



Международная научная  
конференция ВСМ  
高速铁路国际学术论坛  
HSR International Scientific  
Conference

Высокоскоростные железные дороги –  
драйвер экономического роста 2018

2018 高铁-经济发展的驱动力

High Speed Railways -  
Driver of Economic Growth 2018



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТА (МИИТ)

# Научное сопровождение ВСМ «Москва-Казань» по системе «Энергонабжение»

## 莫喀高铁《供电》系统科学伴随

Шевлюгин Максим Валерьевич

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетика транспорта»

ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)

莫斯科国立交通大学 “交通电力工程” 教研室主任、博士、教授

马克西姆 瑟夫柳金





# Шевлюгин Максим Валерьевич 马克西姆·瓦列里耶维奇·瑟夫柳金

Д.т.н, профессор  
Заведующий кафедрой  
«Электроэнергетика транспорта» РУТ(МИИТ)  
莫斯科国立交通大学“交通电力工程”教研室主任、博士、教授

- Инженер путей сообщения 道路工程师
- 22+ лет опыта 22年从业经验
- 150+ научных работ 参与150多个科学工程
- Основные области научных интересов:  
科研主要领域：
  - ✓ Математическое моделирование систем  
электроснабжения 供电系统数学模型
  - ✓ Накопители электрической энергии 电能存储





# Кафедра «Электроэнергетика транспорта» 电力交通工程教研室

- ✓ Объединённая мультидисциплинарная кафедра 多学科教研室
- ✓ С 1931 г. подготовлено 5000+ инженеров 从1931年起，培养了5000多名工程师
- ✓ Разработка методологии по направлениям: 研究方向：
  - ✓ Электроснабжение железных дорог 铁路供电
  - ✓ Контактная сеть 接触网
  - ✓ Тяговые подстанции 牵引变电站
- ✓ Основные направления исследований: 主要科研方向：
  - ✓ Электроснабжение железных дорог 铁路供电
  - ✓ Коммутационные электрические аппараты 配电设备
  - ✓ Релейная защита 继电保护装置
  - ✓ Накопители электрической энергии 电能存储
  - ✓ Качество электрической энергии 电能质量
  - ✓ Электромагнитная совместимость 电磁兼容性
  - ✓ Система тягового электроснабжения 2x25 кВ
  - ✓ 2x25 кВ 牵引供电系统
  - ✓ Система тягового электроснабжения 94 кВ
  - ✓ 94 кВ 牵引供电系统
- ✓ Экспертиза ВСМ-2 в части «Электроснабжение»
- ✓ 参与莫喀高铁“供电”章节鉴定

Несколько поколений научной школы  
数代科研流派





## Кафедра «Электроэнергетика транспорта» 电力交通工程教研室

Деятельности кафедры в рамках экспертного совета ВСМ:  
高铁鉴定委员会框架下科研工作：

- ✓ Экспертиза проектных решений  
设计方案审查鉴定
- ✓ Рекомендации по дальнейшим исследованиям в части  
электроснабжения ВСМ
- ✓ 高铁供电未来研究工作建议



## Что входит в научное сопровождение 科学伴随包括

- ✓ Развитие методологии математического моделирования  
数学模型方法论发展
- ✓ Рекомендации по дальнейшим исследованиям в части электроснабжения ВСМ  
为高铁供电未来研究工作提供建议
- ✓ Рекомендации по технологиям проектирования  
设计技术建议



Международная научная  
конференция по ВСМ  
高速铁路国际学术论坛  
HSR International Scientific  
Conference

Высокоскоростные железные дороги –  
драйвер экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways -  
Driver of Economic Growth 2018

## Основные цели при проектировании СТЭ 牵引供电系统主要设计目的

- ✓ Движение поездов с требуемой проектом скоростью  
列车按设计所需速度运行
- ✓ Правильный выбор оборудования ТП, АТП, КС, ПС, ПЭ  
正确选择牵引变电站、自耦变电站、接触网、分区所、竖向供电的设备
- ✓ Высокое качество электрической энергии  
高质量的电能



