

В процессе испытаний было выявлено перемещение равновесной точки. Разложение сдвига на ортогональные направления позволило выделить величину неустойчивости механического узла датчика.

Л и т е р а т у р а

1. Проектирование датчиков для измерения механических величин. /Под ред. Е.П.Осадчего. - М.: Машиностроение, 1979.
2. Д ж. С е б е р. Линейный регрессионный анализ. - М.: Мир, 1980.
3. С к о б е л е в О.П. Методы преобразования и устройства сбора измерительной информации. - Куйбышев: КуАИ, 1980.

УДК 681.33.001.57

В.А.Киреев, О.П.Скобелев

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДСИСТЕМ СБОРА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В настоящее время методы моделирования на ЭВМ используются на этапах структурного и параметрического синтеза, а также при анализе функционирования средств измерений в тех или иных условиях. Связано это с тем, что традиционное для измерительной техники физическое моделирование, т.е. создание и испытание макета, является дорогостоящим и долговременным, а результаты испытаний нередко имеют частный характер. В то же время точное вычисление необходимых характеристик аналитическими методами, как правило, затруднительно из-за сложности измерительных устройств [1, 2].

Целесообразность использования имитационного моделирования при анализе и синтезе подсистем сбора и преобразования информации, использующих тестовые переходные процессы (ПС-ТПП), обусловлена, во-первых, трудностями анализа переходного процесса в измерительной цепи, которая содержит распределенные, нелинейные, переменные во времени параметры [3]; во-вторых, необходимость оценки влияния, которое оказывает на процесс преобразования комплекс детерминированных и недетерминированных факторов.

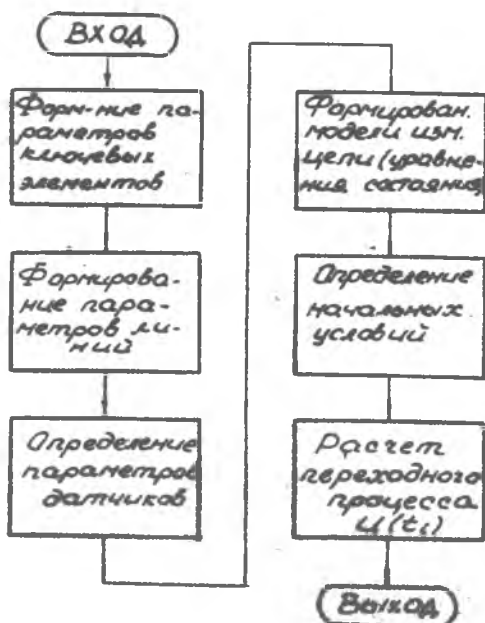
Моделирование аналого-цифровых устройств предполагает создание библиотеки имитационных моделей элементов (узлов), которые с помощью управляющей программы объединяются в модель всего устройства [4]. Такой подход к исследованию ПС-ТПП был сформулирован в работе [5], где на основе анализа структур подсистем выделены типовые элементы и блоки и приведены операторные выражения функционирования, являющиеся основой для построения управляющих программ.

В предлагаемой статье описываются моделирующие программы для некоторых элементов ПС-ТПП - измерительной цепи, компаратора, аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Приводится пример управляющей программы моделирования подсистемы, реализующей метод постоянной времени [6].

Измерительная цепь. В ПС-ТПП преобразование входной величины в выходную осуществляется путем возбуждения переходного процесса в измерительной цепи, состоящей из датчиков, ключей, линий связи, образцовых элементов. В связи с этим особое значение имеет анализ переходного процесса в цепи. Для такого анализа предлагается использовать метод уравнений состояний. С помощью этого метода разработаны модели измерительных цепей для различных параметрических датчиков, различающихся местоположением ключей (со стороны источника питания, со стороны операционного блока - компаратора и т.п.) и видом линий связи (двух-, трех-, четырехпроводные) [5]. Модель позволяет получить переходную функцию и оценить влияние, которое оказывает на нее как номинальные значения параметров линий и ключей опрашиваемого и неопрашиваемых каналов, так и отклонения параметров от этих значений, задаваемые своими пределами или законами распределения. При этом под параметрами линии связи понимаются ее емкость, индуктивность и активное сопротивление, а под параметрами ключа - параметры его статической схемы замещения.

Блок-схема алгоритма моделирования измерительной цепи представлена на рис. 1.

