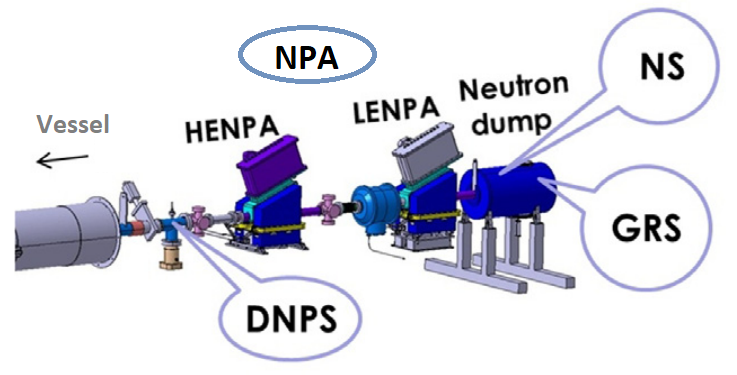
**55.E8 NPA-GPS**

Анализ I&C части диагностики гамма-спектрометрии GPS (Gamma Ray Spectrometer),   
в составе диагностики (Neutral Particle Analyzers) NPA 55.E8, проект ITER. Задача системы GRS – выдача проверочных для NPA данных: nT/nD топливной смеси, альфа-спектр, распределения быстрых ионов p, D, T, 3He и убегающих электронов. *Часть системы NS/DNPS (Neutral Spectrometer / Diamond Neutral Particle Spectrometer) диагностики размещена на оборудовании GRS.*

Оборудование GRS размещено в конце трубы диагностики, и состоит из:

* нейтронного аттенюатора, установленного в средней секции нейтронной ловушки NPA (Neutron Dump),



* спереди которого на трёхпозиционной линейной подвижке смонтированы два детектора NS:
  + сцинтилляционный детектор Stilbene PMT
  + сборка алмазных детекторов,
* сзади на вращающейся двухпозиционной подвижке установлено два детектора диагностики GRS:
  + HPGe детектор выполненный неразборно с охладителем и предусилителем-формирователем,
  + детектор на фотоумножителе (PMT) с LaBr3 сцинтиллятором и предусилителем.

Объекты управления I&C в составе GRS расположенные в порту (схема в приложении)

1. NS – шаговый двигатель линейной подвижки
2. NS – концевые датчики положения подвижки, 3шт
3. NS – соленоид фиксации положения подвижки и его концевой датчик
4. GRS – шаговый двигатель вращающейся подвижки
5. GRS – концевые датчики положения подвижки, 2шт
6. GRS – соленоид фиксации положения подвижки и его концевой датчик
7. GRS – HPGe детектор в сборе с охладителем, предусилителем-формирователем сигнала, и с кабелями к контроллеру охладителя
8. GRS – LaBr детектор в сборе с PMT и предусилителелем сигнала с PMT,  
   с подачей HV питания на PMT и низковольтного питания на предусилитель.
9. GRS – два датчика температуры
10. GRS – два датчика магнитного поля

*Сигнал с алмазного детектора, питание и сигнал с Stilbene PMT - уходят в часть NS*

Объекты управления I&C в составе GRS расположенные в диагностической комнате

1. ITER оборудование – быстрый контроллер, кубикл-мониторинг, роутер
2. Крейт NI с платами расширения
3. Блоки питания Ortec
4. Блок управления охладителем HPGe, анализатор сигнала HPGe
5. Драйвера шагового двигателя

Характеристики сигналов

* HPGe – ступенчатый импульс со сбросом амплитуды по достижении предельного уровня, max частота импульсов 0.2 MHz, оцифровка 180 MHz 16 bit
* LaBr3 PMT – колоколообразный импульс, длительность ~120 нс, max частота импульсов 2 MHz, оцифровка 250 МHz 14 bit
* Оцифровка, обработка и сбор сигналов - вся длительность выстрела токамка.
* Выдача данных: сырые данные оцифровщика, спектры с каждого детектора порядка 10 000 отсчётов каждые 100ms, вычисленные значения различных параметров плазмы.

