

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

### Компьютерный стенд реального времени на Speedgoat

Физический факультет МГУ

— В настоящее время общепризнано, что для применения методов и систем управления на реальных динамических объектах необходимы экспериментальные стенды реального времени. К ним относятся компьютерные стенды, способные работать в режиме HardwareInTheLoopSimulation (HIL). Такой стенд состоит из модели объекта и регулятора, каждый из которых реализован на своём промышленном компьютере. Эти компьютеры образуют обратную связь, сигналы в которой циркулируют в реальном времени. Данные в промышленных компьютерах реального времени загружаются с внешнего компьютера — автоматизированного рабочего места (АРМ).

— Лидером в практической реализации методов и систем управления является программно-вычислительная среда MATLAB/Simulink компании MathWorks ([www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)), которая представляет собой мощную интеллектуальную систему, позволяющую проектировать и исследовать системы управления на основе 80-ти пакетов прикладных программ.

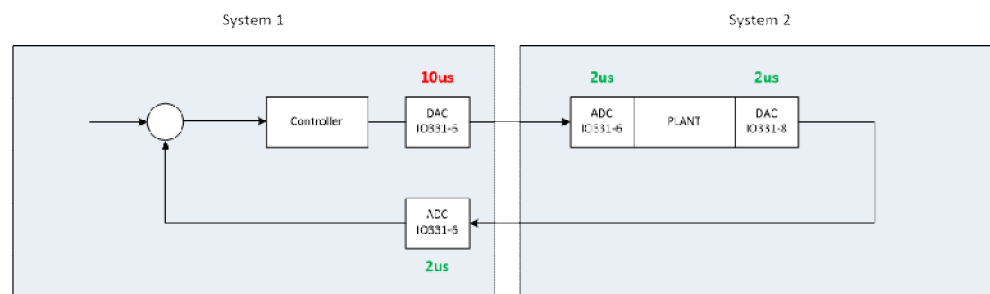
— В данном научно-техническом предложении предлагается создать стенд реального времени на физфаке на базе компьютеров реального времени, разрабатываемых компанией Speedgoat (Швейцария, [www.speedgoat.ch](http://www.speedgoat.ch)) с полной реализацией под MATLAB/Simulink. Промышленные компьютеры Speedgoat позволяют использовать все богатые возможности MATLAB/Simulink в реальном времени.

— На стенде можно будет демонстрировать решение задач управления динамическими объектами в реальном времени, например, управление высокотемпературной плазмой в магнитном поле токамаков, управление роботами, газо- и нефтеперерабатывающими процессами, летательным аппаратами и т.п.

— Экспериментальный стенд позволит на физфаке МГУ подняться до мирового уровня реализации систем управления динамическими объектами в реальном времени, а также преодолеть этот уровень за счёт новых постановок задач управления, новых методов управления, оригинальности структур систем управления, позволяющих решать продвинутые задачи управления в технике и природе.

— Овладение технологиями реализации систем управления в реальном времени на передовых технических средствах относится к прорывным направлениям в науке и технике на физфаке МГУ.

— В настоящее время достигнуто соглашение компаниями Speedgoat и Softline о техническом составляющем стенда и их характеристиках по представленным ниже упрощённым схемам без АРМ, которые будут определять аппаратную стоимость стенда (рис. 1, 2).



Отформатировано: Заголовок 5, По левому краю, интервал После: 0 пт, Поз.табуляции: нет в 0,5 см

Отформатировано: По центру, интервал После: 0 пт

Отформатировано: интервал После: 0 пт

Отформатировано: Основной шрифт абзаца, Шрифт: (по умолчанию) Calibri, 11 пт, Русский (Россия)

Отформатировано: Шрифт: 12 пт, без подчеркивания

Рис. 1. Упрощённая схема стенда без синхронизации блоков «объект-регулятор»

На рис. 2 приведён более продвинутый вариант схемы стенда с задержками только в 2 мкс в каждом блоке, а также с триггерной синхронизацией блоков. В платах входа-выхода будут использоваться FPGA.

