



**Большаков Денис Андреевич**

*Магистрант НГТУ*

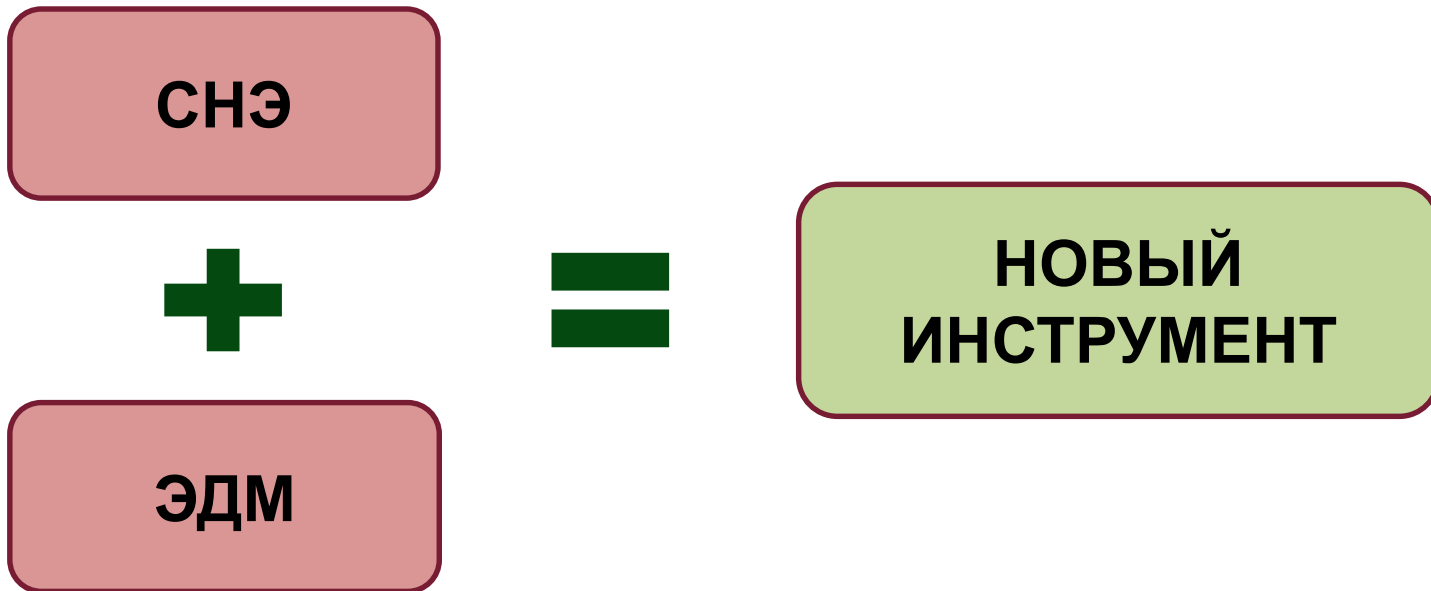
**Зырянов Вячеслав Михайлович**

*к. т. н., с. н. с. НГТУ*

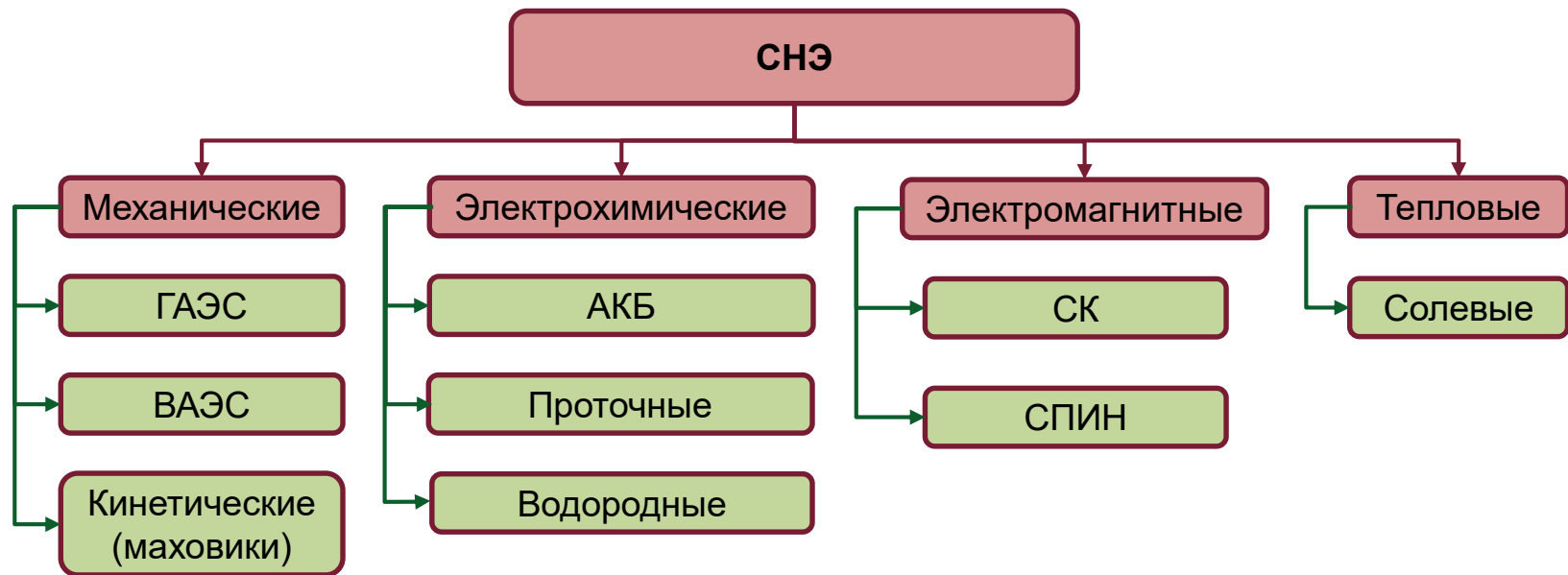
**nstu.ru**

**Разработка физической модели  
гибридного накопителя энергии  
в составе электродинамической  
модели энергосистемы**

# АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ



# СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ. КЛАССИФИКАЦИЯ



# ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СИСТЕМАМИ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ



