



Научно-технический центр Единой энергетической системы



Департамент системных исследований
и перспективного развития

Экспериментальные исследования в ОАО «НТЦ ЕЭС» с использованием *RTDS*

А.С. Зеленин

Инженер отдела НИО-3 ОАО «НТЦ ЕЭС»

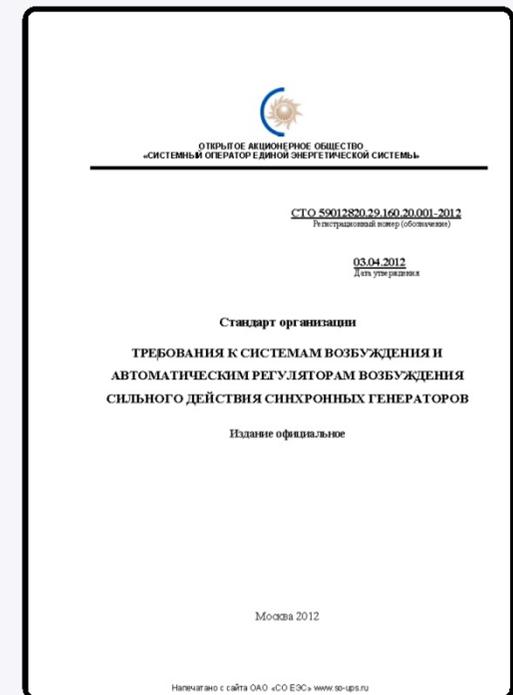


Система добровольной сертификации ОАО «СО ЕЭС»

Цель СДС: проведение добровольной сертификации (подтверждение соответствия) оборудования объектов электроэнергетики требованиям стандартов и иных нормативно-технических документов.

При этом одной из **задач**, поставленной для реализации данной цели, является **совершенствование существующей системы указанных стандартов** на основе экспериментально-исследовательского опыта и опыта эксплуатации оборудования.

Примером действующего на данный момент стандарта является стандарт ОАО «СО ЕЭС» «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов», проверка на соответствие которому должна проводиться на физических моделях энергосистем.





Совершенствование системы стандартов

Оборудование, уже вошедшее в систему стандартов (на данный момент проверка работы указанных устройств должна выполняться на физических моделях):

- автоматические регуляторы возбуждения (АРВ) сильного действия (предполагается расширение методики проверки, включающей в том числе использование для проверки *RTDS*);
- устройства группового регулирования активной и реактивной мощности (ГРАРМ).

Оборудование, предполагаемое к стандартизации (проверка работы которого предусматривается на *RTDS*):

- автоматика ликвидации асинхронных режимов (АЛАР);
- системы мониторинга переходных режимов (СМПР).

Экспериментальная база

Для освоения и применения *RTDS* используется опыт выполнения исследований и работ на:

- цифро-аналого-физическом комплексе (ЦАФК, физическая модель) (исследования работы устройств АРВ, АЛАР, ГРАРМ, СМПР);
- испытательном стенде устройств релейной защиты и систем автоматизации (ИС УРЗиСА).



Машинный зал и
зал управления ЦАФК



ИС УРЗиСА

RTDS в ОАО «НТЦ ЕЭС»



RTDS лаборатории испытаний
ОАО «НТЦ ЕЭС»

Основные количественные характеристики имеющегося на данный момент комплекса:

- 2 стойки, включающие 7 расчетных плат *PB5* и полностью настроенные на совместную работу;
- устройства, обеспечивающие *GPS*-синхронизацию, реализацию протоколов *SV*, *GOOSE* и др.

Подключение внешнего оборудования:

- 72 канала по напряжению (вывод $\pm 10V$);
- 24 канала по напряжению (ввод $\pm 10V$)
- 24 канала по напряжению (вывод 100V или более);
- 27 каналов по току (вывод 1/5 A);
- 64+32/64+32 дискретных сигнала (ввод/вывод);
- 16 сигналов типа «сухой контакт» (ввод/вывод).