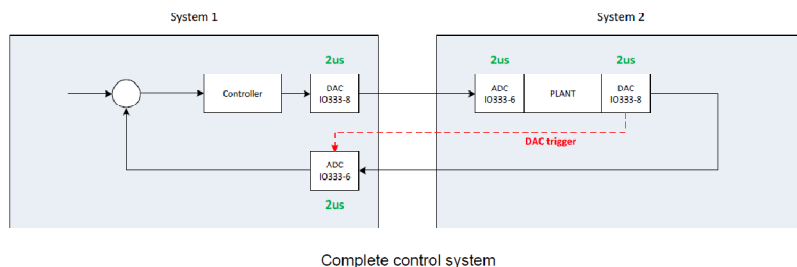


Рис. 2. Упрощённая схема стенда с синхронизацией блоков «объект-регулятор»

— На рис. 3 показана симьюлиник схема системы магнитного управления плазмой в токамаке Глобус М (ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. С.Петербург). Схема разбита на два блока с задержками для реализации в стенде реального времени, предъявленными компанией Speedgoat. В такой конфигурации схема допускает период дискретизации блока «Регулятор» равным 100 мкс, что вполне доступно для реализации машиной Speedgoat в дискретном времени. Блок «объект» работает с периодом дискретизации в 10 мкс, что вполне реализуется на машине Speedgoat для имитации непрерывного времени.

— В целом система управления плазмой на рис. 3 является гибридной, т.к. она соединяет работу двух блоков в дискретном и непрерывном времени, имитируя аналоговый объект и цифровой регулятор.

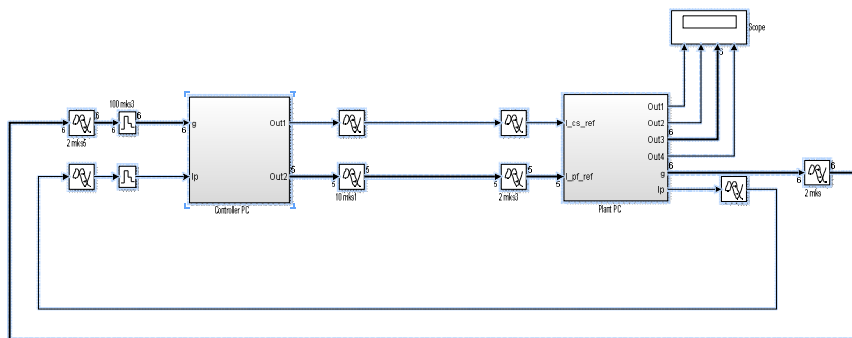


Рис. 3. Симьюлиник схема управления током и формой плазмы в токамаке Глобус М

Отформатировано: без подчеркивания, Русский (Россия)

Отформатировано: Русский (Россия)

Отформатировано: Шрифт: (по умолчанию) Times New Roman, 12 пт, полужирный, без подчеркивания

Отформатировано: По центру, интервал После: 0 пт

Отформатировано: интервал После: 0 пт

Отформатировано: Шрифт: (по умолчанию) Times New Roman, 12 пт, полужирный, без подчеркивания

Отформатировано: По центру, интервал После: 0 пт

Отформатировано: интервал После: 0 пт

— Симуляционная схема модели объекта управления, включающая в себя модель плазмы, полученную по экспериментальным данным токамака Глобус М, а также два скалярных контура управления положением плазмы и 5-ти мерный контур управления токами в обмотках полоидального поля, показана на рис. 4.

— Системы управления положением плазмы являются полностью аналоговыми, поскольку их высокое быстродействие с частотой до 3 кГц затрудняет применение цифровых регуляторов. Многомерный контур управления токами в обмотках полоидального поля достаточно медленный и использует давно сделанные пропорциональные аналоговые регуляторы.

— Наибольший интерес представляет разработка цифровых регуляторов (рис. 5) для управления током и формой плазмы в токамаке Глобус М. Под управлением формой понимается управление зазорами между сепаратрисой (границей плазмы на диверторной фазе разряда) и первой стенкой токамака.

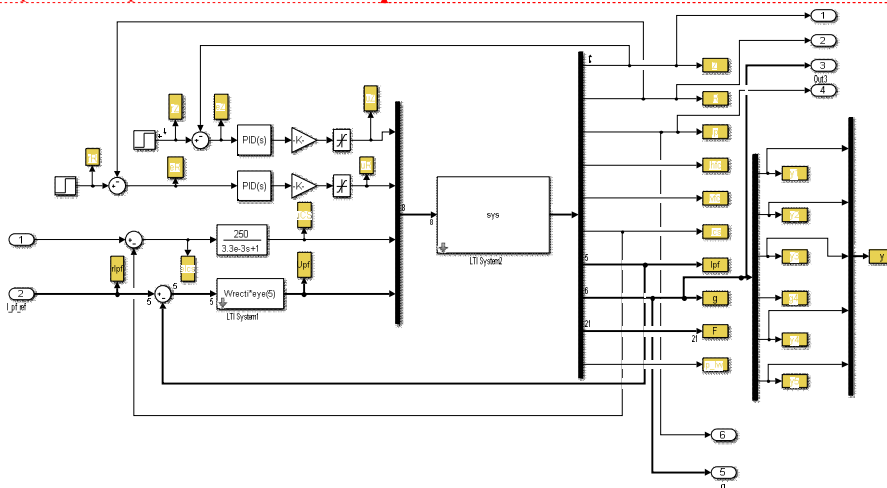


Рис. 4. Симуляционная схема блока стенда «Объект»