Интеграция ВИЭ в состав традиционных энергосистем



Согласование графиков генерации и потребления



Компенсация реактивной мощности



Стабилизация частоты и напряжения

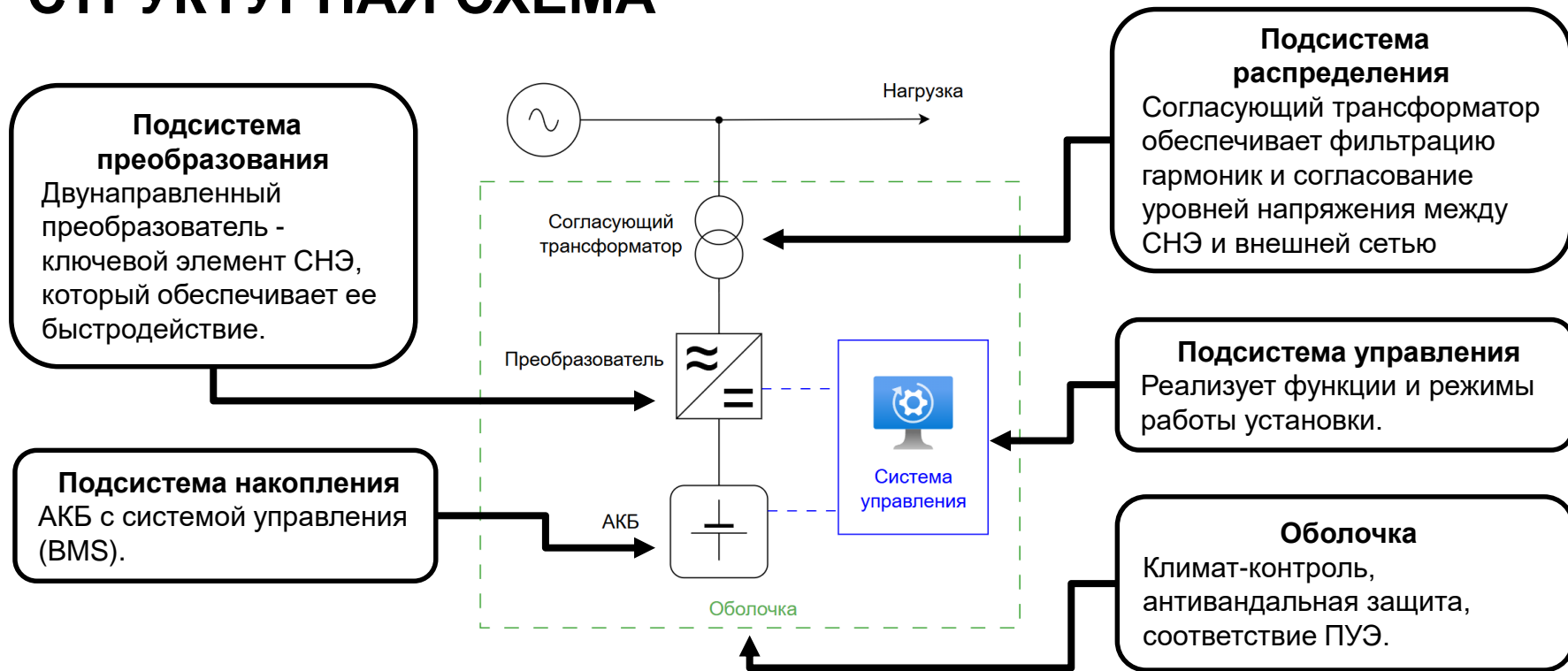


Сглаживание резкопеременной нагрузки

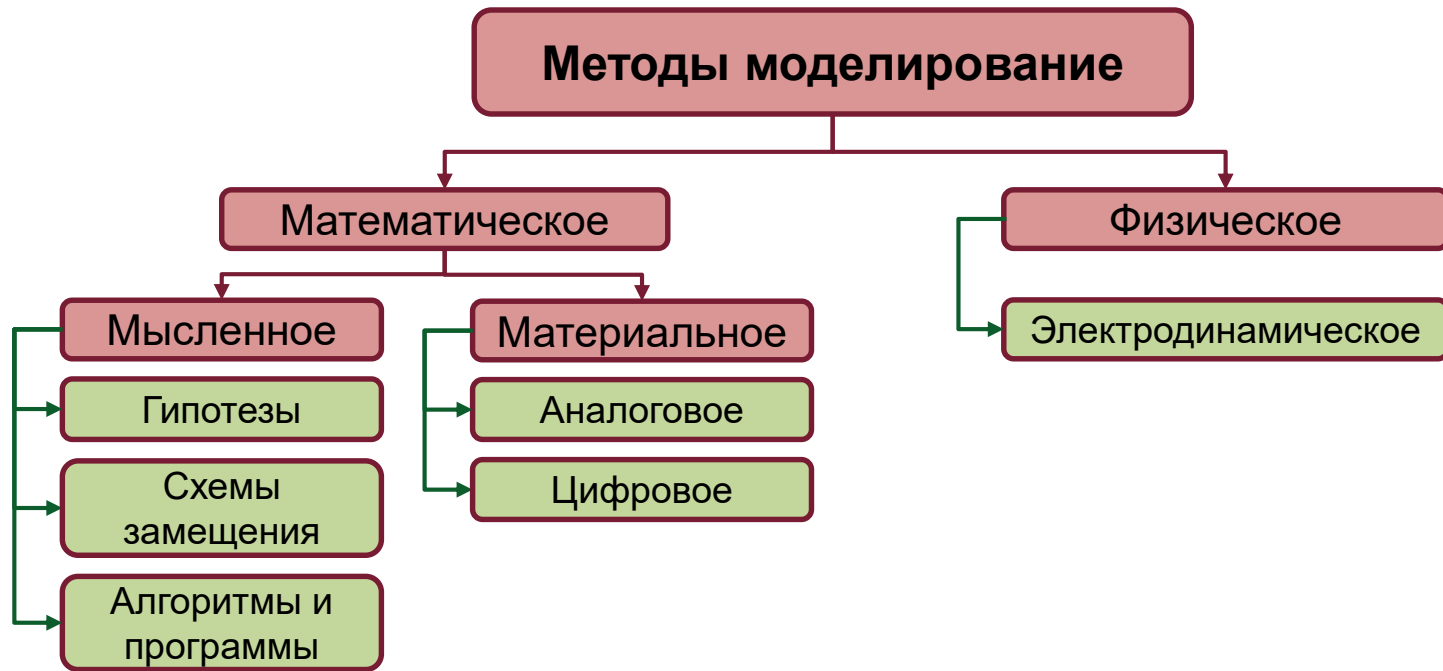


Повышение пропускной способности линий электропередачи по энергии

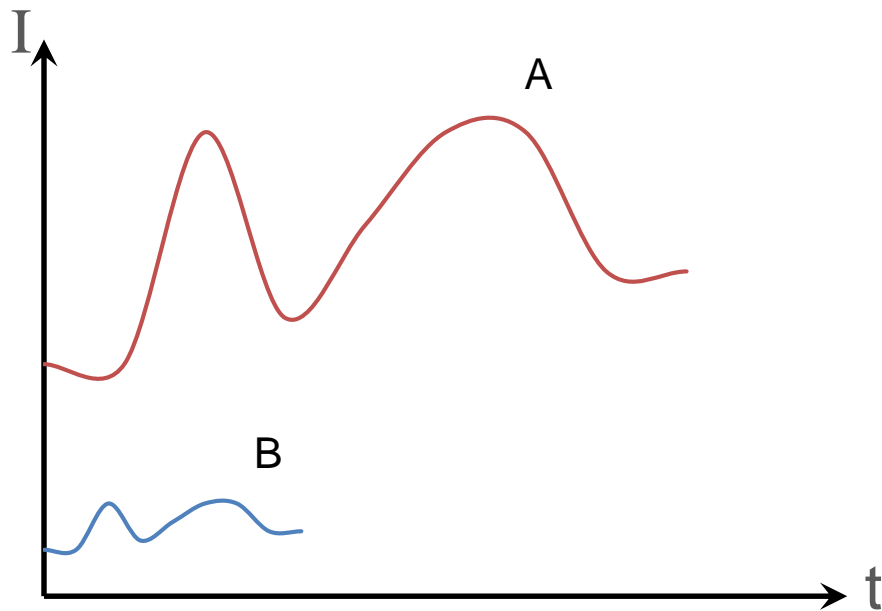
# СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ НА АКБ. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ



# КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ



$$\frac{i_1}{i_2} = m_i; \quad \frac{U_1}{U_2} = m_U$$

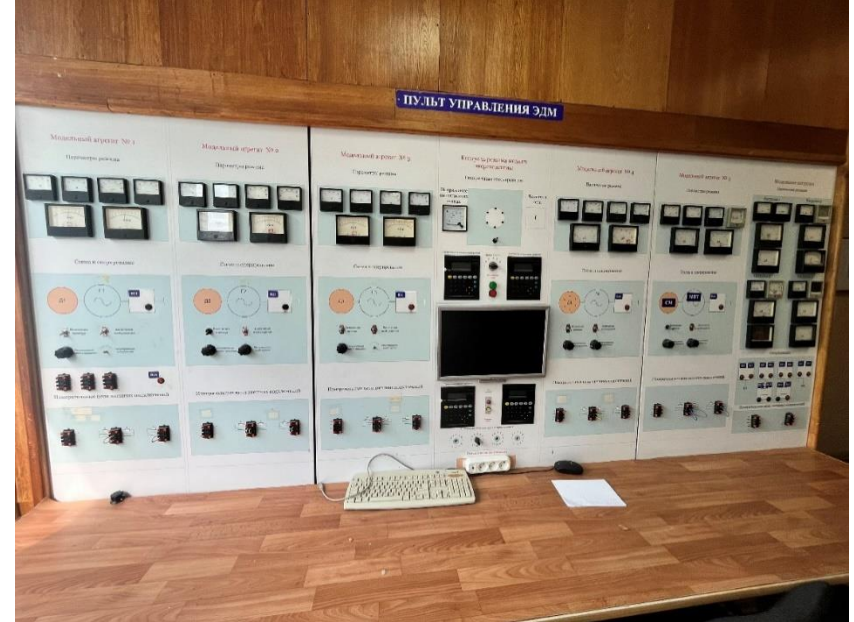
$$\frac{R_1}{R_2} = m_R; \quad \frac{L_1}{L_2} = m_L$$

$$\frac{i_1 U_1}{i_2 U_2} = m_P; \quad \frac{L_1 i_1 R_2}{L_2 i_2 R_1} = m_K$$

# ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НГТУ



# ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НГТУ



# НАЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛИ СНЭ

- Пополнение состава ЭДМ моделью нового элемента энергосистемы.
- Выполнение на ЭДМ экспериментальных работ по исследованию и управлению режимами, электромагнитными и электромеханическими переходными процессами в энергосистемах, содержащих в своём составе СНЭ.
- Испытания, отладка и апробация законов и алгоритмов управления для выполнения СНЭ возложенных на неё задач.
- Демонстрация потенциальным заказчикам эффективности СНЭ для решения актуальных практических задач.
- Проведение аспирантами и магистрантами научно-исследовательских работ, связанных с применением СНЭ для управления в энергосистемах.

