



Объединенный Институт Ядерных Исследований,  
Дубна, Россия



# Система управления ускорительного комплекса NICA

Георгий Седых от коллектива НТОП

Telegram: <https://t.me/cedbix>  
E-mail: [egor@dubna.tk](mailto:egor@dubna.tk)

Курс лекций по подготовке операторов ускорительного комплекса, ЛФВЭ, ОИЯИ, Дубна, 20.10.2023

# Ускорительный комплекс NICA



[nica.jinr.ru](http://nica.jinr.ru)

# Основные задачи системы управления

1. Взаимодействие с аппаратными средствами.
2. Взаимодействие с пользователем.
3. Реализация логики работы, присущей данной конкретной установке.

# Дополнительные задачи системы управления

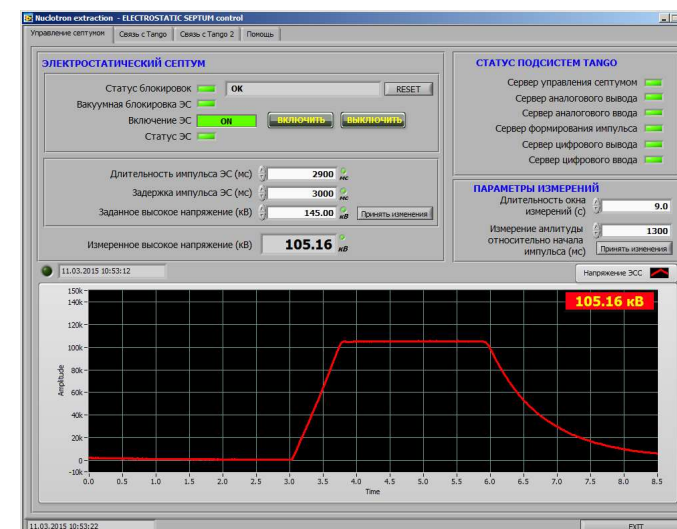
- Средства обеспечения работоспособности;
- Авторизация и разграничение прав доступа;
- Стандартизованная система конфигурации элементов;
- Автоматический запуск и остановка;
- Архивация и извлечение архивных данных;
- Логирование;
- Мониторинг;
- Стандартизованная обработка ошибок;
- Библиотеки и наборы инструментов для создания клиентских приложений

# Система управления с единой программой

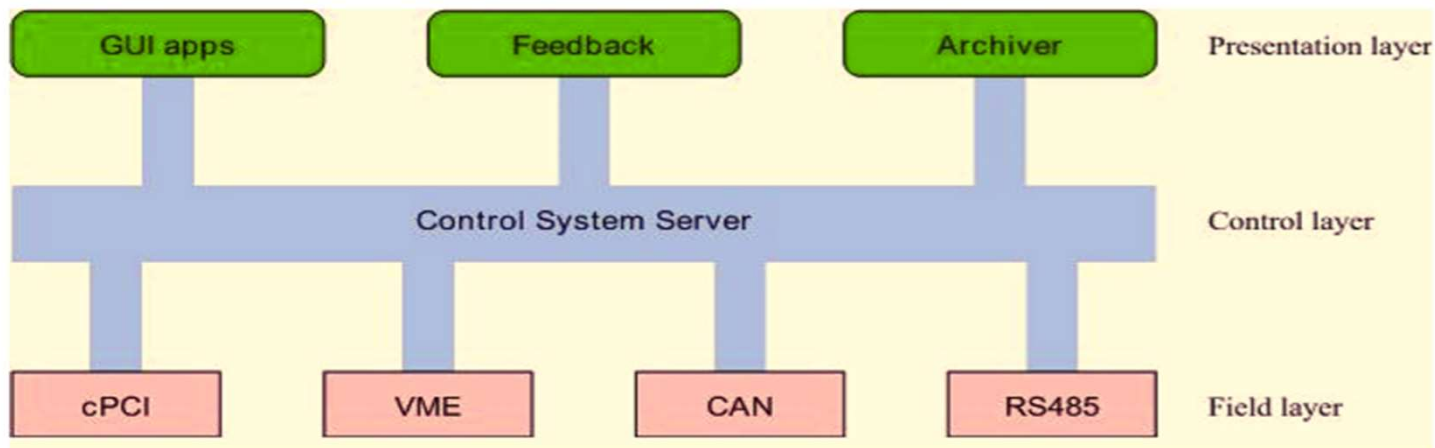
Для небольших, «настольных» установок все три функции обычно выполняются единой программой, которая и реализует графический интерфейс пользователя, взаимодействует с аппаратурой и содержит некую специфичную для конкретной установки логику (управление рабочим циклом установки, обратные связи, слежение за различными параметрами, и т. п.).

## Недостатки:

- Трудно обслуживать большое количество электроники одним компьютером и одной программой.
- Большой объем кода и повышенная сложность программы.
- Трудно обеспечить доступ разных программ к одному устройству.



# Трехуровневая архитектура ПО системы управления



## Достоинства:

- разграничение функций;
- распределенность;
- разрешение конфликтов доступа.

Следствием этих достоинств является масштабируемость - одно из основных требований, предъявляемых к крупным системам управления.



# TANGO – СВЯЗУЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Connecting things together

- Предназначена для построения систем управления крупными физическими и промышленными установками;
- Основана на принципе распределённых tango-устройств;
- Скрывает сетевое взаимодействие;
- Бесплатное и мультиплатформенное ПО с открытым исходным кодом;
- Набор инструментов для централизованной настройки, контроля и управления всеми подключёнными tango-устройствами;
- Серверные и клиентские библиотеки для языков C++, Python, Java;
- Создание клиентских приложений на web, Qt, Taurus, LabView, MatLab,...

