

А.В. КОЗЛОВ, В.А. САВЕЛЬЕВ, А.А. ТОЛСТЕНКОВ

Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. П.О. Сухого»

Гомель, Беларусь

Анализ замкнутых САУ с модуляцией сигналов многомерно-временных операторным методом показал, что аналитически получить многомерно-временную передаточную функцию для таких САУ не представляется возможным, так как в этом случае число независимых комплексных переменных $p_1, p_2, \dots, p_n$ стремится к бесконечности.

Наиболее простым и удобным методом синтеза регуляторов в таких САУ может быть метод перебора типовых регуляторов для нахождения оптимального с точки зрения получения желаемого переходного процесса, так называемый инженерный синтез.

Критериями инженерного синтеза могут служить следующие положения.

1. Для обеспечения требуемого быстродействия системы, в регуляторе должна происходить компенсация больших инерционностей.

2. Не должна быть потеряна точность в САУ, как по управлению, так и по возмущению. Для этого в регуляторе желательно использовать интегрирующее звено и по возможности большой коэффициент усиления.

3. Оптимальный выбор несущей (модулирующей) частоты для обеспечения требуемых динамических показателей.

Для реализации синтеза регулятора была взята типовая следящая система с трактом «сельсины – демодулятор» с заранее известными параметрами, но неудовлетворительными показателями качества.

Задачу сформулируем следующим образом: требуется синтезировать регулятор для этой следящей САУ таким образом, что бы отсутствовала статическая ошибка по управлению и возмущению, при этом быстродействие САУ нужно обеспечить на уровне $t_{\text{пер}} \leq 0.1 \text{ с}$ при перерегулировании $\sigma \leq 20 \%$. В процессе синтеза будем рассматривать режим отработки следящей системой скачкообразного задающего углового рассогласования $\varphi_0 = 5^\circ$, и возмущающего сигнала по скорости ДПТ

$$\Omega_f = -60 \frac{\text{град}}{\text{с}}.$$

Эта задача была решена многомерно-временным операторным методом, согласно выше приведенным положениям:

– больших инерционностей в следящей системе нет, но в контуре обратной связи по скорости имеется апериодический звено с постоянной времени T_ϕ , инерционность которого желательно в регуляторе подавить для улучшения быстродействия системы, поэтому в регулятор введем форсирующее звено с постоянной времени $T_{\text{пер1}} = T_\phi = 0.0175 \text{ с}$;

– для более интенсивного подавления высокочастотных помех на выходе САУ введем дополнительно в регулятор аperiodическое звено с постоянной времени $T_{\text{per2}} = T_{\text{дв}} = 0.106 \text{ с}$;

– точность по управляющему воздействию в САУ обеспечивается наличием интегрирующего звена в прямом канале (редуктор), поэтому в регуляторе не будем его использовать;

– воспользуемся одним из известных критериев синтеза регуляторов для линейных САУ на технический оптимум (ТО) и выберем предварительно коэффициент передачи регулятора согласно выражению:

$$K_{\text{рег}} = \frac{1}{2 \cdot (T_{\text{дв}} + T_{\text{ф}}) \cdot K_{\text{дв}} \cdot K_{\text{тг}} \cdot T_{\text{RC}}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot (0.106 + 0.0175) \cdot 118 \cdot 1.8 \cdot 10^{-3} \cdot 0.0175} = 1072.2$$

Таким образом, имеем предварительно сформированный регулятор:

$$W_{\text{рег}}(p_1, p_2, p_3) = \frac{K_{\text{рег}} \cdot (T_{\text{per1}} \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)}{(T_{\text{per2}} \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)} =$$

$$= \frac{1072.2 \cdot (0.0175 \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)}{(0.106 \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)} \quad (1)$$

Анализ показал, что следящая система устойчива и имеет удовлетворительные показатели качества как по управлению, так и по возмущению, но не обеспечивает требуемого перерегулирования $\sigma = 36\%$, поэтому было проведено исследование САУ при различных коэффициентах передачи регулятора и на различных несущих частотах модуляции. В результате получим, что оптимальными по быстродействию и по перерегулированию $\sigma\%$ будут коэффициент передачи регулятора $K_{\text{рег}} = 3000$, и несущая частота 100 Гц и выше.

Окончательно определим многомерную передаточную функцию регулятора в виде (2):

$$W_{\text{рег}}(p_1, p_2, p_3) = \frac{3000 \cdot (0.0175 \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)}{(0.106 \cdot (p_1 + p_2 + p_3) + 1)} \quad (2)$$

Согласно теореме об ассоциации переменных многомерная передаточная функция регулятора в одномерной операторной области будет иметь вид, удобный для технической реализации (3):

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{3000 \cdot (0.0175 \cdot p + 1)}{(0.106 \cdot p + 1)} \quad (3)$$

Инженерный синтез регулятора следящей САУ и дальнейшее ее исследование показало, что были достигнуты желаемые показатели качества САУ, как статические, так и динамические. Систему лучше использовать в диапазоне несущих частот от 100 Гц и выше.