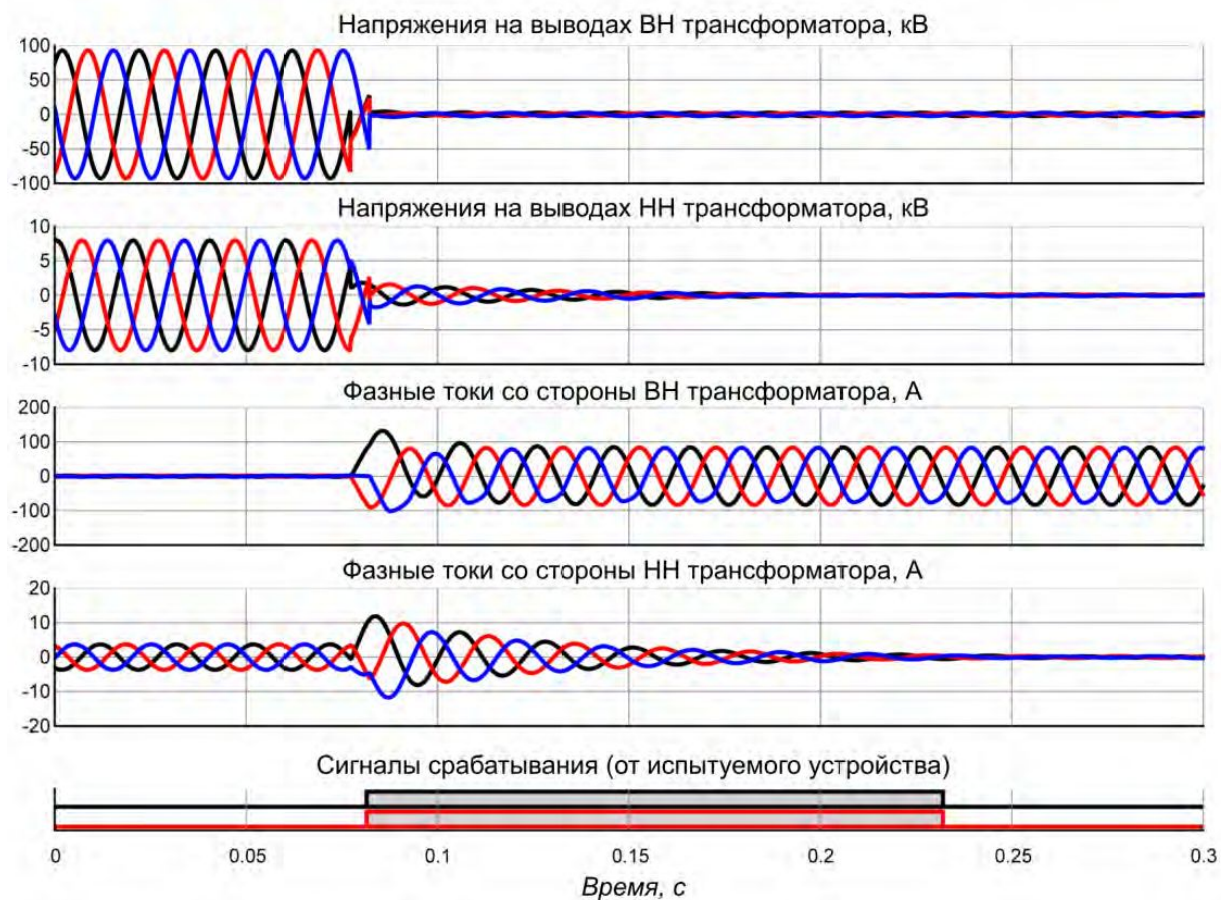


- Модели позволяют исследовать функционирование испытуемых устройств защиты и их прототипов в различных схемно-режимных ситуациях: при одно-, двух- и трехфазных коротких замыканиях с различной величиной апериодической составляющей в токе короткого замыкания, с разновременностью замыкания поврежденных фаз, с учётом насыщения трансформаторов тока и т.п. В качестве примера на рис. 6 приведены графики переходных процессов при трёхфазном коротком замыкании с разновременностью замыкания повреждённых фаз, с подпиткой места КЗ со стороны двигательной нагрузки при испытаниях дифференциальной защиты трансформатора.