## Каковы требования к математической модели? 数学模型有什么要求？

- ✓ Оценка состояния каждого поезда в каждый момент времени проектного графика движения 评估每一辆列车不同时间的运行状况
- ✓ Расчёт СТЭ как единой электрической сети, состоящий из:
- ✓ 按照统一电网计算牵引供电系统，其组成：
  - Тяговых подстанций 牵引变电站
  - Тяговой сети 牵引电网
  - Продольного электроснабжения 竖向供电
  - Внешнего электроснабжения 外部供电
- ✓ Проверка оборудования 设备检查
- ✓ Удобство использования модели 模型使用便利



## Проектирование на основе цифровых моделей 以数字模型为基础的设计

### Модель-ориентированный подход 模拟导向法

- ✓ Проектирование и аудит на основе цифровой модели  
以数字模型为基础的设计和伴随
- ✓ Единая программная среда  
统一的软件环境
- ✓ Проверка любых решений на всех стадиях жизненного цикла  
检查生命周期所有阶段的方案



## Структура единой цифровой модели СТЭ ВСМ-2 高速铁路-2牵引供电系统统一数字模型结构

- ✓ ЭПС 电力机车
- ✓ Продольный профиль 纵断面
- ✓ Графики движения 运行表
- ✓ Тяговые подстанции 牵引变电站
  - ✓ Постоянного тока 直流电变电站
  - ✓ Переменного тока 交流电变电站
  - ✓ Двух родов тока 直交流电变电站
- ✓ Посты секционирования 分区所
- ✓ Автотрансформаторные пункты 自耦变压器站点
- ✓ Продольное электроснабжение 电力贯通线



## Структура единой цифровой модели СТЭ ВСМ-2 高速铁路-2牵引供电系统统一数字模型结构

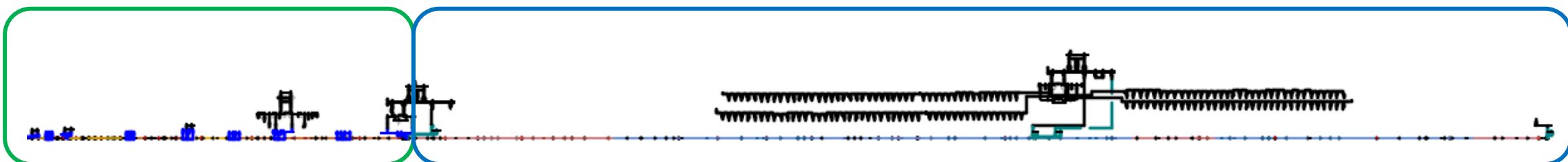
Тестовая цифровая модель в рамках экспертизы ВСМ-2  
Выполнена в инициативном порядке  
Внедрено в учебный процесс

高速铁路-2检测框架内的测试数字模型以主动方式进行并运用于教学过程中。

- ✓ Москва-Владимир (193+ км) 莫斯科-弗拉基米尔 (193+公里)
- ✓ 6 дипломных работ 6份论文
- ✓ Цифровая модель в ЕТАР ETAP数字模型

