Автоматизированный расчет быстродействия импульсных систем фазового управления

Капанов Н.А.; Снисаренко С.В.; Русак Л.В.; Стасевич Н.А.
ИСиТ ИИТ, СУ
БГУИР
Минск, Республика Беларусь
e-mail: stasevich@bsuir.by

***Аннотация* — В докладе представлен метод оценивания времени переходного процесса импульсных систем фазового управления. Представленный метод эффективен с точки зрения машинного анализа устойчивости в малом подобного рода систем, а также пригоден для построения областей устойчивости на плоскости изменяемых параметров системы.**

Ключевые слова: время переходного процесса, асимптотическая устойчивость, переходная матрица, свободное движение.

Линеаризованная модель импульсной системы фазового управления (ИСФУ) с комбинированным импульсно-фазовым устройством (ИСУ) имеет вид: [1]

$$\tilde{X}_{n+1} = A_1 \tilde{X}_n + B_1 \Delta T_n + C_1 \Delta g_n \qquad (1)$$

На основе линеаризованной модели проведем анализ асимптотической устойчивости и выполним оценку времени переходных процессов в системе. Система будет асимптотически устойчива в малом, если все корни λ_i характеристического уравнения det(Q − λE)=0 расположены внутри круга единичного радиуса.

Эффективный в вычислительном отношении алгоритм анализа устойчивости можно получить с помощью приведения матрицы Q к верхней треугольной форме. Пусть L — невырожденное линейное преобразование, которое преобразует матрицу динамики Q в верхнюю треугольную форму: $\tilde{Q} = L^{-1}QL$. Тогда уравнение движения свободной системы имеет вид:

$$\tilde{X}_{n+1} = \tilde{Q}\tilde{X}_n . \qquad (2)$$

Для переменной состояния $\tilde{\mathrm{X}}_\mathrm{n}$ имеем:

$$\tilde{x}_n(k+1) = \tilde{q}_{nn}\tilde{x}_n(k). \qquad (3)$$

Таким образом, для произвольного начального условия запишем:

$$\tilde{x}_n(k) = \tilde{q}^{k}{}_{nn}\tilde{x}_n(0). \qquad (4)$$

Отсюда видно, что $\lim_{k\to\infty} \tilde{x}_n(k)$ лишь в том случае, если $|\tilde{q}_{nn}|<1$. Для переменной состояния $\tilde{x}_{n-1}$ можно записать следующее уравнение:

$$\tilde{x}_{n-1}(k+1) = \tilde{q}_{n-1,n-1}\tilde{x}_{n-1}(k) + \tilde{q}_{n-1,n}\tilde{x}_n(k).$$

Из этого уравнения следует, что только в том случае, если $|q_{n-1,n-1}|<1$ и $\lim_{k\to\infty} \tilde{x}_n(k)$. Таким образом, ИСФУ будет устойчива в малом в том случае, если абсолютные величины всех элементов главной диагонали треугольной матрицы $\tilde{Q} = L^{-1}QL$ меньше единицы.

Рассмотрим вопрос оценки времени переходных процессов по приведенной выше линеаризованной модели.

Переходная матрица разностного уравнения состояния может быть представлена в виде

$$\Phi(n) = Q^n = L\Lambda^n L^{-1}. \qquad (5)$$

Здесь
$L = [l_1 \vdots \cdots \vdots l_{m+1}];\ \Lambda = diag\{\lambda_1, \ldots, \lambda_{m+1}\}$,
$\lambda_1, \ldots, \lambda_{m+1}$ - собственные значения матрицы L с собственными векторами $l_1, \cdots, l_{m+1}$.

Тогда решение разностного уравнения имеет вид:

$$\tilde{X}_n = \sum_{i=l}^{m+1} \lambda_i{}^n l_i l_i^{/} \tilde{X}_0 \qquad (6)$$

Пусть α — процент отклонения возмущенного движения системы от установившегося состояния. Тогда если для n-ой дискреты выполняется условие

$$|\lambda_i|^n \le \alpha/100, \qquad (7)$$

то i-я мода считается установившейся. Число дискрет, необходимое для установления i-й моды, будет вычисляться по формуле

$$K = (\lg\alpha - 2)/\lg|\lambda_i|. \qquad (8)$$

Время переходного процесса может быть оценено по времени установления максимальной моды:

$$t_{П.П} = \frac{\lg\alpha - 2}{\lg|\lambda_{\max}|}T, \qquad (9)$$

где T --- период дискретизации

[1] Кузнецов А. П., Батура М. П., Шилин Л. Ю. Анализ и параметрический синтез импульсных систем с фазовым управлением. Мн.: Навука і тэхніка, 1993. 224с.