
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ

УДК 006.91: 67.05

С. С. РЕЗНИКОВ

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Рассматривается возможность применения теории интеллектуальных измерений к проблеме имитационного моделирования нарезания зубчатых колес.

Ключевые слова: имитационное моделирование, зубчатые колеса, интеллектуальные измерения.

Одним из наиболее перспективных направлений развития измерительной техники в настоящее время является интеллектуализация средств измерений [1] и построение измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов. Важной особенностью интеллектуальных средств измерений является возможность использования в процессе измерения исходной и текущей информации о технической системе, процессе или величине, которая является объектом измерений.

В настоящее время применение методов интеллектуальных измерений в ряде предметных областей, например в механической обработке, серьезно ограничено отсутствием математических моделей, которые могут являться источниками исходной информации о процессах, являющихся объектами измерения или управления.

В современном машиностроении зубчатые колеса являются одной из важных составляющих для решения задач преобразования механического движения. Изготовление зубчатых колес — сложный и трудоемкий процесс, во многом зависящий от эксплуатационных свойств зуборезного инструмента, в частности, червячных зуборезных фрез. С целью увеличения производительности процесса, снижения трудоемкости и себестоимости зубчатых колес, повышения их надежности необходимо создавать имитационные модели, максимально соответствующие исходному объекту.

Понятие „интеллектуальные измерения“ [1] было введено в начале 1980-х гг. благодаря созданию процессорных информационно-измерительных систем, имеющих в составе измерительной цепи перепрограммируемые вычислительные устройства, а также совершенствованию принципов построения измерительных средств и разработке математического обеспечения измерений.

Интеллектуальные средства измерения должны удовлетворять следующим основным требованиям [2]:

- 1) возможность изначального выбора алгоритма измерений и (или) трансформации алгоритма измерений непосредственно в процессе измерений;
- 2) возможность автоматической самопроверки и калибровки задействованных измерительных каналов и использующихся алгоритмов измерений;

3) возможность адаптации алгоритма измерений, а также возможность самопроверки и самокалибровки измерительных каналов и алгоритмов измерений, определяющаяся наличием аппаратной и (или) программной избыточности интеллектуального средства измерений;

4) основанием для выбора или оптимизации алгоритма измерений должна являться исходная или исходная и текущая информация об объекте измерений, средстве и условиях измерений;

5) наличие интеллектуального диалогового интерфейса как средства взаимодействия оператора и интеллектуального средства измерений.

Иногда в качестве определяющей характеристики интеллектуального средства измерения рассматривается наличие памяти, в которой хранятся программа реализации измерений и данные, необходимые для осуществления измерений.

В настоящее время наиболее актуально проведение исследований, связанных с разработкой систем управления базами знаний, методов представления в них знаний об объектах, средствах и условиях измерений, а также с разработкой подходов к созданию математического обеспечения интеллектуальных измерений. В данном контексте математическое обеспечение интеллектуальных измерений понимается как совокупность формализованных описаний (математических моделей) объектов, условий, процедур и средств измерений и их метрологических характеристик. При этом имитационные математические модели объектов измерений рассматриваются как элемент математического (алгоритмического или метрологического) обеспечения измерительных процедур.

Имитационные математические модели технических объектов находят в системах, использующих интеллектуальные средства измерений, двойное применение. Имитационная модель, используемая в алгоритмах измерений, рассматривается как эталонный (идеальный) процесс, функционирующий в режиме реального времени синхронно с процессом, который является объектом измерения или управления. Различия между эталонным (модельным) и реальным процессом рассматриваются как информативный параметр, подвергаемый дальнейшему анализу и интерпретации.

На рисунках иллюстрируется структура применяемых в системах управления механической обработкой [3] интеллектуальных средств измерений, использующих эталонную имитационную модель объекта измерений в качестве элемента алгоритмического обеспечения (ИП — измерительный преобразователь; П — числовой измерительный преобразователь). При построении схем использовался аппарат формализации измерительных процедур. На рис. 1 представлена схема средства, использующего эталонную модель, построенную на основе исходных данных о поведении объекта измерений.

