



XLII международная научно-техническая конференция  
«КИБЕРНЕТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

# КОНКУРС СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМУЛЯТОРОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ RTDS И PSCAD

Шамис Михаил Александрович,  
к.т.н., генеральный директор ЗАО «ЭнЛАБ»

25 ноября 2020г.

С 2017 г. проводится  
**«Всероссийский открытый конкурс работ  
студентов и аспирантов по  
электроэнергетической и электротехнической  
тематикам, выполненных с использованием  
симуляторов RTDS и PSCAD».**

В октябре 2020 г. подведены итоги III конкурса. В ближайшее время будет объявлен IV конкурс.



The poster features the EnLAB logo at the top left with the tagline "ВЫЧИСЛЯЯ УВЕРЕННОСТЬ" and a QR code linking to ennlab.ru. Below this are logos for RTDS Technologies and Manitoba Hydro International. The main text reads: "Всероссийский открытый конкурс студенческих работ". It invites university students to participate in a competition for the best work using RTDS and PSCAD simulators. The nomination categories are listed in a list: "Аспиранты", "Магистранты", and "Студенты бакалавриата". It states that winners receive diplomas and prizes and directs readers to ennlab.ru for more details. The bottom of the poster shows a stylized illustration of a power plant and wind turbines.

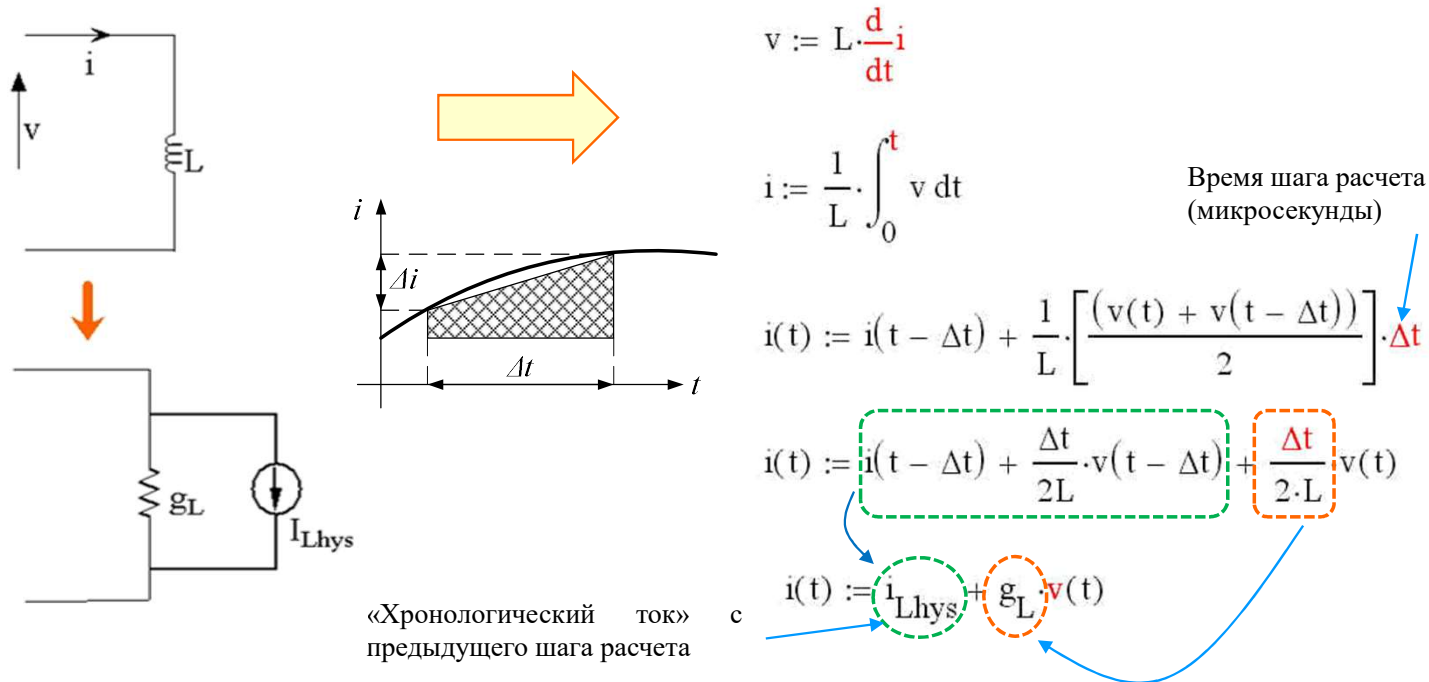


Обусловлена усложнением расчетов переходных процессов в современных энергосистемах (ЭС).

