Настройка автоматических регуляторов многоконтурных систем.

При автоматизации сложных промышленных объектов широкое распространение получили многоконтурные структуры систем регулирования ,включающие несколько стандартных регуляторов. Традиционная методика определения параметров динамической настройки регуляторов такой системы базируется на предположении о возможности последовательного независимого рассмотрения отдельных контуров .

Применим указанный подход к многоконтурной структуре автоматизированного электропривода подчинённого регулирования (рис. 5.25).

В данной системе объект регулирования включает одно апериодическое звено и два идеальных интегрирующих , а также содержит внутреннюю жёсткую отрицательную обратную связь по скорости. Его параметрами являются : $k_я$ - коэффициент передачи якорной обмотки двигателя постоянного тока, $T_я$ - постоянная времени якорной цепи , $C_м$ и C_e - постоянные двигателя по моменту и по скорости , J - приведённый момент инерции , i - передаточное число редуктора .

Система строится с использованием трёх датчиков обратной связи о соответственно трёх регуляторов - тока ,скорости и положения.

Прежде ,чем приступить к выбору регуляторов и определению параметров их динамической настройки , преобразуем структурную схему к более удобному виду путём переноса точки съёма внутренней скоростной обратной связи (рис.5.26).

Начнём рассмотрение с внутреннего из трёх вложенных друг в друга контуров , а именно контура тока. В качестве объекта регулирования для регулятора тока выступает контур с интегратором в цепи отрицательной обратной связи. Его передаточная функция

$$W_{01}(p) = \frac{k_{01}p}{T_м T_я p^2 + T_м p + 1}\ ,\ k_{01} = J/C_м C_e\ ,\ T_м = J/k_я C_м C_я\ . \tag{5.138}$$

Применим в качестве регулятора тока интегральный регулятор

$$W_{\text{р}m}(p) = 1/T_и p.$$

Передаточная функция разомкнутого контура тока тогда будет иметь вид :

$$W_m(p) = \frac{k_{01}k_{\partial m}}{T_и T_м T_я p^2 + T_м T_я p + T_и}\ , \tag{5.139}$$

а в замкнутом виде соответственно:

$$\Phi_m(p) = \frac{k_{01}}{T_и T_м T_я p^2 + T_м T_я p + T_и + k_{01}k_{\partial m}}\ , \tag{5.140}$$

где $k_{дт}$ - коэффициент передачи датчика тока.

Выполним настройку контура тока на модульный оптимум, выбирая параметр $T_и$ регулятора из условия

$$T_и{}^2 T_м{}^2 = 2(k_{01}k_{дт} + T_и)T_и T_м T_я \ , \tag{5.141}$$

откуда $T_и = \dfrac{2k_{01}k_{дт}T_я}{T_м - 2T_я}$. (5.142)

В результате ,будем иметь

$$\Phi_m{}^*(p) = \frac{T_м - T_я}{k_{дт}T_м}\frac{1}{1 + 2\tau_m p + 2\tau_m{}^2 p^2} \ , \ \ \tau_m = T_я \, . \tag{5.143}$$

Приступая к рассмотрению контура скорости , замечаем ,что в качестве объекта регулирования для регулятора скорости выступает последовательное соединение настроенного на модульный оптимум замкнутого контура тока и идеального интегрирующего звена (рис.5.26).

Используем обычно применяемую в подобных случаях аппроксимацию контура ,настроенного на модульный оптимум, апериодическим звеном первого порядка с постоянной времени $T_m = 2\tau_m$.Такая аппроксимация обеспечивает примерное равенство площадей под графиками соответствующих переходных характеристик (см. рис.5.27). Тогда передаточную функцию объекта регулирования для регулятора скорости можно записать в виде:

$$W_{02}(p) \cong \frac{k_{02}}{p(T_m p + 1)} \ , \ k_{02} = \frac{(T_м - T_я)C_м}{k_{дт}T_м J} \ . \tag{5.144}$$

Применим в качестве регулятора скорости ПИ- регулятор и настроим контур скорости на симметричный оптимум.