Алгоритм вычисления значений параметров λ_p , функционально связанных с входными параметрами $\gamma_i(t_j)$ ($i = 1, \dots, m$), определяется характером входного сигнала $\{\alpha_i, f_s(t, r)\}$, условиями функционирования средства измерений $\{\beta_k, \varphi_m(t, l)\}$ и характеристиками требований и ограничений $\{\gamma_n, \psi_q(t, u)\}$. Алгоритм измерения в данном случае понимается как алгоритм идентификации и реализации оптимального преобразования $\{\xi_{i,j}^3\} \rightarrow \{\lambda_{p,j}^*\}$, где $\{\xi_{i,j}^3\}$ — полученное в результате измерительных преобразований множество значений параметров процесса, эталонные (модельные) значения которых могут быть определены путем имитационного моделирования поведения объекта измерений. Основанием для выбора алгоритма измерений служат результаты анализа множества мер близости $\{d\xi_{i,j}\}$ между экспериментальными (измеренными) $\{\xi_{i,j}^3\}$ и модельными

$\{\xi_{i,j}^M\}$ оценками параметров измеряемого процесса, отнесенными к его t_j -му сечению. Числовые измерительные преобразования Π_1 — Π_5 выполняются процессорной частью интеллектуального средства измерений.

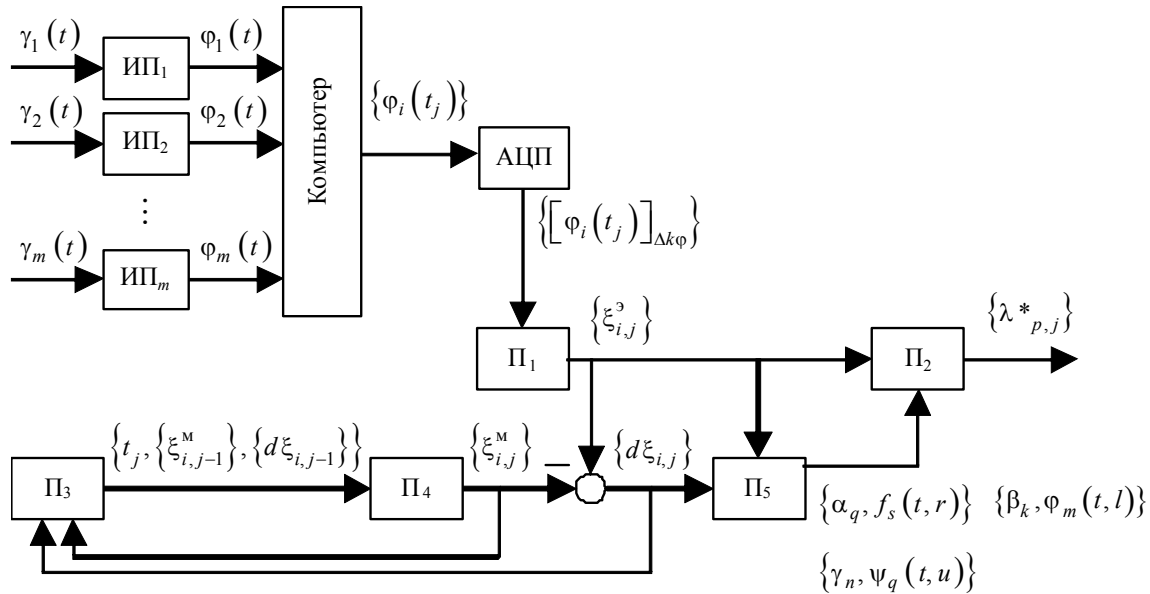


Рис. 1

Специфика интеллектуального средства измерений (см. рис. 1) обусловлена фактической независимостью функционирования подсистемы моделирования (Π_3, Π_4) и измерительной процессорной подсистемы (Π_1, Π_2, Π_5). Обратная связь, служащая для передачи множества значений $\{d\xi_{i,j}\}$ на вход Π_3 , может быть исключена, если в модели поведения объекта измерений не требуется учет степени текущего рассогласования между $\{\xi_{i,j}^3\}$ и $\{\xi_{i,j}^M\}$. При этом вектор $\{\xi_{i,j}^M\}$ строится на основе отображения $\{t_j, \{\xi_{i,j-1}^M\}\} \rightarrow \{\xi_{i,j}^M\}$.