## Особенности моделирования в реальном времени

### ВРЕМЯ РЕАКЦИИ



Разговор: <1 с



Видеоигры: <10 мс



RTDS: 2 мкс ~ 50 мкс

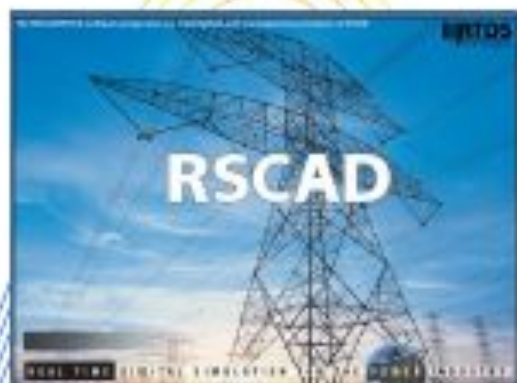
### Традиционное компьютерное моделирование не в реальном времени

- ✓ Обычно используется один вычислительный процессор
- ✓ Продолжительность расчетов на каждом шаге значительно больше заданного шага, например, при шаге расчета 50 мкс, вычисления могут длиться 500 мкс и более.

### Моделирование в реальном времени на RTDS

- ✓ Используются параллельные вычисления на нескольких процессорах.
- ✓ Темп выполнения расчетов задается высокостабильным тактовым генератором.
- ✓ Моделирование поведения системы в течение, например, 1 секунды выполняется **ровно 1 с**.
- ✓ В системах жесткого реального времени все расчеты, необходимые для определения состояния модели и обработка состояний портов ввода/вывода, завершаются строго в течение заданного шага расчета.

## Что из себя представляют комплексы RTDS?



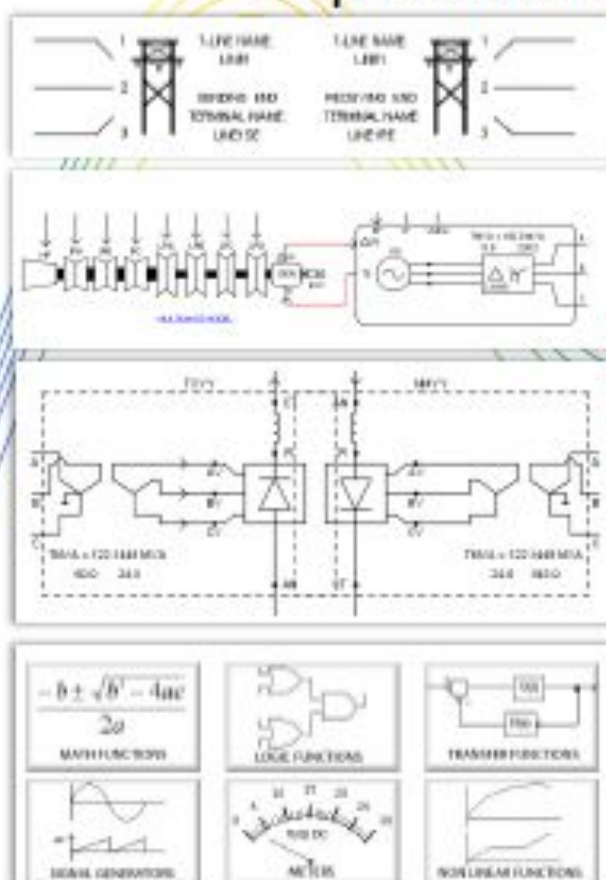
### Программное обеспечение RSCAD

RSCAD устанавливается на ПК пользователя и обеспечивает:

- Построение модели.
  - ✓ Графический интерфейс для ввода схем и параметров модели.
  - ✓ Совершенная библиотека моделей компонентов: ВЛ и КЛ, трансформаторы, электродвигатели и генераторы, полупроводниковые ключи, системы автоматического регулирования, пассивные элементы и источники, и пр.
  - ✓ Компилятор исполняемых файлов для загрузки в комплекс RTDS.
- Выполнение моделирования.
  - ✓ Графический интерфейс управления процессом моделирования и наблюдения за ним.
  - ✓ Удобная система для просмотра и анализа результатов моделирования.
  - ✓ Автоматическое воздействие на модель по заданному сценарию.

