

3. Обзоры по электронной технике: Малые локальные сети микро-  
контроллеров и микроЭВМ /С.А.Нестеренко, С.Н.Карпов. М., 1986.  
64 с. (Сер. Микроэлектроника. Вып. 6 (1243).

УДК 621.94:658.512.011.56

А.И.Крычков, В.Я.Пролиус

НИИ прикладной математики и кибернетики  
при ГТУ им. Н.И.Лобачевского

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГИХ КОНСТРУКЦИЙ  
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Излагается общее описание подсистемы исследования динамически упругих конструкций АСНИ "Атлант-2", технические средства которой представляют собой портативный комплект аппаратуры для экспресс-исследований собственных и вынужденных колебаний металлорежущих станков в цеховых условиях. Приводится описание программного обеспечения.

Упругая система станка представляет собой сложный механический объект с большим числом стыков базовых узлов (станина, консоль, стол и др.), механизмов перемещений и систем управлений (в станках с ЧПУ), поэтому априорное построение математических моделей невозможно без дополнительных экспериментальных исследований с целью определения собственных частот и форм колебаний [1]. Современные требования к скорости и точности обработки информации, полученной в ходе эксперимента, обуславливают необходимость автоматизации этих исследований. В статье дается описание подсистемы исследования динамики упругих конструкций АСНИ "Атлант-2" [2].

---

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.

---

Комплекс технических средств (КТС) подсистемы представляет собой портативный комплект аппаратуры для экспресс-исследований собственных и вынужденных колебаний металлорежущих станков в цеховых условиях (рис.).



Р и с. Структурная схема КТС подсистемы исследования динамики упругой конструкции АСНИ "Атлант-2"

Технические средства подсистемы состоят из серийно выпускаемых приборов – контроллера программируемого универсального "Электроника МС 2702", буферной памяти (плата ПЗУ) и аналого-цифрового преобразователя Ф4223, а также ряда разработанных нестандартных устройств – двух трехканальных усилителей сигналов, блока сопряжения и двух трехкоординатных датчиков вибраций ТПА-I (разработка ИПФ АН СССР). Усилители выполнены на основе ИС К574 УДЗБ, содержащей два идентичных быстродействующих операционных усилителя (ОУ) с высоким входным сопротивлением.

На одном из ОУ, входящих в ИС, собран усилитель, на другом – фильтр низких частот. Усилитель выполнен по инвертирующей схеме с коэффициентом усиления, регулируемым переменным резистором. Фильтр нижних частот второго порядка выполнен по схеме управляемого источника напряжения с параметрами, соответствующими фильтру Чобышева с пульсацией 0,5 дБ. Блок сопряжения предназначен для коммутации сигналов датчиков и для преобразования сигналов интерфейса контроллера "Электроника МС 2702" в сигналы управления платой ПЗ.

Основу коммутатора сигналов составляет ИС КР590КН1 - восьми-канальный МОП-коммутатор с дешифратором для коммутации напряжений от  $-5$  до  $+5$  В.

Устройство сопряжения буферной памяти и микроконтроллера выполняет две основные функции: формирование управляющих сигналов на плате ПЗУ для записи и считывания информации микроконтроллером и выработка циклов регенерации для обеспечения сохранности данных в ОЗУ. Так как устройство ПЗ используется в подсистеме исключительно для хранения данных, циклы регенерации формируются в моменты обращения микропроцессора за командами и данными в основную память. Трехкоординатный датчик вибраций ТПА-1 имеет коэффициент преобразования по напряжению не менее  $20$  МВ/м·с<sup>-2</sup>.

Подсистема функционирует следующим образом. Информация с датчиков, помещенных на объекте исследования, поступает на усилители. В блок усилителей входят также низкочастотные фильтры с полосой пропускания  $0...1200$  Гц. Далее сигналы поступают на шестиканальный коммутатор, размещенный на блоке сопряжения. С выхода коммутатора сигналы, преобразованные в 12-разрядный цифровой код, поступают на параллельный порт обмена микроконтроллера. Первоначальная установка коммутатора осуществляется программно микроконтроллером. Так как шина данных микроконтроллера имеет разрядность 8 бит, для ввода 12-разрядного кода используется два канала параллельного порта обмена. Переключение коммутатора на следующий канал осуществляется аппаратно сигналом "Строб", вырабатываемым АЦП и используемым для занесения информации в каналы порта. Сигналом чтения младших битов кода, выработанного АЦП, осуществляется запуск следующего цикла преобразования. Реально с использованием микроконтроллера "Электроника МС 2702" достижима частота выборки свыше  $30$  кГц, что означает частоту выборки  $5$  кГц для каждого канала, или полосу частот  $0...250$  Гц на канал. При минимально допустимой частоте выборки  $12$  кГц (полоса  $0...1000$  Гц на канале) использование в качестве буферного запоминающего устройства платы ПЗУ позволяет довести время наблюдения до  $4/3$  с, что приводит к значимым оценкам плотности спектра мощности и плотности кросс-спектра на частотах порядка единиц герц. Записанная в буферное запоминающее устройство информация по окончании ввода программно преобразуется в последовательный код и записывается на магнитофон.

