

строка $k-I$ корреляционной матрицы
коэффициент корреляции на уровне 0,05
1 линейный участок между сечениями
2 линейный участок между сечениями

Общие сведения о программном модуле

Идентификатор модуля: *STAT*

Язык программирования: *FORTRAN*

Среда функционирования: ОС ЕС, БЭСМ-6

Объем модуля: 260 перфокарт. В этот объем не включена программа подготовки входной информации, которая должна преобразовать экспериментальные данные к виду, пригодному для обработки модулем. Структура этой программы зависит от вида экспериментальной информации.

Программный модуль обращения к другим программам не имеет. Его блок-схема представлена на рисунке.

Библиографический список

1. Бушмин Е.В. и др. Разработки технических и программных средств АСНИ и "Материал" с учетом их унификации // Автоматизация научных исследований: Сб. науч. работ. - Куйбышев: 1984.

2. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: практическое руководство: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 238 с.

УДК 681.3

Д.А.Кузьмичев, Е.П.Калина, Ю.Г.Ковалев

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА
УЧЕБНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(г. Москва)

При современном уровне развития цифровой вычислительной техники, а также техники аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований становится возможным широкое использование метода имитаци-

онного моделирования физических систем на уровне реальных физических сигналов. Для целей обучения методологии экспериментальных исследований в естественных науках применение систем имитации реальных объектов является многообещающим и перспективным.

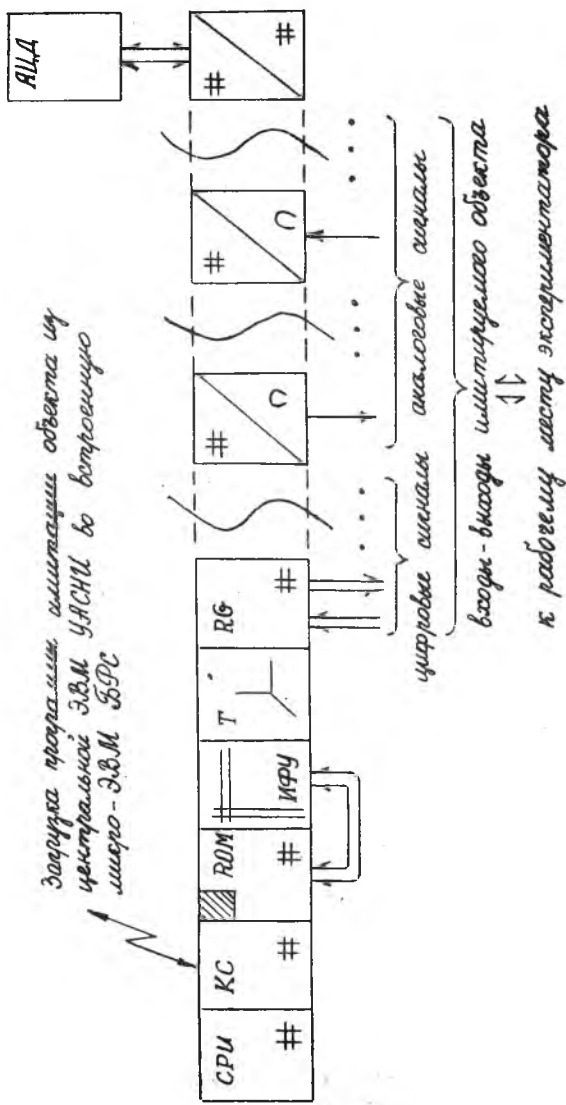
В работе /1/ были предложены принципы построения учебной автоматизированной системы научных исследований (УАСНИ), базирующейся на активном использовании имитационного комплекса, включенного в ее состав. Аппаратно УАСНИ представляет собой комплекс ЭВМ со звездообразной структурой связей. Центральная ЭВМ (ЦЭВМ) системы СМ-4 связана быстродействующими цифровыми каналами связи (КС) с индивидуальными лабораторными местами. Лабораторное место включает в себя рабочее место экспериментатора (РМЭ) – типовую измерительно-управляющую систему на базе микроЭВМ "Электроника-60" и аппаратуры КАМАК, а также блок реальных сигналов (БРС) со встроенной микроЭВМ "Электроника-81", имитирующей исследуемый (или управляемый) физический объект.