# Tango Controls :: Device - устройство

- Программное отображение реального устройства или логической сущности в системе управления;
- Уникальный идентификатор **domain/family/member**;
- Имеет внутреннее состояние (ON, OFF, FAULT, ...);
- Имеет статус (понятное текстовое описание состояния);
- Взаимодействуют через интерфейс:
  - Атрибуты (поля данных);
  - Команды (действия);
- Настраивается при помощи свойств;
- Взаимодействуют синхронно, асинхронно или по событиям;
- Принадлежит к определенному tango-классу;
- Выполняется внутри сервера устройств tango.



## Источник питания

- Состояние
  - Статус
  - Ток
  - Напряжение
  - Режим
  - Включить вывод
  - Выключить вывод
  - Адрес
  - Порт
- Атрибуты
- Команды
- Свойства

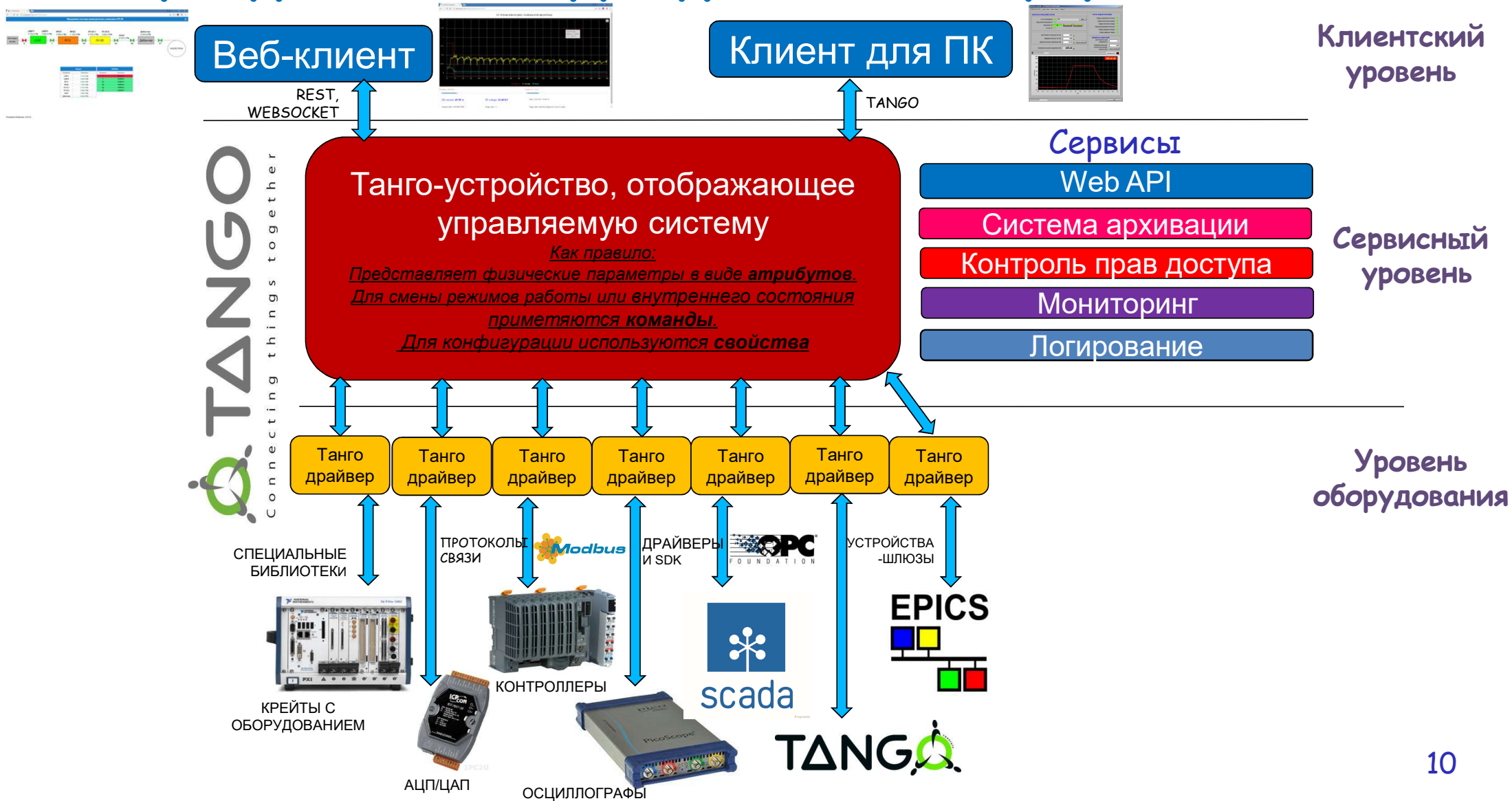


## Tango Controls :: База данных Tango

- База данных Tango служит для хранения структуры системы и конфигурационной информации для устройств.
- Каждая база данных имеет свою точку доступа, которая определяется переменной окружения **TANGO\_HOST=host:port**.
- В пределах системы Tango могут одновременно работать несколько баз данных.



# Трёхуровневая структура системы управления



## Уровень оборудования

Разработаны tango-классы для работы с устройствами National Instruments:

- Дигитайзерами и осциллографами;
- Генераторами сигналов;
- Аналоговыми и цифровыми входами/выходами;
- Таймерами, счётчиками и другими устройствами.



Разработаны tango-классы для работы по стандартным протоколам связи:

- Modbus (TCP, RTU, RTU over TCP, ASCII);
- OPC UA, OPC DA;
- NI Datasocket.



