

УДК 681.324.067: 658.5.011.56

А.В.Чугунцев (6 курс, каф. САиУ), Р.И.Ивановский, д.т.н., проф.

АНАЛИЗ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ. КОВАРИАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Ковариационный анализ прочно вошел в практику изучения свойств динамических систем различного рода. Подобный анализ тесно связан с такими фундаментальными характеристиками систем как точность, время готовности, эффективность алгоритмов обработки информации и проч. В процессе ковариационного анализа исследованию подвергается динамика изменения дисперсий и смешанных центральных моментов распределений векторных случайных функций; результаты анализа имеют как самостоятельное значение, так и могут быть успешно использованы при синтезе систем обработки информации и систем стохастического управления.

Ковариационный анализ может быть использован в ряде постановок задач:

- анализ систем известной структуры;
- анализ синтезированных оптимальных систем;
- анализ систем с субоптимальными регуляторами;
- анализ переходных процессов;
- анализ чувствительности;
- и др.

Задача анализа чувствительности является важной и часто возникающей задачей в процессе проектирования оптимальных (субоптимальных) систем. На рис. 1 наглядно продемонстрирована суть проблемы. Система (малый прямоугольник) при проектировании виртуально помещается в некие расчетные условия функционирования (рис. 1а), для которых система обладает заданными свойствами; реально же в процессе функционирования условия, в которые помещается система в действительности, могут отличаться (рис. 1б). Несоответствие расчетных и действительных условий функционирования приводят к режимам работы системы, не анализированным на этапе проектирования и неустойчивым в том числе. Такое несоответствие может существовать по ряду причин: неполнота априорной информации о действительных условиях, неточность определения условий функционирования, изменчивость среды функционирования и т.п. Существуют методы снижения последствий такого несоответствия, например, метод задания интервальных моделей или создание адаптивных алгоритмов. Первый метод требует большего объема

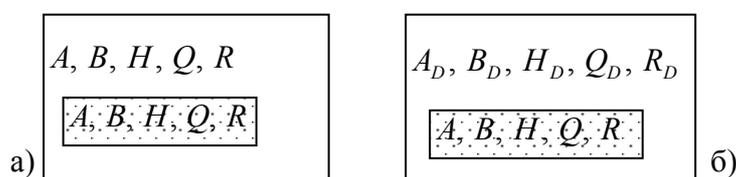


Рис. 1. а) Совпадение расчетных и действительных условий функционирования;
б) Расхождение расчетных и действительных условий.

вычислений, а второй обладает асимптотической сходимостью, что не гарантирует достижения заданной точности на конечном интервале времени.

Предлагаемый метод анализа систем базируется на получении ковариационной матрицы системы, которая имеет вид:

$$P(t) = M[\chi(t)\chi^T(t)] = \text{cov}[x(t)], \chi(t) = x(t) - m_x(t), \quad (1)$$

где $m_x(t)$ – математическое ожидание оцениваемого вектора $x(t)$.

Как видно из структуры матрицы P , по диагонали у неё находятся дисперсии компонент вектора $x(t)$, что при несмещенности оценки является её точностью. Получение ковариационной матрицы в любой момент времени и является нашей задачей.

Рассмотрим линейную стохастическую систему, для оценки вектора состояния которой применяется фильтр калмановского типа (ФКТ), обеспечивающий несмещенность и минимум дисперсии оценки:

$$\dot{x} = Ax + Bw + Cu; z = Hx + v; y = H_1x; x(0) = x_0, \quad (2)$$

где x – n -мерный вектор состояний, z – m -мерный вектор измеряемых параметров, y – вектор выходных величин, u – вектор входных (управляющих воздействий), w – вектор входных белых шумов, v – вектор белых шумов в канале измерений. Матрицы интенсивностей шумов w и v обозначим Q и R , соответственно. В данном случае уравнение для P имеет вид:

$$\dot{\hat{x}}(t) = F(t) * \hat{x} + K(t) * z(t) \quad (3)$$

$$\dot{P} = P * A^T + A * P + B * Q * B^T - P * H^T * R^{-1} * H * P, P(0) = P_0 \quad (4)$$

Поместим наш фильтр в действительные условия функционирования, где нужно оценить вектор фазовых координат, отличный от расчетной системы. В данном случае уравнение для анализа P будет иметь вид

$$\begin{cases} \dot{P}_\delta = I * P_\delta + P_\delta * I^T + \Delta I * P_c + P_c^T * \Delta I^T + Q_c^* + K * R_\delta * K^T \\ \dot{P}_c = A_\delta * P_c + P_c * I^T + P_{x\delta} * \Delta I^T + Q_\delta^* & I = A - H * K \\ \dot{P}_{x\delta} = A_\delta * P_{x\delta} + P_{x\delta} * A_\delta^T + Q_\delta^* & \Delta I = \Delta A - K * \Delta H \\ Q_\delta^* = B_\delta * Q_\delta * B_\delta^T & P_\delta(0) = P_{x\delta}(0) = P_{\delta 0} \end{cases} \quad (5)$$

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Ивановский Р.И., Чугунцев А.В. Ковариационный анализ стохастических систем. Материалы Международной конференции «Моделирование-2002», 2002.
- 2.Ивановский Р.И., Игнатов А.А. Теория чувствительности в задачах управления и оценки. ЦНИИ "Румб". Л.: 1986. 112 с.
- 3.Ивановский Р.И. Компьютерные технологии в науке. СПбГТУ. СПб.: 2000. 199 с.