

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНТЕРАКТИВНОМ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Моисеев А.А.

Научно – производственное предприятие «Технос – РМ», Мытищи

Ключевые слова: интерактивная процедура, эвристическая коррекция, численный эксперимент, аналитический инструментарий, унифицированные компоненты, базовые субмодели, симуляционная платформа.

Аннотация. Разработана интерактивная процедура модификации алгоритмов автоматического управления, особенностью которого является использование поэтапной эвристической коррекции структуры и параметров алгоритма в ходе автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процессов управления. В рамках открытой среды разработки разработан аналитический инструментарий, обеспечивающий указанную модификацию и представляющий собой иерархически организованную и эволюционно изменяющуюся библиотеку унифицированных компонент - функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов. Разработана техника применения виртуальных функций автоматизации из состава инструментария, включающая синтез на их основе модифицируемых фрагментов алгоритмов автоматического управления на этапе перспективного проектирования и их поэтапный перенос в состав прикладного программного обеспечения в рамках симуляционной платформы. Разработана методика синтеза проблемно – ориентированных моделей, особенностью которых является их реализация в виде структур базовых субмоделей, аналогичных структурам объектов и верифицируемых по результатам исследования адекватности в ходе проблемно – ориентированного моделирования процессов управления.

PROBLEM-ORIENTED SIMULATION IN INTERACTIVE SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS.

Moiseev A.A.

Scientific and industrial enterprise “Technos – RM”, Mytischki

Keywords: interactive procedure, heuristical correction, numerical experiment, analytical tool, unified components, base submodels, simulation platform.

Abstract. Developed interactive procedure of control algorithms modification. Its base feature is stepwise heuristical correction of algorithm’s structure and parameters during problem-oriented simulation of control processes. Was developed analytical tool in form of hierarchical and evolvable library of unified components – automation functions and dynamical submodels. Developed also technique for control functions implementation on the base of virtual elements in the course of project formulation. Synthesis of problem- oriented models based on application of base submodels of control object functions and processes.

Важной особенностью современного этапа развития автоматизации является переход к сквозному проектированию систем управления – от выработки концепции управления до испытаний реализующей его системы. Особое значение в этих условиях приобретают проектирование и модификация алгоритмов управления, реализуемые в виде комбинации процедур порождения и отбора альтернативных проектных решений, а также организация тестирования этих решений на различных этапах разработки и модернизации. Основной проблемой

при этом является традиционно высокая сложность объектов управления, часто усугубляемая неполнотой информации о них и условиях их функционирования, а также уникальностью проблемных ситуаций. Это обстоятельство практически исключает использование формальных методов синтеза оптимальных алгоритмов управления и вынуждает обратиться к эвристическим, позволяющим отыскать по крайней мере рациональное решение.

Обычной базой такого проектирования является прецедентный подход, предусматривающий синтез проектных решений на основе некоторых типовых, апробированных при эксплуатации референтных объектов [1, 2]. Вместе с тем, довольно часто возникает задача модернизации объектов управления, достаточно глубокой, но имеющей, как правило, локальный характер. В этих условиях целесообразно использовать пробно – поверочный (интерактивный) подход, предусматривающий поэтапную эвристическую коррекцию синтезируемого алгоритма по результатам проблемно – ориентированного моделирования процессов управления, характеризующегося [2, 3]:

- ограниченностью проблемной области рамками модернизируемой подсистемы;
- полнотой и адекватностью описания проблемной области, и обобщенным описанием ее связей с исследуемым процессом в целом;
- возможностью манипуляции моделью в соответствии с заложенным алгоритмом управления;
- простотой модификации модели, а также интуитивностью интерпретации результатов моделирования.

Дополнительным преимуществом такого подхода является воспроизводимость условий испытательных экспериментов, простота их вариации, а также возможность проверки алгоритмов управления в критических режимах функционирования. Верификация используемой модели предусматривает статические и динамические испытания, проводимые на этапе перспективного проектирования наряду с синтезом прототипа алгоритма управления.