Наличие на лабораторном месте программно-управляемого имитатора дает возможность моделировать самые различные объекты. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, разнообразные случайные воздействия и т.д. Аппаратура БРС организована таким образом, чтобы обеспечить высокое качество имитации объекта на уровне выходных аналоговых сигналов и возможность моделирования объектов с достаточно высокой граничной частотой /2/. Структура и состав технического обеспечения имитационной системы лабораторного места приводится на рис. 1. Имитация объекта осуществляется программой моделирования, которая загружается в ЭВМ имитатора по КС. Аппаратные модули БРС обеспечивают выполнение следующих функций при имитации объекта:

программируемый таймер – формирование временных интервалов цикла программы моделирования и такта интерполяции выходных аналоговых сигналов;

аналого-цифровые преобразователи (АЦП) – преобразование непрерывных величин на входах имитатора в обрабатываемые программой моделирования данные;

цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) – преобразование численных результатов работы программы моделирования в непрерывные величины на выходах имитируемого объекта;



Р и с. 1. Структурная схема блока реальных сигналов

модуль цифровых регистров ввода-вывода - реализация дискретных входов-выходов имитируемого объекта и организация управления режимами работы моделирующей программы с рабочего места.

В состав БРС в отладочных целях может быть включен терминал для интерактивного взаимодействия с программой имитации.

Стандартная схема создания завершенной моделирующей программы включает в себя следующие этапы:

анализ физического объекта или явления, которые требуется имитировать, синтез его математической модели;

разработка эффективного алгоритма для реализации математической модели объекта с помощью цифрового вычислителя;

выбор адекватной конфигурации аппаратных средств блока реальных сигналов из имеющихся функциональных модулей;

машинная реализация построенного алгоритма на выбранном языке (или в выбранной системе) программирования.

Основные подходы к построению математических моделей систем, а также общие вопросы формализации и алгоритмизации процесса функционирования моделируемых систем достаточно подробно изложены в работе /3/. Рассмотрим практические аспекты создания программного обеспечения имитационного комплекса УАСНИ.

Программы имитации создаются в среде операционной системы ОС РВ центральной ЭВМ АСНИ. Большое значение при реализации модели на ЭВМ имеет вопрос правильного выбора языка моделирования. Программирование блока реальных сигналов (имитатора) отличается некоторой спецификой, выраженной в значительной привязке программного обеспечения к аппаратным средствам БРС и автономном (без поддержки операционной системы) функционировании загруженной в память микроЭВМ БРС программы моделирования. Последняя особенность объясняется дефицитом памяти во встроенном вычислителе БРС, а также требованиями простоты телезагрузки БРС программой имитации и максимального быстродействия программы.

С учетом этих соображений выбор базового языка программирования сводится к выбору между макроассемблером и автономным Фортраном *F4NDS* (или их совместному использованию).

Реализуемая программная модель системы может быть оценена по следующему набору характеристик:

характер моделируемой системы - дискретная, непрерывная или дискретно-непрерывная;

степень сложности моделируемой системы, которая может выражаться в числе ее входов-выходов и трудоемкости вычислений в цикле моделирования;

быстродействие модели, определяющее частотный спектр сигналов на входах и выходах системы;

степень соответствия математической модели реальной системе;

степень соответствия машинной реализации модели математической модели системы;

требуемый для размещения и работы программы имитации размер памяти;

сроки, отводимые на машинную реализацию модели системы;

возможности оперативной настройки или модификации модели системы;

возможности создания развитого информационного обеспечения моделей систем;

удобства в работе с реализацией модели, наличие возможности интерактивного управления работой модели и ее отладки.

Исходя из требований, предъявляемых к перечисленным характеристикам программ имитации, можно выделить три различных подхода к программированию алгоритмов реализации моделей изучаемых объектов.

I. Создание программ моделирования исключительно средствами алгоритмических языков общего назначения (Марк, Фортран). В ряде случаев из-за ограниченного ресурса памяти и производительности ЭВМ БРС только использование такого подхода позволяет получить программную реализацию требуемой модели. В других случаях использование данного подхода позволяет получать более точные и быстродействующие реализации моделей за счет оптимального использования ресурсов ЭВМ имитатора и возможностей аппаратуры блока реальных сигналов.

