

# Методы оптимизации бизнес- процессов жизненного цикла АСЗУ (РАС) со свободным размещением функций.

# АСЗУ со свободным размещением функций

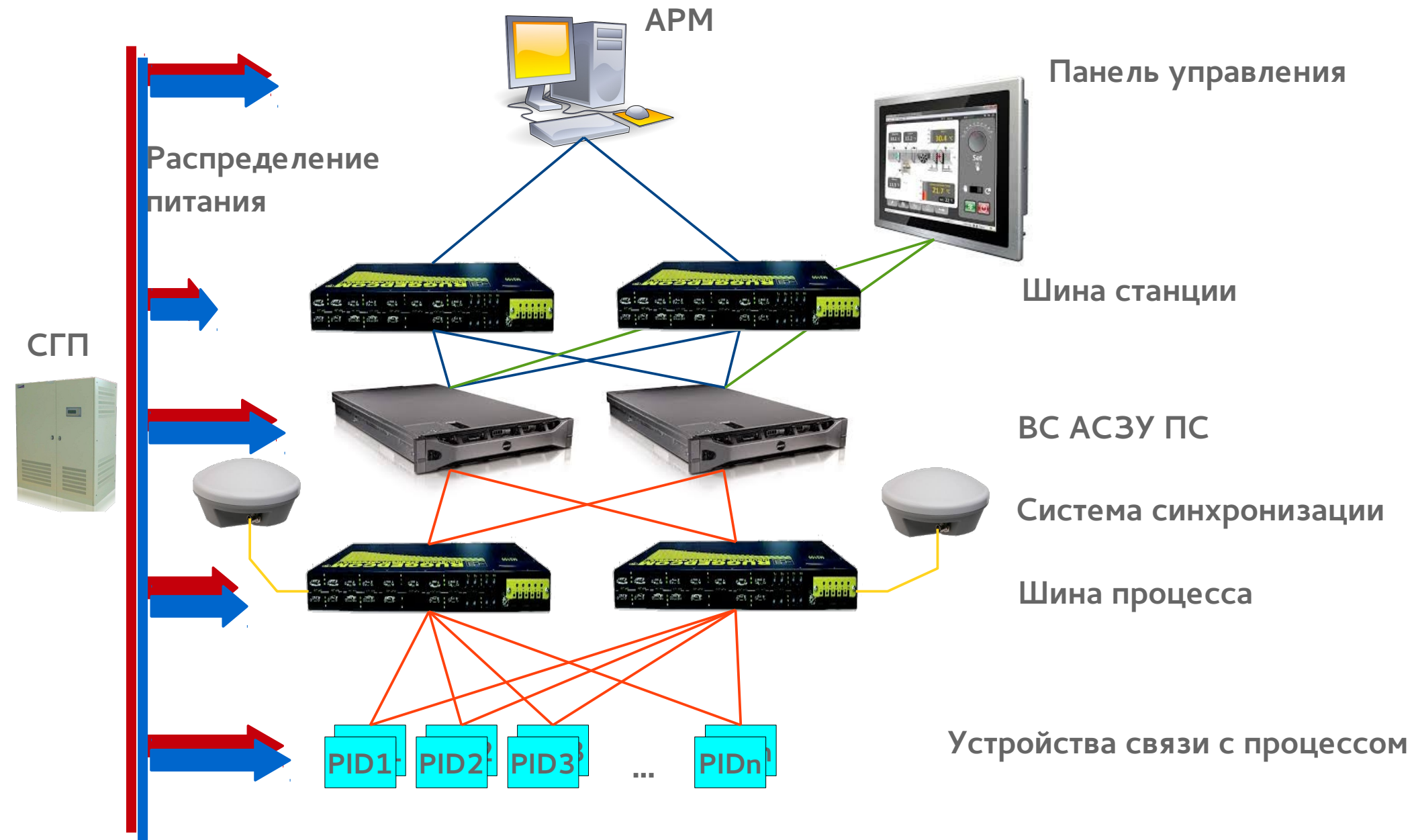
**Это система имеющая свойство независимости логической структуры от физической.**

Данное свойство обеспечивается соблюдением следующих требований:

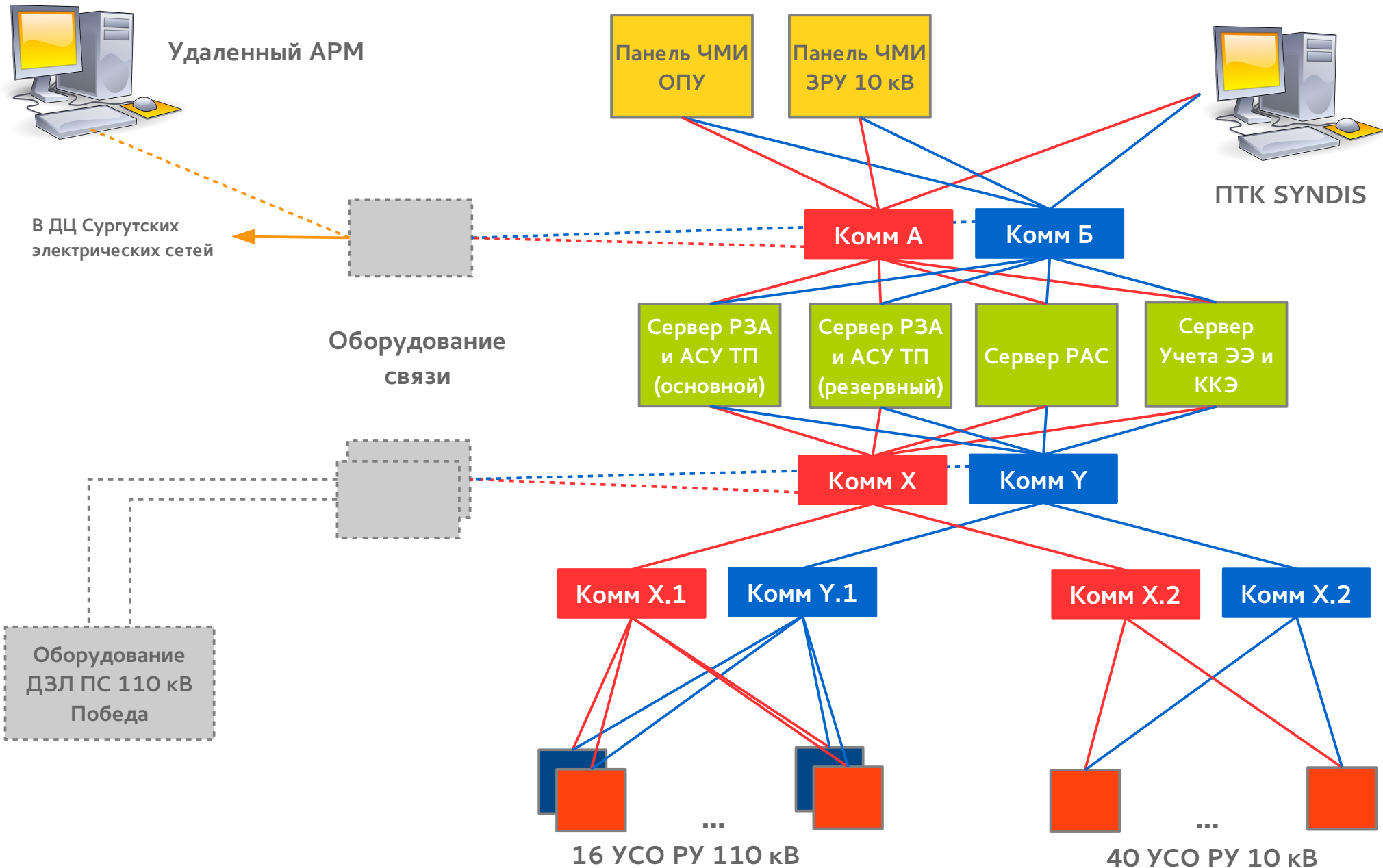
- Функции защиты и управления состояются из атомарных компонентов, как из блоков LEGO.
- Простейшие компоненты функций могут взаимодействовать друг с другом, составляя более сложные функции защиты и управления. При этом способ обмена информацией:
  - Не зависит от того, где взаимодействующие компоненты физически расположены.
  - Зависит от требуемой производительности.
- Данные компоненты реализуются в виде самостоятельных программных модулей.
- Программная реализация модулей независима от конкретного типа аппаратных средств.
- Интерфейсы атомарных фрагментов функций автоматизации должны быть стандартизованы (IEC 61850 Logical Nodes).
- Методы обмена информацией фрагментов функций друг с другом должны быть стандартизованы (IEC 61850 MMS, SV, GOOSE).
- В следствие модульности и независимости от конкретного аппаратного обеспечения, может быть реализована любая степень функциональной интеграции:
  - От полной интеграции всех функций в рамках одного производственного сервера.
  - До полной дезинтеграции - когда каждый компонент функции расположен на своем устройстве.