Компаратор. За основу модели компаратора, реализованного на операционном усилителе, принята схема, предложенная в работе [4]. Модель доработана с учетом специфики использования компаратора в ПС-ТПП. Она состоит из четырех частей: усилителя, порогового устройства, передаточного звена и ограничителя скорости выходного сигнала. Сигнал на выходе усилителя (U_y) представляет собой разность входного сигнала с помехой ($U_{\beta x} + \varphi$) и опорного

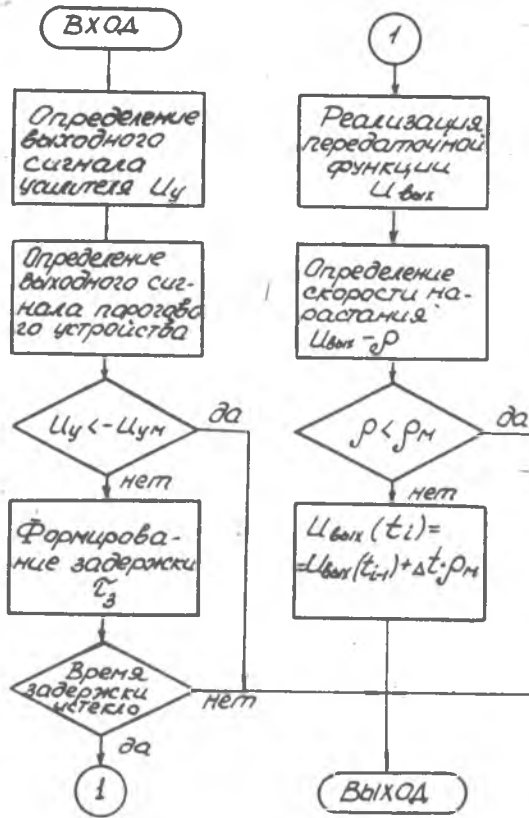


Р и с. 1. Блок-схема алгоритма моделирования измерительной цепи

уровня ($U_{оп}$), усиленную в $K_{оу}$ раз, причем $K_{оу}$ - коэффициент усиления операционного усилителя на постоянном токе. Пороговое устройство ограничивает уровень выходного сигнала некоторым максимальным значением ($U_{ум}$). Передаточное звено, в качестве которого используется апериодическое звено, описывает работу усилителя в линейном режиме. Появление ограничителя скорости изменения выходного сигнала отражает тот факт, что эта скорость (ρ) не может превышать максимально возможной (ρ_m), характеризующей быстроту действия усилителя.

Блок-схема алгоритма моделирования представлена на рис. 2. Модель учитывает задержку t_3 в переключении выхода компаратора.

Аналого-цифровой преобразователь. Предлагаемая модель имитирует работу АЦП "время-код", со-



Р и с. 2. Блок-схема алгоритма моделирования

держающего в своей структуре реверсивный счетчик. Такой АЦП используется в подсистемах для дифференциальных датчиков с последовательным опросом. При опросе одного плеча датчика счетчик работает на сложение, при опросе другого - на вычитание. В результате формируется код N , пропорциональный разности результатов опроса плеч.

Блок-схема алгоритма моделирования приведена на рис. 3. Модель построена с учетом начальной фазы квантования, т.е. разницы

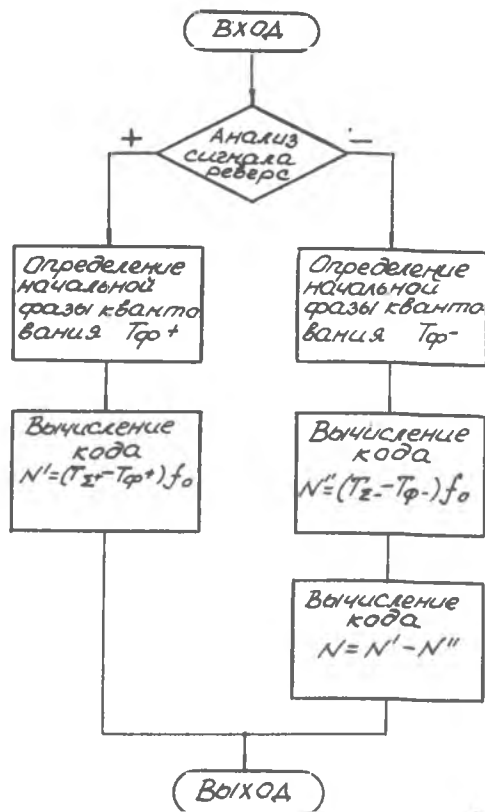
Фаз преобразуемого временного интервала T и последовательности импульсов заполнения, имеющих частоту f_0 . Предполагается равномерное распределение T_φ .