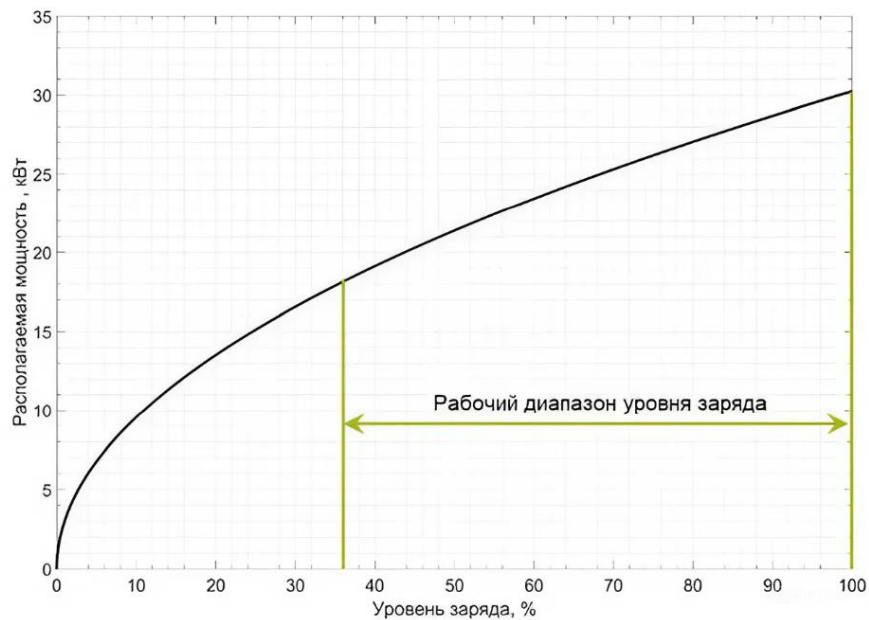
# АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОДЕЛИ СНЭ В СОСТАВЕ ЭДМ

Для разрабатываемой модели СНЭ в составе ЭДМ НГТУ предполагается решение следующих задач:

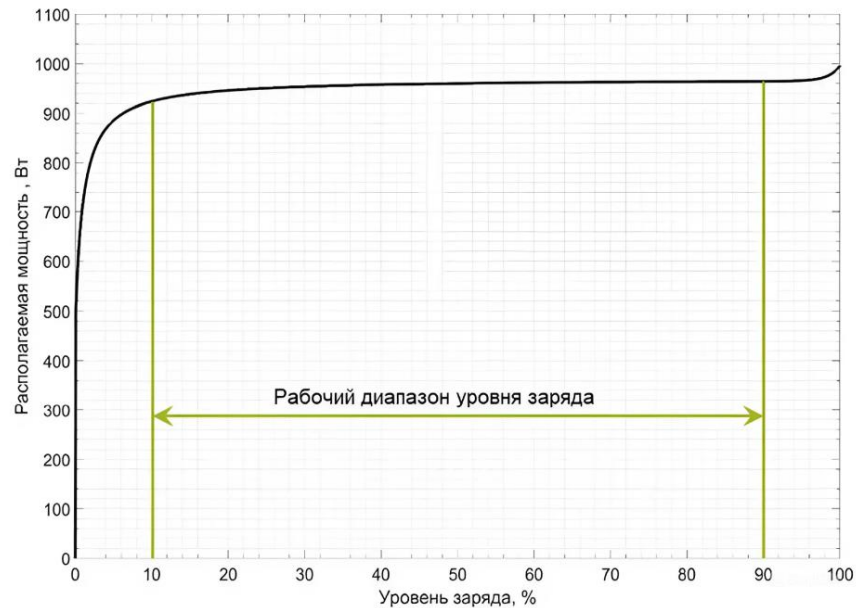
- Стабилизация частоты и напряжения в автономной энергосистеме с резкопеременной нагрузкой промышленных предприятий;
- Сглаживание резкопеременной нагрузки для автономных электростанций с газопоршневыми и газотурбинными агрегатами;
- Управление динамическими переходами для повышения динамической устойчивости энергосистем;
- Разработка алгоритмов управления накопителем энергии для оптимизации профиля нагрузки автономной электростанции;
- Испытания новых средств и систем управления энергосистемой;
- Оценка эффективности новых алгоритмов управления средствами ПА;
- Испытания и отладка алгоритмов управления СНЭ.