**Таким образом, физическая структура системы является независимой по отношению к логической и может быть оптимизирована.**

# Оптимальная структура АСЗУ по кр. Надежность/Стоимость



# ПТК АСЗУ ПС 110/10 кВ «Олимпийская»



# Полевой уровень АСЗУ ПС 110 кВ «Олимпийская»



# Серверное оборудование



## Шкаф 1:

- Сервер РЗА и АСУ ТП(основной)
- Сервер РАС
- Сервер Учета ЭЭ и ККЭ
- Сервер SCADA SYNDIS
- Коммутаторы ЛВС(1 комплект)

## Шкаф 2:

- Сервер РЗА и АСУ ТП(резервный)
- Контроллер общеподстанционных сигналов
- Коммутаторы ЛВС(2 комплект)

## Шкаф 3:

- Система гарантированного питания



# Панели человеко-машинного интерфейса

Панель управления ПТК в ЗРУ 10 кВ

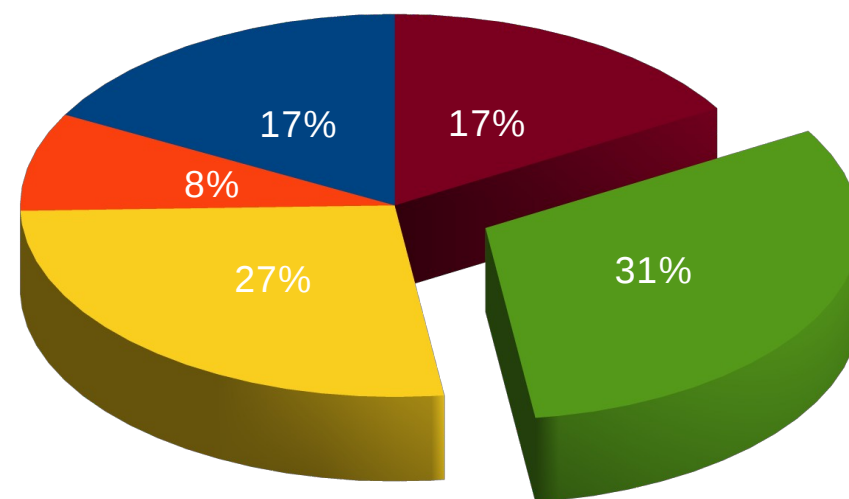


Панель управления ПТК в ОПУ



# Экономический эффект при строительстве.

| Наименование подсистем       | Традиционная      | ПТК iSAS          |
|------------------------------|-------------------|-------------------|
| УСО                          | -                 | 5 931 266         |
| Система РЗА                  | 15 702 125        | 10069703          |
| Система ОМП                  |                   |                   |
| Система ТМ/АСУ ТП            |                   |                   |
| Система РАС                  | * - в составе РЗА | 1 555 295         |
| Система АИИСКУЭ              | 2 440 000         | 1368074           |
| Система ККЭ                  | -                 |                   |
| Итого оборудования с НДС     | 25 642 125        | 18 924 312        |
| Проектные работы             | 2 820 903         | 4 500 000         |
| Монтажные работы             | 10 233 829        | 2 150 000         |
| Пусконаладочные работы       | 2 820 903         | 1 500 000         |
| <b>Итого с НДС</b>           | <b>42 196 857</b> | <b>27 074 339</b> |
| <b>Величина эффекта, руб</b> | <b>15 122 518</b> |                   |
| <b>Величина эффекта, %</b>   | <b>35,84</b>      |                   |