- Увеличение размеров ЭС.
- Рост количества связей между элементами ЭС.
- Рост числа видов используемого электрооборудования.
- Все более широкое использование нелинейных элементов.
- Усложнение алгоритмов РЗ и ПА.
- Повышение требований к оперативности и качеству выполнения расчетов.
- Разделение ЭС между несколькими собственниками.
- Появление киберугроз и необходимость повышения киберзащищенности объектов ЭЭ.

## В основе симуляторов PSCAD, RTDS алгоритм Германа Доммеля.

Анализируя реактивные компоненты через численное интегрирование методом трапеции, Герман Доммель показал, что их можно представлять как сочетание резистора и источника тока.



Алгоритм Доммеля позволяет использовать алгебраические вычисления вместо численного интегрирования.

ВРЕМЯ  
РЕАКЦИИ



Разговор: <1 с



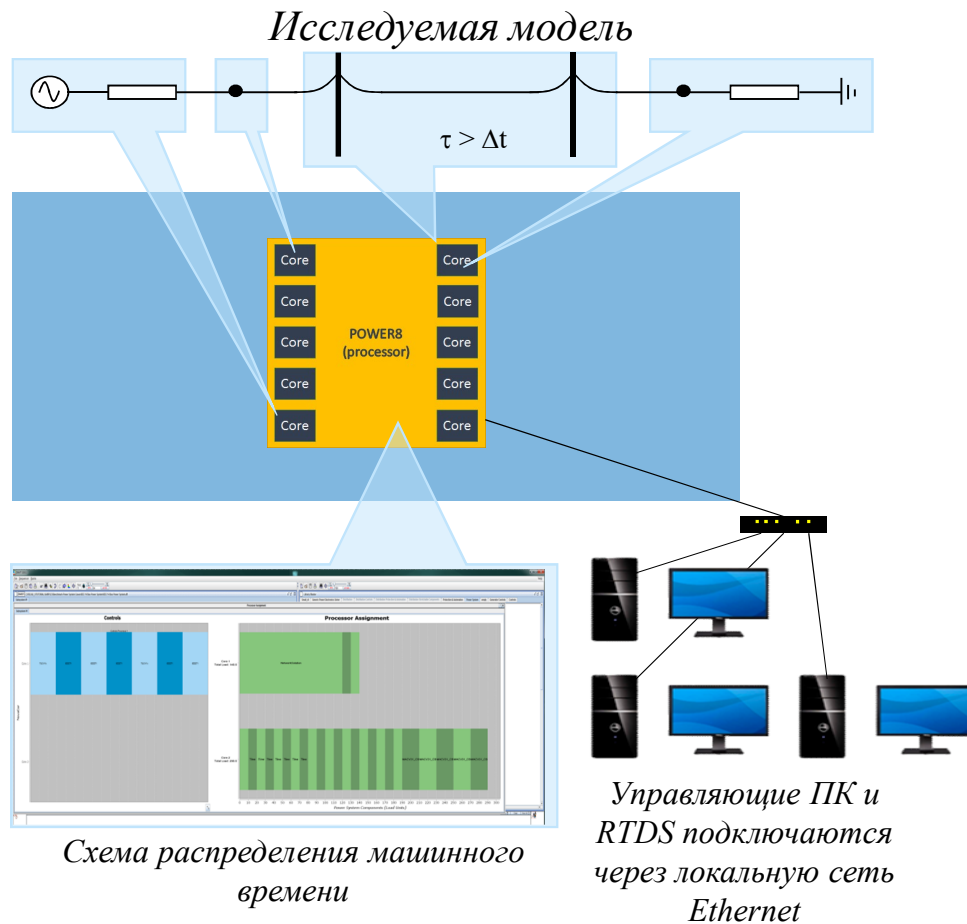
Видеоигры:

<10 мс



RTDS:

2~50 мкс



**Программно-аппаратный комплекс RTDS позволяет проводить моделирование в реальном времени.**

**Традиционное компьютерное моделирование не в реальном времени:**

- Обычно используется один вычислительный процессор.
- Продолжительность расчетов на каждом шаге значительно больше заданного шага.