Постоянный ток 直流电  
48+ км 48+公里

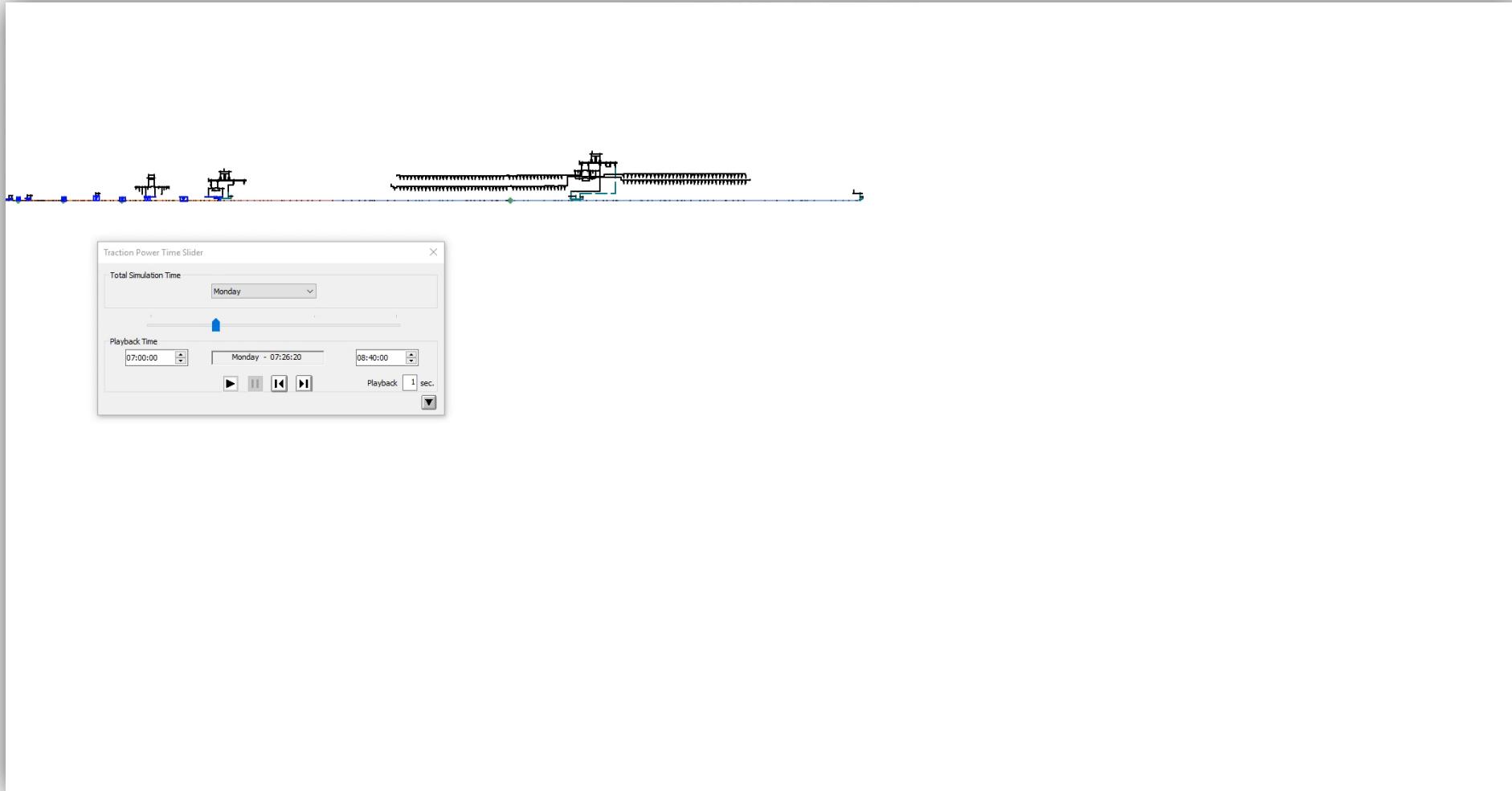
Переменный ток 2x25 кВ 交流电2x25千伏  
145+ км 145+公里





Высокоскоростные железные дороги –  
двигатель экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways –  
Driver of Economic Growth 2018  
HSR International Scientific  
Conference

# Визуализация цифровой модели СТЭ ВСМ-2 高速铁路-2牵引供电系统数字模型的图像化





## Требует повышенного внимания 需对下列内容加强关注

- ✓ Напряжение на ЭПС и режимы его работы  
电力机车运行压力及其运行状态
- ✓ Мощность короткого замыкания  
短路故障功率
- ✓ Качество электрической энергии  
电能质量