■ Выч. средства ■ Оборудование связи ■ ПО iSAS ■ УСО ■ Прочее

# Проектирование. Ожидания.

- Эффекты вследствие высокого уровня функциональной интеграции.
  - Меньше устройств.
  - Устройства однотипные.
  - Меньше физических кабельных связей, клемм, разъемов и т. д.
- Эффекты вследствие использования IEC 61850
  - Для всех функций, в рамках системы, используется единый стандартизованный способ коммуникаций.
  - Единая информационная модель
    - Принцип "Данные вводятся только один раз".
    - Позволяет поддерживать полноту, целостность и непротиворечивость проектной информации. Существенно снижает количество ошибок.
    - Возможность симулировать работу системы до запуска ее в производство.
      - Моделирование работы ЛВС.
      - Моделирование логики.
  - Значительная часть конфигурации системы может быть создана на стадии проектирования.
- Эффекты вследствие аппаратной независимости и возможности свободного размещения функций
  - Гибкость при синтезе оптимального решения.
  - Процесс проектирования распадается на две слабосвязанные друг с другом части:
    - Проектирование логической структуры системы.
    - Проектирование физической структуры системы.

# Проектирование. Ожидания.

- Эффекты ввиду высокого потенциала автоматизации процесса проектирования - Использование САПР в проекте.
  - Снижение трудоемкости.
  - Уменьшение количества ошибок.

Такая САПР должна была включать в себя интегрированные в единый комплекс:

- Инструментарий проектирования физической структуры системы. Т.е. в основном, традиционный функционал для разработки конструкторской и рабочей документации в части вторичной коммутации.
- Инструментарий проектирования логической структуры системы в формате IEC 61850-6 SCL.

В качестве САПР для проекта ПС 110/10 «Олимпийская» был выбран Aucotec Engineering Base-Power.

# Проектирование. Результат.

Выраженный во временном и денежном отношении **эффект получился отрицательный**, и затраты на проектирование новой системы **более чем в 2 раза** превысили показатели для уже существующего традиционного комплекса.

Причины:

- Новизна решения, что требует проработки новых методов и подходов к проектированию.
- Большинство технических и программных средств использованных в качестве компонентов системы не имело во время проектных работ законченного вида. Часть характеристик менялась, а полная документация отсутствовала. Устройства и ПО многократно дорабатывались «на ходу», по замечаниям проектировщиков и результатам предварительных тестов.
- Было затрачено много усилий на освоение САПР, и при этом был выявлен ряд недостатков этого ПО:
  - поддержка только первой редакции МЭК (на сегодняшний день устранено).
  - графический движок Visio (оказалось, что вызывает неприятие у большинства проектировщиков).
  - отсутствие библиотек применяемых в РФ элементов.
- Проект ЦАСЗУ ПС «Олимпийская» включает в себя значительно больше информации, чем традиционный и является готовой работоспособной конфигурацией для системы.
- Необходимость стыковки и увязки с существующими автоматизированными системами аналогичного назначения, т.к. цифровая система должна работать на сигнал в ходе опытной эксплуатации.
- Недостаточная подготовка в области цифровых технологий инженеров-проектировщиков приводила к досадным ошибкам.
- Проект многократно переделывался.

# Проектирование. Выводы.

- Потенциально эффективность процесса проектирования может быть существенно повышена.
- Процесс проектирования цифровых систем характеризуется переносом работ в части инжиниринга на стадию проектирования. Что повышает общую сложность и трудоемкость проектирования, но в целом снизит затраты на создание системы.
- Возросшая сложность проектирования делает применение САПР практически обязательным.
- Чтобы добиться реального экономического эффекта требуется практика и выработка методологии проектирования в соответствии с возможностями предоставляемыми новыми технологиями.
- Мы оцениваем, что **стоимость проектирования останется на прежнем уровне** по сравнению с традиционным подходом после наработки решений и методик и доработки САПР до приемлемого уровня использования.

