

АСТАТИЧЕСКАЯ ПО ВОЗМУЩЕНИЮ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВУХМАССОВОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Павел Коцегуб, Ольга Толочко, Роман Федоряк,
Украина (г.Донецк)

Синтез астатических по возмущающему воздействию систем регулирования скорости является важной задачей. В системах подчиненного регулирования ее обычно решают одним из следующих способов:

- замена пропорционального регулятора скорости интегрально - пропорциональным;
- включение дополнительного внешнего контура скорости с интегральным или интегрально - пропорциональным регулятором;
- замыкание контура тока не по полному току, а по его динамической составляющей;
- включение в систему управления положительной связи по моменту нагрузки.

Последние два метода используют, в основном, в жестких системах, в которых легче выделить сигнал, пропорциональный статическому моменту, а динамический ток при отсутствии статического момента совпадает с полным током.

Рассмотрим способ построения астатической по нагрузке системы управления скоростью двухмассового электромеханического объекта на основе системы подчиненного регулирования (СПР) с внутренним контуром регулирования тока (КРТ), пропорциональным регулятором скорости (П-РС) и дополнительной корректирующей связью по разности скоростей первой и второй масс [1], обладающей хорошими показателями качества переходных процессов по управляющему воздействию. Структурная схема взятой за основу СПР представлена на рис. 1.

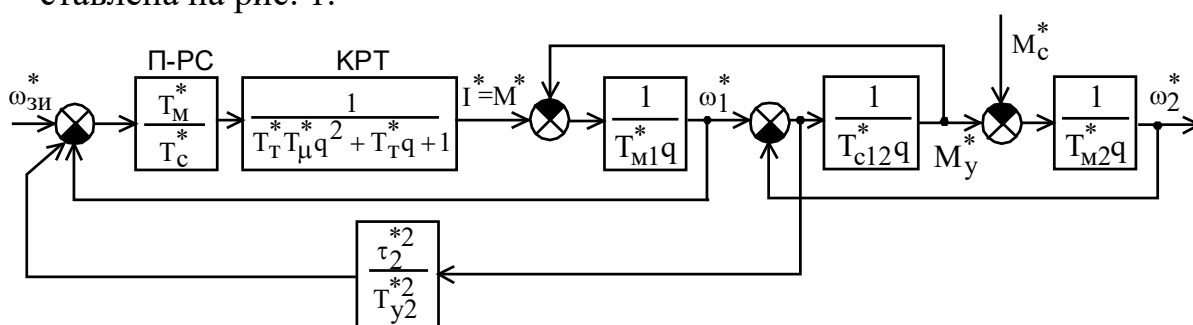


Рисунок 1

Схема приведена в относительных единицах. В качестве базовой скорости принята скорость идеального холостого хода двигателя, базового момента - момент короткого замыкания, базовой постоянной времени - постоянная вентильного преобразователя T_μ . На схеме обозначены: КРТ - контур регулирования тока, имеющий постоянную времени интегрирования T_T^* (показан в свернутом виде), П-РС - пропорциональный регулятор скорости с постоянной времени интегрирования T_c^* ; T_{M1}^* , T_{M2}^* - электромеханические постоянные двигателя и механизма, $T_M^* = T_{M1}^* + T_{M2}^*$; M^* , M_y^* и M_c^* - моменты соответственно двигателя, упругих колебаний и статического сопротивления.

Постоянная времени собственных колебаний второй массы вычисляется по формуле $T_{y2}^2 = \sqrt{\gamma} T_y$, где T_y - постоянная времени собственных колебаний двухмассовой системы, γ - коэффициент распределения масс, который равен $\gamma = \frac{T_{M1} + T_{M2}}{T_{M1}}$.