**Для остального оборудования можно использовать:**

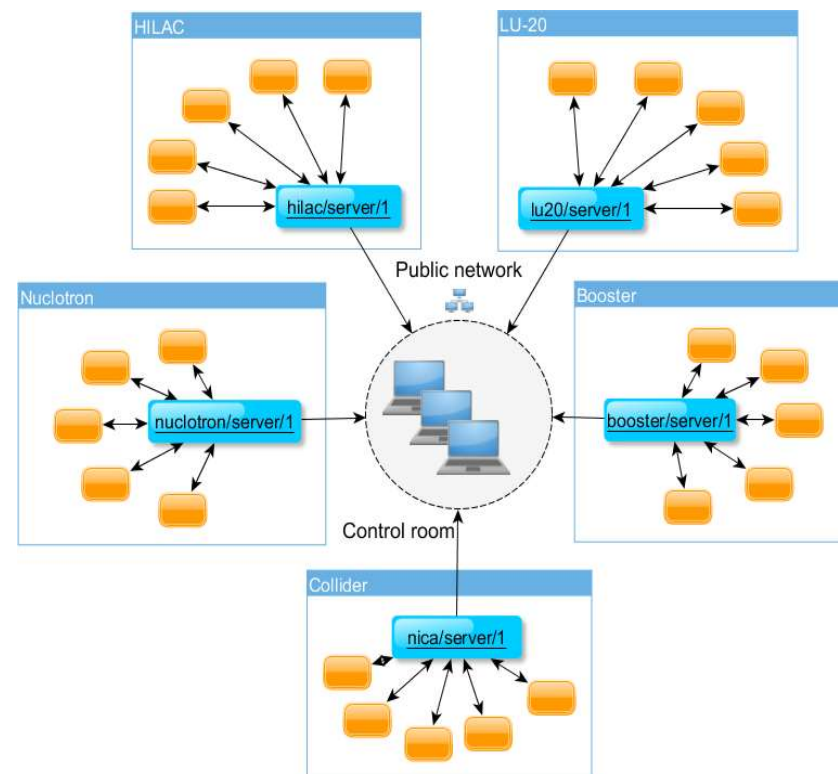
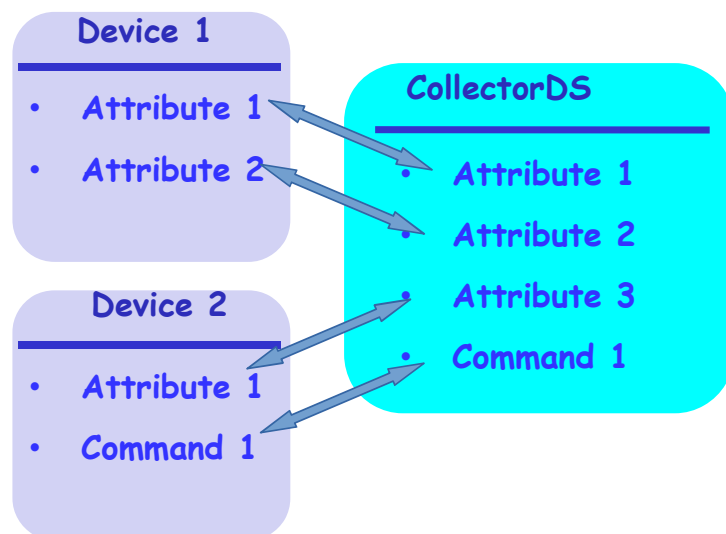
- Готовые классы (при наличии в большой базе компонентов Tango);
- Текстовые или бинарные Ethernet команды (SocketDS);
- Текстовые или бинарные команды по последовательному порту (Serial line);
- Самописные классы с использованием специализированных библиотек и SDK.

## Связующий уровень :: Высокоуровневые устройства

- Отображают сложное устройство или систему целиком;
- Работают с устройствами нижнего уровня;
- Реализуют логику работы системы;
- Предоставляют стандартный интерфейс для клиентов:  
атрибуты и команды.

# Связующий уровень :: CollectorDS

- Группирует атрибуты и команды других устройств как свои. Данные могут передаваться напрямую, периодически, по событиям или по триггеру;
- Служит для оптимизации трафика и для разгрузки медленных устройств;
- Может применяться для безопасного взаимодействия между различными установками Tango.

