

**МЕТОДИКА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА
СТАБИЛИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ САМОЛЁТА ПО
ДАЛЬНОСТИ (АССД)**

Рачков А.В., группа АТ-01а

Руководитель доц. каф. АТ Рафиков Г.Ш.

В представленной статье предлагается методика синтеза оптимального регулятора стабилизации положения радиолокационных станций (РЛС). Как правило, физические системы, над которыми должно осуществляться управление, трудно рассматривать как детерминированные, поскольку измерениям доступны лишь искаженные шумом некоторые переменные их состояния. Таким образом, более реалистичными моделями таких систем в задаче управления являются модели, содержащие случайные процессы.

Для решения данной задачи зададимся математической моделью в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t) + G(t)\bar{w}(t); \\ \bar{z}(t) = C(t)\bar{x}(t) + \bar{v}(t), \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{x}(t)$ — вектор переменных состояния размерности $(n*1)$;

$\bar{u}(t)$ — вектор управляющих воздействий размерности $(m*1)$;

$\bar{w}(t)$ — вектор входных возмущений размерности $(k*1)$;

$\bar{z}(t)$ — наблюдаемый вектор выходных переменных размерности $(r*1)$;

$\bar{v}(t)$ — вектор шумов измерений размерности $(r*1)$;

$A(t)$ — матрица коэффициентов переменных состояния размерности $(n*n)$;

$B(t)$ — матрица коэффициентов управляющих воздействий размерности $(n*m)$;

$G(t)$ — матрица коэффициентов входных возмущений размерности $(n*k)$;

$C(t)$ — матрица измерений выходных величин размерности $(r*n)$.

В качестве критерия оптимизации принят интегральный квадратичный критерий качества, обеспечивающий получение линейного оптимального закона управления

$$J(u) = \int_0^{\infty} [\bar{x}^T(t) Q \bar{x}(t) + \bar{u}^T(t) R \bar{u}(t)] dt, \quad (2)$$

где Q — симметричная положительно полуопределенная матрица весовых коэффициентов размерности $(n*n)$;

R — симметричная положительно определенная матрица весовых коэффициентов размерности $(m*m)$.

Первое слагаемое критерия характеризует точность работы системы, второе — затраты энергии на управление. Таким образом, выбирая матрицы Q и R , можно получить компромиссное решение между точностью и быстродействием рассматриваемой динамической системы.

Для упрощения критерия качества матрицу Q можно представить виде диагональной матрицы вида

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{44} \end{bmatrix}.$$

Для того, чтобы задача синтеза была аналитически разрешима, матрица R должна быть положительно определенной. Управление u в

нашем случае — скаляр, поэтому $R=r$, $r \geq 0$, $q_{11} \geq 0$, $q_{22} \geq 0$, $q_{33} \geq 0$, $q_{44} \geq 0$.
Критерий качества при этих условиях примет вид

$$J(u) = \int_0^{\infty} [q_{11}x_1^2(t) + q_{22}x_2^2(t) + q_{33}x_3^2(t) + q_{44}x_4^2(t)] dt. \quad (3)$$

При выборе численных значений весовых коэффициентов можно задаться значениями q_{11} , q_{22} , q_{33} , q_{44} и тогда варьировать только коэффициент r .

Задача оптимизации состоит в том, чтобы найти совокупность векторов управляющих воздействий, обеспечивающих минимум критерия вида (3):

$$\bar{u}(t) = -K \hat{x}(t), \quad (4)$$

где K — матрица коэффициентов оптимального управления размерности $(m * n)$;

$\hat{x}(t)$ — оценка вектора переменных состояния системы, которая может быть получена с помощью фильтра Калмана, описываемого уравнениями

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}}(t) = A \hat{x}(t) + Bu(t) + L \left(\bar{y}(t) - C \hat{x}(t) \right); \\ \begin{bmatrix} \bar{y}_v(t) \\ \hat{x}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ I \end{bmatrix} \hat{x}(t) + H \bar{w}(t) + \bar{v}(t), \end{cases} \quad (5)$$

где L — матрица коэффициентов обратных связей, определяемая на основе решения алгебраического матричного уравнения Риккати

$$A^T P + PA - PBRB^T P + Q = 0, \quad (6)$$

где P — симметричная положительно определенная матрица размерности $(n * n)$.

Решая это уравнение с помощью принципа максимума Понтрягина, получаем

$$K(t) = R^{-1}(t)B^T(t)P(t). \quad (7)$$

Выводы:

1. Изложенная методика синтеза оптимальных систем управления опирается на учет реальных ветровых возмущающих воздействий, что позволяет обеспечить наилучшее качество управления РЛС АССД.

2. Рассмотренный алгоритм синтеза оптимального регулятора более предпочтителен для практического применения, в отличие от метода логарифмических частотных характеристик.

3. Предложенная методика синтеза сформулирована в виде четкого алгоритма и допускает создание программы для выполнения вычислений на персональном компьютере, т.к. для систем выше первого и второго порядка объем необходимых вычислений для ручного расчета слишком велик.

Перечень ссылок

1. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. — К.: Главное издательство издательского объединения «Вища школа», 1986. — 431с.

2. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы.— М.: Высш. шк.,1980. — 287 с.

3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х томах. Т.3: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. Н.Д. Егупова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 748 с.

4. Рафиков Г.Ш. Основы современной теории управления непрерывных динамических систем. — Донецк: ДонНТУ, 2003. — 196 с.