Методика оптимизации подобной системы по модульному оптимуму изложена в [2], поэтому здесь приведем лишь результирующие уравнения для выбора параметров T_c и τ_2^2 :

$$\begin{cases} T_c^{*3} / 4 - 2T_c^*(T_y^{*2} + T_T^* T_\mu^*) - 2T_T^* T_y^{*2} = 0; \\ \tau_2^{*2} = T_c^{*2} / 2 - T_c^* T_T^* - T_y^{*2}. \end{cases}$$

Следует отметить, что характер изменения M_y и M при отработке управляющего воздействия в этой системе не зависит от величины γ (при фиксированной T_y). От величины γ в этой системе зависит только установившееся значение M_y .

Графики переходных процессов при разгоне от задатчика интенсивности и набросе нагрузки в системе, настроенной на модульный оптимум, представлены на рис. 2, а семейство переходных процессов тока и упругого момента при отработке возмущающего воздействия для различных коэффициентов γ - на рис. 3. Графики получены при следующих параметрах механической части: $T_M^* = 15$; $T_y^* = 10$; $\gamma = 10$ (на рис. 2), $\gamma = 1, 2; 2; 4; 6; 8; 10$ (на рис. 3).

Теперь дополним эту систему еще одним контуром скорости с интегральным регулятором. Причем замкнем его по скорости не двигателя, а механизма, так как оптимизация внутреннего контура скоро-

сти выполнена по передаточной функции $\frac{\omega_2^*(q)}{\omega_{3и}^*(q)}$ (рис. 1). Структурная схема такой системы приведена на рис. 4.