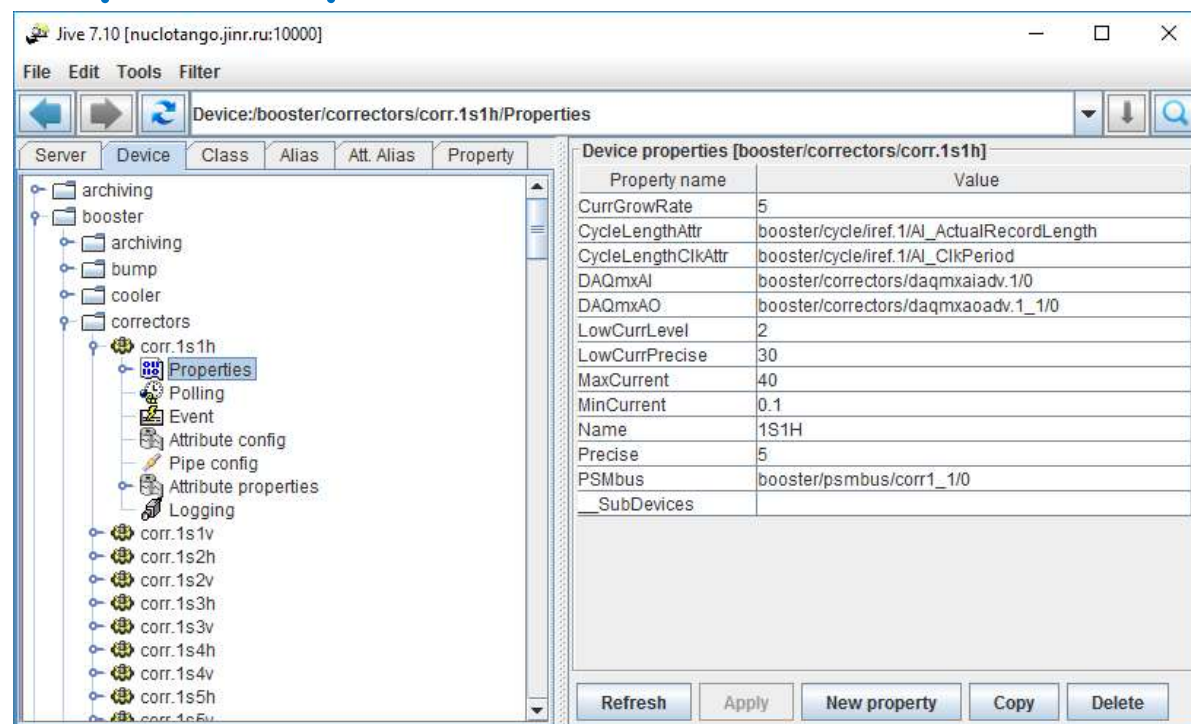


## Сервисы :: Обеспечение надежности

- Все модули среднего уровня работают на виртуальных машинах в кластере на базе серверов Supermicro;
- Для надёжности электропитания используются блоки бесперебойного питания;
- Виртуализация осуществляется при помощи надёжной и гибкой системы Proxmox;
- Для хранения данных используется система Ceph;
- Центральная база данных Tango работает с двойной репликацией по формату «мастер-мастер» с балансировщиком нагрузки Nginx.

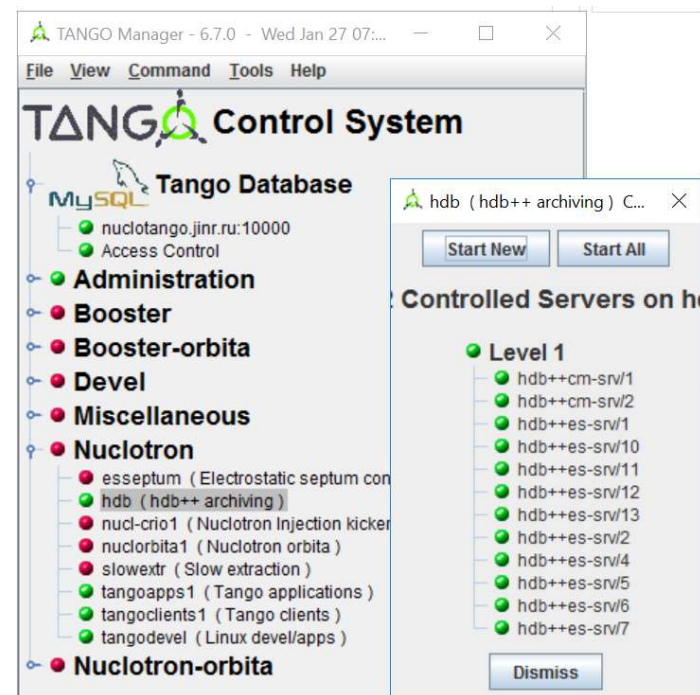
## Сервисы :: Настройка, утилита Jive

- Конфигурация устройств осуществляется при помощи свойств, которые хранятся в центральной базе данных Tango;
- Для работы с базой применяется утилита Jive. Она позволяет просматривать структуру системы управления, изменять конфигурацию устройств, регистрировать новые устройства, удалять ненужные устройства, запускать служебные утилиты (TestDevice, AtkPanel, LogViewer,...).



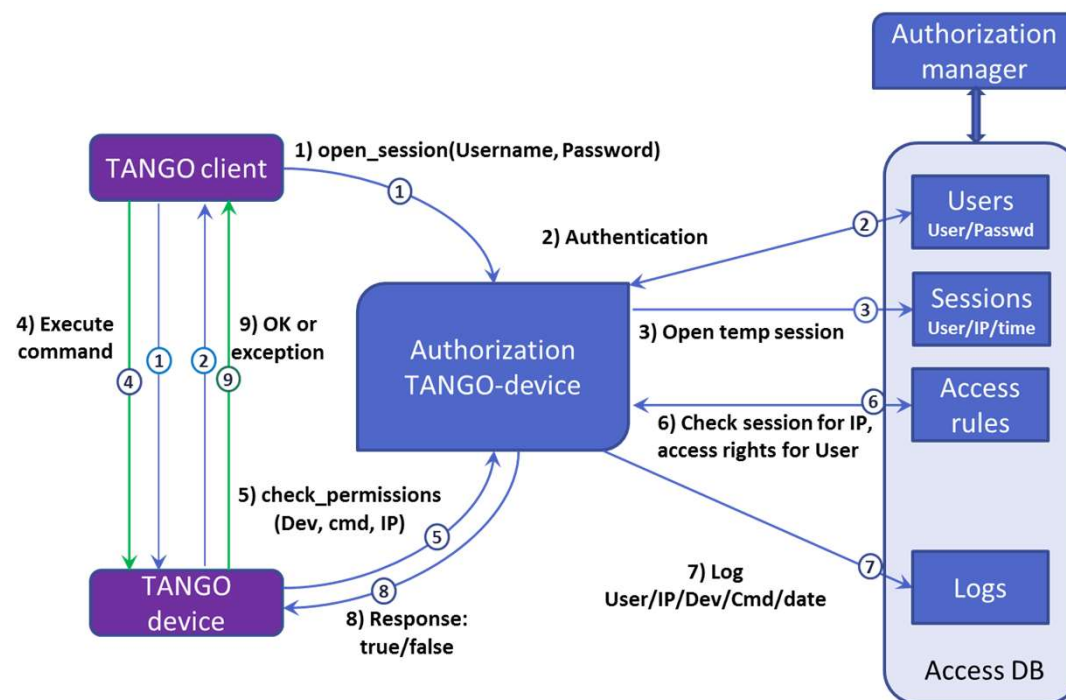
## Сервисы :: Управление системой

- Управление производится через утилиту Astor;
- Устройства выполняются на распределенных машинах (хостах). На каждом хосте запускается специальное устройство - Starter, которое управляет остальными устройствами данного хоста;
- В утилите Astor имеется древовидный список всех имеющихся хостов. Цветовая метка характеризует состояние хоста (красный - выключен или неисправен, зеленый - включен, синий - включается);
- Для работы с конкретным хостом можно открыть панель управления. Она позволяет включить/выключить устройства в хосте и зарегистрировать новое устройство. Цветовая метка характеризует состояние устройства. Устройства можно группировать по пяти уровням запуска. При старте всех устройств хоста, устройства запускаются согласно уровням от 1 до 5.
- Astor позволяет запустить другие утилиты: AccessControl, EventManager.