## Что из себя представляют комплексы RTDS?

Совершенная библиотека моделей компонентов:



- воздушные и кабельные линии;
- электрические двигатели и генераторы;
- полупроводниковые компоненты силовой электроники;
- инверторы, выпрямители, компенсаторы реактивной мощности, силовые преобразователи;
- измерительные и силовые трансформаторы;
- устройства релейной защиты;
- логические элементы;
- элементы систем автоматического регулирования;

## Что из себя представляют комплексы RTDS?



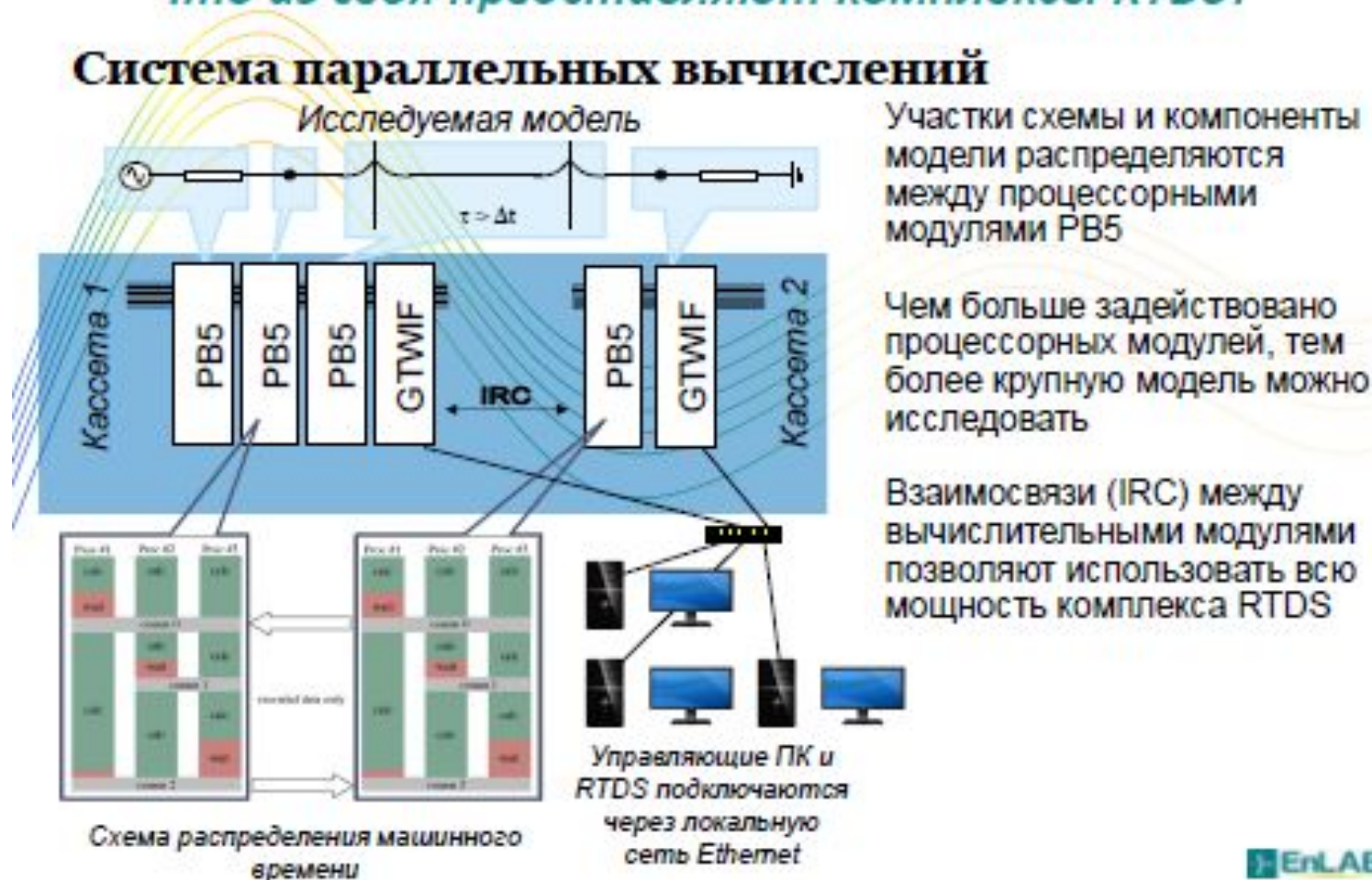
### Аппаратная часть RTDS

- ❑ Специально разработанный базовый процессорный модуль параллельных вычислений
- ❑ Кассетно-модульная конструкция включающая в себя:
  - от 1 до 6 процессорных модулей с RISC процессорами (PB5)
  - 1 модуль интерфейса рабочей станции (GTWIF)
  - несколько программируемых модулей сетевых интерфейсов (GTNET)
- ❑ Модули ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов (GTFPI, GTDI, GTDO, GTAI, GTAO) для сопряжения с физическими устройствами.
- ❑ Модуль синхронизации расчетов по сигналам точного времени (GTSYNC) и формирования тактовых сигналов для подключенных устройств P3A

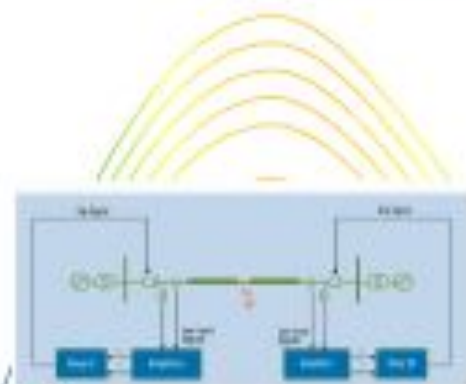
- а) управляемые шунтирующие реакторы (УШР), реализованные по принципу магнитного усилителя (УШРП) или трансформаторного типа (УШРТ или реактор-трансформатор) с тиристорным управлением;
- б) реакторы, коммутируемые вакуумными выключателями (ВРГ);
- в) статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК), состоящие из одной или нескольких тиристорно-реакторной групп и набора фильтро-компенсирующих цепей;
- д) синхронные статические компенсаторы реактивной мощности типа СТАТКОМ на базе преобразователя напряжения с параллельным подключением к сети;
- е) синхронные статические продольные компенсаторы реактивной мощности на базе преобразователя напряжения (ССПК);
- ф) объединенный регулятор перетока мощности на основе преобразователей напряжения параллельного и последовательного включения, объединённых по цепям постоянного тока (ОРПМ);
- г) управляемые тиристорами устройства продольной емкостной компенсации (УУПК);
- h) управляемые фазоповоротные устройства (ФПУ) на базе фазосдвигающих трансформаторов с тиристорным управлением или РПН;
- и) вставки постоянного тока на базе преобразователей напряжения (ВПТН);
- j) токоограничивающие устройства на основе технологии FACTS (для ограничения токов короткого замыкания).