# РАСПОЛАГАЕМАЯ МОЩНОСТЬ СК И ЛИАБ

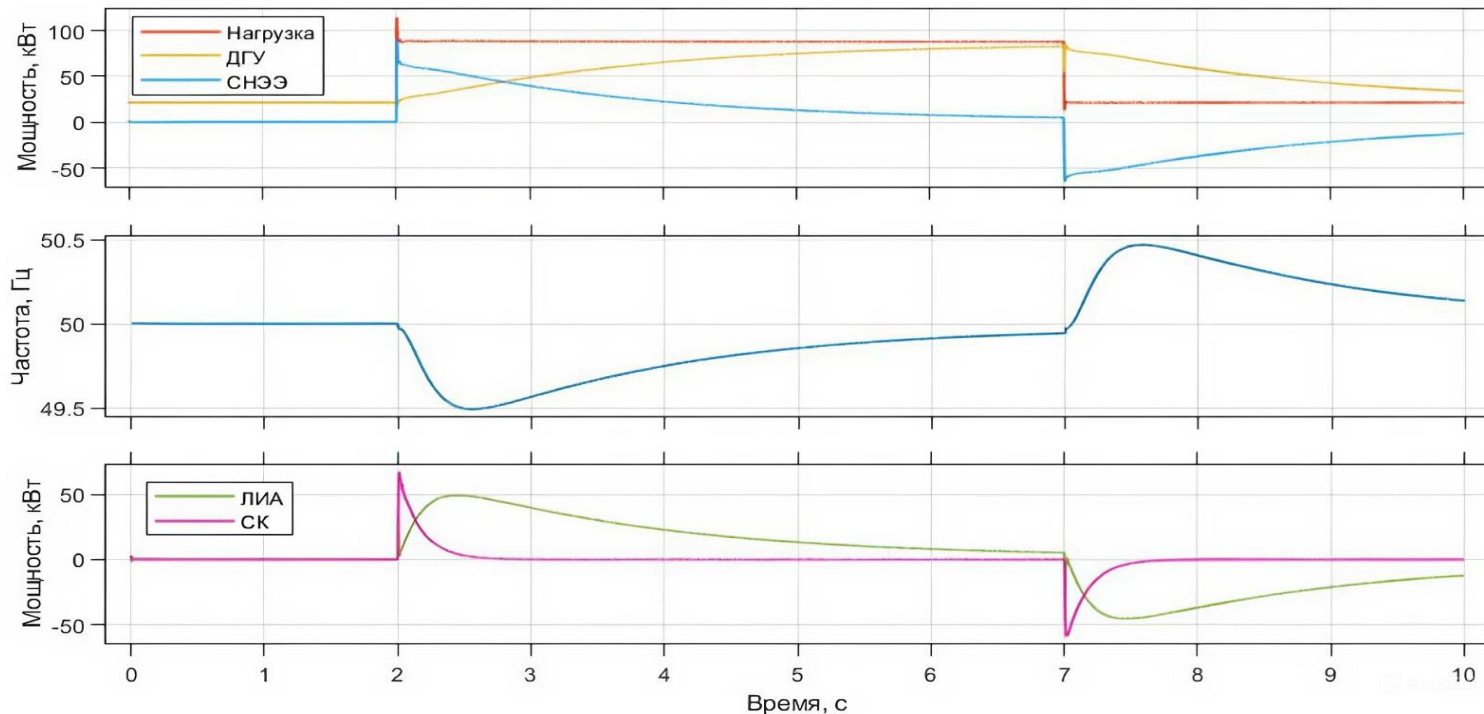
## СК



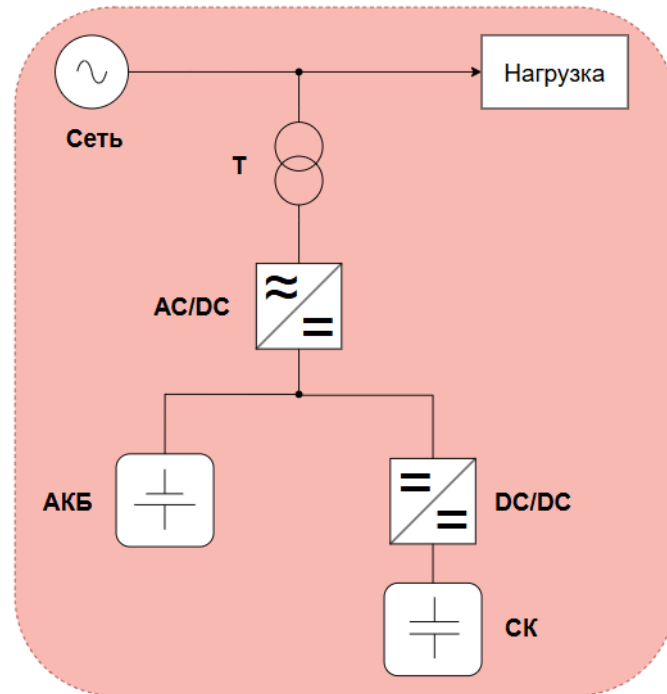
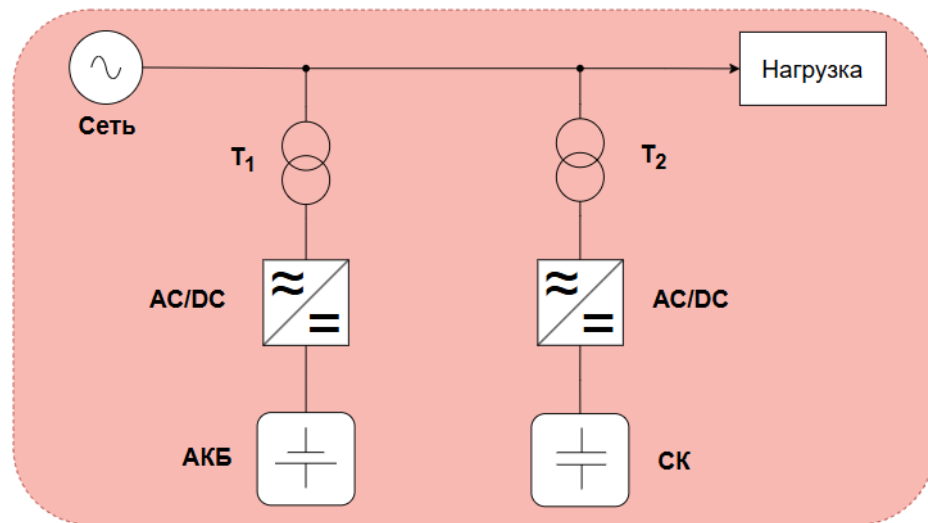
## ЛИАБ