Отличительной особенностью проблемно-ориентированного моделирования является синтез прототипа алгоритма управления и модели управляемого объекта путем компоновки унифицированных составляющих. С этой целью предлагается использовать аналитический инструментарий, представляющий собой эволюционно развивающуюся и иерархически организованную библиотеку функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов. Отдельные функции автоматизации входят в состав инструментария в качестве базовых модулей и предназначены для реализации более сложных функций. Часть этих модулей используется практически во всех системах автоматизированного проектирования (САПР) программного обеспечения, а часть эндемична только для отдельных систем. В этих условиях, наряду с задачей моделирования функции в составе прототипа алгоритма управления, может возникнуть задача ее реализации в составе штатного программного обеспечения при отсутствии в числе встроенных функций САПР. Что касается базовых субмоделей, то их возможное использование для идентификации объекта управления в рамках прикладного программного обеспечения требует их реализуемости средствами используемого САПР [4].

Компоновка составляющих инструментария в проблемно – ориентированные модели управляемых объектов осуществляется в рамках некоторой специализированной программной среды. В общесистемном отношении эта среда должна быть открытой, т.е. обеспечивать вложенность синтезируемых компонент, возможность интеграции с другими системами, а также реализацию интерфейса пользователя и архивирования результатов численных экспериментов. Примером среды разработки, удовлетворяющей указанным требованиям, является графический инструментальный LabView [5]. С одной стороны, он позволяет реализовывать функции автоматизации и динамические субмодели в виде унифицированных компонент, представляющих собой иерархически организованные виртуальные инструменты. С другой стороны, совместимые с LabView программно – аппаратные интерфейсы [6] обеспечивают командно – информационный обмен с реальными средствами автоматизации и тем самым – проведение полунатурных экспериментов в рамках конструкторских испытаний прикладного программного обеспечения. Последние организуются с использованием штатных средств управления и заменяющей объект имитационной модели.

Эти свойства LabView позволяют рассматривать его как среду разработки, идеально подходящую для решения задач сквозного проектирования, в частности, для поэтапной сборки прикладного программного обеспечения и его тестирования на этапе конструкторских испытаний. Унифицированные компоненты в рамках этой среды реализуются в виде виртуальных инструментов, а их компоновка осуществляется встроенными графическими средствами. Реализация встроенных функций автоматизации средствами LabView позволяет, в частности, отлаживать на этой основе некоторые частные субмодели, переносимые на штатные средства автоматизации и используемые как идентификационные составляющие алгоритмов адаптивного управления [7, 8].

Характерной чертой подобного моделирования является использование модульного принципа построения, т.е. сборка моделирующих комплексов из унифицированных компонент – функций автоматизации и динамических субмоделей. Эти компоненты ориентированы на реализацию некоторых специальных функций в составе модели управляемого процесса и/или прототипа алгоритма управления.

Модули в составе инструментария обеспечивают реализацию некоторых общих функций в составе различных моделей и, следовательно, должны быть унифицированы. С другой стороны, должна быть обеспечена возможность синтеза на их основе дополнительных функций в случае эволюции модели или смены проблемной области. Это обстоятельство обуславливает актуальность разработки и применения аналитического инструментария, который представляет собой эволюционно развивающуюся и иерархически организованную и расширяемую библиотеку унифицированных компонент, обеспечивающих динамическое моделирование процессов управления. Синтез прототипов алгоритмов и динамических моделей осуществляется путем компоновки модулей и субмоделей из состава инструментария, а связи между алгоритмом управления и динамической моделью реализуются методами и средствами командно –

информационного обмена: внутривычислительного на этапе перспективного проектирования и программно – аппаратного на этапе конструкторских испытаний.

Целью проведенного исследования является разработка аналитического инструментария и методики его применения при проведении автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процесса управления в рамках эвристического синтеза алгоритма управления. Новизна разработки определяется предложенной конструктивной процедурой указанного синтеза в рамках единой симуляционной платформы, а практическая ценность – удобством привязки разрабатываемого программного обеспечения к решаемым технологическим задачам, удобством модернизации программного обеспечения и более широкую и глубокую проверку проектируемого программного обеспечения в различных режимах функционирования объекта.