## Что из себя представляют комплексы RTDS?

### Система параллельных вычислений



## Что позволяют делать комплексы RTDS?



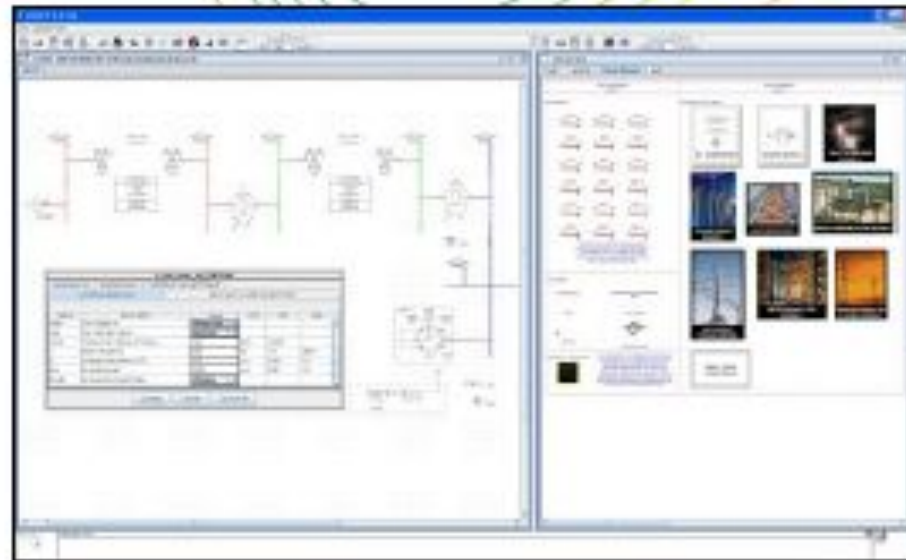
- Моделировать энергетические системы различной конфигурации, включающие в себя:
  - традиционные виды оборудования:
    - ✓ воздушные и кабельные линии;
    - ✓ электродвигатели и генераторы;
    - ✓ силовые и измерительные трансформаторы;
    - ✓ РЗА, системы автоматического управления и регулирования;
  - современные устройства:
    - ✓ установки продольной компенсации;
    - ✓ полупроводниковые силовые комплексы FACTS, HVDC, SVC;
- Формировать сигналы для воздействия на вторичное оборудование.
- Воспринимать сигналы от вторичного оборудования и с учетом этих сигналов изменять конфигурацию модели.



## Порядок работы с комплексом RTDS

### Этап 1. Разработка модели

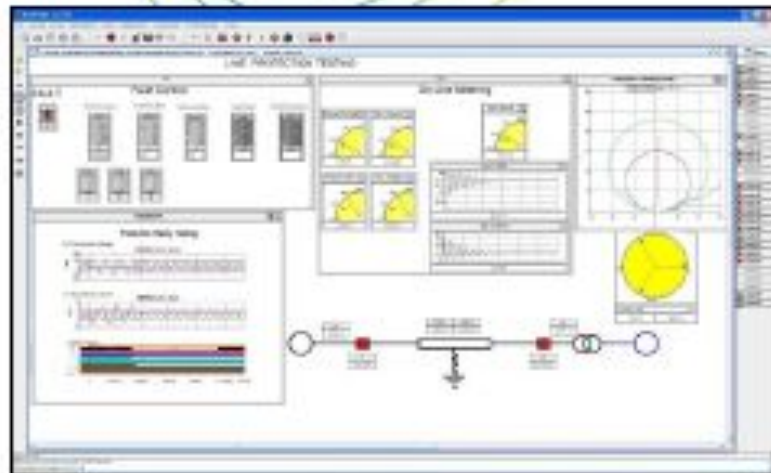
Разработка модели энергосистемы производится посредством графического редактора в среде RSCAD на ПК, не связанном с RTDS. После завершения разработки модели ПК подключается к RTDS



## Порядок работы с комплексом RTDS

### Этап 2. Отладка модели

Отладка модели осуществляется посредством сравнения результатов моделирования с результатами аналитических расчетов, с результатами полученными на ранее проверенных моделях, с экспериментальными данными. Имеется возможность легкого и быстрого переключения симулятора от одного пользователя к другому.



## Порядок работы с комплексом RTDS

Этап 3. Исследования оборудования

К отлаженной модели подключается исследуемое оборудование.