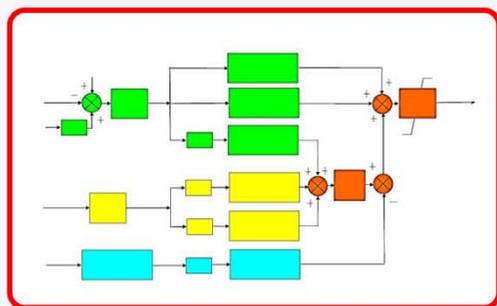
Основные направления работ с использованием *RTDS* в ОАО «НТЦ ЕЭС»

На данный момент можно выделить три основных направления:

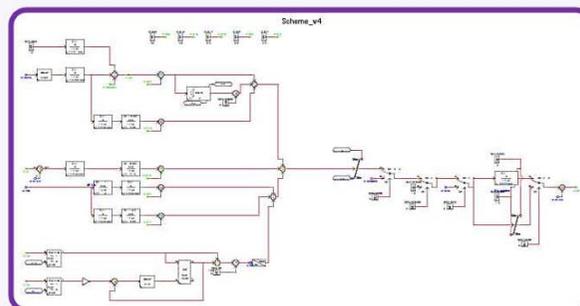
- исследования непосредственно заложенных в *RTDS* принципов, их освоение и определение области его применения для решения различных задач, которые ставятся или могут быть поставлены перед ОАО «НТЦ ЕЭС»;
- выполнение конкретных работ: разработка методик сертификационных испытаний устройств АРВ и АЛАР на *RTDS*, апробация использования *RTDS* для выполнения проверки настроек АРВ электрических станций;
- проверка и совершенствование математических моделей натуральных образцов устройств автоматического управления и регулирования.

Исследование заложенных принципов, освоение комплекса

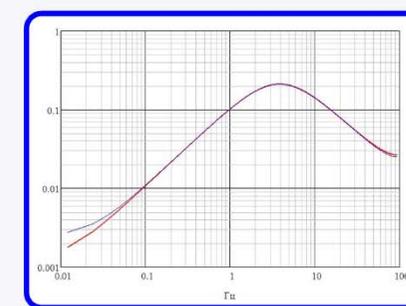
- исследование работы моделей вставок постоянного тока;
- реализация в рамках комплекса существующей у ОАО «HTЦ ЕЭС» библиотеки моделей устройств автоматического управления и регулирования, турбин для использования при создании моделей эквивалентных схем энергосистем:



Математическая модель устройств в и ее общее описание



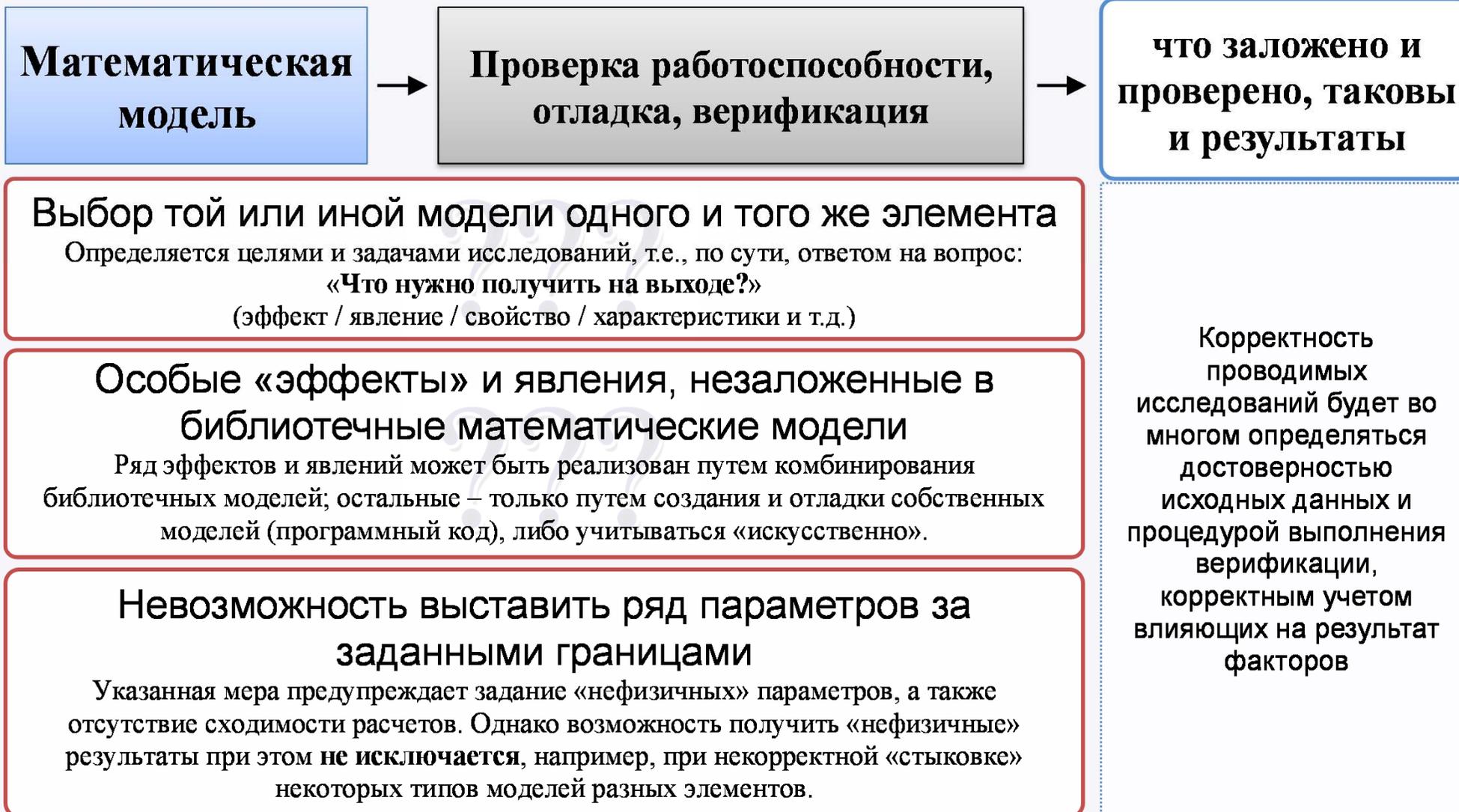
Реализация математической модели устройств с помощью ПО RTDS (RSCAD)



