

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТОКАМАКов

Мезенцев А.А., Шарнин А.В.

Научный руководитель Павлов В.М.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mezentsev.anton@gmail.com

### Введение

Информационно-измерительная система (ИИС) экспериментальной установки типа ТОКАМАК представляет большой интерес для ряда разработчиков. Основными характеристиками ИИС изложенными в источнике [1] и многих других являются:

- 1) импульсный режим работы;
- 2) большие объёмы экспериментальных данных;
- 3) жёсткие требования к организации архива экспериментальных данных.

Временная диаграмма работы ИИС представлена на рис. 1.

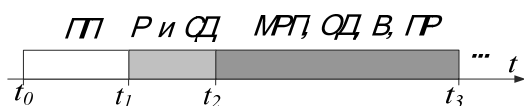


Рис. 1. Временная диаграмма работы ИИС в период экспериментальной кампании: ПП – предпусковая подготовка; P – разряд; СД – сбор данных; МРП – межразрядная пауза; ОД – обработка данных; В – визуализация; ГР – подготовка к разряду

В соответствии с анализом ИИС различных экспериментальных установок можно отметить, что период  $t_0...t_1$  может составлять сутки и недели, период  $t_1...t_2$  – десятки миллисекунд – десятки секунд, период  $t_2...t_3$  – десятки минут.

Импульсный режим работы установки предполагает сбор экспериментальных данных с диагностик плазмы во время разряда и их обработку после разряда. В период обработки данных выполняется оперативный анализ результатов эксперимента с помощью графиков и диаграмм тока в плазме, тока в обмотках управления и т.д. В соответствии с результатами разряда и принципами управляемых термоядерных реакций координатор эксперимента делает выводы и суждение о дальнейшем проведении эксперимента, а ведущий физик производит настройки сценария нового разряда.

Под сценарием разряда понимается некоторый алгоритм автоматического изменения параметров технологического оборудования, необходимый для гарантированного или исследуемого режима горения плазмы.

Многолетние исследования показали, что проведение послеэкспериментальной обработки и визуализации данных не возможно без использования специального программного обеспечения (ПО). Для этих целей был разработан пакет

MDSPlus, который на сегодняшний день используется на более чем десяти термоядерных установках в мире, например, RFX [2] или FTU [3], но использовать его в качестве универсального ПО на центральных пультах управления термоядерных установок невозможно. Однако принципы работы MDSPlus положили основу ПО ИИС всех экспериментальных комплексов.

### Основные принципы работы ПО ИИС

В основе ПО ИИС лежат следующие принципы:

- 1) хранение экспериментальных данных, параметров настройки оборудования и дополнительной информации в виде структурированного дерева;
- 2) хранение данных в виде файловой структуры или в реляционной базе данных;
- 3) открытый кроссплатформенный доступ программ-клиентов к базе данных через Internet.

В соответствии с этими принципами разработчики MDSPlus создали модульный программный комплекс. Он позволяет:

- 1) формировать команды управления периферийной аппаратурой;
- 2) редактировать и просматривать структуру архива экспериментальных данных;
- 3) выполнять первичную обработку и визуализацию данных.

Для программирования дополнительных алгоритмов управления данными разработчики MDSPlus создали универсальные механизмы доступа к функциям программы на основе языков IDL, Java, M, C, Fortran, G.

Программа-клиент визуализации экспериментальных данных

Создание графического интерфейса пользователя является одной из главных составляющих ПО ИИС. Опыт работы с MDSPlus на зарубежных термоядерных установках показывает, что стандартные программы визуализации экспериментальных данных jScore и dwScore не позволяют вносить новые функции в свой состав.

Поскольку программное обеспечение экспериментальных установок постоянно дорабатывается в процессе проведения экспериментов, то стандартные программы визуализации данных заменялись созданными на доступных языках программирования Java, M, C, Fortran, G.