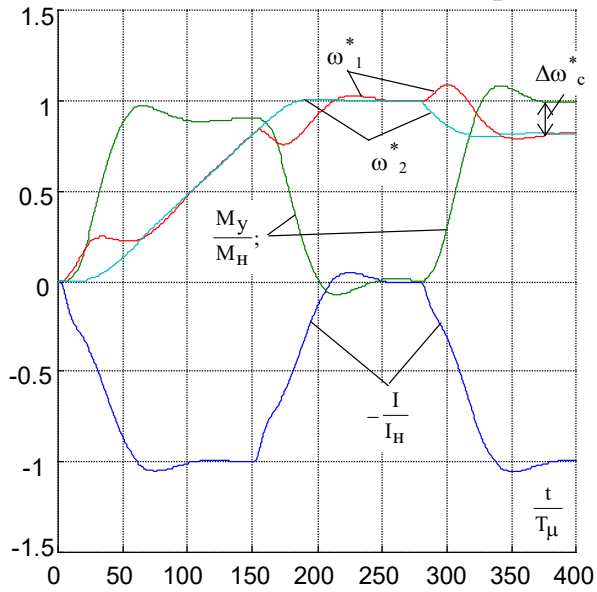


Рисунок 2

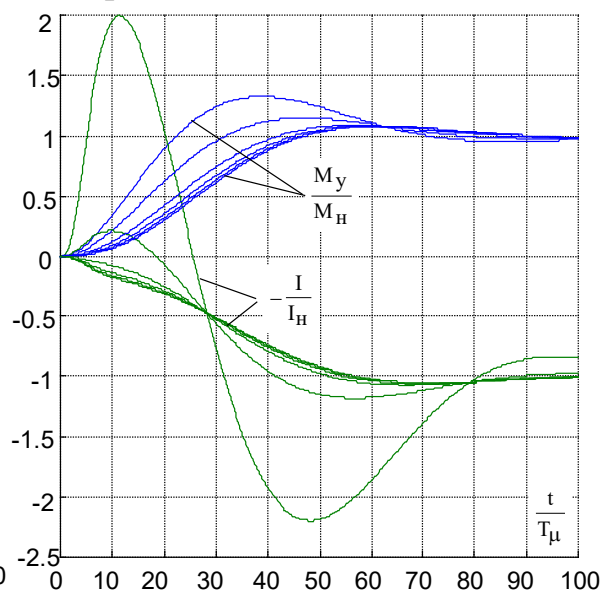


Рисунок 3

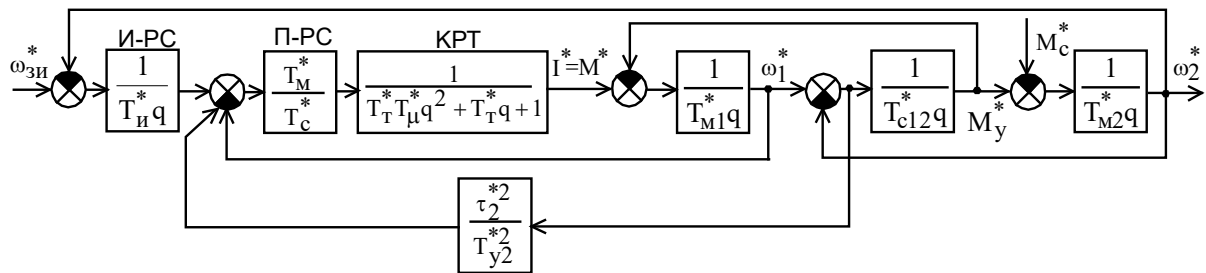


Рисунок 4

Из тех же соображений постоянную времени интегрирования внешнего контура примем $T_{и}=2T_c$, что также обеспечит настройку контура на МО.

Передаточная функция новой системы по управляющему воздействию имеет вид:

$$\frac{\omega_2^*(q)}{\omega_{3и}^*(q)} = \frac{1}{G_6(q)} = \frac{1}{a_6^* q^6 + a_5^* q^5 + a_4^* q^4 + a_3^* q^3 + a_2^* q^2 + a_1^* q + 1},$$

где коэффициенты характеристического полинома:

$$a_6^* = T_{и}^* T_c^* T_T^* T_{\mu}^* T_{y2}^{*2}; \quad a_5^* = T_{и}^* T_c^* T_T^* T_{y2}^{*2}; \quad a_4^* = T_{и}^* T_c^* (T_{y2}^{*2} + T_T^* T_{\mu}^*);$$

$$a_3^* = T_{и}^* T_c^* T_T^* + T_{и}^* T_{y2}^{*2} + T_{и}^* \tau_2^{*2}; \quad a_2^* = T_c^* T_{и}^*; \quad a_1^* = T_{и}^*.$$

На рис. 5 показаны графики переходных процессов при разгоне от задатчика интенсивности и набросе нагрузки в системе, на рис. 6 - семейство графиков переходных процессов тока и упругого момента при отработке возмущающего воздействия при различных значениях коэффициента γ . Параметры механической части - те же. Из рис. 5 видно отсутствие установившейся скоростной ошибки.