Однако такой подход имеет и очевидные недостатки, такие как: высокая трудоемкость программирования модели, а значит и длительные сроки, отводимые на создание программы;

разработчик модели должен обладать достаточно высокой квалификацией программиста и хорошо разбираться в аппаратном устройстве БРС;

трудности в развитии и модификации моделирующих программ, а также в использовании общего информационного обеспечения.

2. Применение подпрограмм из библиотеки объектных модулей блока реальных сигналов *BRSLIB*, не ограничивая программиста в выборе структуры моделирующей программы, в то же время дает возможность значительно упростить и ускорить разработку программного обеспечения имитатора. Подпрограммы библиотеки образуют низовой уровень программного обеспечения имитационного комплекса и фактически представляют собой набор драйверов для взаимодействия с аппаратурой функциональных модулей БРС. Подпрограммы библиотеки обеспечивают выполнение следующих функций:

DDAC, DADC, DECORG, DECORG - объявление функциональных модулей в программе и их инициализация;

FREQ, WAITE, SYNCR - организация работы с таймером и обслуживание временных событий;

IPEEK, IPOKE - обслуживание цифровых регистров;

DMOVE, DLINR - работа с модулями ЦАП;

INPADC, EDGE - работа с модулями АЦП;

TEST, BRSLTE, BRSLTL, BRSLTH - работа с флагами структурных событий.

При разработке программ имитации целесообразно также использовать объектные модули из библиотеки подпрограмм обслуживания терминала *VIDI* и библиотеки подпрограмм для проведения научно-технических расчетов (БНТР).

3. Использование подпрограмм библиотеки *BRSIM* (система моделирования блока реальных сигналов) позволяет установить единый подход к созданию моделирующих программ и информационного обеспечения имитационного комплекса, а также упростить процесс построения модели. Подпрограммы системы моделирования написаны на базе подпрограмм библиотеки *BRSLIB* и образуют второй уровень программного обеспечения БРС. При таком подходе функционирование моделирующей системы рассматривается как последовательная смена состояний системы в дискретные моменты времени с периодом, равным длительности цикла моделирования $/2/$. Математическим аппаратом для описания непрерывной части системы служат аналитические выражения, связывающие входные и выходные непрерывные (структурные) перемен-

ные системы, а также разностные уравнения. Описание дискретной части системы исчерпывается заданием алгоритма изменения состояния системы во времени (временные события) и в зависимости от достижения определенных значений структурными переменными (структурные события). Обслуживание структурных событий обеспечивается наличием аппаратных флагов, устанавливающихся автоматически по достижении структурными переменными задаваемых пороговых значений.

Структура управляющей подпрограммы *STMON* системы моделирования приведена на рис. 2. Подпрограммы библиотеки *BRSIM* выполняют следующие функции:

STMON - программный монитор, осуществляющий общее управление процессом моделирования объекта, его запуском и остановом, а также переключением во вспомогательные режимы;

ISTMON - осуществляет анализ условий прохождения процесса имитации, условий завершения цикла моделирования, команд рабочего места, подготавливая информацию о них управляющей подпрограмме *STMON*;

USFUN - управление параметрами моделируемой системы в интерактивном режиме (через алфавитно-цифровой дисплей);

USINT - подпрограмма определения начальных значений переменных модели, а также инициализации аппаратных модулей БРС. Данные в подпрограмму, как правило, передаются вызовом подпрограммы данных *BLOCK DATA*;