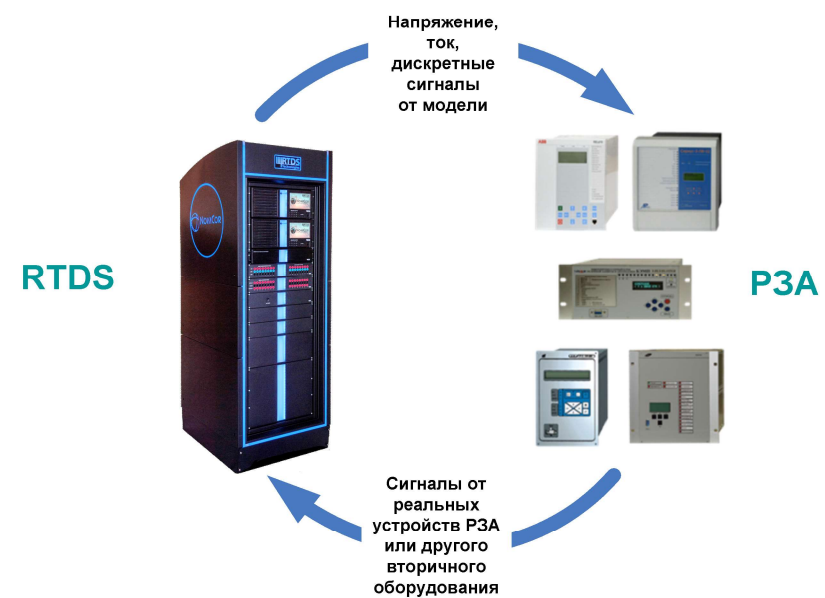
**Моделирование в реальном времени на RTDS:**

- ✓ 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.

Комплекс RTDS взаимодействует с первичным и вторичным оборудованием в реальном времени так, как будто они подключены к реальному объекту.



Симуляции с первичным оборудованием



Симуляции со вторичным оборудованием

- Моделирование энергетических систем, включающих:
  - традиционные и нетрадиционные виды энергооборудования;
  - РЗА, системы автоматического управления и регулирования;
  - полупроводниковые силовые комплексы FACTS, HVDC, SVC;
- Формирование сигналов для воздействия на вторичное оборудование. Поддержка сетевых протоколов и протоколов **цифровой подстанции**.
- Power Hardware In the Loop (**PHIL**) испытание первичного оборудования.

- Более **450** симуляторов по всему миру используются энергокомпаниями, разработчиками электротехнической аппаратуры, научными и образовательными учреждениями.
- На территории России установлено 16 симуляторов.

	Предприятия, имеющие симулятор RTDS	Год	Примечание
1	ОАО «ВНИИР», г. Чебоксары	2008,17	1 этап модернизации
2	НПП «ЭКРА», г. Чебоксары	2009-15	2 этапа расширения
3	НИУ «МЭИ», г. Москва	2011-19	4 этапа расширения
4	ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», г. Москва	2012	
5	ОАО «НТЦ ЕЭС», г. Санкт-Петербург	2012-19	3 этапа расширения
6	ТПУ, г. Томск	2013-14	1 этап расширения
7	КНИТУ «КАИ», г. Казань	2013	
8	ГК «ТЕКОН», г. Москва	2014	
9	ЗАО «РКСС», г. Москва	2017	
10	ИГЭУ, г. Иваново	2017,19	1 этап расширения
11	КГЭУ, г. Казань	2017,18	1 этап расширения
12	МФТИ, г. Долгопрудный	2018	
13	НГТУ, г. Нижний Новгород	2018	
14	АУЭС, г. Алма-Ата, Казахстан	2020	
15	Радиус-ИТ, г. Самара	2020	
16	Ростелеком-Солар, г. Москва	2020	

- PSCAD является быстродействующим, точным и удобным инструментом для моделирования работы энергосистем и электрооборудования при их проектировании, анализе и оптимизации.
- Модуль моделирования переходных процессов EMTDC™ предоставляет широкий выбор инструментов и богатую библиотеку компонентов для глубокого анализа работы электрооборудования.
- С 1993 года PSCAD установлен более чем на 42000 рабочих мест в более чем 1600 предприятиях из более чем 88 стран.