## Сервисы :: Контроль доступа



- Система разграничения прав доступа основана на ролях;
- Каждой роли соответствует определенный набор прав;
- Несколько ролей могут быть назначены для каждой пары ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ / IP\_АДРЕС;
- Производит проверку на стороне сервера;
- Используется для защиты главного сервера базы данных системы Tango Controls;
- Осуществляет логгирование;

!!! Ведётся внедрение стандартной системы аутентификации JINR SSO

# Сервисы :: Логгирование

Manage Tango Role-Based access control

File View Taurus Tools Help

Load Perspectives jive astor

RBAC Status Sessions Roles Permissions Users User roles Logs

From: 10.04.17 10:06:11 To: 10.04.17 10:06:11

Filter by Object: Filter by IP: Filter by Entry:

Retrieve logs

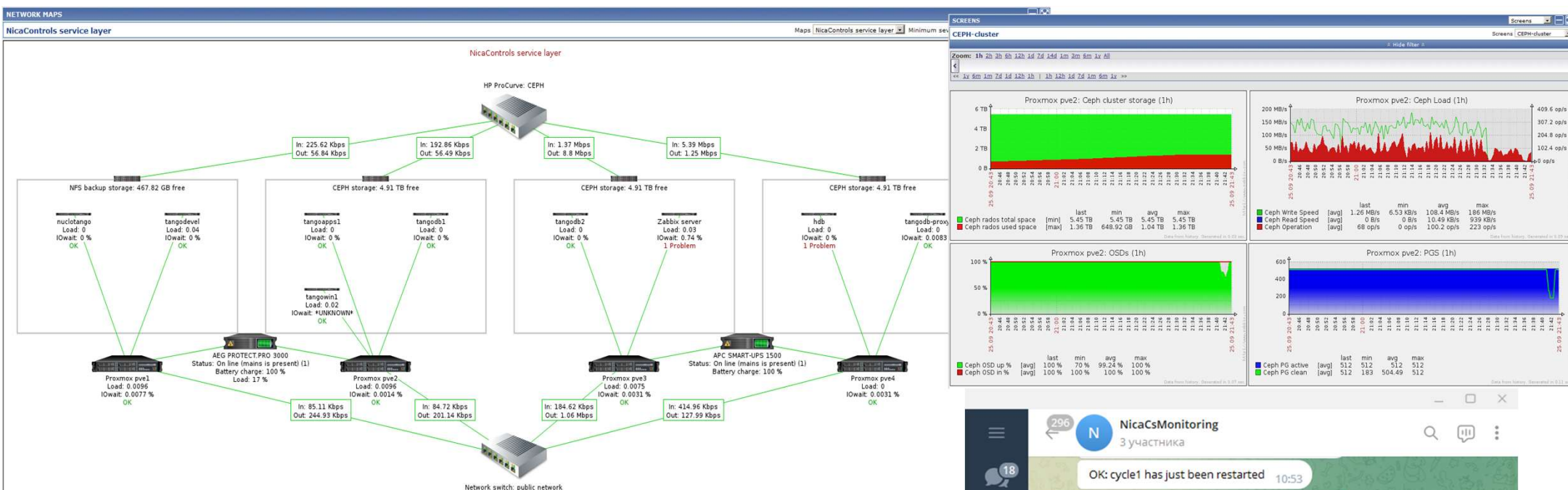
now 2017-02-14 2017-04-21 ALL Log history size 500 latest

id	facility	created	source	IP	object	Entry	
485	1939197	INFO	2017-04-21 13:24:44	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceProperty/diagnostics/daqmxai/1/0	Access granted (and cached).
486	1939199	INFO	2017-04-21 13:24:46	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbExportDevice/diagnostics/daqmxai/1/IOR:010000001700000049444c3a54616e676f2f4465766963655f343a312e30000001000000000000064...	Access granted (and cached).
487	1939201	INFO	2017-04-21 13:24:46	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbExportDevice/dserver/DAQmxAI/bergoz1/IOR:010000001700000049444c3a54616e676f2f4465766963655f343a312e30000001000000000000...	Access granted (and cached).
488	1939203	INFO	2017-04-21 13:24:56	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbUnExportEvent/DServer/Bergoz/bergoz1	Access granted (and cached).
489	1939205	INFO	2017-04-21 13:24:56	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutClassProperty/Bergoz/4/ProjectTitle/1/Description/1/Bergoz subsystem/doc_url/1/http://www.esrf.eu/computing/cs/tango/tang...	Access granted (and cached).
490	1939207	INFO	2017-04-21 13:24:57	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceProperty/diagnostics/daqmxai/1/1/AI_SamplingFrequency/1/50000	Access granted (and cached).
491	1939209	INFO	2017-04-21 13:24:57	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceProperty/diagnostics/daqmxai/1/0	Access granted, cached access entry
492	1939211	INFO	2017-04-21 13:24:57	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceAttributeProperty2/diagnostics/daqmxai/1/1/AI_NumberOfSamples/1/_value/1/204800	Access granted (and cached).
493	1939213	INFO	2017-04-21 13:24:57	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbExportDevice/diagnostics/bergoz/1/IOR:010000001700000049444c3a54616e676f2f4465766963655f343a312e300000010000000000000640...	Access granted (and cached).
494	1939215	INFO	2017-04-21 13:24:58	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceProperty/diagnostics/daqmxai/1/1/AI_SamplingFrequency/1/50000	Access granted, cached access entry
495	1939217	INFO	2017-04-21 13:24:58	check_permissions	159.93.126.70	sys/database/1/DbPutDeviceProperty/diagnostics/daqmxai/1/0	Access granted, cached access entry

