

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

В.П. Щербаков, Г.И. Волович

STUDY OF TECHNICAL OBJECTS WITH THE USE OF IDENTIFICATION METHOD BY SIMULATION

V.P. Shcherbakov, G.I. Volovich

Рассматривается методика, позволяющая определить неизвестные параметры модели технических объектов с использованием метода идентификации моделированием.

Ключевые слова: идентификация, частотные характеристики, технический объект.

The article considers methodology which gives possibility to define unknown parameters of technical objects models with the use of identification method by simulation.

Keywords: identification, frequency characteristics, technical object.

Введение

При проектировании и исследовании технических объектов математическая модель, удовлетворяющая критериям адекватности и точности, позволяет воспроизвести на вычислительных машинах физические процессы, которые максимально приближены к реальным процессам изучаемых объектов. При получении аналитического описания существующих технических объектов на основе происходящих в них физических процессов возникают трудности, которые возможно решить с использованием методов теории идентификации.

В [1] рассмотрен метод идентификации моделированием, который можно применить для идентификации реальных технических объектов, содержащих как линейные, так и нелинейные элементы.

Предлагаемая методика состоит из трех основных этапов, последовательное выполнение которых позволит получить методами параметрической идентификации неизвестные параметры математической модели объекта.

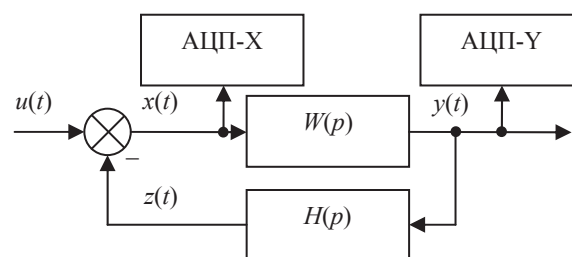
Структурная схема технического объекта

Для проведения исследований технического объекта, подключенного по специальной схеме или находящегося в нормальном режиме эксплуатации, необходимо к входу и к выходу изучаемой

части объекта подключить устройства, регистрирующие протекающие процессы во временной области. Такими устройствами могут быть аналого-цифровые преобразователи (АЦП) с дополнительными блоками уменьшения и увеличения уровня входного сигнала.

Структурная схема в общем виде приведена на рисунке.

Тогда при подаче на вход объекта сигнала $u(t)$ будут получены входной $x(t)$ и выходной $y(t)$ сигналы изучаемой части $W(p)$ технического объекта, структурная схема которой известна, а параметры требуется получить.



Структурная схема объекта

Методика регистрации сигналов технического объекта

При получении значения сигналов X и Y в момент времени t необходимо зарегистрировать это значение по специальной схеме в хранилище.

Щербаков Василий Петрович – аспирант кафедры систем управления, Южно-Уральский государственный университет; vs_develop@mail.ru

Волович Георгий Иосифович – д-р техн. наук, профессор кафедры систем управления, Южно-Уральский государственный университет; g_volovich@mail.ru

Vasily Petrovich Shcherbakov – postgraduate student of Control Systems Department of South Ural State University; vs_develop@mail.ru

Georgy Iosifovich Volovich – Doctor of Science (Engineering), professor of Control Systems Department of South Ural State University; g_volovich@mail.ru

Так как каналы X и Y физически одинаковы, то при рассмотрении методики достаточно ограничиться рассмотрением методов для канала X . Для канала Y необходимо проводить аналогичные действия, выполняемые синхронно с действиями на канале X .

Для проведения качественной идентификации важен не объем данных, а наличие в функциональной зависимости АЧХ точек изгиба. Поэтому при регистрации значений сигнала с частотой 200 кГц не требуется хранить все 200000 точек, достаточно сохранить только опорные точки. Наиболее простой способ состоит в сравнении приращений нового значения модуля ЧХ относительно предыдущего. Например, при подаче на вход объекта гармонического сигнала с частотой ω , создаваемого генератором, в общем виде регистрируемый сигнал амплитуды X_M и фазы ψ_X представляется в виде:

$$X(t) = X_M \sin(\omega t + \psi_X). \quad (1)$$

Рассматриваемый алгоритм можно реализовать следующим образом. На первом этапе необходимо подготовить массив V , в который будут записываться опорные точки вида «время t , значение X ». Кроме того, обнуляются предыдущие значения амплитуды X_p , времени T_p и приращения D_p , а также значение счетчика CNT записанных опорных точек. На следующем этапе запускается процесс измерения сигнала длительностью T , в ходе которого с соответствующей частотой АЦП формируются точки вида «время t , значение X », каждая из которых рассматривается следующим образом. По формуле (2) рассчитывается значение приращения для полученной точки:

$$D = (X - X_p) / (T - T_p). \quad (2)$$

Далее осуществляется сравнение значений полученного приращения D со значением D_p , полученным для предыдущей опорной точки. Следующая формула позволяет рассчитать относительную погрешность между предыдущим и новым значением приращения:

$$|(D - D_p) / D_p| \cdot 100 \%. \quad (3)$$

Если значение D_p равно нулю и значение D не равно нулю, либо значение, полученное по формуле (3), превышает установленный барьер по приращению (например, 5%), то необходимо зарегистрировать полученную точку как опорную и в предыдущих значениях амплитуды X_p , времени T_p и приращения D_p сохранить соответствующие новые значения амплитуды X , времени T и приращения D . В ином случае, полученная точка не регистрируется в качестве опорной точки. Кроме того, следует рассчитать путем Фурье-анализа [2] синфазные и квадратурные составляющие сигнала по формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} X &= \int_T X(t) \cos(\omega t) dt = \\ &= \sum_{j=1}^N \frac{X_{j-1} \cos((j-1)\omega\Delta t) + X_j \cos(j\omega\Delta t)}{2} \Delta t, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{Im} X &= \int_T X(t) \sin(\omega t) dt = \\ &= \sum_{j=1}^N \frac{X_{j-1} \sin((j-1)\omega\Delta t) + X_j \sin(j\omega\Delta t)}{2} \Delta t, \end{aligned} \quad (5)$$

где T – время интегрирования; N – число значений сигнала за время интегрирования; Δt – шаг интегрирования.

Последнюю точку процесса измерения следует сделать опорной точкой.

Таким образом, для проведенного эксперимента в цифровом виде будут получены опорные значения входного X и выходного Y сигналов, являющиеся основой для проведения идентификации. Кроме того, по полученным синфазным и квадратурным составляющим сигнала рассчитываются значения логарифмического модуля и аргумента для частоты ω по формуле:

$$L = 10 \lg \frac{(\operatorname{Re} Y)^2 + (\operatorname{Im} Y)^2}{(\operatorname{Re} X)^2 + (\operatorname{Im} X)^2} \quad (6)$$

$$\text{и } \varphi = \arctg\left(\frac{\operatorname{Im} Y}{\operatorname{Re} Y}\right) - \arctg\left(\frac{\operatorname{Im} X}{\operatorname{Re} X}\right).$$

По полученным значениям модуля и аргумента осуществляется построение логарифмической амплитудной и фазовой частотных характеристик.

Методика идентификации технического объекта

Идентификацию исследуемого объекта необходимо осуществлять поэтапно.

1. Пусть NP – число получаемых точек частотной характеристики (ЧХ), каждая из которых снимается на определенной частоте генератора.

2. Для каждой точки ЧХ устанавливаются параметры генератора и запускается процесс измерения сигналов X и Y . После этого будет получено NP наборов сигналов X и Y , а также NP наборов логарифмического модуля и фазы.

3. В специализированном программном продукте строится NP одинаковых моделей исследуемого объекта в виде структурных схем, в которых элементы содержат неизвестные параметры P . К каждой модели подключается соответствующий входной сигнал X , а к выходу модели подключается устройство получения среднего квадратического отклонения (СКО), позволяющее получить значение СКО между смоделированным выходным сигналом и реальным

сигналом Y . Устанавливаются начальные значения параметров P , и запускается процесс идентификации методом моделирования.

4. Для каждого полученного P происходит моделирование NP моделей. После этого анализируется и выбирается максимальное значение СКО NP моделей. Пункт 4 повторяется до тех пор, пока не будут получены параметры P со значением СКО, удовлетворяющим соответствующим требованиям по точности, либо количество итераций превысит планируемое число.

5. В результате идентификации будет получена структурная схема системы с известными параметрами, которую можно использовать для уточнения ЧХ.

Заключение

На основе метода идентификации моделированием разработана методика, позволяющая определять параметры модели реального технического объекта.

Литература

1. Щербаков, В.П. Метод идентификации моделированием для получения частотной характеристики объектов и систем / В.П. Щербаков // *Механика и процессы управления: сб. науч. тр.* – М.: РАН, 2011. – С. 238–245.

2. Вавилов, А.А. Экспериментальное определение частотных характеристик автоматических систем / А.А. Вавилов, А.И. Солодовников. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 171–179.

Поступила в редакцию 29 августа 2012 г.