На рис. 2 представлена структура интеллектуальной измерительной системы, построенной на принципах самообучения. При работе в режиме обучения (рис. 2, а) результаты измерения значений входных параметров $\gamma_i(t_j, \omega)$ ($i = 1, \dots, m$; $\omega = 1, \dots, \Omega$; здесь ω — номер измеряемого процесса в обучающей последовательности) позволяют построить математическую модель исследуемого процесса $\{\alpha_q, f_s(t, r)\}$ и модель условий функционирования средства измерений $\{\beta_k, \varphi_m(t, l)\}$.

Полученные результаты моделирования используются в дальнейшем для оценки меры рассогласования $\{\xi_i(t_j)\}$ между эталонным и реальным процессом (рис. 2, б). На основе множества значений $\{\xi_i(t_j)\}$ определяются оценки измеряемых величин $\{\lambda^*_{p,j}\}$.

В системах измерения и управления процессами механической обработки [4, 5] находят применение не только представленные на рис. 1 и 2 интеллектуальные средства измерений. Однако большинство структур отличаются от описанных рядом второстепенных признаков (цифровая коммутация в схеме рис. 1, применение операторов осреднения $S_{i\omega}(\cdot)$ к заранее

сформированной совокупности характеристик измеряемого процесса $\left\{ [\varphi_i(t_j, \omega)]_{\Delta k \varphi q} \right\}_\omega$

рис. 2 и т.д.).