Передаточная функция замкнутого контура скорости

$$\Phi_c(p) = \frac{k_{рс}k_{02}(T_{ис}p + 1)}{k_{дс}k_{рс}k_{02} + k_{дс}k_{рс}k_{02}T_{ис}p + T_{ис}p^2 + T_{ис}T_m p^3} . \tag{5.145}$$

где $k_{дс}$, $k_{рс}$ – коэффициенты передачи датчика и регулятора контура скорости соответственно.

Условия симметричного оптимума принимают вид :

$$k_{02}{}^2 k_{дс}{}^2 k_{рс}{}^2 T_{ис}{}^2 = 2k_{02}k_{дс}k_{рс}T_{ис}$$

$$T_{ис}{}^2 = 2\,k_{02}k_{дс}k_{рс}T_{ис}{}^2 T_m \quad , \tag{5.147}$$

откуда

$$T_{ис} = 4T_m = 8\tau_m \quad, k_{рс} = 1/2k_{02}k_{\partial c}T_m = 1/4k_{02}k_{\partial c}\tau_m \qquad (5.148)$$

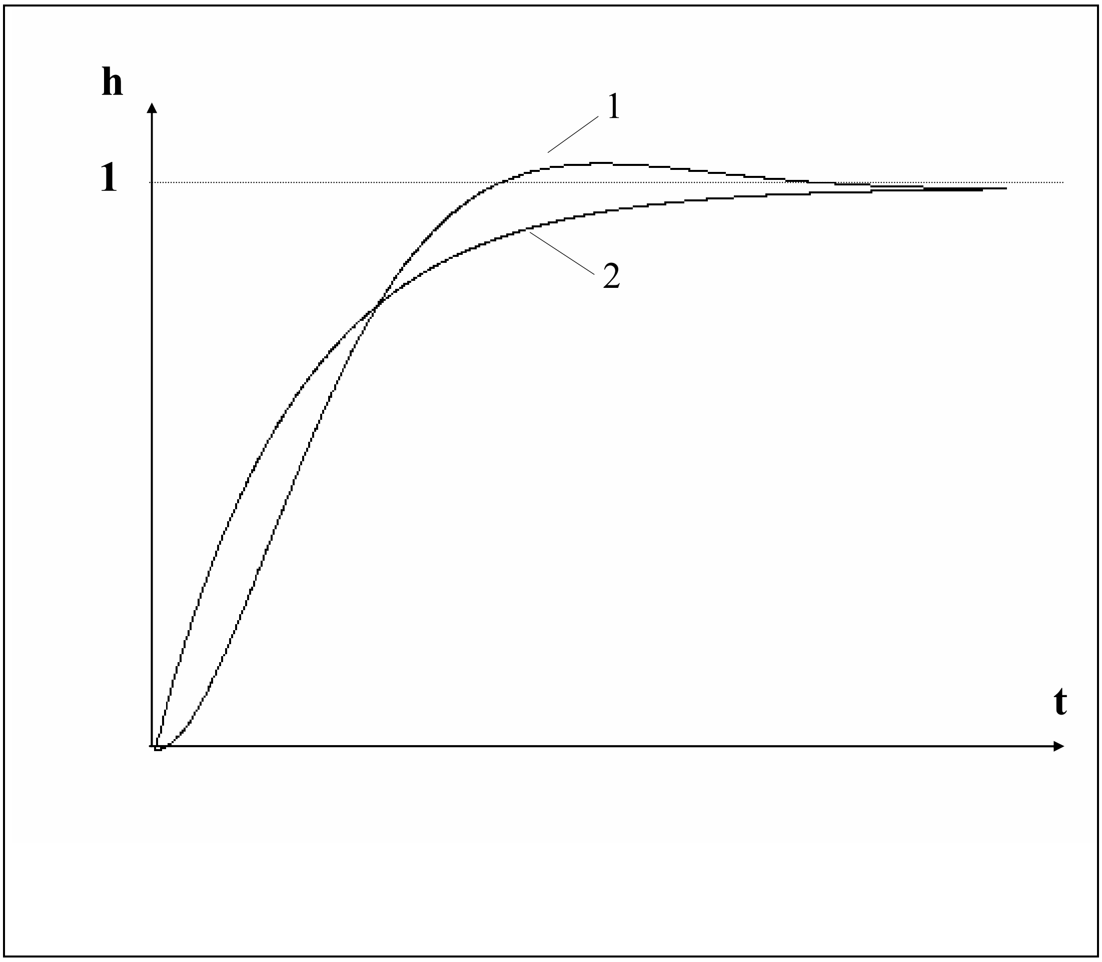

Рис.5.27. Переходная характеристика контура ,настроенного на модульный оптимум (1), и аппроксимирующего его аперио дического звена (2).

В результате, замкнутый контур скорости ,настроенный на симметричный оптимум ,будет описываться передаточной функцией

$$\Phi_c^*(p) = \frac{1}{k_{\partial c}} \frac{1 + 4T_m p}{1 + 4T_m p + 8T_m{}^2 p^2 + 8T_m{}^3 p^3} . \qquad (5.149)$$

Применим на входе регулятора скорости фильтр сглаживания, имеющий передаточную функцию

$$W(p) = \frac{1}{1 + 4T_m p} . \qquad (5.150)$$

Тогда последовательное включение фильтра сглаживания и замкнутого контура скорости ,настроенного на симметричный оптимум, можно приближённо заменить эквивалентным апериодическим звеном первого порядка с постоянной времени $T = 4T_m$ [24].

В случае применения фильтра сглаживания-дифференцирования эквивалентная постоянная времени составила бы $T_c = 3T_m$

Таким образом, задача выбора регулятора положения и его настройки должна решаться применительно к объекту с передаточной функцией вида :

$$W_{03}(p) = \frac{k_{03}}{p(T_c p + 1)} \quad , \quad k_{03} = 1 / k_{\partial c} i \quad . \qquad (5.151)$$

Рассмотренные выше экспресс- методы ,очевидно, позволяют предложить не один вариант решения задачи такого рода .Уточнение параметров настройки регуляторов для системы (рис.5.25) может быть произведено экспериментальным путём.