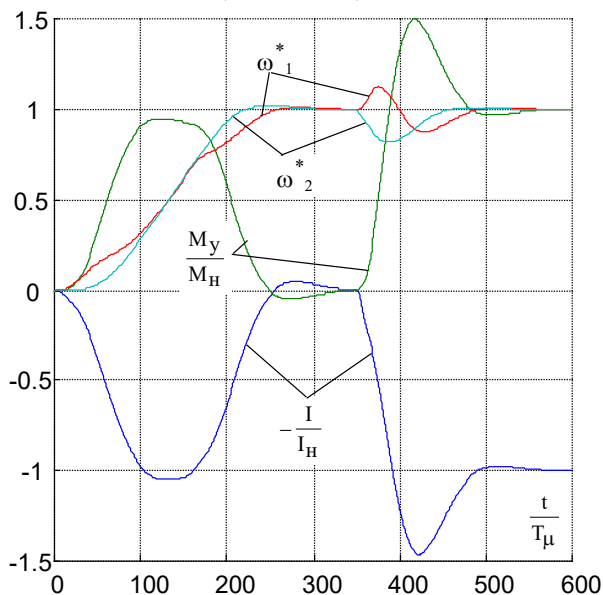


Рисунок 5

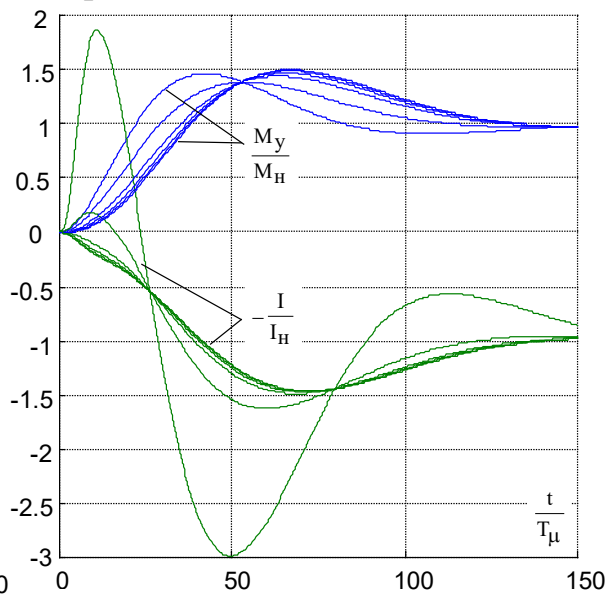


Рисунок 6

Применение интегрального регулятора скорости второй массы сделало систему астатической по нагрузке, но привело к снижению быстродействия системы по управляющему воздействию. Перерегулирование по упругому моменту при набросе нагрузки для рассматриваемых параметров находится в пределах 45-50%. Переходной процесс тока в этом режиме оказывается неудовлетворительным только при значениях γ , близких к 1.

Повысим быстродействие системы при отработке управляющего воздействия с помощью комбинированного задатчика интенсивности.

Структурная схема комбинированного задающего устройства приведена на рис. 7 [3].

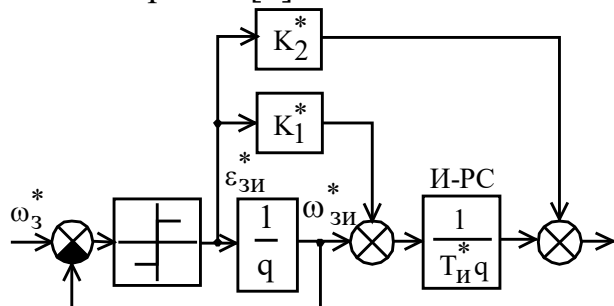


Рисунок 7

Это комбинированное устройство использует интегральный регулятор скорости для формирования второй производной от управляющего воздействия. Передаточная функция системы с таким задатчиком:

$$\frac{\omega_2^*}{\omega_{3и}^*} = \frac{b_2^* q^2 + b_1^* q + 1}{T_{и}^* q} = \frac{K_2^* T_{и}^* q^2 + K_1^* q + 1}{T_{и}^* q}.$$

Тогда коэффициенты компаундирующих связей задатчика определяются по следующим формулам:

$$K_2^* = \frac{b_2^*}{T_{и}^*}; \quad K_1^* = b_1^*.$$

Расчет же b_1^* и b_2^* нужно вести из условий модульного оптимума:

$$\begin{cases} a_1^{*2} - 2a_2^* = b_1^{*2} - 2b_2^*; \\ a_2^{*2} - 2a_1^* a_3^* + 2a_4^* = b_2^{*2}. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_2^* = \sqrt{a_2^{*2} - 2a_1^* a_3^* + 2a_4^*}; \\ b_1^* = \sqrt{a_1^{*2} - 2a_2^* + 2b_2^*}. \end{cases}$$

На рис. 8 а и б представлены графики переходных процессов тока, упругого момента и скоростей двигателя и механизма при отработке управляющего воздействия в системе с обычным и с комбинированным задающим устройством.