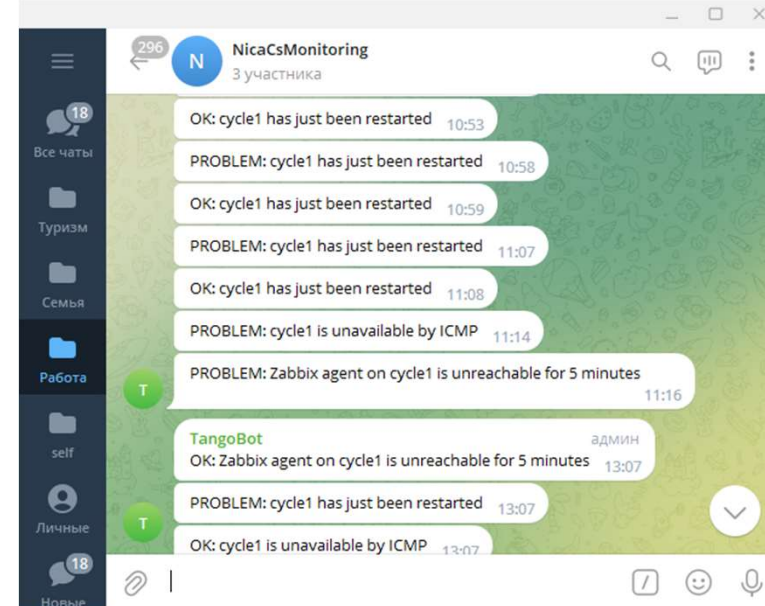
Отладочная информация различается по уровню (debug, info, warning, error) и может выводиться в консоль, записываться в файл или в базу данных. Система логгирования позволяет:

- Вести полный лог изменений базы данных TANGO – запуск устройств, изменения свойств и т.д.;
- Вести централизованное логгирование устройств TANGO (выполнение команд, чтение/запись атрибутов, ...)
- Использовать удобный интерфейс для поиска информации в логах.

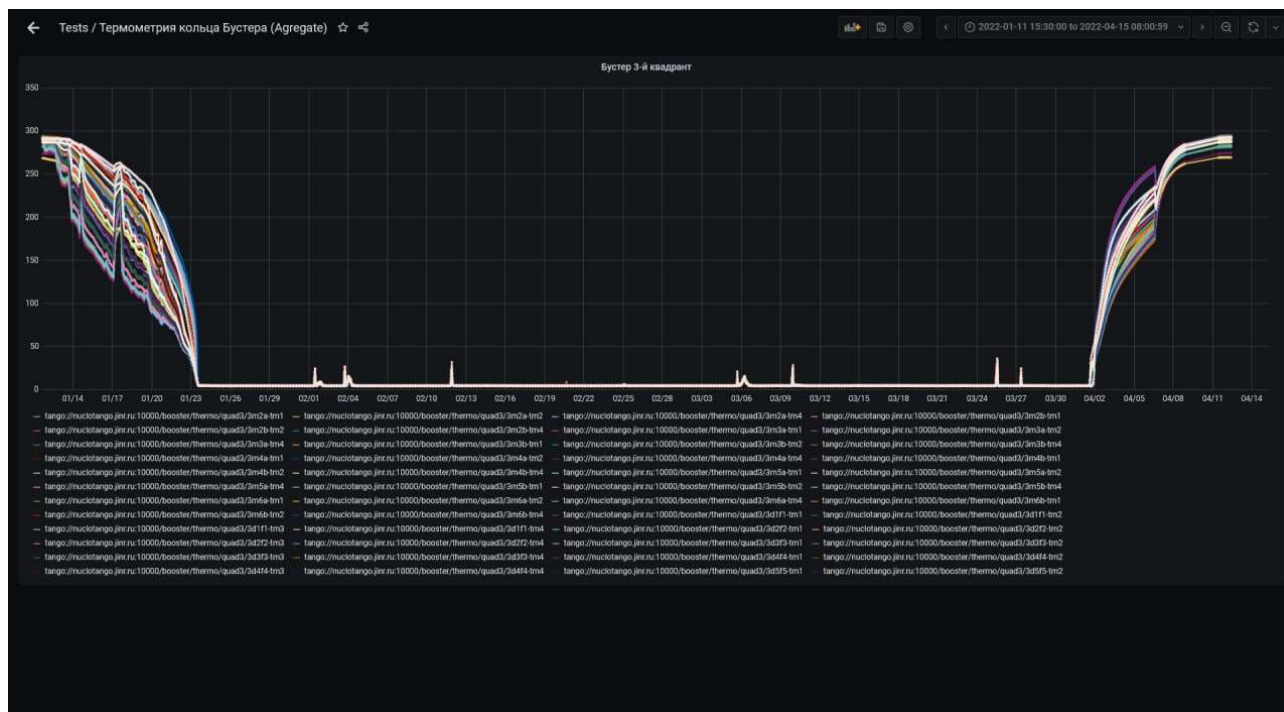
# Сервисы :: Мониторинг



**Zabbix** – утилита для мониторинга аппаратуры и программного обеспечения системы управления. Собирает данные о состояниях и статусах Tango устройств, загрузке процессора, использовании памяти и дискового пространства и многих других параметрах. Отправляет оповещения администраторам через Telegram – бота NicaCsMonitoring.