Схема оборудования GRS в диагностической комнате и её соединение с оборудованием в порту показано на схеме в приложении. Анализу подвергается именно эта схема.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | **Оборудование** | **Назначение** | **Критика** | **Возражение** |
| 1 | Стандартное оборудование ITER: Cube Monitoring, Fast Controller, Network Switch | Мониторинг температуры кубикла, состояния дверей и вентилятора, быстрый контроллер, сетевой роутер | Вопросов не вызывают | - |
| 2 | NI PXIe Crate  NI PXIe-6683H Time  NI PXIe-8398 | Плата протокола точного времени PTP, плата соединения с PC | Вопросов не вызывают. Не имеют аналогов в варианте крейта NI. | - |
| 3 | NI PXIe-6259 LF ADC *(16/31AI, 4AO, 15DI,32DO, 2CNT)*  NI SMB-2090 rack | GPIO: концевые датчики положения, ADC датчиков температуры и магнитных датчиков, два импульсных сигнала драйверов шагового двигателя PUL/DIR | В концепции ITER для управления GPIO необходим медленный контроллер.\*  SMB-2090 устарело и сложно к закупке.  Сложность импульсного управления шаговыми | Единообразие управления всей диагностикой из одного крейта: удобная многоканальная плата для оцифровки медленных аналоговых сигналов и дискретных сигналов, счётный режим для управления шаговым. |
| 4 | NI PXIe-4110 LV supply  NI PXIe-4112 LV supply  NI PXIe-4110 LV supply  NI PXIe-5413 Pulse gen  4110 3ch ±20V,+6V, @1A  4112 2ch +60V @1A | питание магнитных датчиков,  соленоиды GRS и NS, управление HV PMT,  подсветка-калибровка PMT | В концепции ITER для управления GPIO необходим медленный контроллер.\* | Единообразие управления всей диагностикой из одного крейта: выдача силового сигнала на катушку соленоида и управление HV БП PMT аналоговым сигналом 0-10V. Генератор импульсов на подсветку. |
| 5 | Spectr.Instr: M4x.4480-x4 Digitizer 2ch 400 MS/s 14bit M4x.4470-x4 Digitizer  2ch 180 MS/s 16bit | Оцифровка сигналов с датчиков HPGe и LaBr. | Вопросов не вызывают | Разработчикам диагностики платы Spectrum Instruments подошли лучше оригинальных NI: лучше поддержка ПО, например в Linux, дешевле. |
| 6 | DM2820 StepDriver | Вращение двигателей | Импульсное Pul/Dir управление можно заменить на протокол, например варианты с RS485 типа Rtelligent NT60. | NI PXIe-6259 в счётном режиме выхода в состоянии обеспечить периодическое управление шаговым. |
| 7 | ORTEC 556H  ORTEC 4002P LV PS | Фирменное оборудование Ortec для HV питания PMT (регулируемое) и LV питание предусилителя | Специфическое оборудование с функцией обычного блока питания которое можно заменить типовыми БП типа TDK Lambda | Давно сложившаяся схема питания детекторов с гарантированными низко-шумовыми параметрами, не вносит большой вклад в общую цену. |
| 8 | CP5Plus controller | Фирменное оборудование Canberra для управления охладителем HPGe детектора. | Контроллер охладителя не вызывает вопроса, кроме известной проблемы удлинения кабелей до оборудования в порту. | Кабели – в процессе тестирования. |
| 9 | LynxII | HV PSU для HPGe детектора, обработка сигнала для дополнительной проверки своего алгоритма. | LynxII можно исключить из схемы т.к. оцифровка идёт через NI крейт, а HV питание взять любое типа TDK Lambda. | LynxII стандартно используется в связке с CP5PLus как согласованный блок HV питания HPGe, с функцией блокировки inhibit. Также он полезен для проверки правильности собственных вычислений. |
| 10 | MOXA Nport | Управление CP5Plus контроллером охладителя через RS232. | Можно исключить:  Нет необходимости в постоянном управлении CP5Plus.  ПО управления только под Windows, не консольное. | Очень желательно понимать что происходит с контроллером охладителя, это единственный вариант.  Проблема с ПО Windows, будет решаться реверс-инжинирингом протокола. |