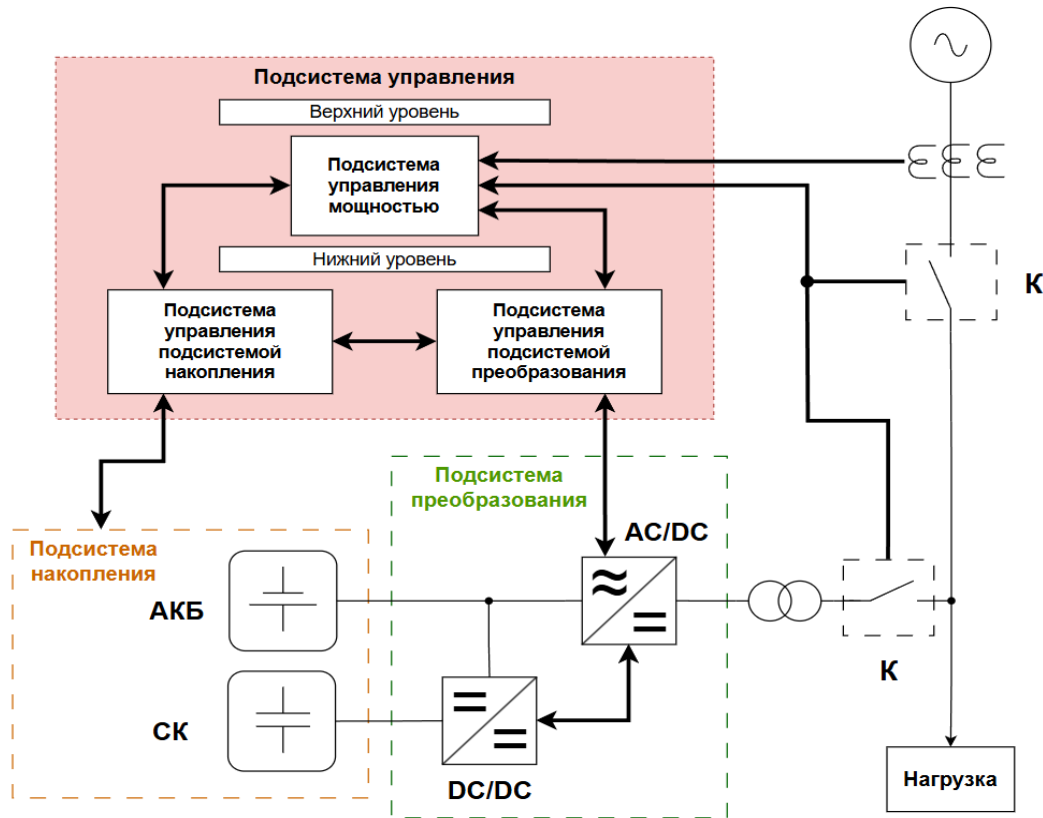
# УЧАСТИЕ СК И ЛИАБ В ВЫРАВНИВАНИИ РЕЗКОПЕРЕМЕННОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ



# ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБРИДНЫХ СНЭ



# ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛИ СНЭ



# АККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИБРИДНОЙ СНЭ



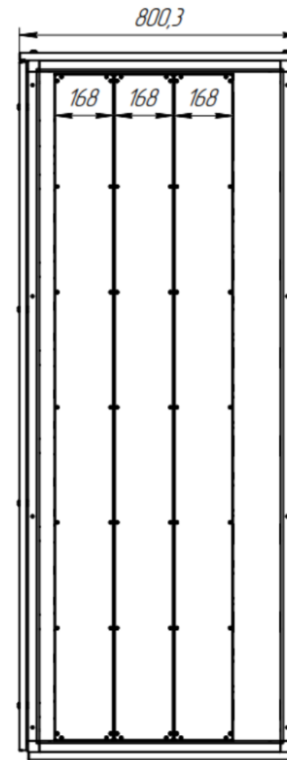
Параметр/ Накопитель	Литий-ионная аккумуляторная ячейка	Суперконденсаторный модуль
Габариты, мм	148x110x26	145x66x70
Вес, кг	0,75	0,27
$U_{\text{НОМ}}$ , В	3,2	27
Максимальный ток разряда	1С	21 А
Ёмкость	32 А*ч	2,5 Ф
Энергоёмкость, Вт*ч	102,4	0,25
Количество, шт.	32	6
Производитель	ООО «НПЦ «Энергоавтоматика», Россия	ООО "Ультраконденсаторы Феникс", Россия



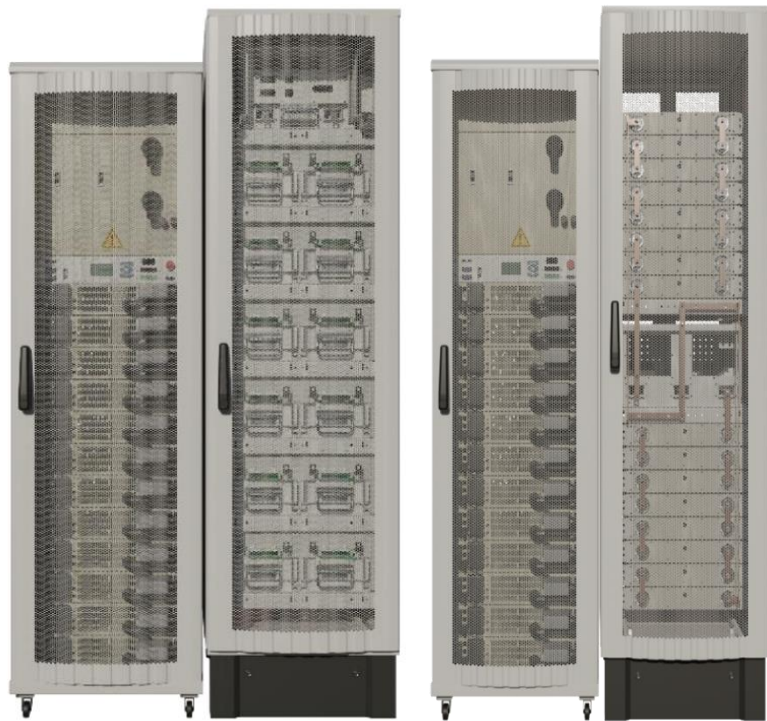
# ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ МОДЕЛИ СНЭ В СОСТАВЕ ЭДМ НГТУ

Параметр/ Наименование	Согласующий трансформатор	Двунаправлен- ный преобразова- тель	Регулятор напряжения (DC/DC)	АКБ (LiFePO <sub>4</sub> )	Суперконденса- торная батарея	Система управления СНЭ	19-дюймовый распредели- тельный шкаф
Номинальная мощность, кВт	3	3	3	3,3	3,4	-	-
Номинальное напряжение, В	220/220	12/220	26/12	12,8	27	-	-
Энергоёмкость, Вт*ч	-	-	-	3300	1,5	-	-
Производитель	-	-	-	ООО «НПЦ «Энергоавтома- тика», Россия	ООО "Ультраконденса- торы Феникс", Россия	ООО «РиМтехэнерго», Россия	ООО «РиМтехэнерго», Россия

# РАЗМЕЩЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СНЭ



# СНЭ ОТ КОМПАНИИ РИМТЕХЭНЕРГО НА БАЗЕ ЛИАБ И СК



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Поставлены актуальные задачи перед моделью СНЭ.
- Предложена структурная схема гибридной модели СНЭ.
- Рассчитаны параметры основных элементов, а также составлен их перечень.
- Разработан предварительный эскизный чертеж, демонстрирующий их расположение.



**Большаков Денис Андреевич**

*Магистрант НГТУ*

**Зырянов Вячеслав Михайлович**

*к. т. н., с. н. с. НГТУ*

**nstu.ru**

**Разработка физической модели  
гибридного накопителя энергии  
в составе электродинамической  
модели энергосистемы**

# СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАКОПИТЕЛЕЙ

Тип	Удельная энергоемкость, Вт*ч/кг	Саморазряд в день, %	Количество циклов заряд/разряд (при глубине разряда 80%)
Свинцово-кислотные АБ	45	2	500
ЛИАБ	200	~0,1	3000
СК	15	20-30	1 000 000