## Библиотека компонентов

**Permanent Magnet Synchronous Machine**

Description  
Input Parameters

Description  
This component models a permanent magnet synchronous machine. In addition to the additional, short-circuited windings are included to model the effect of electromagnetic torque may be controlled directly by inputting a positive value into the W input of the machine torque.

The following equations describe the model:

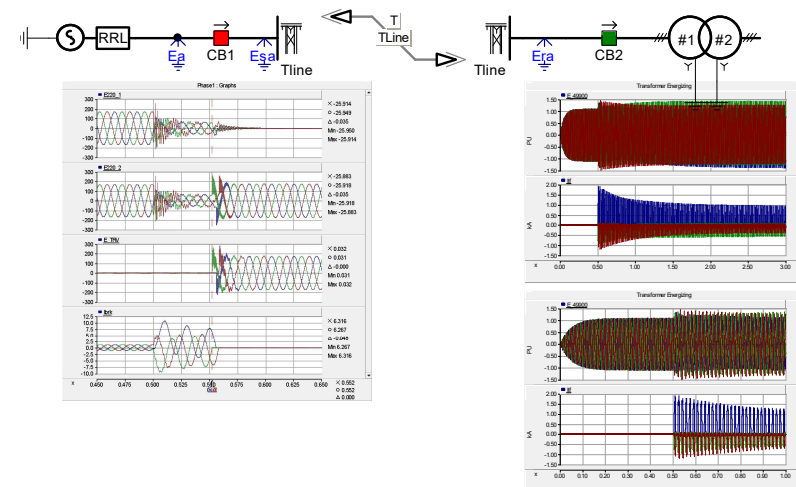
$$v_d = r_s i_d + \frac{d\psi_d}{dt} - \omega_e \psi_q$$

$$v_q = r_s i_q + \frac{d\psi_q}{dt} + \omega_e \psi_d$$

$$0 = \psi_d - \lambda_d i_d - \lambda_q i_q$$

$$0 = \psi_q - \lambda_q i_d + \lambda_d i_q$$

Voltage Equations for the Main  
Voltage Equations for the Short



## ПОЛЬЗОВАТЕЛИ PSCAD



### Образовательная лицензия

№	Вуз или предприятие	Рабочих мест	Год покупки / обновления
1	«МЭИ», Москва	26	2013 / 14
2	«НГТУ», Новосибирск	25	2013 / 19
3	«ТПУ», Томск	25	2013 / 19
4	«АмГУ», Благовещенск	10	2013
5	«ЧувГУ», Чебоксары	25	2013 / 17
6	«НГТУ», Нижний Новгород	25	2014 / 15
7	«Энергетический колледж», Каспийск	10	2015
8	«ИГЭУ», Иваново	10	2015
9	«КубГТУ», Краснодар	25	2015
10	«ДФУ», Владивосток	10	2015
11	«ЮРГПУ», Новочеркасск	10	2015
12	«АУЭС», Алма-Ата, Казахстан	10	2016
13	«АГНИ», Альметьевск	25	2017
14	«КГЭУ», Казань	25	2017
15	«ОмГТУ», Омск	25	2018
16	«ТГУ», Тольятти	25	2019 / 20
17	«КНИТУ-КАИ», Казань	1	2019
18	«НВГУ», Нижневартовск	10	2019

### Профессиональная лицензия

№	Вуз или предприятие	Рабочих мест	Год покупки / обновления
1	«ИНТЭКО», Санкт-Петербург	1	2005
2	«ВНИИР», Чебоксары	5	2008 / 20
3	«МЭИ», Москва	1	2013 / 14
4	«ЭНИН», Москва	1	2014
5	«РАДИУС Автоматика», Москва	1	2015
6	«АГНИ», Альметьевск	1	2017
7	«РКСС», Москва	1	2018
8	«МФТИ», Долгопрудный	1	2018
9	«СКРМ», Москва	1	2019
10	«ЭКРА», Чебоксары	1	2020

## УДОБСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ PSCAD ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ



- Работа в PSCAD не требует постоянного нахождения студентов в учебном классе. ПО можно установить на домашний компьютер или подключиться к устройству с лицензированным ПО удаленно.
- Упрощенная система взаимодействия преподавателей со студентами.
- Обеспечение регулярного контроля за работой студентов.
- На сайте ЗАО «ЭнЛАБ» приведены бесплатные учебно-методические материалы для выполнения лабораторных работ.