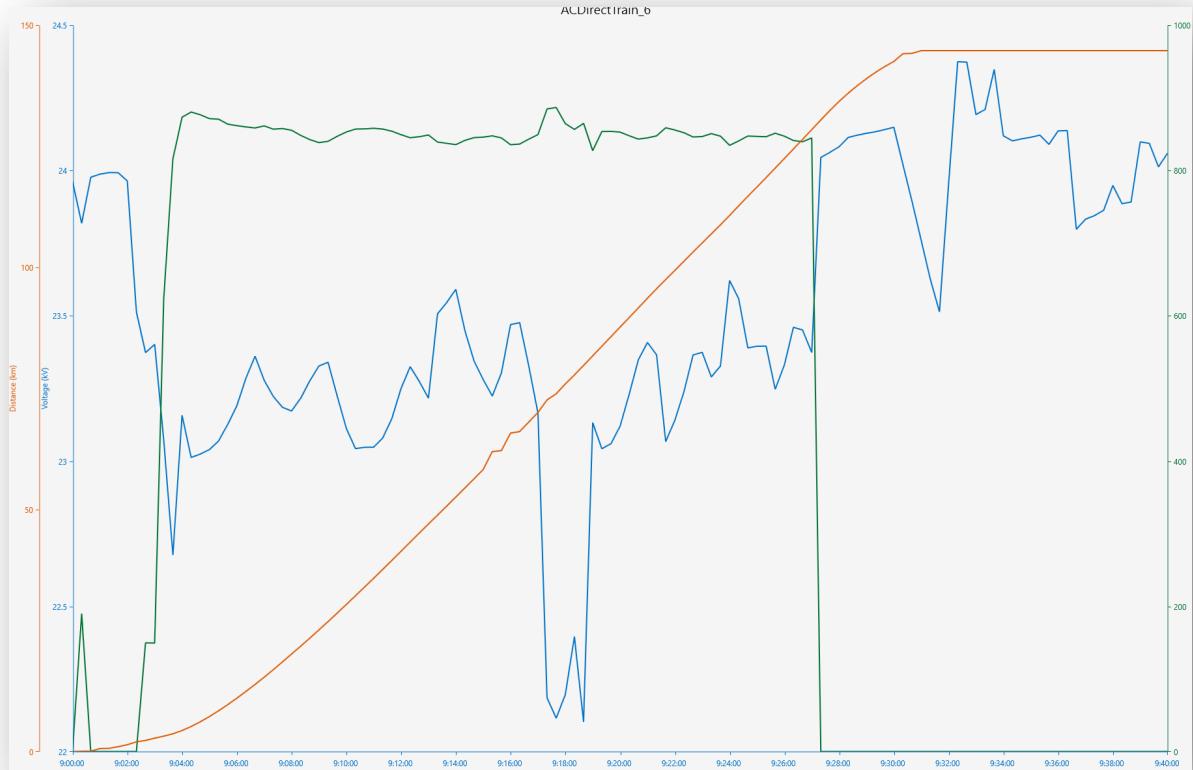
Требования СТУ-15 Изм.1  
特殊技术条款-15, 第1号修改