Основой решения всех задач подсистемы является вычисление спектральных характеристик, и достоверность всех полученных данных зависит от качества проводимого спектрального анализа. В связи с этим для решения задач используются широко апробированные и изложенные в литературе методы спектрального анализа, основанные на преобразовании Фурье [3].

К числу основных задач, решаемых подсистемой, относятся оценка частот и форм нормальных мод. Для оценки частот нормальных мод используется следующая последовательность шагов.

пары сигналов датчиков заносятся в комплексный массив: сигнал с одного датчика как действительная часть, с другого – как мнимая; к полученному массиву применяется быстрое преобразование Фурье (БПФ);

осуществляется разделение полученных данных на преобразование первого и второго сигналов;

к полученным преобразованиям применяется спектральное окно Гудмэна-Эноксона-Отнеса;

вычисляются квадраты абсолютных величин, которые нормируются так, чтобы получились несглаженные оценки мощности.

Чтобы подправить оценки, их умножают на коэффициент, отвечающий сглаживанию Гудмэна-Эноксона-Отнеса, тем самым компенсируя убывание дисперсии, вызванное временным сглаживанием, отвечающим применяемому окну. После этого сглаженные оценки получают осреднением несглаженных соседних оценок. Ищут максимумы кросс-спектра и запоминают их в качестве "кандидатов" на частоты собственных мод. Для точек максимума определяют фазовые характеристики, и если они близки к 0 или 180°, частота фиксируется как частота нормальной моды.

Проверяются следующие условия:

разрешение по частоте анализа составляет не более 0,2 от полосы пропускания нормальной моды по уровню половинной энергии;

разность частот соседних мод превышает удвоенную сумму их полос пропускания по уровню половинной энергии;

вычисляется оценка коэффициента затухания как полоса пропускания по уровню половинной энергии, деленная на удвоенную частоту моды.

Если первые два условия выполнены, а вычисленная оценка превышает 0,05, то мы имеем значительное отклонение значения частоты, со-

ответствующее нормальной моде, от вычисленного значения резонансной частоты, что помечается при выдаче результатов. Невыполнение любого из первых двух условий приводит к завышенной оценке коэффициента затухания, поэтому пороговое значение этого коэффициента полагается равным 0,1. Если вычисленная резонансная частота близка к собственной, то может проводиться оценка формы этой моды. Отклонение на частоте  $f$ -й моды в точке  $f$  определяется как корень квадратный из значения плотности спектра мощности на данной частоте в данной точке.

В состав программного обеспечения подсистемы входят следующие программы: диалог с пользователем; определение частот и оценка форм нормальных мод; ввод экспериментальных данных и формирование тестовых данных; быстрое преобразование Фурье (БПФ); прямое и обратное спаренное БПФ действительных последовательностей; применение к результатам БПФ сглаживающего окна; вычисление очередного сглаживающего значения спектра при применении окна; вычисление частот, на которых спектральные характеристики достигают максимума; чтение очередного отсчета из файла данных; вывод графика на экран терминала; вывод на печать результатов расчета.

Проверка комплекса программ подсистемы выполняется с помощью программы, осуществляющей моделирование данных. Эта программа формирует файл тестовых данных, которые затем обрабатываются комплексом программ подсистемы. Формируются два сигнала, имеющие от одного до четырех спектральных пиков. Частоты и фазовый сдвиг при этом задаются пользователем в диалоге. К сигналам добавляется случайный шум, амплитуда которого задается пользователем. После обработки пользователь может сравнить исходные и вычисленные спектральные характеристики, оценить влияние шума на результаты обработки.

Все программы комплекса написаны на языках ФОРТРАН-4 и МАКРО-АССЕМБЛЕР СМ ЭВМ с использованием средств, предоставляемых пользователю средой ОС *MVS*.

#### Библиографический список

1. Добрынин С.А., Фельдман М.С., Тирсов Г.И. Методы автоматизированного исследования вибраций машин. М.: Машиностроение, 1987.

2. Развить и ввести в опытную эксплуатацию в НИИ ПМК при ГТУ систему автоматизации экспериментальных исследований динамических характеристик резания и упругих конструкций для идентификации математических моделей замкнутых динамических систем металлорежущих станков: Отчет о НИР/НИИ ПМК. № ГР 0186.0113288, Инв. № 0288007562, Горький, 1988. Отв. исполн. Ю.И.Городецкий, В.Я.Процус, А.И.Крючков, А.П.Галкин и др.

3. Отнес Р., Эвоксон Дж. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982.

УДК 621.94:658.512.011.56

А.П.Галкин, Ю.И.Городецкий, А.И.Крючков, В.Я.Процус

НИИ прикладной математики и кибернетики  
при ГТУ им. Н.И.Лобачевского

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Приводится общее описание подсистемы исследования динамики процесса резания АСНИ "Атлант-2". Дана структурная схема комплекса технических средств и приводится описание программного обеспечения.

В данной статье приводится общее описание подсистемы исследования динамики процесса резания АСНИ "Атлант-2", которая является развитием созданной в НИИ прикладной математики и кибернетики АСНИ "Атлант-2" [1]. Это развитие выразилось в модернизации комплекса технических средств (КТС) системы на базе ИВК "Мера-60", которое позволило исключить промежуточный носитель информации (перфленту) и тем самым значительно повысить ее надежность и производительность. Доработанное программное обеспечение позволило провести спектраль-

---

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.

---