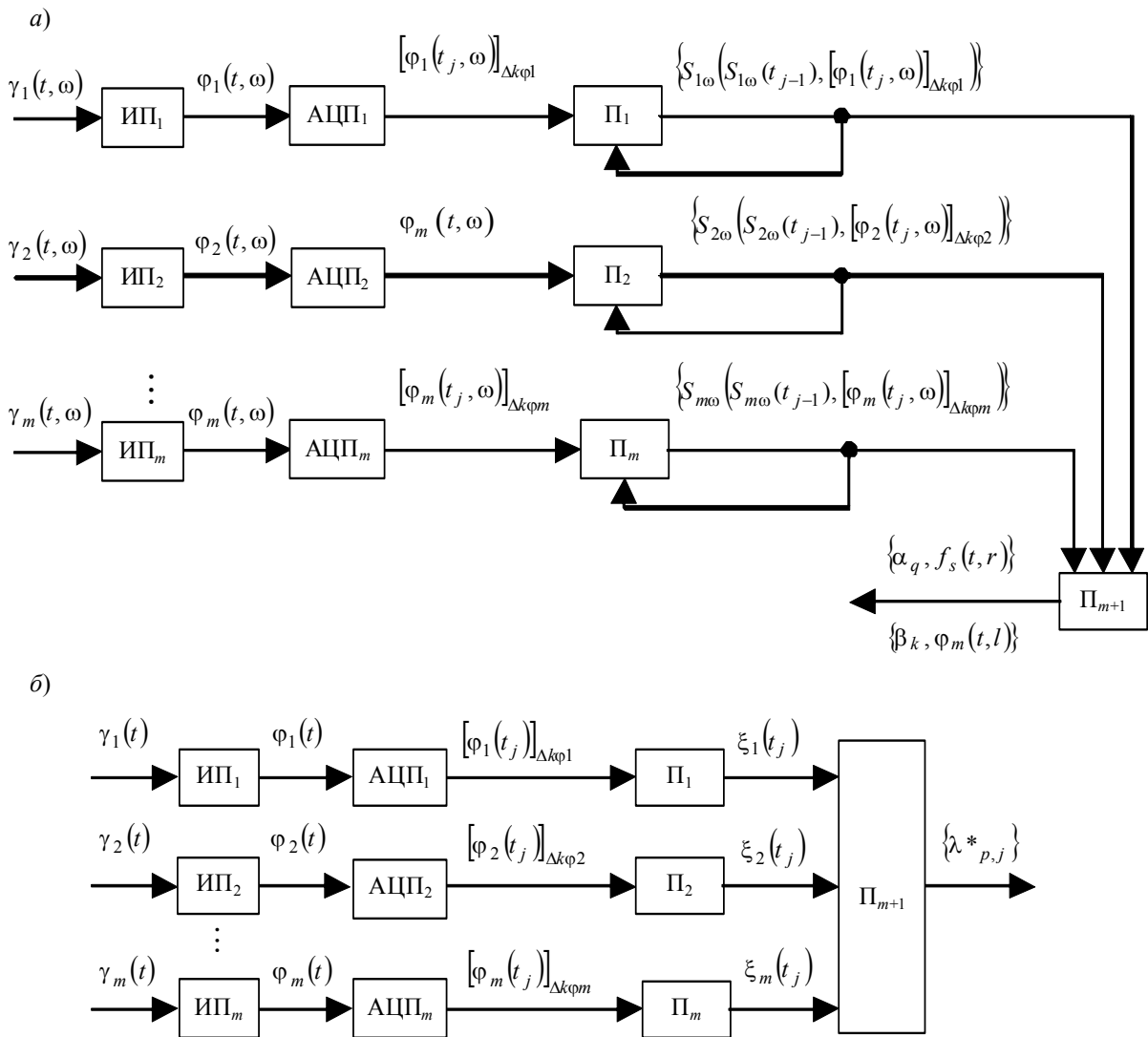


Рис. 2

Множество возможных алгоритмов функционирования „старших моделей“ интеллектуальных средств измерений может быть открытым (потенциально бесконечным). Вследствие этого средство измерений такого класса не может быть охарактеризовано конечным множеством значений метрологических характеристик. Задача выбора эффективного измерительного алгоритма рассматривается как задача оптимизации метрологических характеристик, каждая из которых является функционалом, определенным на множестве параметров допустимых алгоритмов $\{A_i\}$, множестве параметров входных сигналов $\{\alpha_i, f_s(t, r)\}$ и условий функционирования средства измерений $\{\beta_k, \varphi_m(t, l)\}$. Необходимость решения задач такого класса приводит к тому, что основная область интересов смещается с разработки аппаратных решений информационно-измерительных систем к разработке методов оптимизации алгоритмического обеспечения измерений и созданию методов оценки его метрологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов В. Н., Соболев В. С., Цветков Э. И. Интеллектуальные средства измерений. М.: РИЦ „Татьянин день“, 1994. 280 с.
2. Токарев В. В. Имитационная математическая модель геометрических параметров процесса червячного зубофрезерования. Метрологические аспекты и алгоритмическое обеспечение. Дис. ... канд. техн. наук. Волгоград: ВолгГТУ, 1998. 275 с.
3. Цветков Э. И. Алгоритмические основы измерений. СПб: Энергоатомиздат, 1992. 254 с.
4. Бронштейн Г. В., Городецкий М. С., Гордон Е. Р. и др. Адаптивное управление металлорежущими станками. М.: НИИМАШ, 1973. 227 с.
5. Токарев В. В., Скрбнев Г. Г. Математическое моделирование процессов резания, режущего инструмента и АСНИ: Учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 1998. 75 с.

Сведения об авторе**Станислав Сергеевич Резников**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мехатроники; E-mail: stanich@mail.ru

Рекомендована кафедрой
мехатроникиПоступила в редакцию
29.02.12 г.