\* *см. развёрнутую критику ниже*

**Альтернатива NI GPIO**

В концепции ITER всё управление дискретными и аналоговыми входами-выходами помещается в медленный контроллер. Ниже таблица альтернатив аппаратной архитектуры диагностики.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| N | **Предложение** | **Описание** | **Возражение** |
| 1 | Всё GPIO выносится на медленный контроллер Siemens Simatic 1500 | В диагностику GRS добавляется свой Slow Controller с дискретными и аналоговыми входами/выходами, например моноблок s7‑1501C-1P. Шаговые управляются по RS485. | Нет ресурсов программировать и поддерживать чужеродное аппаратное обеспечение, когда всё можно сделать на оборудовании NI. |
| 2 | Всё GPIO выносится на медленный контроллер Siemens Simatic 1500 из состава NPA. | У NPA много Slow Controller, они находятся и в диагностической комнате и в порту рядом с GRS. Нет сложности выделить несколько сигналов на NI. Нет сложности пробросить управление GRS через переменные EPICS из набора NPA, тем более что по PBS это единая диагностика. | Неудобно отдавать часть разработки и поддержки в стороннюю группу. Есть опасение что сложно будет управлять своей частью медленных сигналов диагностики. |
| 3 | Всё GPIO выносится на распределённую периферию. | Есть вариант непрограммируемой распределённой периферии, управляемой в режиме RS485 через простые регистры Modbus, например [модули IP-DAS](https://icp-das.ru/collections/pac-i-8k-i-87k-i-9k-i-97k?tip_shiny=series_I-87K). Управление от Fast Controller через RS485. *(Будет критика от ITER, что не Siemens Simatic.)* | Нет явного желания ради одного ITER изменять архитектуру и внедрять некое пром. оборудование, которое надо ещё программировать. И наверняка это не понравится ITER, т.к. перекрывается по функциональности с Siemens Simatic. |
| 4 | Вся оцифровка переносится на внешние оцифровщики типа Caen. | Вкупе с п.1-3 позволяет полностью избавиться от крейта NI. | ПО GRS длительное время разрабатывается под оцифровщики NS, и только ради ITER переделывать долго. Также, вариант NS используется при научной работе и в других проектах. Также CAEN не предоставляет возможности записи в Raw data mode, и для сегментной сегментной моды при большой загрузке детектора не хватит буфера |

**Критика оборудования NI как такового**

Предложенная схема GRS на оборудовании NI имеет следующие минусы, в порядке важности:

1. NI был разработан для постановки часто изменяемого научного эксперимента. ITER – постоянно работающая в одном режиме промышленная установка.
2. Нет уверенности что NI сможет работать в промышленном режиме 24\*7\*365
3. Нет уверенности что NI потянет длинные линии, пром гальваноразвязку, помехи и статику.
4. NI может снимать позиции с производства, например SMB-2090
5. NI сейчас тяжело купить, и дорого
6. Часть управления входами-выходами *обычно* делают на другом оборудовании - промышленной распределённой периферии.

Ко всему оборудованию надо будет уточнять:

* покупаемость в России и в Европе, поддержка, срок жизни, сертификат CE
* драйвера, программируемость, поддержка от производителя
* MTFB (наработка на отказ)
* работа IO на длинную линию
* режимы дистанционного включения, инициализации, сброса, индикация аварии

**Приложения:**  
- блок-схема аппаратной архитектуры GRS, включая часть NS

- схематическое изображение портового оборудования GRS

- отрисовка стойки оборудования GRS в диагностической комнате, 3 вида