Проверка работоспособности реализованной модели и соответствия характеристик



Общие принципы применения математических моделей



Применение математических моделей в рамках RTDS



Разработка математической модели для исследований в условиях конкретного энергорайона/объекта (станции) с использованием *RTDS*:

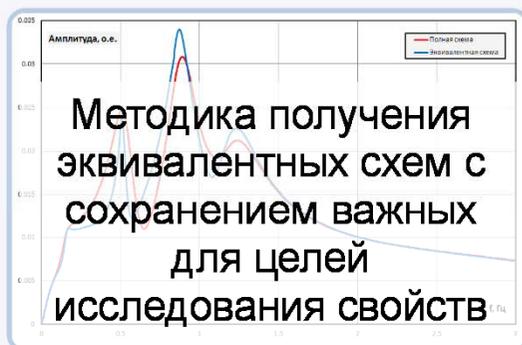


Шаг 1. получение верифицированной математической модели энергосистемы

Разработка математической модели для исследований в условиях конкретного энергорайона/объекта (станции) с использованием *RTDS*:



Исходные данные



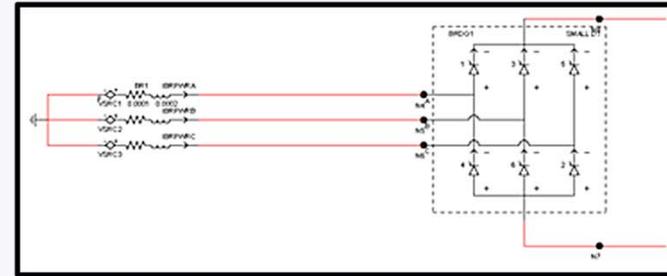
Шаг 2. создание на основе верифицированной математической модели энергосистем ее эквивалентной схемы, отражающей важные для исследований свойства

Состав математической модели для исследований, разделение типов уравнений в рамках *RTDS*

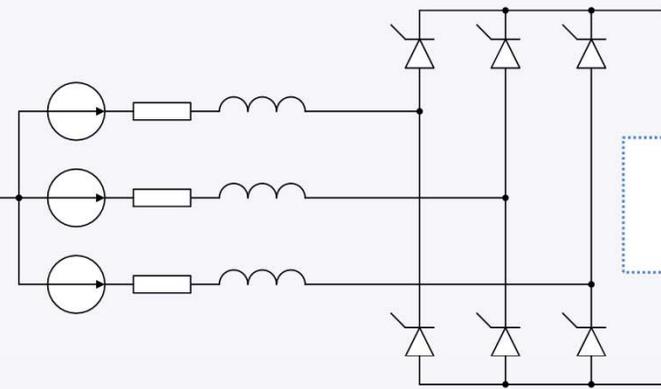


Пример моделей разного типа одного и того же элемента

«Первичное»
оборудование
или «силовые» модели,
участвующие в решении
уравнений электрических цепей

