

нения в различных областях народного хозяйства, автоматизирующих экспериментальные исследования.

Л и т е р а т у р а

1. Ш а б а л о в Д.В. Использование ортогональных разложений для измерения параметров одиночных импульсов малой длительности. - В сб.: Автоматизация и метрологическое обеспечение технологии производства в приборостроении. Вып. 2, М., 1976.
2. Г е л ь м а н М.М., С т е п а н о в Б.М., П а н ф и л о в В.Н. Дискретные преобразования моноимпульсных электрических параметров. М., Атомиздат, 1975.
3. Е р м а к о в В.Г., Р ы ж е в с к и й А.Г., Ш а б а л о в Д.В. Исследования электрических цепей и сигналов разложением в функциональные ряды. - В сб.: Автоматизация и метрологическое обеспечение технологии производства в приборостроении. Вып. 3, М., 1977.
4. Ш а б а л о в Д.В. Использование нефинитных ортогональных разложений для анализа финитных сигналов. - В сб.: Автоматизация и метрологическое обеспечение технологии производства в приборостроении. Вып. 3, М., 1977.

В.С. Гутников, Д.А. Иванов, А.В. Клементьев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ МИНИ-ЭВМ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

(Ленинград)

В настоящее время для автоматизации экспериментальных исследований широко применяются мини-ЭВМ. Примером такой ЭВМ является специализированное вычислительное устройство I5VCM-5, имеющее следующие технические характеристики: объем памяти 8192 бита, максимальная длина программы 960 одношаговых команд, время обмена,

олющения, умножения - 2-3 мс. Встроенное долговременное ЗУ на магнитной ленте (используются стандартные компакт-кассеты) обладает емкостью до 200 килобайт. Технические характеристики устройства ИВСМ-5 позволяют успешно использовать его для решения многих задач, возникающих в процессе научно-технического эксперимента.

Автоматами была разработана и практически реализована измерительно-вычислительная система на базе устройства ИВСМ-5, предназначенная для автоматического сбора и обработки сигналов, заданных в аналоговом виде. В состав системы входят аналоговый коммутатор, аналого-цифровой преобразователь интегрирующего типа, имеющий быстродействие до 50 измерений в секунду и коэффициент подавления сетевой помехи нормального вида 60 Дб, устройство интерфейса, а также устройство вывода на ЭВМ дискретной информации, которая используется в качестве команд управления и тестовых сигналов. Пределы изменения входных аналоговых сигналов ± 2 В ($\pm 0,2$ В).

Максимальная скорость накопления массива результатов измерения практически определяется быстродействием АЦП, но объем выборки в этом случае ограничивается сравнительно небольшой емкостью оперативного запоминающего устройства ЭВМ. При обработке результатов измерений в реальном масштабе времени быстродействие системы определяется в основном сложностью алгоритма вычислений. На практике длительность цикла передачи команд управления, выборки и статистической обработки одного результата измерения составляла от 40 до 200 мс.

Разработанная измерительно-вычислительная система была использована для автоматизации ряда экспериментов, одним из которых было исследование случайных погрешностей измерительных преобразователей, имеющих цепи аддитивной коррекции и в частности, шумовых характеристик операционных усилителей. Целью исследования была проверка результатов теоретического анализа случайных погрешностей измерительных устройств, выполненного по методу текущих частотных характеристик [1], позволяющему рассчитывать дисперсию случайного процесса на выходе линейной системы в переходном режиме при стационарном случайном воздействии на входе. В результате эксперимента были получены зависимости дисперсии результата измерения, обусловленной шумами последующего измеритель-

ного устройства (ИУ), от времени между коррекцией и измерением. В состав установки, кроме перечисленных выше устройств, были дополнительно введены аналоговые запоминающее устройство (АЗУ), устройство регулируемой задержки сигнала "измерение" относительно сигнала "коррекция" на время τ . На вход ЗУ поступает разность текущего значения выходного напряжения измерительного устройства и сигнала коррекции, который равен выходному напряжению измерительного устройства при $\tau = 0$ и входном напряжении, равном нулю. Напряжение на выходе АЗУ измеряется цифровым вольтметром, с выхода которого результат измерения вводится в цифровом коде в ЭВМ. Работа ЭВМ осуществляется по программе, предварительно записанной в оперативное запоминающее устройство или на магнитную ленту. ЭВМ вырабатывает команды управления системой, осуществляет сбор и математическую обработку результатов измерений. При этом работа системы происходит в четыре такта:

1. Коррекция аддитивной погрешности измерительного устройства.

2. Запись мгновенного значения напряжения на выходе ИУ через время τ после окончания коррекции в АЗУ.

