

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Ю.А. Белоусов, Л.Ф. Поросятников
(Москва)

Бурное развитие автоматики давно уже поставило в качестве первоочередной проблемы внедрение цифровой вычислительной техники в системы управления сложными процессами. Применение универсальных цифровых вычислительных машин (УЦВМ) в таких системах не всегда представляется возможным по габаритным и экономическим соображениям, в связи с чем возникает проблема построения цифровых информационных систем (ЦИС), специализированных на решение заданного набора задач. Сложность вопросов, возникающих при решении этой проблемы, выдвигает в качестве одного из ведущих этапов разработки и испытания систем этап математического моделирования ЦИС на УЦВМ.

В настоящее время основным этапом отработки систем перед производственными испытаниями является полунатурное моделирование. Цифровому моделированию уделяется необоснованно мало внимания. Моделируются лишь отдельные частные задачи, причем, как правило, для каждой задачи заново составляется своя программа.

На наш взгляд, комплексное цифровое моделирование (ЦМ) всей системы в реальных условиях её функционирования задолго до разработки образцов аппаратуры (стоимость и сроки создания которой постоянно возрастают) может стать, и в ближайшее время

действительно станет, одним из важнейших этапов разработки сложных систем. Это и понятно, ведь КЦМ позволяет:

- проводить его на ранних стадиях проектирования системы и тем самым существенно сократить стоимость и сроки разработки;

- воспроизводить аварийные режимы работы системы;

- задавать произвольный масштаб времени, необходимый для различных режимов моделирования в зависимости от требуемой детализации процесса;

- выявить основные трудности информационной связности различной аппаратуры еще до её изготовления;

- проверить правильность программирования для специализированной цифровой вычислительной машины (СЦВМ) и тем самым существенно сократить количество исправлений программы при производственных испытаниях;

- значительно упростить процесс синтеза всей системы и её отдельных частей, так как позволяет с малыми затратами средств и времени испытывать различные варианты алгоритмов функционирования аппаратуры;

- оценить технические возможности проектируемой системы в условиях эксплуатации максимально приближенных к реальным.

Все это показывает, что КЦМ действительно является мощным аппаратом анализа и синтеза сложных систем.

В настоящее время разработан первый вариант динамической информационной автоматизированной модели (ДИНАМО), включающей в себя частные модели СЦВМ, устройств приема, передачи, преобразования и первичной обработки информации, а также модель всей окружающей ЦИС информационной обстановки (источники информации, объект регулирования и т.д.).

Разработка ДИНАМО преследует цели создания:

- аппарата обоснованного анализа и синтеза ЦИС, обеспечивающего возможность проверки применимости выбранных элементов ЦИС по быстродействию, точности, объему запоминающих устройств и другим характеристикам, правильности функционирования разработанных алгоритмов и программирования их для СЦВМ, а также выбора рациональной структуры и внутреннего языка ЦИС, методов программной защиты алгоритмов от последствий случайных сбоев, способов контроля и т.д.;

- удобного аппарата испытания действующих образцов СЦВМ в условиях функционирования максимально приближенных к реальным;

- универсального, гибкого аппарата исследования различных систем с помощью одной цифровой модели с малым количеством ручного программирования при переходе от одной системы к другой.

При создании подобного рода моделей основные трудности заключаются в отсутствии соответствующей цифровой базы и необходимости большого объема программирования.

Расчеты показывают, что представление СЦВМ в виде интерпретирующей программы приводит к замедлению работы модели по сравнению с реальным масштабом времени в

$$n = (50 + 60) \frac{v_c}{v} \text{ раз,}$$

где v_c и v - соответственно быстродействие СЦВМ и базовой УЦВМ, на которой производится моделирование. Так например, желание сохранить реальный масштаб времени при моделировании ЦИС, содержащей СЦВМ с быстродействием $v_c = 20$ тыс. оп/сек, приводит к необходимости иметь УЦВМ с быстродействием $v = 1-1,2$ млн. оп/сек. Кроме того, требуются большие объемы запоминающих устройств (до 100 тыс. слов) и развитая система внешних устройств. Большой объем программирования при создании КЦМ сложных систем реально может быть осуществлен лишь при использовании в полном объеме методов автоматизации программирования. Так при разработке ДИНАМО для записи программ внедряется машинно-ориентированный язык АЛМО [1].