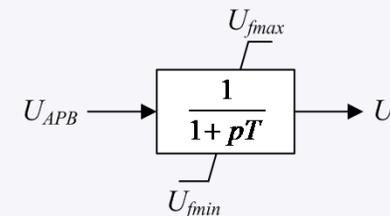


Статическая
независимая система
возбуждения



В зависимости от
назначения модели

Модели, описываемые
уравнениями общего
вида



Задача распределения имеющихся ресурсов

Ограничения на размерность математических моделей



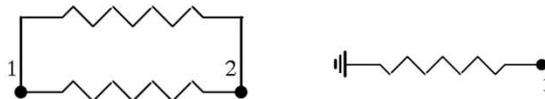
Расчетные возможности комплекса обеспечиваются **двухпроцессорными** платами *PB5*

Распределение ресурсов

В виду сложной взаимосвязи влияющих на необходимое количество оборудования факторов, сложно **однозначно** определить размерности схем, возможных к реализации на конкретной комплектации

Решение уравнений электрических цепей

В одной стойке задействуется (*RACK*): 1 процессор = 72 эл. узла; 2 процессора = 144 эл. узлов. Для **большого** числа узлов нужно несколько стоек. «Узел» - точка между любыми отдельными* продольными элементами (трансформаторами, линиями, выключателями, *RLC*-элементами).



*т.е. если не используются встроенные в библиотеку комбинированные элементы

Решение уравнений «сложных» моделей

1 процессор = 12 расч. ед. Для примера: генераторный блок (*DQ*-модель генератора с местной шунтовой нагрузкой и Г-образной моделью трансформатора) – 2 расч. ед.; модель генератора, дополненная возможностью подключения силовых моделей возбуждателей, – 6 расч. ед.; модель трансформатора – 1 расч. ед.

Размещение «сложных» моделей На процессорных платах:

		CBPDSM30		Loadw/Breaker	Loadw/Breaker	Transformer	
		CBPDSM30		Loadw/Breaker	Loadw/Breaker	Transformer	Transformer
ACMachine		ACMachine		Loadw/Breaker	Loadw/Breaker	Transformer	DynamicLoad
ACMachine		ACMachine		Loadw/Breaker	Loadw/Breaker	Transformer	Source

Решение дифференциальных уравнений общего вида

Из имеющегося опыта использования: 1 процессора для ДУ ОВ с учетом ограничений по количеству узлов и «сложных» моделей *обычно* достаточно.

Другие ограничения (...)

Из опыта использования: ограничение по количеству измеряемых сигналов



Выводы

Существующая система добровольной сертификации оборудования, применяемого в ЕЭС России (в частности устройств автоматического управления и регулирования), планируется к расширению. Указанное расширение подразумевает как использование физических моделей, так и ряда устройств, осуществляющих математическое моделирование в режиме реального времени (в частности, *RTDS*).

Многолетний опыт, полученный при выполнении в ОАО «НТЦ ЕЭС» работ по созданию цифровых моделей энергосистем, их верификации по показаниям СМПР и исследований указанных моделей, позволяет адекватно решать аналогичные задачи при использовании *RTDS*.

При конечном числе вычислительных элементов комплекса *RTDS* существуют ограничения на размерность математических моделей для реализации в режиме реального времени. Для исследований работы устройств управления и регулирования конкретных станций данная проблема может решаться использованием применяемой на ЦАФК методики получения эквивалентных схем.



Выводы

На данный момент у ОАО «НТЦ ЕЭС» имеется опыт использования *RTDS* для:

- создания, отладки и проверки свойств математических моделей энергосистем, включающих генераторы, трансформаторы, ЛЭП, нагрузку, устройства регулирования, элементы силовой электроники, устройств автоматического управления и регулирования;
- проведения исследований работы АРВ;
- проведения исследований работы АЛАР;
- проведения исследований работы устройств автоматического управления и/или их моделей в схемах, содержащих вставки постоянного тока;
- уточнения математических моделей устройств автоматического управления (например, АРВ).

Планируется освоение методов и способов проведения исследований устройств СМНР и ГРАРМ на *RTDS* на основе опыта проводимых ранее исследований данных устройств с использованием ЦАФК.