# Сервисы :: Архивация, просмотр и выгрузка архивных данных.



## HDB++:

- стандартная система архивации данных в Tango;
- работает по событиям;
- использует базу данных Timescale;

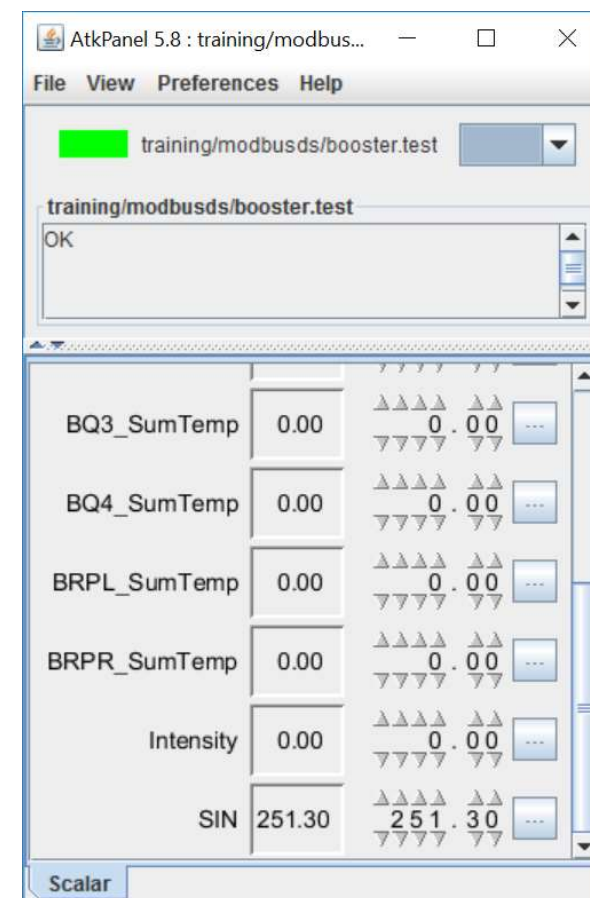
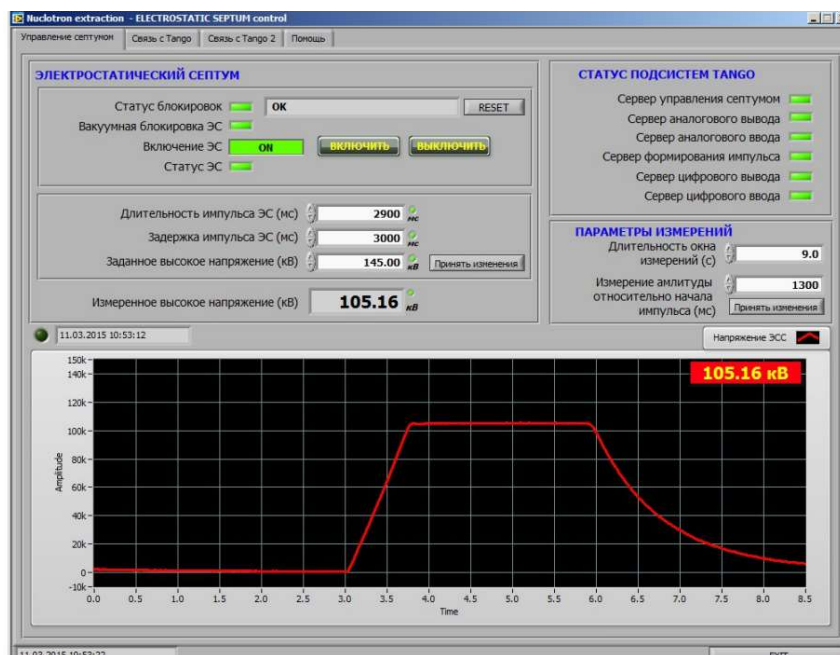
## Graphana

- веб-приложение, используемое для отображения архивных данных

## Extractor:

- веб-клиентское приложение для выгрузки архивных данных.

# Клиентский уровень :: Приложения для ПК



- Встроенные утилиты: ATKPanel, Test Device;
- Клиентские библиотеки для языков C++, Python, Java;
- Связующие компоненты для LabView, Matlab;
- Средства для быстрой разработки клиентских приложений: Taurus, QTango;

