

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРИНЦИПОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ, УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМИ СТЕНДАМИ

USING OBJECT-ORIENTED PRINCIPLES FOR INDUSTRIAL TEST BENCH'S TEST AND MEASUREMENT PROGRAM SYSTEMS MODELING

Санкт-Петербург, СПбГТУ, кафедра ИИТ
St. Petersburg, SPbSTU, MIT department

Аннотация. Рассматриваются принципы создания измерительных программных систем (ИПС), управляющих промышленными испытательными стендами вертолетных редукторов (ИСВР). Доказывается необходимость использования объектно-ориентированного (ОО) анализа и проектирования, а также необходимость расширения объектных нотаций для создания модели каркаса ИПС. Используются формальные методы для описания и создания критериев качества модели каркаса ИПС.

Abstract. Principles of the measurement program systems (MPS), which control the industrial test benches for helicopter gear drives testing, are considered. Necessity of using the object-oriented analysis and design principles and necessity of the object notations extending for creating MPS framework model are proved. Formal and precise methods for MPS framework model description and quality criteria finding are used.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Существование сложных многокомпонентных информационно-измерительных систем (ИИС), в частности промышленных стендов для испытания вертолетных редукторов (ИСВР), приводит к необходимости их автоматизации с использованием ЭВМ всех видов - от микроконтроллеров до настольных и промышленных ПК. Огромная вычислительная мощь, большие ресурсы памяти, низкая стоимость и доступность ПК, широкий спектр прикладного и системного программного обеспечения (ПО) определяют необходимость использования ПК в современных ИИС. Проблемой остается высокий уровень сложности создания целевой программной системы (ИПС), вызванный необходимостью адекватно отвечать требованиям, налагаемым самой ИИС: это работа в режиме реального времени и постоянное взаимодействие с измерительной аппаратурой, в том числе необходимость обрабатывать от нее потоки данных без потерь измерительной информации; высокая точность и надежность результатов измерений, большой объем информации, который необходимо надежно сохранять (возможно, с использованием резервирования); оперативная модификация устаревшей информации; многопоточное управление, прозрачное представление распределенных систем, обеспечение работы с интерфейсом программы в интерактивном режиме и адекватное представление всех сложных процессов, происходящих внутри ИИС во времени. Кроме того, каждой ИИС присущи сложности, обусловленные ее предметной областью. Для множества ИПС, управляющих ИСВР, - это сложность методик испытания вертолетных редукторов, необходимость метрологической аттестации внутренних систем стенда, нетривиальные методики обработки получаемых со стенда сигналов и т.д. Помимо сложностей измерительной предметной области, согласно [1] необходимо учесть трудности управления процессом разработки, необходимость обеспечить достаточную гибкость программы и способы описания поведения таких больших дискретных систем как ИПС.

Существующие в настоящее время ИПС для управления ИСВР основаны на структурных методах программирования и не справляются со всеми вышеописанными сложностями. В связи с этим, мы обратились к объектно-ориентированной (ОО) идеологии проектирования (ООП). Продуктом ООП является модель каркаса (ядра) ИПС, которая удовлетворяет налагаемым на нее требованиям ИИС. Поскольку создание каркаса приложения является одной из самых сложных программных задач, то при его описании и анализе важное место должно отводиться математическому моделированию. В статье предлагается формализация создаваемой модели. Такой подход позволяет ее строго математически описать и однозначно представить, а также создать формальные критерии качества модели и провести топологический анализ каркаса.

СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА, КАК СЛОЖНОЙ ИИС

Промышленные испытательные стенды предназначены для проверки работоспособности изделий, эксплуатируемых в сложных условиях (например, вертолетные редукторы, корпуса ракет и т.п.), неправильная работа которых в реальном режиме эксплуатации может привести к материальным убыткам, травмам обслуживающего персонала или даже гибели людей. Тестируемое изделие монтируется на стенде перед испытанием, в процессе которого на него подаются необходимые режимные усилия, и, тем самым, проверяется его работоспособность и соответствие заявленным характеристикам.

