УДК 658. 620.12

МАЛЕЕВА Г.В., ***СЕВЕРИН В.П.,*** профессор, д.т.н.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ПРЯМЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА

Оптимизация прямых показателей качества систем автоматического управления (САУ) является актуальной проблемой разработки систем, так как на данный момент САУ стали широко распространять в различных отраслях производства и сферы жизни человека. Задача синтеза САУ заключается в том, чтобы найти оптимальный набор параметров для наиболее эффективного использования САУ. Прямыми показателями или оценками качества называются числовые показатели, непосредственно определяемые из кривой процесса, а оценки, получаемые другим путем, называют косвенными оценками.В качестве типового входного воздействия рассматривается обычно единичный скачок. В этом случае кривая переходного процесса для регулируемой величины будет представлять собой переходную (функцию) характеристику системы.

Наиболее эффективные методы вычисления переходных процессов – методы численного интегрирования систем дифференциальных уравнений, которые описывают САУ: метод Мерсона[1], системные методы и матричные методы, основанные на вычислении матричной экспоненты и её интеграла.

Прямые показатели качества переходных процессов в САУ — максимальное отклонение и показатель колебательности определим по экстремумам переходных процессов САУ[2]

$$\sigma = \begin{cases} 0, & m = 0, \\ E_{\max}, & m > 0, \end{cases} \quad \zeta = \begin{cases} 0, & m = \overline{0,1}, \\ \max\limits_i \left| E_{2i-1} - E_{2i} \right|, & m > 1,\ i = \overline{1,[m/2]}. \end{cases} \tag{1}$$

Время регулирования t_c определяется максимальным моментом времени попадания отклонения $z(t)$ в заданный интервал $[-\delta_z, \delta_z]$, что соответствует условиям: $t_c = \max\ t \,|\, |z(t)| = \delta_z,\ t \in [0, \infty)$

Прямые показатели качества САУ определены только в области устойчивости системы и имеют различные приоритеты для САУ. Для оптимизации прямых критериев качества необходимо минимизировать векторную целевую функцию $F(x)$ с учетом приоритета ее составляющих: чем ниже номер составляющей, тем выше ее приоритет

$$F(x)=\begin{cases}(0;\,P(x)), & x\in H_0,\\ (k;-\rho_{k+1}(x)), & x\in H_k, \quad k=\overline{1,n-2},\\ (n-1;\,\Delta\sigma(x)), & x\in H_{n-1},\\ (n;\,\Delta\zeta(x)), & x\in H_n,\\ (n+1;\,\Delta\lambda(x)), & x\in H_{n+1},\\ (n+2;\,\tau(x)), & x\in H_{n+2}.\end{cases}$$

(2)

где $P(x)$ — штрафная функция для нарушения необходимых условий устойчивости, $\rho_k(x)$ при $k=\overline{2,n-1}$ — коэффициенты Рауса-Гурвица штрафные функции для нарушения ограничений прямых показателей качества вычисляются с помощью разностей $\Delta\sigma(x)=\sigma(x)-\sigma_m$, $\Delta\zeta(x)=\zeta(x)-\zeta_m$. $\Delta\lambda(x)=\lambda(x)-\lambda_m$.

Для определения лучших значений векторную целевую функцию (2) введем операцию сравнения ее значений. Значения U и V этой функции сравним бинарной операцией «лучше» $\prec$:

$$U\prec V=\begin{cases}1, & U_1>V_1, \vee (U_1=V_1\wedge U_2<V_2)\\ 0, & U_1<V_1, \vee (U_1=V_1\wedge U_2\ge V_2)\end{cases}$$

(3)

Проведем три вычислительных эксперимента по оптимизации системы третьего порядка вида $\alpha(x,s)=s^3+x_1\cdot s^2+x_2\cdot s+1$ с двумя варьируемыми параметрами $p=2$. Зададим начальную точку с помощью иррациональных чисел. Эта точка лежит в области неустойчивых колебательных процессов диаграммы Вышнеградского (см. рис. 1). Оптимизацию будем проводить векторным методом Нелдера-Мида как наиболее эффективным методом оптимизации для небольшого числа переменных. В первом эксперименте получим оптимальный колебательный процесс с минимальным временем установления. Во втором эксперименте зададим предельные значения показателей качества $\sigma_m=0{,}05$, $\zeta_m=0{,}065$, $\lambda_m=0{,}3$ и выполним оптимизацию векторной функции. В третьем эксперименте получим апериодический или монотонный процесс с минимальным временем установления.

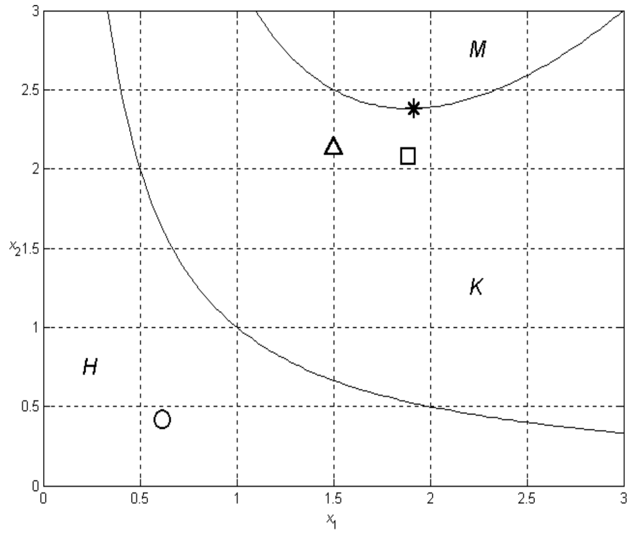

Рис. 1 - Диаграмма Вышнеградского с точками поиска

Список литературы **1**. *Деккер К., Вервер Я.* Устойчивость методов Рунге-Кутты для жестких нелинейных дифференциальных уравнений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 334 с. **2**. *Баркин А. И*. Оценки качества нелинейных систем регулирования. — М.: Наука, 1982. — 256 с