# Строительство. Ожидание.

- Снижение стоимости оборудования и материалов:
  - За счет стоимости кабеля
    - КВВГ 7х4 - 110 -160р/м
    - МТА-6-04НТ-Е-КН-D - 40-60 р/м, причем его требуется в 5-7 раз меньше
  - За счет функционального укрупнения устройств.
  - За счет применения вычислительных средств общего назначения имеющих значительно более низкую удельную стоимость единицы производительности
  - За счет снижения номенклатуры и унификации аппаратных средств.
- Снижение стоимости СМР:
  - Меньше кабельных связей.
  - Меньше шкафов и клемм.
- Значительное сокращение места занимаемого АСЗУ.

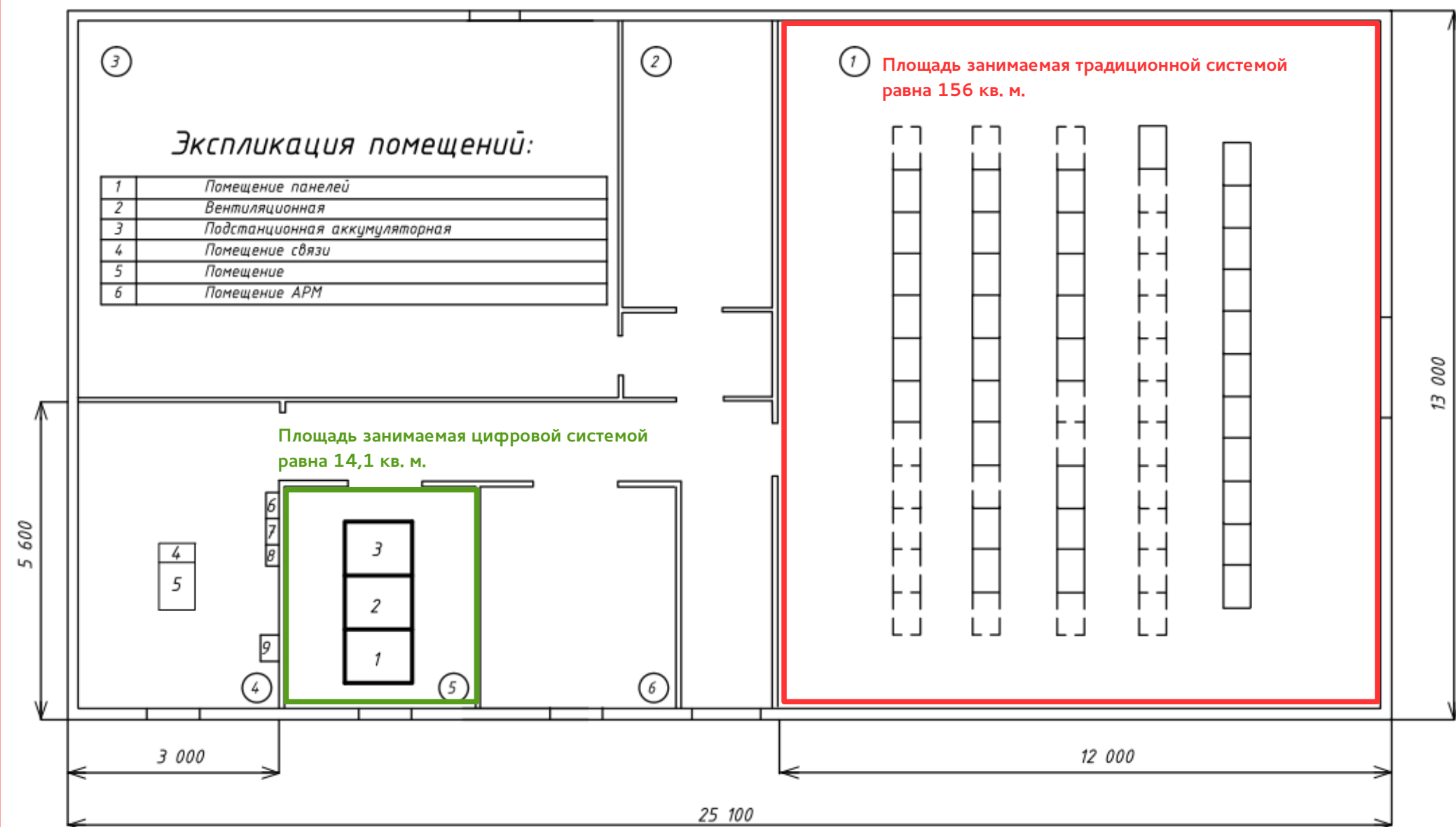
**Стоимость системы и монтажных работ снизилась на 26%** в основном за счет повышения уровня функциональной интеграции и использования мультиплексных шин процесса и станции.

