

Математическая и компьютерная модель оценки динамических характеристик возмущенного движения механического объекта

Д.А. Рогачев, С.М. Кривель

Данная работа посвящена изучению задачи возмущенного движения механического объекта.

Цель настоящей работы состоит в разработке методики и программного обеспечения оценки динамических характеристик возмущенного движения механического объекта.

Для достижения цели решены следующие задачи:

1. Разработка требований и структуры программы исследования возмущенного движения системы в обобщенном виде. Выделены принципы распределения всех параметров правых частей дифференциальных на группы.

2. Синтез математической модели возмущенного движения механического объекта.

3. Исследование характеристик возмущенного движения летательного аппарата.

Любую самую сложную систему можно описать системой дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\dot{y}_1 = f_1(x_1, \dots, x_m, y_1, \dots, y_n, \dot{y}_2, \dots, \dot{y}_n, t),$$

$$\dot{y}_2 = f_2(x_1, \dots, x_m, y_1, \dots, y_n, \dot{y}_1, \dot{y}_3, \dots, \dot{y}_n, t),$$

$$\dot{y}_n = f_n(x_1, \dots, x_m, y_1, \dots, y_n, \dot{y}_1, \dot{y}_2, \dots, \dot{y}_{n-1}, t),$$

где n - количество уравнений, а m количество параметров.

Такое описание процесса представляет собой описание системы в уравнениях состояния.

Все параметры правых частей могут быть разделены на три группы:

1. Управляющие – это параметры, которыми регулируется или управляется состояние системы.

2. Управляемые факторы – это переменные (параметры), правых частей системы на которые есть возможность воздействовать с целью минимизации отрицательного эффекта от их изменения либо с целью увеличения положительного эффекта.

3. Возмущения – все остальные параметры правых частей.

Под управляющим возмущением понимаются любые самостоятельные изменения управляемых параметров или управляемых факторов. Изменения параметров третьей группы представляют собой собственно возмущения. Если изменяется один параметр, то

производится оценка свойств объекта и характеристик его возмущенного движения по параметру. Если изменяется группа параметров, то производится оценка свойств объекта и характеристик его возмущенного движения по группе параметров.

Для количественной оценки устойчивости, управляемости, чувствительности системы принято подавать стандартные возмущения:

1. Ступенчатый сигнал.
2. Гармонический сигнал.
3. Импульсный сигнал.

Реакция системы на ступенчатый сигнал называется переходной функцией. Реакция системы на импульсный сигнал называется импульсной переходной функцией или импульсной реакцией. Реакция системы на гармонический сигнал приводит понятию частотных характеристик системы.

В качестве частного примера рассмотрена задача оценки устойчивости возмущенного движения летательного аппарата.

Движение летательного аппарата описывается изменением векторов скорости центра масс и угловой скорости относительно центра масс системой дифференциальных уравнений первого порядка. Уравновешивание системы на заданных начальных условиях полета обеспечивается виртуальной автоматической системой. Автоматическая система многоканальная, построена на PID-регуляторах. Количество каналов управления соответствует количеству дифференциальных уравнений.

После уравновешивания системы полученные параметры рассматриваются в качестве начальных для решения задачи Коши по отношению к исходной системе дифференциальных уравнений с имитацией возмущения по параметру или группе параметров.

Заключительный этап решения задачи – обработка результатов вычислительного эксперимента и анализ свойства объекта исследования.

Предложенные математические и компьютерные модели позволяют исследовать любые динамические системы

Компьютерная модель построена с использованием системы моделирования Matlab и Simulink.