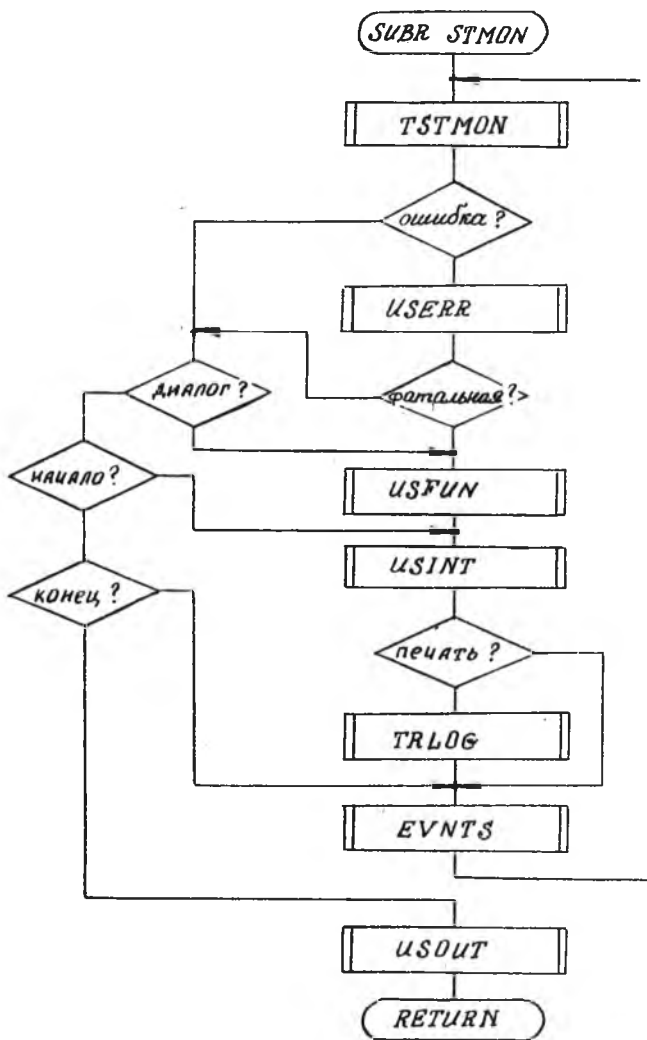
TRLOG - подпрограмма выдает основные сведения о параметрах моделируемой системы на терминал;

EVENTS - подпрограмма реализации моделирующей систему алгоритма. Эта подпрограмма должна быть написана пользователем;

USOUT - подпрограмма завершения моделирования объекта и вывода данных о результатах моделирования;

USERR - подпрограмма обработки ошибочных ситуаций.

Обмен данными между подпрограммами осуществляется через *COMMON*-блоки *UC1* (параметры и состояния дискретных объектов моделируемой системы) и *UC2* (структурные переменные). Если пользователя не устраивают по каким-либо причинам имеющиеся подпрограммы системы моделирования, он может заменить их своими.



Р и с. 2. Структура управляющей подпрограммы *STMON* системы имитации

Неиспользуемые при моделировании конкретного объекта подпрограммы (например, *USFUN* и *TRLOG* при отсутствии терминала в составе БРС) могут заменяться фиктивными.

Процесс подготовки программы моделирования, включающий в себя следующие этапы:

написание подпрограмм пользователя на Фортране (обязательным является написание подпрограммы реализации события *EVENTS*) в соответствии с соглашениями, принятыми в *BRSSIM*;

составление файла данных, управляющего параметрами моделируемой системы (или соответствующей подпрограммы блока данных);

трансляция текста программы с подпрограммами пользователя;
компоновка загрузочного модуля программы модели.

Для ускорения процесса подготовки программы используется набор косвенных командных файлов.

Библиографический список

1. Кузьмичев Д.А., Калина Е.П., Ковалев Ю.Г. Учебная автоматизированная система научных исследований //Индивидуальные диалоговые системы на базе микроЭВМ (персональные компьютеры). Диалог-84-Микро. - Л.: 1984, с. 229-232.

2. Ковалев Ю.Г. Блок реальных сигналов имитационного комплекса //Труды IX конф. молодых ученых. Долгопрудный, 21 марта-7 апреля, 1984. Ч. I. - М., 1984, с. 116-121.

3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. - М.: Высшая школа, 1985, - 271 с.

УДК 681.323.621.398

В.А.Кочегуров, Н.Т.Нечитайло, А.А.Терещенко, Н.Г.Томников

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС
СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ОБЪЕКТОВ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ВИДЕ АНАЛОГОВЫХ МОДЕЛЕЙ

(г. Томск)

Автоматизированный учебно-исследовательский комплекс (АУИК) создан в Томском политехническом институте для интенсивной подготовки студентов по специальности прикладная математика.