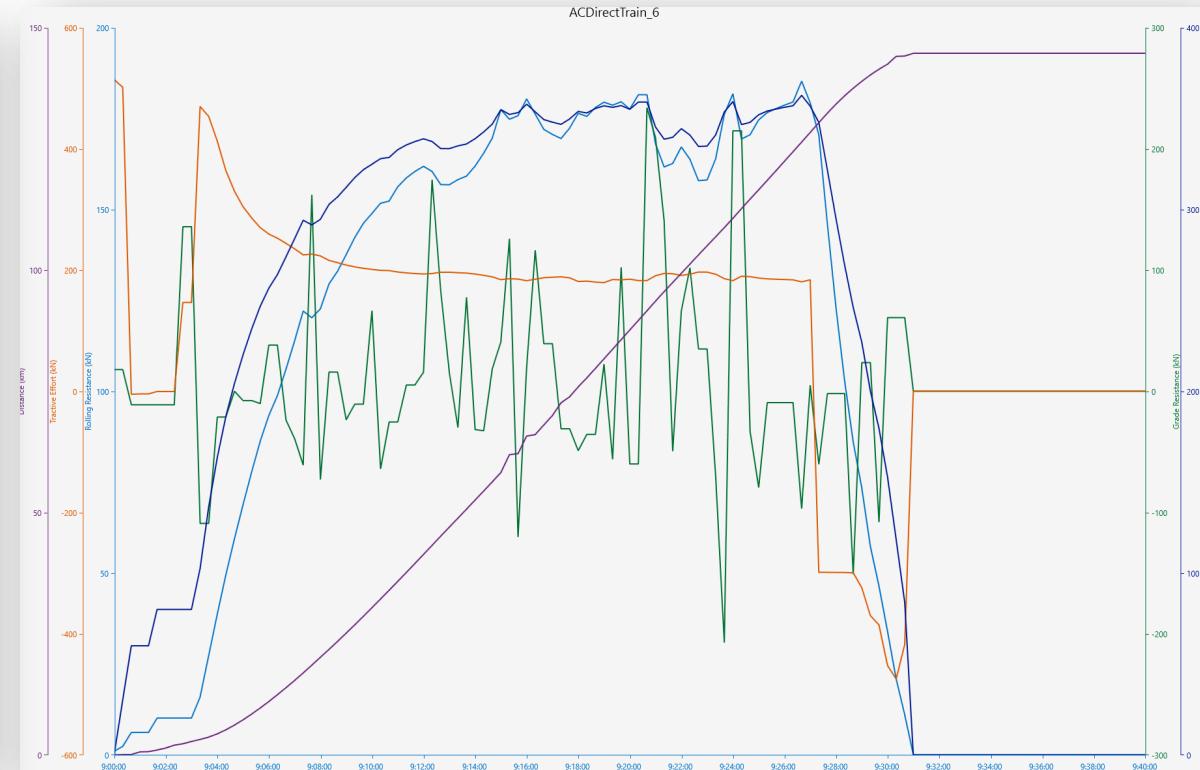
# Режимы работы ЭПС

## 电力机车运行工况

Напряжение, ток  
电压、电流



Скорость, сила тяги, силы сопротивления  
速度、牵引力、阻力

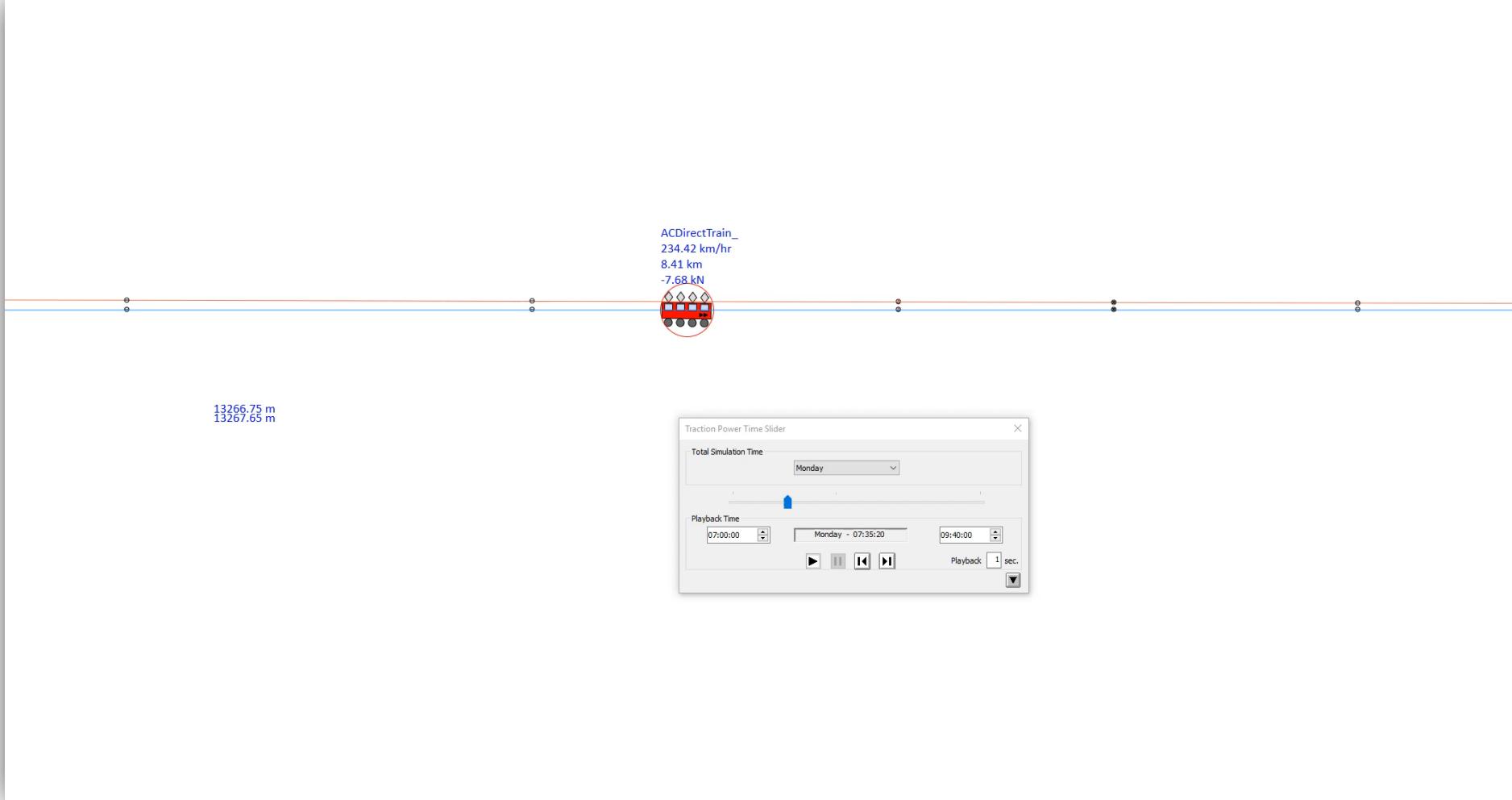




Международная научная конференция по ВСМ  
高速铁路国际学术论坛  
HSR International Scientific Conference