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

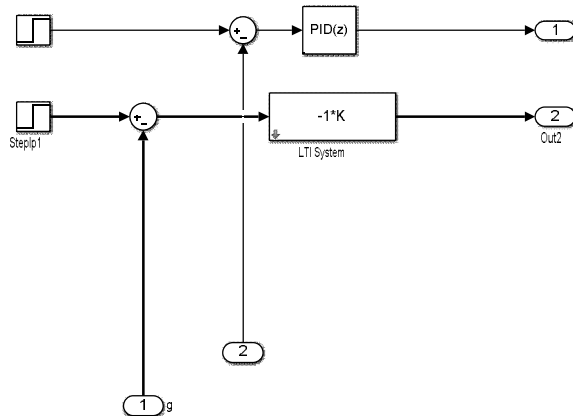
Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

Отформатировано: без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

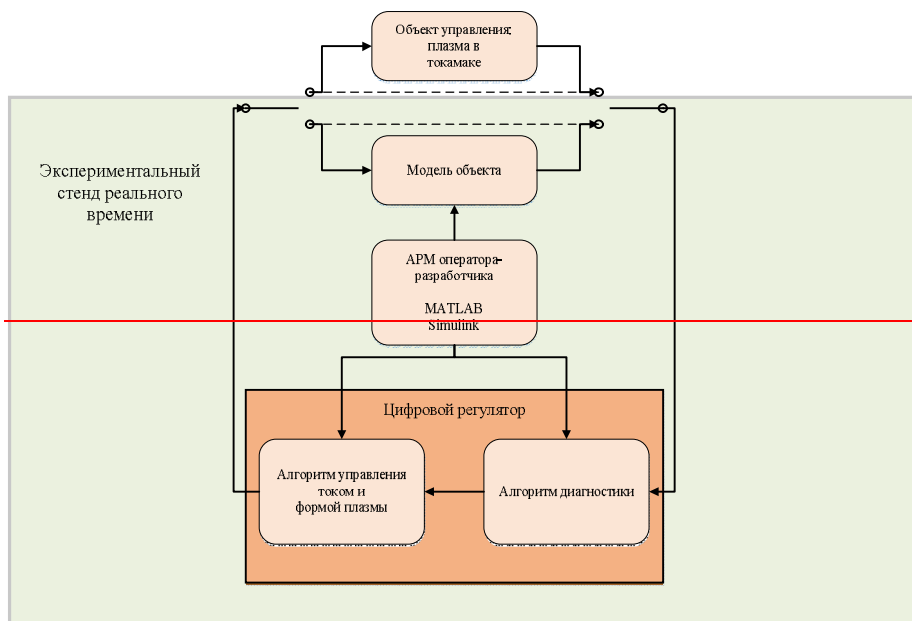


**Отформатировано:** Шрифт: (по умолчанию) Times New Roman, 12 пт, полужирный, без подчеркивания

**Отформатировано:** По центру, интервал После: 0 пт

**Рис. 5.** Симулинок-схема скалярного регулятора тока плазмы и многомерного регулятора формы плазмы в дискретном времени, включённых в блок-стенда «регулятор», который работает в дискретном времени

**Отформатировано:** интервал После: 0 пт



**Экспериментальный стенд реального времени в задачах управления динамическими объектами**

**Кафедра физико-математических методов управления**

**Отформатировано:** Английский (США)

**Отформатировано:** Шрифт: (по умолчанию) Times New Roman, без подчеркивания, Цвет шрифта: Авто

**Отформатировано:** По центру, интервал После: 0 пт

**Отформатировано:** Шрифт: не полужирный, без подчеркивания

**Отформатировано:** Шрифт: не полужирный

**Аннотация**

Представляется концепция экспериментального стенда реального времени на промышленных компьютерах Speedgoat. Проводится сравнение компьютерных сред MATLABи LabVIEWдля стенда. Рассматриваются задачи управления динамическими объектами со стендом. Предлагается организация сети стендов, а также внедрение стенда в учебный процесс физфака МГУ.

**Отформатировано:** интервал  
После: 0 пт

**Отформатировано:** без  
подчеркивания, Русский (Россия)

**Отформатировано:** Шрифт:  
полужирный