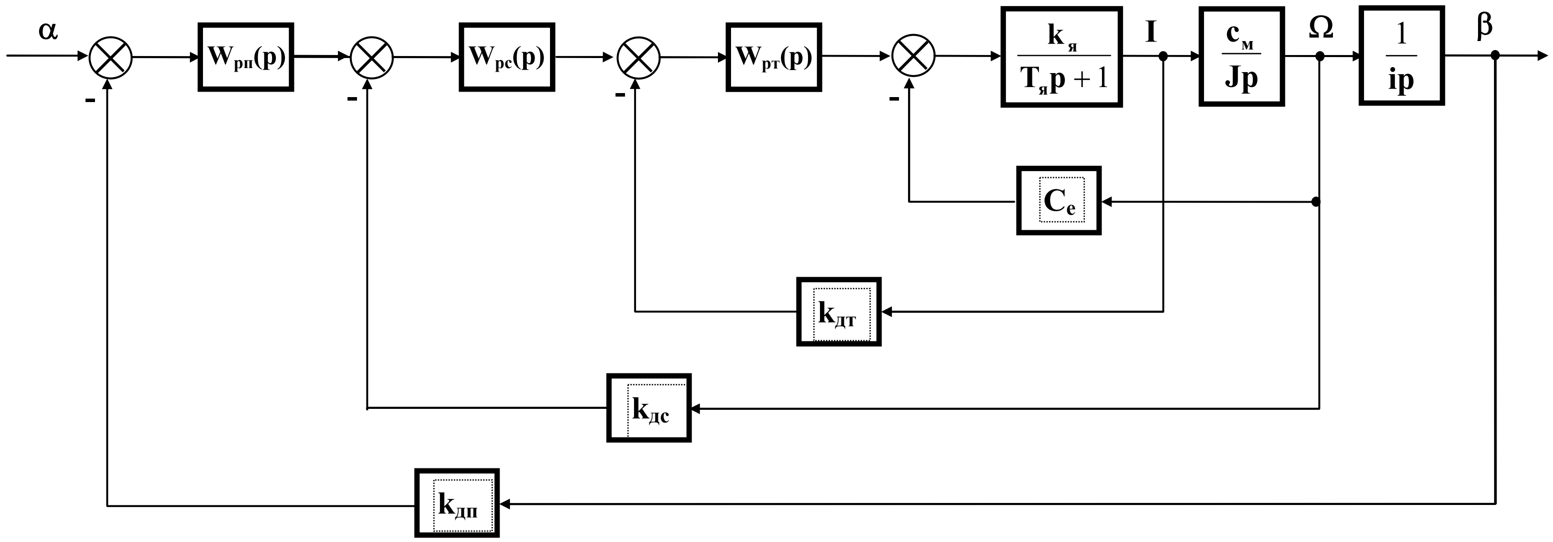

Рис.5.25. Структурная схема автоматизированного электропривода подчинённого регулирования.

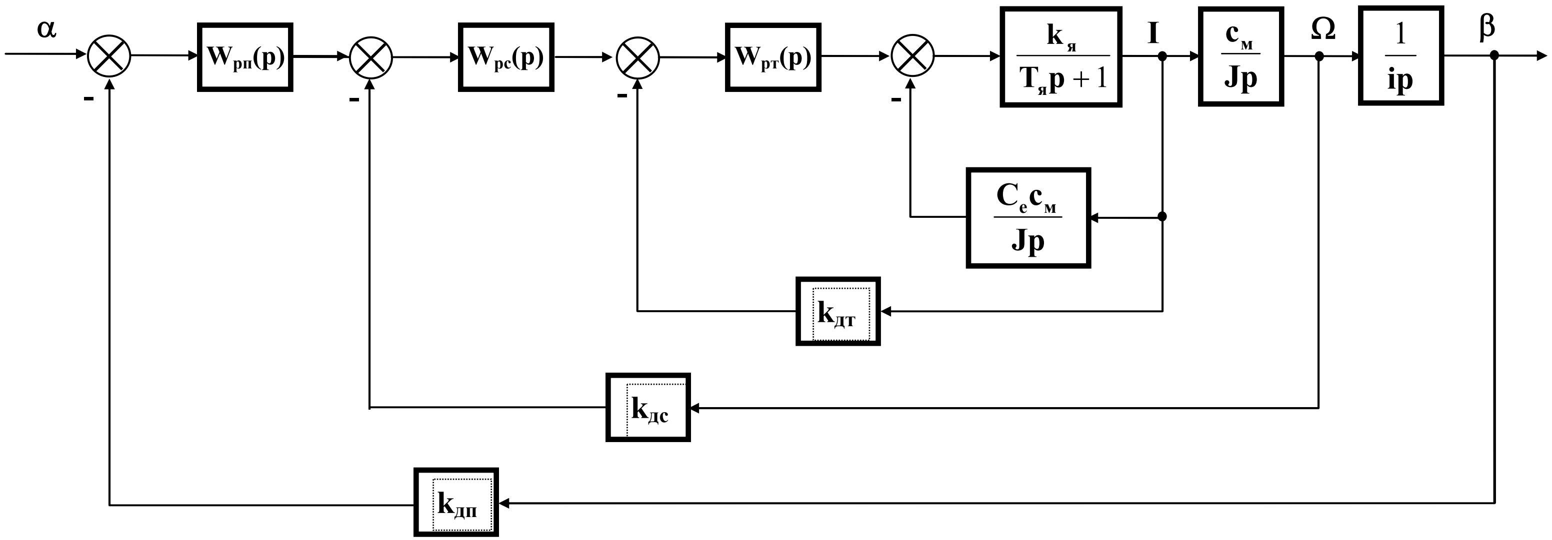

Рис.5.26. Преобразованная структурная схема электропривода подчинённого регулирования.