- Растущий спрос на квалифицированных специалистов для «цифровой» энергетики.
- Повышение интереса к применению симуляторов в учебном процессе.
- Выявление талантливой молодежи.



1. ВКР студентов магистратуры с использованием симулятора RTDS;
2. ВКР студентов магистратуры с использованием симулятора PSCAD;
3. ВКР студентов бакалавриата с использованием симулятора RTDS;
4. ВКР студентов бакалавриата с использованием симулятора PSCAD;
5. Курсовые проекты, НИРы.



В числе участников студенты и аспиранты технических специальностей крупнейших вузов: НИУ «МЭИ», «ИГЭУ», «КГЭУ», «ЧГУ», «НГТУ» (г. Новосибирск), «НГТУ» (г. Нижний Новгород) и др.

	вузов	Категории участников			Симуляторы		Всего работ
		бакалавры	магистры	аспиранты	RTDS	PSCAD	
<b>I конкурс (2017-2018)</b>	10	8	16	0	8	16	24
<b>II конкурс (2018-2019)</b>	9	18	16	2	13	23	36
<b>III конкурс (2019-2020)</b>	9	13	34	2	12	37	49

## НАГРАДЫ ПОБЕДИТЕЛЯМ

- Дипломы всем участникам конкурса.
- Премии победителям и призерам конкурса.
- Поощрительные премии за выполнение курсовых проектов, НИР.
- Специальные премии по тематикам отдельных предприятий.
- Почетные дипломы научным руководителям.
- Вуз, чьи студенты проявили наибольшую активность в конкурсе, награждается бесплатной лицензией на PSCAD.



- Становится шире тематика и увеличивается количество работ.
- Расширяется география конкурса.
- Растет качество работ.



### ВКР с использованием RTDS.

1. Васильев Степан «Разработка интеллектуальной системы агрегированного управления нагрузкой потребителей в микрогрид системах» – НИУ «МЭИ».
2. Евдаков Алексей «Разработка и исследование имитационных моделей кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности» – «ИГЭУ».
3. Елизарова Анастасия «Идентификация аварийных ситуаций в ЭЭС по измерениям УСВИ» – НИУ «МЭИ».
4. Федоров Артем «Повышение надежности электроснабжения потребителей с применением устройств БАВР» – «ЧГУ».
5. Указова Анастасия «Разработка методики проверки защиты батареи статических конденсаторов на программно-аппаратном комплексе RTDS» – «ЧГУ».

### ВКР с использованием PSCAD.

1. Кутумов Юрий «Разработка методов повышения эффективности функционирования компенсированных кабельных сетей среднего напряжения при однофазных замыканиях на землю» – «ИГЭУ».
2. Сорокин Владимир «Разработка интеллектуальных устройств и алгоритмов релейной защиты в энергорайонах с источниками распределенной генерации» – «НГТУ» (г. Нижний Новгород).
3. Шуаев Тимур «Исследование особенностей выполнения сетей кабельно-воздушных линий 110 кВ и выше и алгоритмов выполнения селективного автоматического повторного включения» – НИУ «МЭИ».
4. Серохвостов Данил «Разработка модели солнечной электростанции при расчете режимов электроэнергетических систем» – «НГТУ» (г. Новосибирск).
5. Забелин Михаил «Релейная защита подстанции 220/110/10 кВ с разработкой алгоритма ДФЗ ВЛ 220 кВ в программном комплексе PSCAD» – НИУ «МЭИ».
6. Тухватуллин Леонид «Проектирование электрической сети и моделирование сигналов переходных процессов» – «КГЭУ».

**Приглашаем принять участие  
в IV Всероссийском открытом конкурсе работ  
студентов и аспирантов  
по электроэнергетической и электротехнической тематикам,  
выполненных с использованием  
симуляторов RTDS и PSCAD.**

- Итоги конкурса будут подведены в рамках мероприятий Молодежной Секции РНК СИГРЭ.
- Сроки проведения конкурса: декабрь 2020 – август 2021.
- Следите за новостями на сайте <https://ennlab.ru/> в разделе [Мероприятия – Студенческий конкурс.](#)

Спасибо за внимание!

Шамис Михаил Александрович

[shamis.m@ennlab.ru](mailto:shamis.m@ennlab.ru)

+7(919)-660-04-73 