3. Измерение напряжения на выходе АЗУ с помощью АЦП и ввод результата измерения в ЭВМ.

4. Первичная математическая обработка результата измерения.

Таким образом, ЭВМ осуществляет сбор N результатов измерений и вычисление по ним вероятностных характеристик исследуемого случайного процесса. После этого работа по программе прекращается, и результат вычислений выводится на индикацию. Время одного цикла измерений определяется по формуле

$$T = N(t_k + t_u + t_{\text{вв}} + \tau),$$

где t_k - время такта коррекции;

t_u - время измерения ЦВ;

$t_{\text{вв}}$ - время ввода информации в ЭВМ.

Погрешность статистических измерений уменьшается с увеличением объема выборки N , но при этом увеличивается время эксперимента. Например, при изменении времени задержки τ в пределах 1-40 мс длительность обработки системой 4.10⁵ результатов составила до 10 мин. Оценка точности и контроль функционирования

системы В данном режиме проводился с помощью генератора случайных процессов ГСП-3. В качестве ИУ при этом использовалось инерционное звено первого порядка с заданной постоянной времени T , снабженной цепью аддитивной коррекции. Согласно анализу [1], зависимость дисперсий случайного сигнала на выходе ИУ от времени в переходном режиме при входном воздействии типа "белого шума" определяется выражением

$$D_y(t) = \frac{S_0}{4} \left[\frac{1}{T} + \frac{1}{T+T_f} (1 + 2e^{-\frac{t}{T}}) \right],$$

где t - текущее время с момента окончания цикла коррекции;

T_f - постоянная времени ИУ в такте коррекции.

Проведенный эксперимент показал, что расхождение между данными теоретического анализа и полученными практически находится в пределах расчетного допуска, зависящего от объема выборки.

Благодаря гибкой структуре разработанная система без трудоемких переделок была использована при проведении других экспериментальных исследований, в том числе для измерения характеристик высококачественных операционных усилителей (ОУ) - коэффициента усиления и коэффициента ослабления синфазного сигнала. Значения этих параметров у современных ОУ достигают 120-130 Дб и оказываются соизмеримыми с их максимальным динамическим диапазоном, определяемым как отношение полного "размаха" выходного напряжения к напряжению шумов, приведенному ко входу. Поэтому для измерения полезного сигнала на фоне шумов использовались методы накопления и синхронного детектирования, а увеличение точности привело, естественно, к необходимости статистической обработки большого объема измерительной информации.

На основе разработанной системы было также проведено исследование случайных погрешностей и измерение коэффициента ослабления помехи нормального вида интегрирующих измерительных преобразователей со сложными весовыми функциями. Входящий в состав системы интегрирующий АЦП имеет замкнутую структуру, что позволяет измерять среднее значение напряжения в примыкающих интервалах времени. Благодаря этому моделирование сложных ступенчатых весовых функций осуществлялось путем суммирования с определенным весом ряда последовательных показаний АЦП. Для измерения коэффициента ослабления помехи нормального вида на вход вольтметра пода-

важась напряженье синусоидальной формы и измерялась дисперсия показаний с помощью устройства I5BСМ-5. Разработанная методика и аппаратура для измерения коэффициента ослабления помехи нормального вида могут быть использованы для контрольно-измерительных операций при серийном производстве цифровых интегрирующих вольтметров.

В целом, как показал опыт практической работы с системой, применение ее для решения задач научно-технического эксперимента в области измерительной техники позволяет существенно снизить затраты времени на его подготовку и проведение, поскольку переход к новому эксперименту требует в основном доработки устройств согласования и изменения управляющих и вычислительных программ. В дальнейшем предполагается расширение как самого комплекса, так и круга решаемых с его помощью задач.

Л и т е р а т у р а

- Г у т н и к о в В.С. Анализ случайных погрешностей измерительных устройств в переходном режиме. Тезисы доклада на II Всесоюзном симпозиуме по динамическим измерениям. Ленинград, 1978.

В.Р. Баширов, В.В. Карасев, А.А. Михеев,
Г.И. Нечаев

СИСТЕМА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ВРАЩАЮЩИХСЯ АВИАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ

(Рязань)

Рассматриваемая система предназначена для сбора тензометрической информации на вращающихся авиационных механизмах и бесконтактной передачи этой информации через индукционный канал связи одновременно в аналоговой и цифровой формах в приемную аппаратуру для последующей обработки и регистрации [1].

Нормализация сигналов и их коммутация в системе осуществлены в форме биполярно-дискретизированных сигналов (БДС), обеспечивающих высокую помехозащищенность соединительных линий связи тен-