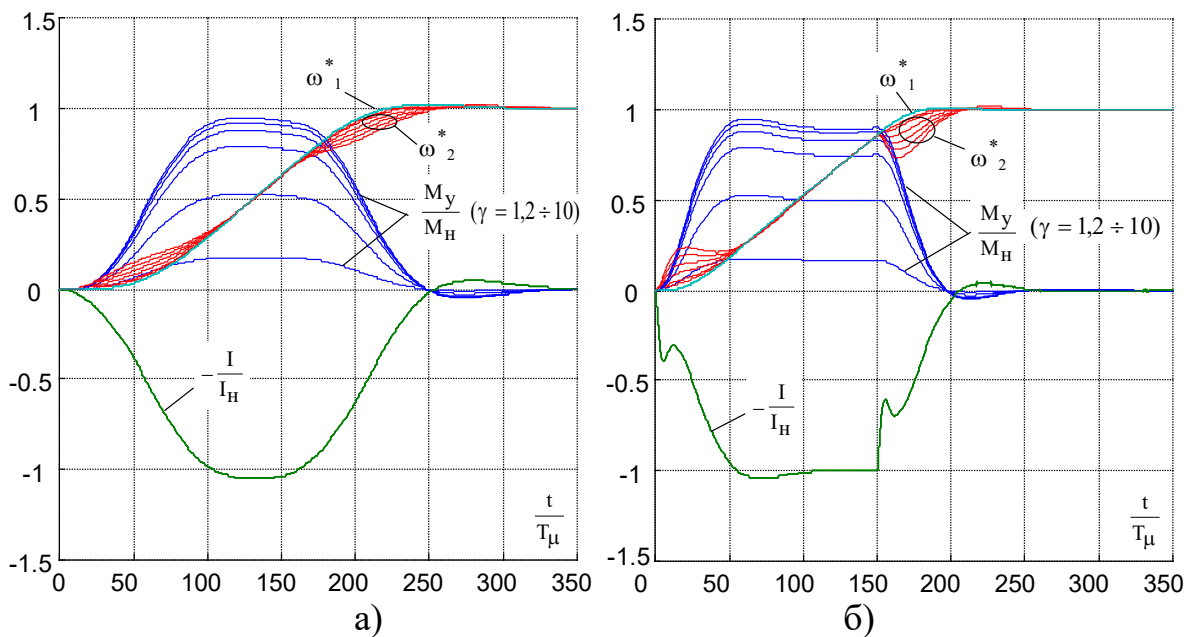


Рисунок 8

Как видно, в астатической по нагрузке системе с комбинированным задающим устройством удастся достичь примерно такого же быстродействия по управляющему воздействию, как в статической системе с обычным задатчиком интенсивности.

Таким образом, рассмотренная система имеет удовлетворительные динамические характеристики как по управлению, так и по воз-

мушению. В случае невозможности измерения скорости ω_2 следует применить редуцированный наблюдатель состояния [1].

Выводы.

1) Астатическая по возмущению система регулирования скорости двухмассового электромеханического объекта может быть построена на основании однократноинтегрирующей системы с пропорциональным регулятором скорости и корректирующей обратной связью по разности скоростей двигателя и механизма путем присоединения к ней внешнего контура с интегральным регулятором скорости второй массы.

2) Быстродействие такой системы по управляющему воздействию можно повысить, используя комбинированный задатчик интенсивности.

3) Оптимизация системы из условий модульного оптимума по управлению обеспечивает хорошую динамику переходных процессов как по управляющему, так и по возмущающему воздействиям.

Литература.

1. Ю.А. Борцов, Г.Г. Соколовский. Автоматизированный электропривод с упругими связями. - СПб: Энергоатомиздат, 1992. - 288 с.
2. П.Х. Коцегуб. Синтез вентильних приводів постійного струму. - Київ: ІЗМН, 1997. - 124 с.
3. П.Х. Коцегуб, О.И.Толочко, Р.В.Федоряк. Оптимизация двухмассовых систем регулирования скорости с комбинированным управлением по задающему воздействию. //Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Вестник ХГПУ. - Харьков: ХГПУ, 1998. - с. 40-41.