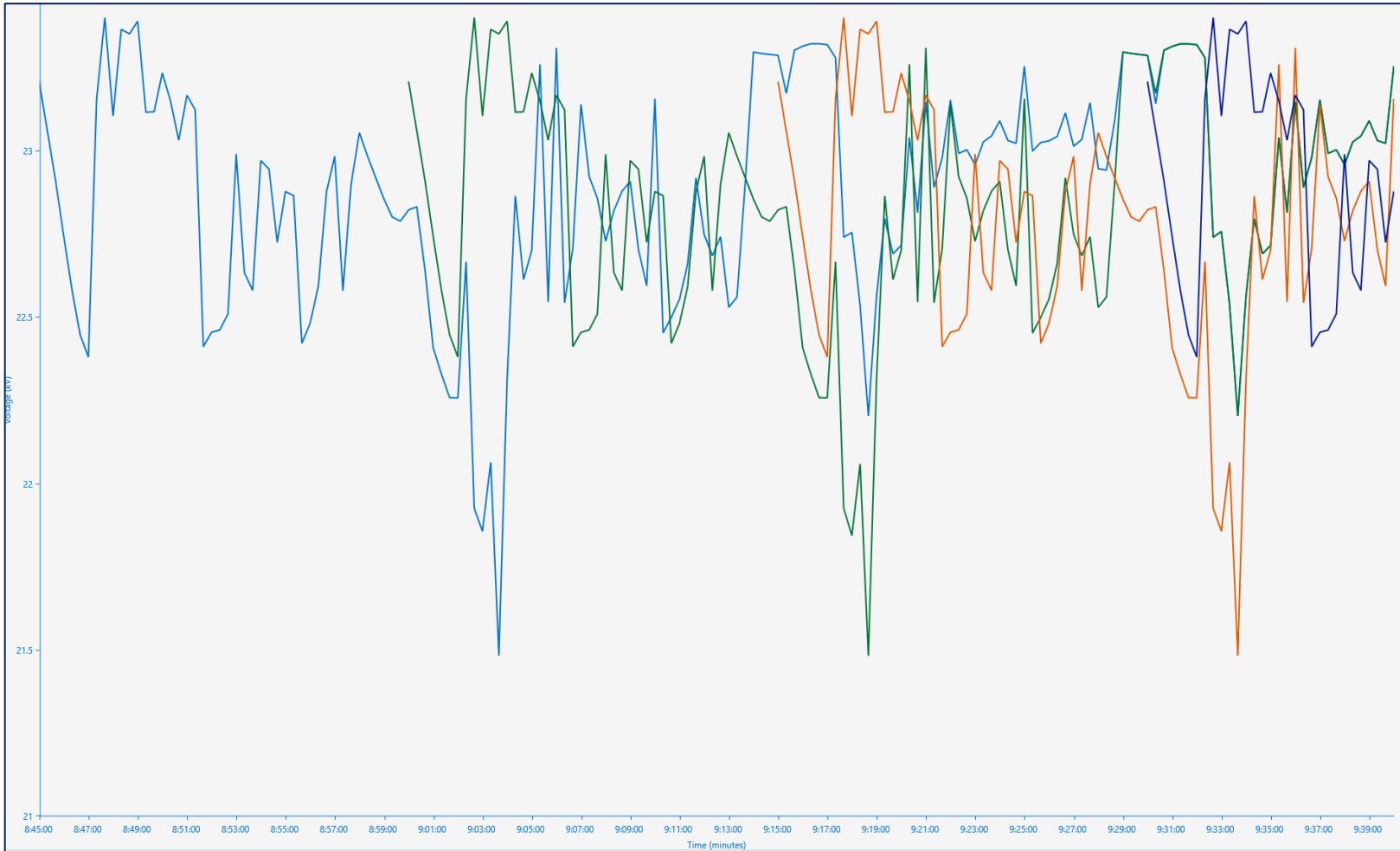
# Режимы работы ЭПС 电力机车运行工况

Ногинск-Владимир 诺金斯克-弗拉基米尔





## Напряжение на ЭПС 电力机车运行压力

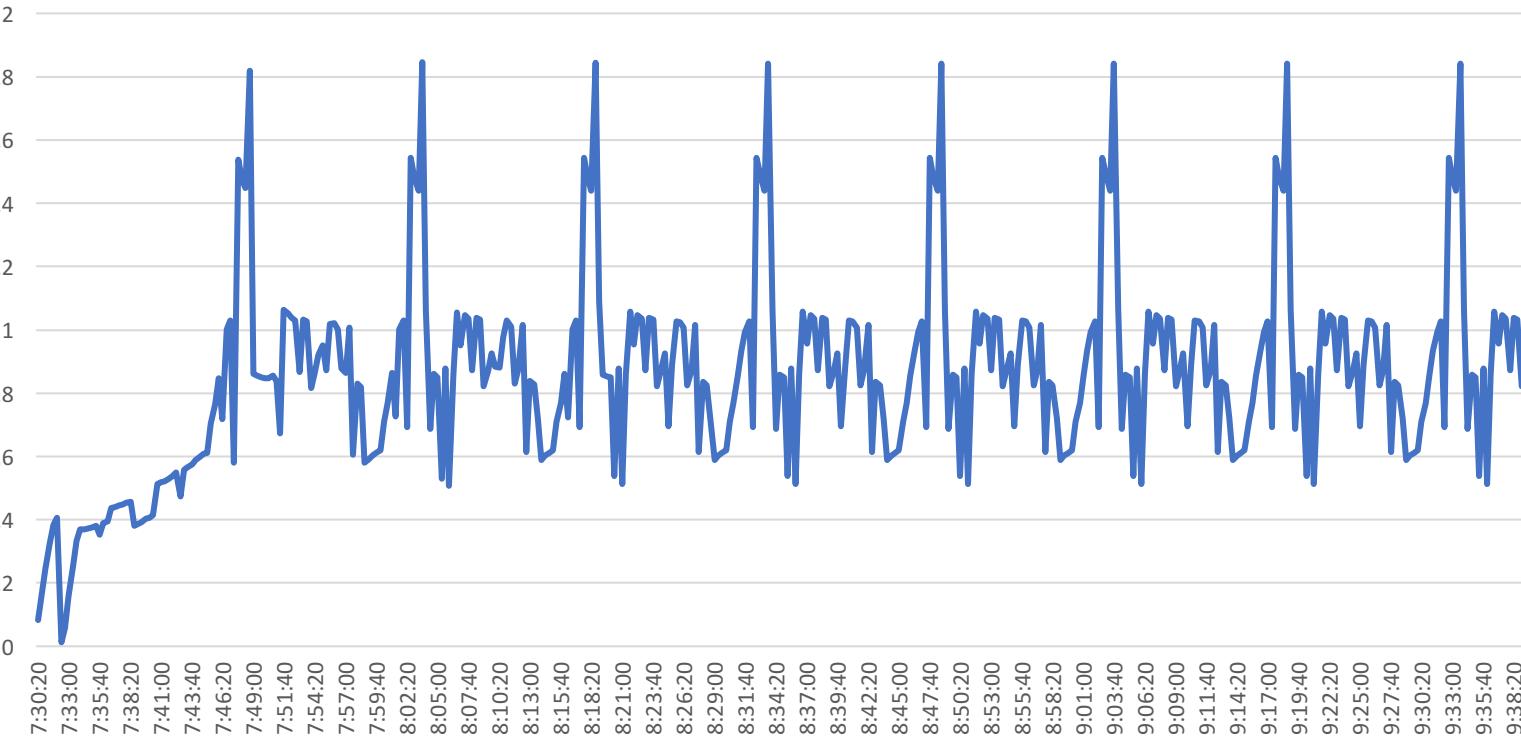


- ✓ 34 пары поездов в день  
✓ 日均34组列车
- ✓ Скорость – до 400 км/ч  
✓ 速度——达400公里/小时
- ✓ Падение до 21,5 кВ при 94% Unом на вводах ТП ? ?  
✓ 在输入变电站隔离开关的额定电压为94%时跌至21.5千伏