Рассмотрим структуру промышленного испытательного стенда для тестирования вертолетного редуктора ВР-252. Его отличительной особенностью является сложность управления двигателями, гидротормозами с помощью большого числа органов управления, насосов, задвижек. На стенде используется множество дорогостоящих агрегатов, обладающих ограниченным ресурсом работы. (Промышленные испытательные стенды являются очень дорогими установками. Так, стоимость стенда ВР-14 около \$1 млн., а стоимость ВР-252 около \$2 млн.) На таких стендах число аналоговых измерительных сигналов может превышать 50, а цифровых дискретных команд и сигналов может быть более 150. Компьютерный комплекс стенда ВР-252 представлен на рис. 1. Входные сигналы представлены в виде векторов $B_{n,1}=\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ и $S_{m,1}=\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, поступающих от различных датчиков, расположенных на стенде или рассчитываемых в процессе работы ИПС. Управляющие сигналы стенда представлены в виде векторов $A_{q,1}=\{A_1, A_2, \dots, A_q\}$ и $K_{p,1}=\{K_1, K_2, \dots, K_p\}$. На стенде используется измерительное оборудование фирмы "National Instruments".

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ

Цели ООП проектирования можно разделить на задачи анализа и синтеза каркаса ИПС. Представим макромоделю ИПС как множество составляющих ее подмоделей $\Psi_{ИПС}=\{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k\}$. Используя [2], определим, что под решением задачи анализа ИПС подразумевается определение того, обладает ли набор моделей $\Psi_{ИПС}$ требуемыми свойствами, заданными функционалами качества $\Phi(\Psi_{ИПС})=\{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m\}$. Решение задачи синтеза предполагает проведение итерационного преобразования макромоделей $\Psi^i_{ИПС}=\{\psi^i_1, \psi^i_2, \dots, \psi^i_k\}$ в $\Psi^j_{ИПС}=\{\psi^j_1, \psi^j_2, \dots, \psi^j_k\}$, при котором достигается экстремум заданного функционала качества $\Phi(\Psi^j_{ИПС})$, где n – количества итераций ООП для нахождения макромоделей и составляющих ее подмоделей. Функционалы качества будем находить на основании опыта, аналогий и здравых соображений.

Для создания ОО модели каркаса ИПС и ее функционала качества $\Phi(\Psi_{ИПС})$ определим требования (свойства), которым она должна отвечать:

- **Абстрактность.** Необходимо исключить склонность к какой-либо конкретной реализации системы, т.е. модель должна описывать только ограничения на реализацию.
- **Полнота.** Необходимо учесть все особенности ИИС и ИСВР. Помимо решения общих сложностей ИИС, необходимо встроить в каркас конкретные алгоритмы (применяются на реальных стендах) нахождения крутящего момента, действующего значения и разности фаз тормозных генераторов, комплекс метрологической аттестации систем измерения крутящего момента и датчиков расхода, а также возможность их градуировки, автоматический подсчет времени наработки агрегатов стенда в процессе эксплуатации, ведение протоколов испытаний и сохранение их в базе данных.
- **Надежность.** Каркас ИПС должен предоставлять возможность создания на его основе надежной многопоточной архитектуры (возможно распределенной), отлаженные способы сохранения и защиты измерительных данных.
- **Наглядность.** Необходимо найти объектные нотации, адекватно отвечающие требованиям ИИС и расширить их для измерительных задач. Представление модели должно быть четким, ясным для понимания и в то же время кратким, без излишней вербальной двусмысленности.
- **Формальность.** Выражение модели с помощью общедоступных формул делает ее описание однозначным и позволяет создавать формальные критерии ее качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами создана ОО модель каркаса ИПС, являющаяся основой для создания множества программ, управляющих ИСВР, а также разработаны методы ее анализа с помощью формальных критериев качества. Расширены для измерительных задач и используются объектные нотации UML [3], UML Real-Time [5] и LePUS [4, 6]. В будущем предполагается адаптировать созданную модель ИПС также для создания программ, управляющих, помимо ИСВР, и другими стендами (например, стендами ультразвуковой дефектоскопии изделий большого диаметра, системой автоматизации метрологических испытаний датчиков давления типа САПФИР-22 и др.). Реализацию ИПС,

основанную на созданной модели, предполагается производить в измерительной графической ОО среде LabVIEW GOOP [7].