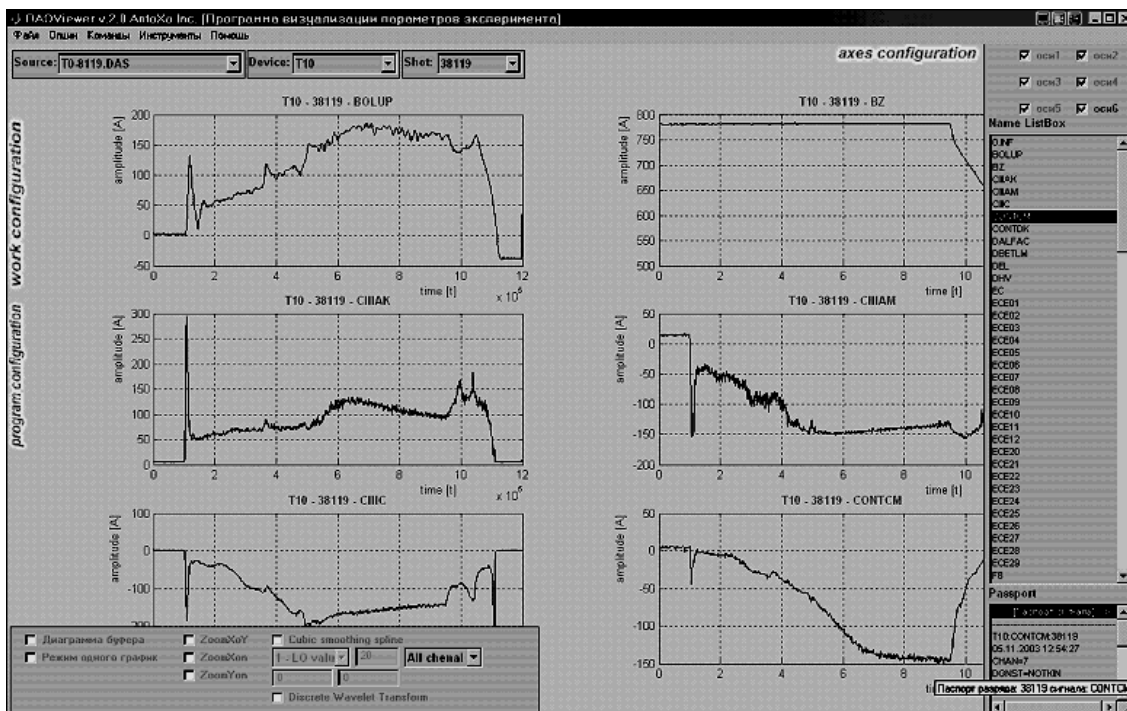


Рис. 2. Видеограмма окна программы визуализации экспериментальных данных российских ТОКАМАКов

Анализ средств разработки программного обеспечения показывает, что в большинстве случаев в составе экспериментального комплекса для послеекспериментальной обработки данных используются MatLab или MatLab подобные программы. Однако ранее создание программ с графическим интерфейсом пользователя в MatLab было затруднительно и на сегодняшний момент таких программ на установках по управляемому термоядерному синтезу не существует.

В [4] нами было показано, что создание компьютерной программы визуализации экспериментальных данных в MatLab возможно. Она выполняет доступ к реляционной базе экспериментальных данных Российского научного центра «Курчатовский институт» (РНИИ) посредством МЕХ-функций. В качестве среды разработки использовался MatLab 6.5. Разработанная программа имеет интерфейсы взаимодействия со многими пакетами программ обработки данных – Toolbox, позволяет записывать и читать данные из базы данных и локальных файлов архивов DAS-файл. Используемые для доступа к базе экспериментальных данных МЕХ-функции входят в состав программы DASTools [5] (разработка РНИИ КИ).

Видеограмма окна разработанной программы представлено на рис. 2.

#### Список литературы

1. Lister J.B., Martin Y., The control of modern TOKAMAKs // International conference on accelerator and large experimental physics control system: Proceedings of 7<sup>th</sup> conference. – Trieste, Italy, 1999. – P. 235–239.
2. Luchetta A., Manduchi G., Taliерcio C. MDSPlus data acquisition in RFX and its integration in legacy systems // Fusion energy and design, 2003. – №66–68. – P. 959–963.
3. Bertocchi A., Bracco G., Buceti G. Distributed computing for FTU data handling // Fusion energy and design, 2002. – №60. – P. 325–331.
4. Shamin A.V., Mezentsev A.A., Ovchinnikov A.V., Pavlov V.M., Golobokov Y.N. DAQViewer software tool for TOKAMAK KTM data visualization and offline processing // 18<sup>th</sup> IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices. Conference Proceedings, Alushta (Crimea), Ukraine, 2008. – P. 36.
5. Sokolov M.M., Igonkina G.B., Koutcherenko I.Yu., Nurov D.N. New system for TOKAMAK T-10 experimental data acquisition, data handling and remote access // Plasma and fusion science: 17<sup>th</sup> IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Devices. AIP Conference Proceedings, 2008. – V. 996, – P. 269–275.