cdot \frac{d^2\omega_{Д}}{dt^2} + c_{e} \cdot \omega_{Д}.$$

Введем обозначения:

$$T_{M} = \frac{R_{Я}J}{c_{M}c_{e}},\ T_{Э} = \frac{L_{Я}}{R_{Я}},\ K_{Д} = \frac{1}{c_{e}}.$$

Отсюда передаточная функция имеет вид:

$$W_{Д}(s) = \frac{\omega_{Д}(s)}{U_{y}(s)} = \frac{K_{Д}}{T_{Э}T_{M}s^2 + T_{M}s + 1}.$$

2.5. Редуктор.

Передаточная функция редуктора будет получена на основании дифференциального уравнения:

$$K_{ред} \cdot \omega = \frac{d\beta}{dt},$$

$$W_{ред}(s) = \frac{\beta(s)}{\omega(s)} = \frac{K_{ред}}{s}.$$

Структурная схема может быть получена из функциональной схемы, если в последней вместо функционального назначения отдельных элементов записать передаточные функции этих элементов. Структурная схема представлена на рис. 3.

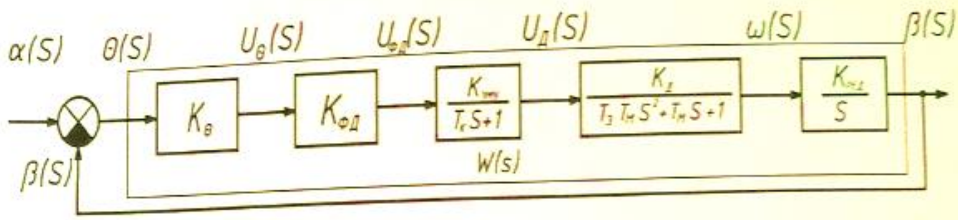

Рис. 3. Структурная схема следящей системы с сельсинным измерительным устройством

Передаточная функция разомкнутой системы:

$$W(s) = \frac{K_\theta K_{ФД} K_{ЭМУ} K_Д K_{РЕД}}{s(T_К s+1)(T_Э T_М s^2+T_М s+1)}$$

Передаточная функция замкнутой системы:

$$W(s) = \frac{K_\theta K_{ФД} K_{ЭМУ} K_Д K_{РЕД}}{s(T_К s+1)(T_Э T_М s^2+T_М s+1)+K_\theta K_{ФД} K_{ЭМУ} K_Д K_{РЕД}} =$$

$$= \frac{K_\theta K_{ФД} K_{ЭМУ} K_Д K_{РЕД}}{T_Э T_М T_К s^4+T_М(T_К+T_Э)s^3+(T_К+T_М)s^2+s+K_\theta K_{ФД} K_{ЭМУ} K_Д K_{РЕД}}$$

ЗАДАНИЕ:

Аналогичным образом рассмотреть данную схему:

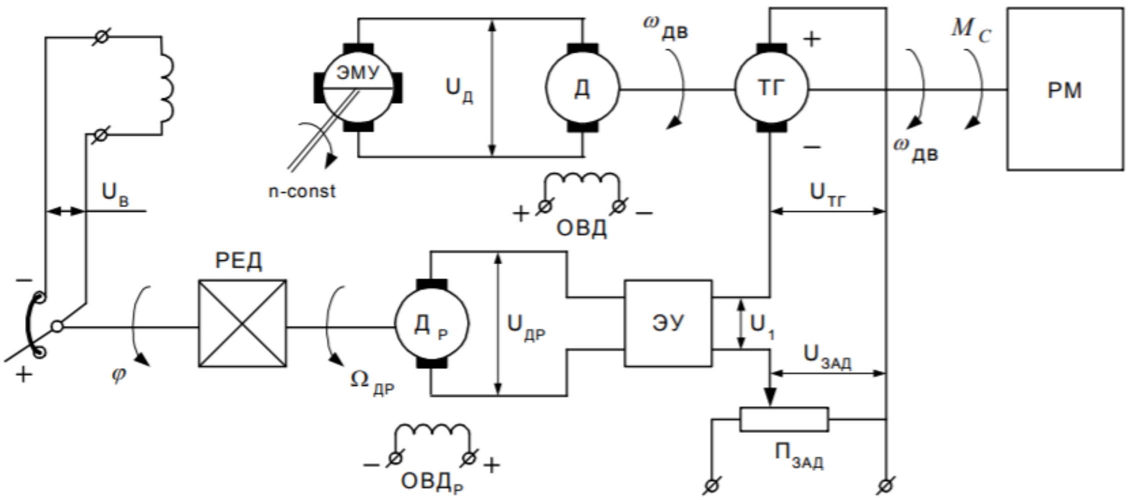

Рис. 3. Астатический регулятор скорости