# Клиентский уровень :: Python клиент

```
import tango

try:
    #Подключение к устройству
    device = tango.DeviceProxy("sys/tangotest/3")

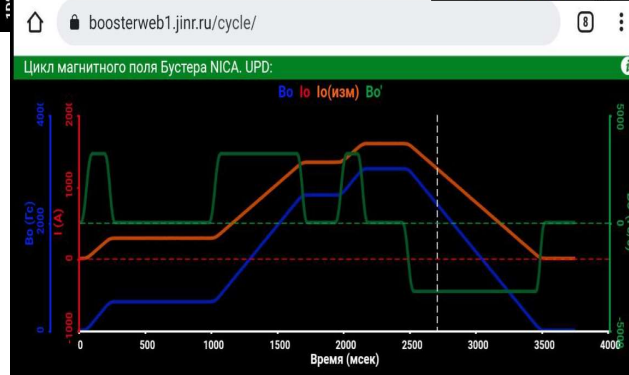
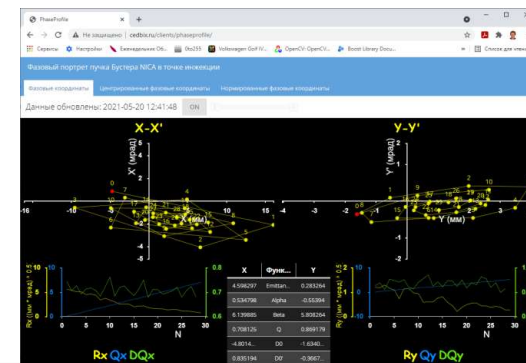
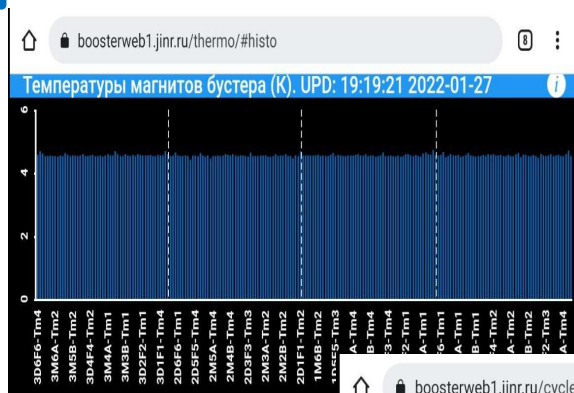
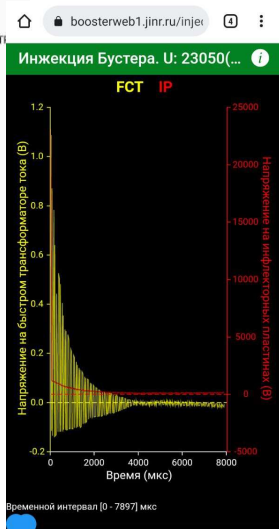
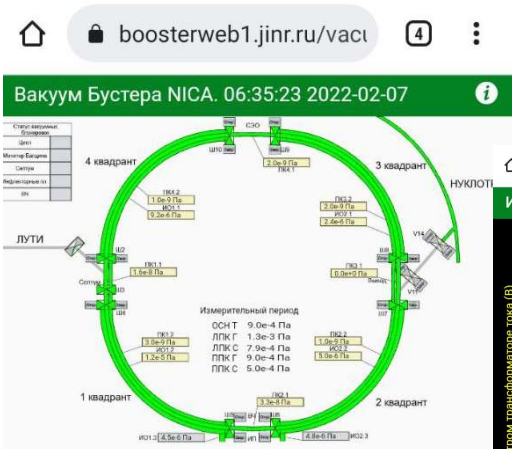
    #Чтение атрибута double_scalar
    doubleValue = device.double_scalar
    print(doubleValue)

    #Запись атрибута double_scalar
    device.double_scalar = 123.45

    #Выполнение команды DevDouble
    argout = device.DevDouble(23.89)
    print(argout)

except Exception as e:
    print(str(e))
```

# Клиентский уровень :: Веб-приложения



## Преимущества:

- Работают на любом устройстве (ПК, планшет, смартфон) и в любой операционной системе;
- Не требуют установки на компьютер;
- Централизованно обновляются.

Веб-приложения для системы Tango работают при помощи технологий REST и WebSocket

Ведется разработка веб-приложения – агрегатора для упрощения навигации между страницами

# Система управления :: Статус

## Бустер:

- Циклозадающая аппаратура
- Диагностика инъекции
- Термометрия
- Измерение орбиты
- Коррекция орбиты
- Измерение тока пучка
- Q-метр
- Вывод
- Синхронизация
- Вакуум
- ВЧ
- Защита от переходов
- Электронное охлаждение
- СБИС

## Нуклотрон:

- Циклозадающая аппаратура
- Диагностика инъекции
- Термометрия
- Измерение орбиты
- Коррекция орбиты
- Измерение тока пучка
- Вывод
- ВЧ

### Отдельно

- DocDB
- Сохранение состояния системы

## Коллайдер:

- Циклозадающая аппаратура
- Диагностика инъекции
- Термометрия
- Измерение орбиты
- Коррекция орбиты
- Измерение тока пучка
- Q-метр
- Синхронизация
- SLM мониторы
- ВЧ
- Электронное охлаждение
- Вакуум

## KRION + ЛУТИ:

СУ работает автономно с возможностью интеграции

## Каналы перевода:

СУ строится на базе Tango, все будет полностью интегрировано в общую СУ

- Сделано
- Интегрировано
- Возможно интегрируется
- В работе



## Советы для операторов :: Управление

- Управлять конкретной подсистемой необходимо в строгом соответствии с описанием (подробные описания систем разрабатываются). **Изменения необходимо согласовывать с ответственным за систему!!!**
- Для включения/выключения устройств необходимо использовать утилиту Astor. В ней выбрать нужный хост, открыть его панель управления и включить/выключить необходимые устройства.
- Для конфигурации устройства необходимо использовать утилиту Jive. В ней выбрать нужное устройство, выбрать у него вкладку Properties и внести необходимые изменения. Далее выполнить команду Init на устройстве (через TestDevice или AtkPanel, или перезапустить устройство через Astor). **При изменении свойств необходимо проконсультироваться с ответственным лицом!!!**
- Управлять устройствами можно при помощи клиентской программы (при наличии) или через утилиты TestDevice или AtkPanel. Запустить их можно через утилиту Jive.
- Атрибуты и команды уровня OPERATOR можно использовать при условии понимания процесса работы системы. **Использовать атрибуты и команды уровня EXPERT можно только после согласования с ответственным лицом.**

## Советы для операторов :: Ошибки, неисправности

- Система должна быть организована так, чтобы ошибка «всплывала», т.е. устройства всех уровней транслируют ошибку вверх и в итоге она отображается на клиенте в виде всплывающего окна с описанием проблемы. Для локализации неисправности необходимо пройти путь вниз от клиента до проблемного устройства и, по возможности, устранить проблему. **Если нет возможности или что-то не получается - вызвать ответственное лицо.**
- При локализации проблемы можно воспользоваться Telegram-ботом NicaCsMonitoring, мнемосхемами в системе мониторинга Zabbix и посмотреть отладочную информацию проблемного устройства через систему LogViewer. **Если что-то непонятно - вызвать ответственное лицо..**
- При сбое в работе аппаратуры можно (по согласованию с ответственным лицом) перезагрузить шкаф с оборудованием при помощи модуля дистанционного управления (сейчас разрабатывается для всех шкафов СУ)
- Если нет доступа к центральной базе данных Tango, не запускаются утилиты Jive или Astor, нет доступа к определенному Tango-хосту или устройству, а так-же в случае других неисправностей - **вызвать ответственное лицо..**

Спасибо за внимание!!