Однако:

- Расход медной кабельной продукции оказался в 1,5 раза больше, чем ожидалось из-за совмещения двух систем традиционной и цифровой.
- По той же причине, потребовалась установка симуляторов КА, что в свою очередь потребовало установки шкафов наружного монтажа большего размера и дополнительного оборудования и монтажа.

# Строительство. Результат.

ОПУ ПС Олимпийская 110/10/10 кВ



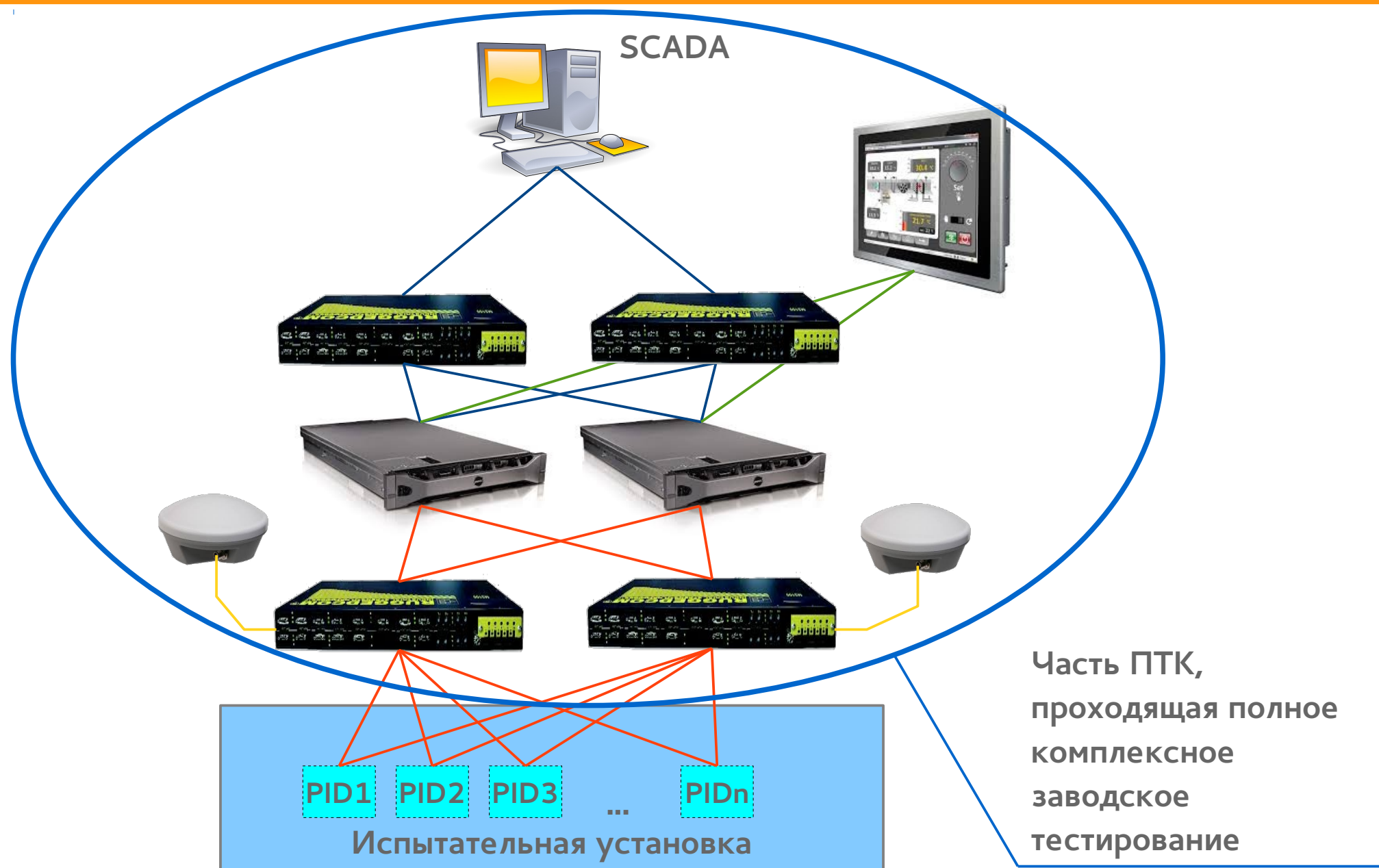
- Результаты проекта на этапе строительства соответствуют ожиданиям:
  - Повышение уровня функциональной интеграции, цифровых шин передачи данных и применение вычислительных средств общего назначения позволило значительно уменьшить затраты на создание системы АСЗУ.
  - Площадь помещения занимаемая АСЗУ существенно уменьшена.
- При применении первичного оборудования с цифровыми интерфейсами эффект может быть увеличен на 30% за счет исключения устройств сопряжения.