Список литературы:

1. Буч Г. «Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++», -М: «Бином», 1998.
2. Горбатов В.А. «Фундаментальные основы дискретной математики», -М: «Наука-Физмалит», 2000.
3. Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. «UML. Руководство пользователя», - М: «ДМК», 2000.
4. Андреев С.В., Шкодырев В.П. «Архитектура абстрактных объектно-ориентированных моделей промышленных измерительных систем» // Тезисы докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2001, Санкт-Петербург, 2001.
5. Selic B., Rambaugh J. "Using UML for Modeling Complex Real-Time Systems", 1998, www.objecttime.com/otl/technical/umlrt.html
6. Eden A. H. "Precise Specification of Design Patterns and Tool Support in Their Application", PhD diss., department of Computer Science, Tel Aviv University, 2000.
7. Jehander J. «Graphical Object-Oriented Programming In LabVIEW», 1999, www.ni.com/goop

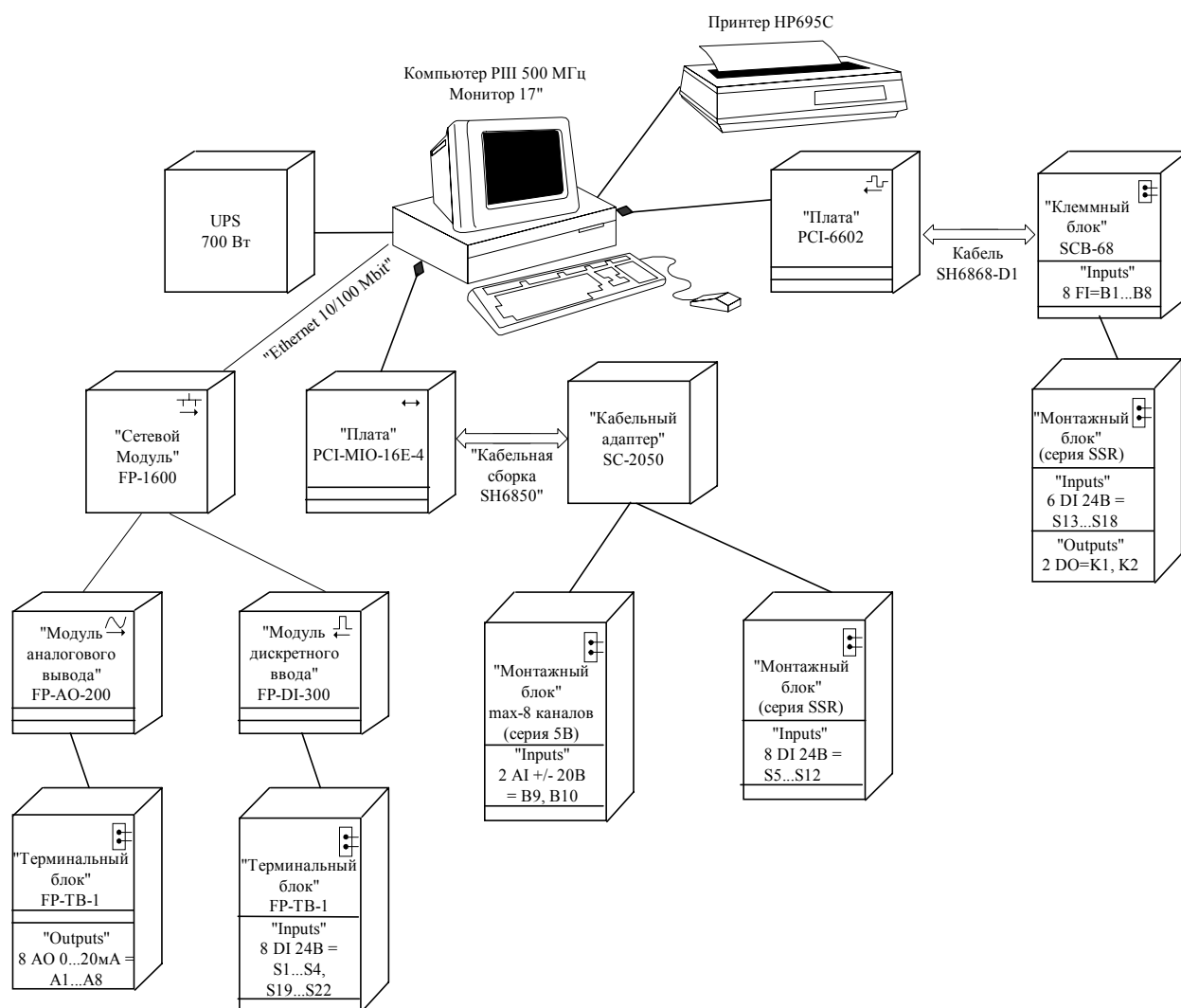


Рис. 1. UML-диаграмма развертывания ИИС стэнда для испытаний вертолетных редукторов

Figure 1. UML deployment diagram of helicopter gear drive test bench T&M system