Модели измерительных цепей, компаратора, АЦП, объединенные управляющей программой, могут использоваться при исследовании характеристик различных подсистем.

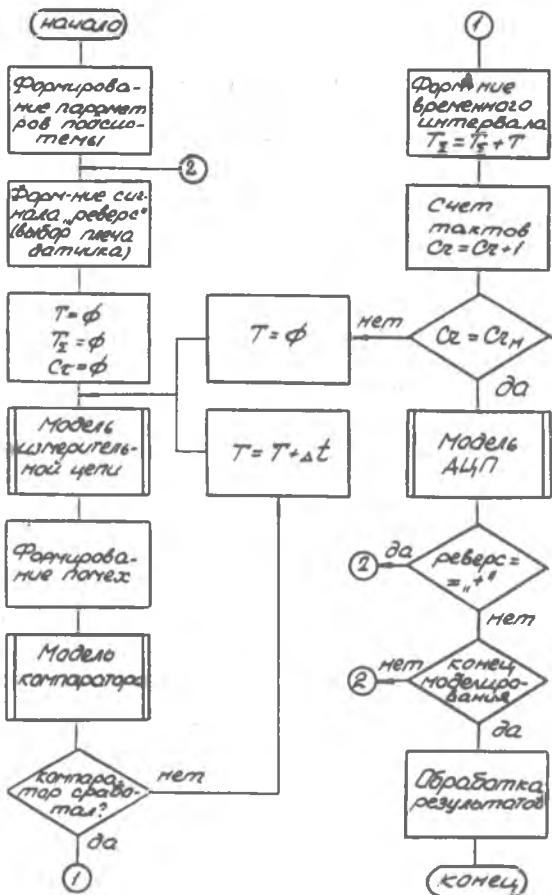
На рис. 4 приведена блок-схема моделирования подсистемы на основе метода постоянной времени, в которой реализован последовательный многократный опрос каждого плеча датчика с суммированием результатов опроса на каждом такте в аналоговой форме. Многократный опрос позволяет повысить чувствительность преобразования, что важно при использовании датчиков с малой постоянной времени [6].

Для моделируемой подсистемы задаются входной сигнал, число каналов, длина и тип линий связи, помехи, характеристики блоков и т.д. Модель позволяет получить уравнение преобразования, определить погрешность и оценить быстродействие подсистемы.

Контакты и переменные, указанные на блок-схеме, имеют следующий смысл: Δt - шаг пересчета системного времени; $с4$ -



Р и с. 3. Блок-схема алгоритма моделирования с учетом начальной фазы квантования



Р и с. 4. Блок-схема моделирования подсистемы на основе метода постоянной времени

число тактов опроса плеча датчика; $0,4M$ - заданное число тактов опроса; T - время одного такта; T_{Σ} - общее время опроса.

В заключение отметим, что разработанные модели применялись при анализе статических характеристик (уравнения преобразования и основной погрешности) подсистемы с индуктивными датчиками типа ДМИ в условиях действия помех общего и нормального видов. Предполагалось, что помеха общего вида имеет вид синусоиды с частотой 50 Гц и с начальной фазой, распределенной по равномерному закону. Помеха нормального вида - импульсная, причем моменты появления ее определяются законом Пуассона. На модели исследовались составляющие погрешности, вызванные нелинейностью уравнения преобразования, изменением длины линий связи и числа каналов подсистемы, разбросом остаточных параметров ключей, действием помех. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами испытаний и эксплуатации подсистемы.

Л и т е р а т у р а

1. М а н д е л ь ш т а м С.М., Х у с н у т д и н о в Г.Н. Имитационное моделирование в задачах анализа и синтеза многообъектных средств измерений. "Приборы и системы управления", 1977, № 3, с. 16.
2. Г и т и с Э.И. Влияние микропроцессоров на структуру и методы проектирования систем и приборов. "Приборы и системы управления", 1977, № II, с. 30.
3. С к о б е л е в О.П. Способы и средства анализа подсистем сбора, основанных на тестовых переходных процессах. - В сб.: Вопросы кибернетики. Автоматизация экспериментальных исследований. - М.: 1979.
4. Г и т и с Э.И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. - М.: Энергия, 1975.
5. С к о б е л е в О.П. Анализ структурных вариантов подсистем сбора, использующих тестовые переходные процессы. - В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. Труды Всесоюзной научно-технической конференции. - Куйбышев: КуАИ, 1980.
6. С к о б е л е в О.П. Методы преобразования и устройства сбора измерительной информации: Учебное пособие. - Куйбышев: КуАИ, 1980.