Основные проблемы при выборе принципов организации программы ДИНАМО заключаются в:

- определении рациональной границы между универсализацией и специализацией модели;
- обеспечении возможности неограниченного развития модели без изменения ранее разработанных частей;
- обеспечении возможности быстрого набора модели и проведения моделирования на различных уровнях абстракции с малыми затратами труда на программирование.

Перечисленные проблемы решаются с помощью применения так называемого модульного принципа программирования [2], который заключается в том, что алгоритм функционирования каждого элемента системы на требуемом уровне детализации представляется в виде законченного блока программы, называемого функциональным модулем. Передача информации между функциональными модулями в процессе моделирования осуществляется с помощью специ-

альных модулей передачи информации, структура которых отражает существующие информационные связи в моделируемой системе. Кроме того, модель содержит модули управления, определяющие порядок включения всех модулей, и модуль анализатор, который содержит информацию о целях моделирования и алгоритмы обработки информации, получаемой в процессе моделирования.

Модель системы набирается путем соединения соответствующих модулей в единую программу с помощью компилирующей программы.

При использовании модульного принципа программирования универсализация модели достигается путем разработки набора специализированных модулей для каждого элемента системы. Так например, СЦВМ в ДИНАМО представлена следующим набором модулей: алгоритмы на языке УЦВМ, интерпретирующая программа (ИП) ИП с моделью структуры, действующий образец СЦВМ.

Модульный принцип программирования обеспечивает возможность неограниченного развития модели путем разработки соответствующих модулей в процессе эксплуатации и усложнения модели. Каждый модуль, разрабатываемый независимо от других, имеет свой номер, заголовок, собственно программу с полем входных и выходных переменных и таблицу изменяемых при компиляции адресов. Очевидно, что такая организация модели сводит к минимуму затраты на программирование при наборе модели. Для этого необходимо:

- указать последовательность модулей, реализуемых на соответствующих цифровых средствах, с указанием, в случае необходимости, специальных меток синхронизации отдельных элементов моделирующих средств (например, отдельных машин, если моделирование осуществляется на комплексе, состоящем из нескольких УЦВМ);

- определить все информационные связи между функциональными блоками и запрограммировать модули передачи информации, которые представляют собой простые таблицы условных адресов входных и выходных переменных;

- запрограммировать модуль-анализатор, предназначенный для решения данной конкретной задачи моделирования.

Всей этой информации достаточно, чтобы с помощью компилирующей программы и специальной программы "директор", объединяющей модули управления, набрать модель и управлять процессом моделирования.

В настоящее время разработан первый вариант ДИНАМО, содержащий следующие модули:

- СЦВМ в виде одного частного алгоритма функционирования системы в языке УЦВМ;
- объект регулирования;
- исполнительные органы;
- источники информации;
- устройства первичной обработки информации;
- устройства передачи и преобразования информации;
- анализатор;
- управляющие модули.

С помощью этой модели производилась проверка правильности функционирования выбранного частного алгоритма системы. По результатам моделирования этот алгоритм откорректирован, соответствующие изменения внесены и в программу для СЦВМ.

Работы по развитию ДИНАМО и проведению моделирования в соответствии с рассмотренными выше задачами продолжаются.

Л и т е р а т у р а

1. С.С. Камынин, Э.З. Любимский. Алгоритмический машинно-ориентированный язык - АЛМО. М., Изд-во ВЦ АН СССР, 1966.
2. R.Linebarger, R.D.Brennan. Digital simulation for control system design. - Instrum. and Control Syst., 1965, vol.38, N 10, p.147-152.