Основные результаты разработки были реализованы в ходе подготовки и проведения тестирования и предварительной отладки прикладного программного обеспечения системы регулирования турбины на этапе конструкторских испытаний соответствующего программно – технического комплекса. Используемая в ходе отладки динамическая модель турбогенератора была синтезирована средствами аналитического инструментария. Наряду с имитацией функционирования турбины, модель отображала функционирование гидравлической части системы регулирования и основных исполнительных механизмов системы дроссельного парораспределения, а также позволяла имитировать срабатывание технологических разгрузок, защит и каналов противоаварийной автоматики.

Предварительная верификация модели осуществлялась в рамках автономных численных экспериментов с использованием виртуального комплекса, включающего программный прототип алгоритма управления и динамическую модель турбогенератора. Проведенные верификационные испытания показали, что статические характеристики модели в целом соответствуют характеристикам реальной турбины, а характер переходных процессов так же соответствует ожидаемому. Это позволило сделать вывод о пригодности математической модели турбины для проведения полунатурного тестирования и предварительной отладки программного обеспечения на этапе конструкторских испытаний программно – технического комплекса.

Тестирование и предварительная отладка прикладного программного обеспечения на этапе конструкторских испытаний проводилась для различных режимов функционирования турбогенератора. Это позволило скорректировать прикладное программное обеспечение в ходе конструкторских испытаний и повысить его готовность к пусконаладочным испытаниям. Тем самым была практически продемонстрирована эффективность применения разработанного аналитического инструментария в рамках интерактивной коррекции прикладного программного обеспечения достаточно сложного программно – технического комплекса.

Выводы

1. Разработана интерактивная процедура модификации алгоритмов автоматического управления, особенностью которого является реализация указанной модификации путем поэтапной эвристической коррекции структуры и параметров алгоритма в ходе автономных и полунатурных численных экспериментов по проблемно – ориентированному моделированию процессов управления.

2. Разработан аналитический инструментарий в рамках открытой среды разработки, обеспечивающий указанную модификацию и представляющий собой иерархически организованную и эволюционно изменяющуюся библиотеку унифицированных компонент – функций автоматизации и базовых субмоделей динамических процессов.

3. Разработана техника применения виртуальных функций автоматизации из состава инструментария, включающая синтез на их основе модифицируемых фрагментов алгоритмов автоматического управления на этапе перспективного проектирования и их поэтапный перенос в состав прикладного программного обеспечения в рамках симуляционной платформы, обеспечивающий повышение надежности последнего.

4. Разработана методика синтеза проблемно – ориентированных моделей, особенностью которых является их реализация в виде структур базовых субмоделей, аналогичных структурам объектов и верифицируемых по результатам исследования адекватности в ходе проблемно – ориентированного моделирования процессов управления.

Список литературы

1. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Радио и связь, 1989. – 280 с.
2. Моисеев А.А. Проблемно – ориентированное моделирование в сквозном проектировании прикладного программного обеспечения // Инженерная физика. – 2006. – №5. – С 64.
3. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. – М.: Машиностроение, 1973. – 606 с.
4. Верлань А.Ф., Ефимов И.Е. Латышев А.В. Вычислительные процессы в системах управления и моделирования. – Л.: Судостроение, 1981. – 248 с.
5. Тревис Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК, 2005. – 544 с.
6. DAQ. Getting started with SCXI. National Instrument Corporation. – Austin. Texas, 2000.
7. Воронов К.В. Итеративные процедуры синтеза адаптивных систем управления. Кандидатская диссертация. – СПб.: ИТМО, 2002. – 142 с.
8. Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений: Дисс. ... докт. техн. наук. – СПб.: ИТМО, 2001. – 259 с.

Сведения об авторе:

Моисеев Александр Александрович – к.т.н., старший научный сотрудник.