# Наладка, тестирование, ввод в эксплуатацию. Ожидания.

---

- Значительная часть работ по инжинирингу выполняется на стадии проектирования
- Функциональная часть ПТК АЗСУ ПС может быть полностью настроена и протестирована на площадке интегратора. На объекте достаточно только подключить разъемы и подать питание.

# Заводское тестирование ПТК iSAS



# Наладка, тестирование, ввод в эксплуатацию. Результат

Система была **успешно введена в опытную эксплуатацию** в декабре 2014 г.

Стоимость конфигурирования, тестирования и последующего ввода в эксплуатацию **снизилась на 46%** в соответствии с ожиданиями. Однако:

- Конфигурирование «с нуля» и валидация автоматического стенда для тестирования по методу «черный ящик» с применением моделирования требует значительных трудозатрат. (Примерно половину от общего объема).
- Автоматические тесты не покрывают пользовательский интерфейс.
- При подготовке тестов, как одной из задач, ставилось максимальное сокращение времени тестирования, что явилось причиной необнаружения проблем в некоторых компонентах системы связанных с длительной работой.
- Часть компонентов системы стали доступны для тестирования только на объекте, поэтому в заводском тестировании были использованы аналоги.
- Заказчик потребовал проведения полноценного тестирования на объекте в соответствии с действующей НТД, хотя те тесты которые были проведены перед поставкой можно было не проводить. При проведении этих тестов никаких новых ошибок выявлено не было, поэтому трудозатраты на избыточное тестирование здесь не учитываются.

# Наладка, тестирование, ввод в эксплуатацию. Выводы

- Цели по снижению затрат на этапах конфигурирования, тестирования и последующего ввода в эксплуатацию достигнуты.
- Требуется провести работу по снижению трудоемкости подготовки стенда для тестирования и расширению покрытия на пользовательский интерфейс.
- Обнаружение дефектов компонентов системы проявляющихся при длительной работе должно возлагаться на:
  - Аттестационные испытания для серийных компонентов.
  - Приемосдаточные испытания для пилотных внедрений.
- Для цифровых систем проведение повторных функциональных тестов на объекте является излишним.

# Эксплуатация. Ожидания.

- Снижение эксплуатационных расходов в следствии:
  - Снижения количества оборудования требующего обслуживания.
  - Возможности проведения восстановления по состоянию.
  - Снижения количества и типов специального уникального оборудования.
  - Простой процедуры автоматического резервного копирования и восстановления из резервной копии в кратчайшие сроки(~ 30 мин).
  - Возможности раздельной модификации аппаратной и программной части.

# Использование вычислительных средств общего назначения - серверов

- Вычислительные средства общего назначения производятся внедряются гораздо более крупными объемами в отличие от специализированных решений для электроэнергетики. (~ 10 млн. шт. в 2014 г)
- Использование оборудования с большими объемами внедрения позволяет получить большую производительность за меньшие деньги.
- Такое оборудование не требует специального заказа и доступно для поставки со склада в кратчайшие сроки.
- Большое количество подготовленных специалистов способных обслуживать данное оборудование.
- Использование такого оборудования позволяет получить более отлаженное решение с большой достоверной статистикой эксплуатации. Это существенно сокращает риск массовых отказов по причине ошибок допущенных при разработке этих аппаратных решений.
- Очень быстрое внедрение новых прогрессивных технологий. Рост производительности при снижении цены.
- Высокий гарантированный уровень совместимости между поколениями оборудования.

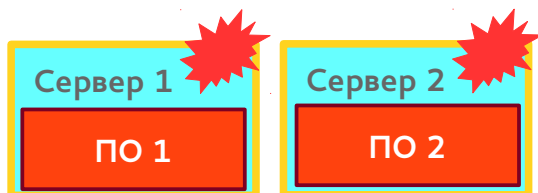
# Поддержание работоспособности

- Ввиду высоких показателей безотказности отдельных компонентов, вероятность отказа функции по причине отказа второго критического компонента до устранения отказа первого крайне мала.
- При среднем времени восстановления 48 часов она составляет для защиты ВЛ порядка  $10^{-4}$  для резервирования на уровне функции (традиционная система) и  $10^{-6}$  для покомпонентного резервирования.
- Из этого следует, что диагностируемые элементы имеющие резерв допустимо не подвергать периодическим проверкам.
- Элементы не имеющие постоянной диагностики работоспособного состояния или не имеющие резерва и, при этом, являющиеся критическими для работы системы должны подвергаться периодическим проверкам и ППР с целью предупреждения внезапных отказов системы.
- В случае цифровых систем совершенно не сложно организовать, как диагностирование работоспособного состояния основных элементов системы, так и их резервирование и, тем самым, обеспечить высокий показатель времени обнаружения отказа.
- Возможность исключения периодических проверок в значительной части системы, и переход на восстановление по сигналу о предотказном состоянии или факту отказа элемента, снижает стоимость эксплуатации без последствий для готовности системы.

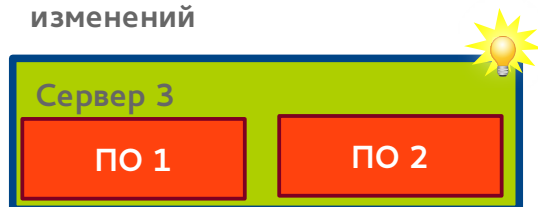
# Модернизация и Восстановление

## Сценарий 1:

- Серверное оборудование изношено.
- ПО соответствует требованиям



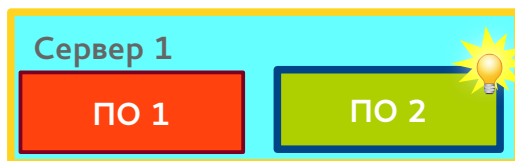
ПО переносится на новую аппаратную платформу без изменений



Стоимость модернизации равна стоимости нового сервера

## Сценарий 2:

- Расширений требуемых функций или размеров ПС
- Ресурсов существующего оборудования достаточно для установки дополнительного ПО



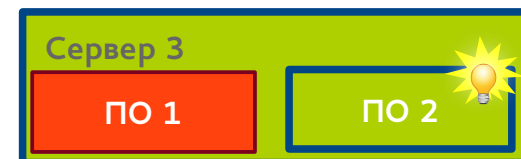
Стоимость модернизации равна стоимости доп. лицензий ПО и работ по настройке

## Сценарий 3:

- Расширений требуемых функций или размеров ПС
- Ресурсов существующего оборудования не достаточно для установки дополнительного ПО



ПО переносится на новую аппаратную платформу без изменений



Стоимость модернизации равна стоимости нового сервера, доп. лицензий ПО и работ по настройке

- Цифровые системы со свободным расположением функций при внедрении позволяют существенно сократить капитальные затраты(CAPEX). Для пилотного проекта это более чем 35%.
- Имеются вопросы в части проектирования и тестирования системы требующие дополнительной проработки в целях увеличения эффекта экономии.
- Существуют также предпосылки по снижению операционных затрат(OPEX). Количественные оценки и их подтверждение на основе данных эксплуатации пилотного внедрения ожидаются...



Спасибо за внимание!!!

Россия, Москва,  
Мироновская 33  
Тел. (495) 660 12 00  
Факс. (495) 365 31 89  
**[www.lysis.su](http://www.lysis.su)**