## Качество электрической энергии 电能质量

Несимметрия напряжений по обратной последовательности – ТП «Петушки»  
负序电压不对称——变电站“佩图什金”

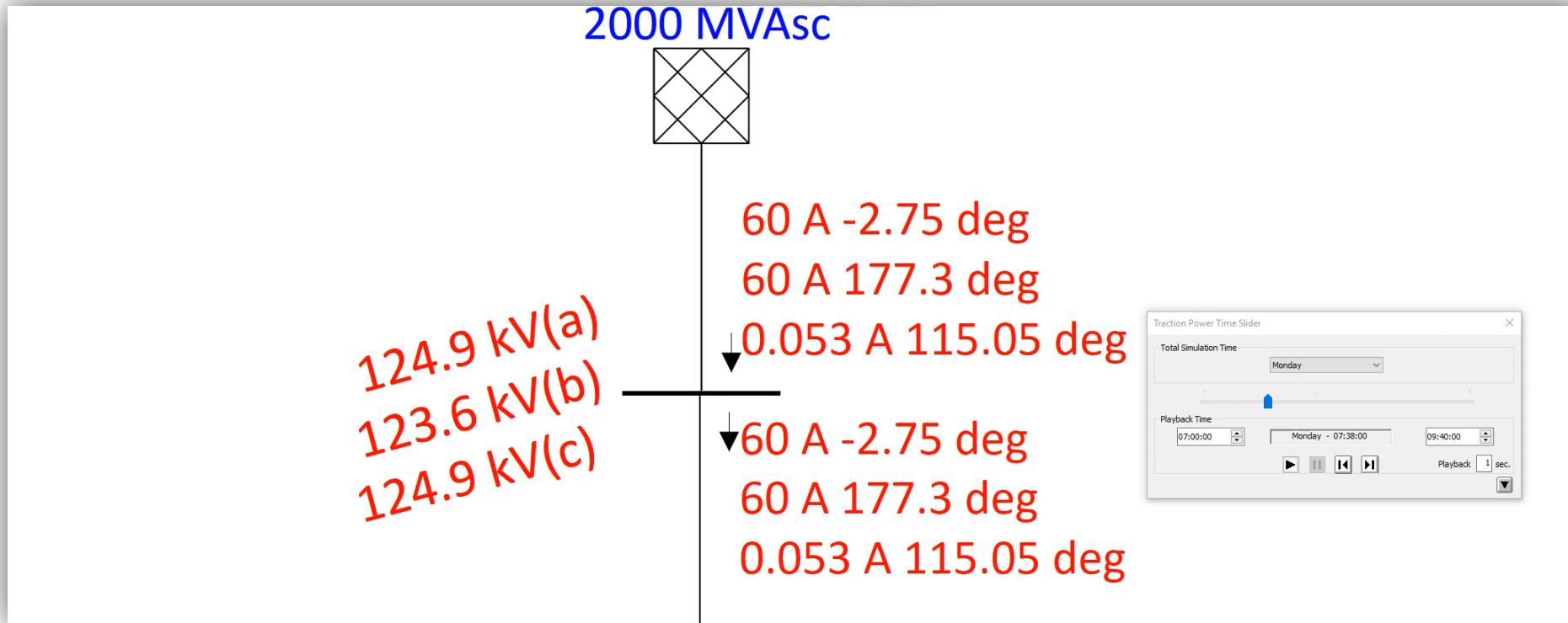


Значение близко к предельному по ГОСТ 32144-2013  
该数值接近于国家标准 32144-2013 的最大值



## Качество электрической энергии 电能质量

Несимметрия напряжений по обратной последовательности – ТП «Петушки»  
负序电压不对称——变电站“佩图什金”





- ✓ ЭПС согласно стадии «П»  
符合设计阶段的电力机车
- ✓ Эквивалентирование внешней сети  
外网等效
- ✓ Мощность КЗ – 2000 МВА  
短路功率功率——2000 MVA
- ✓ 34 пары поездов в день  
日均34组列车



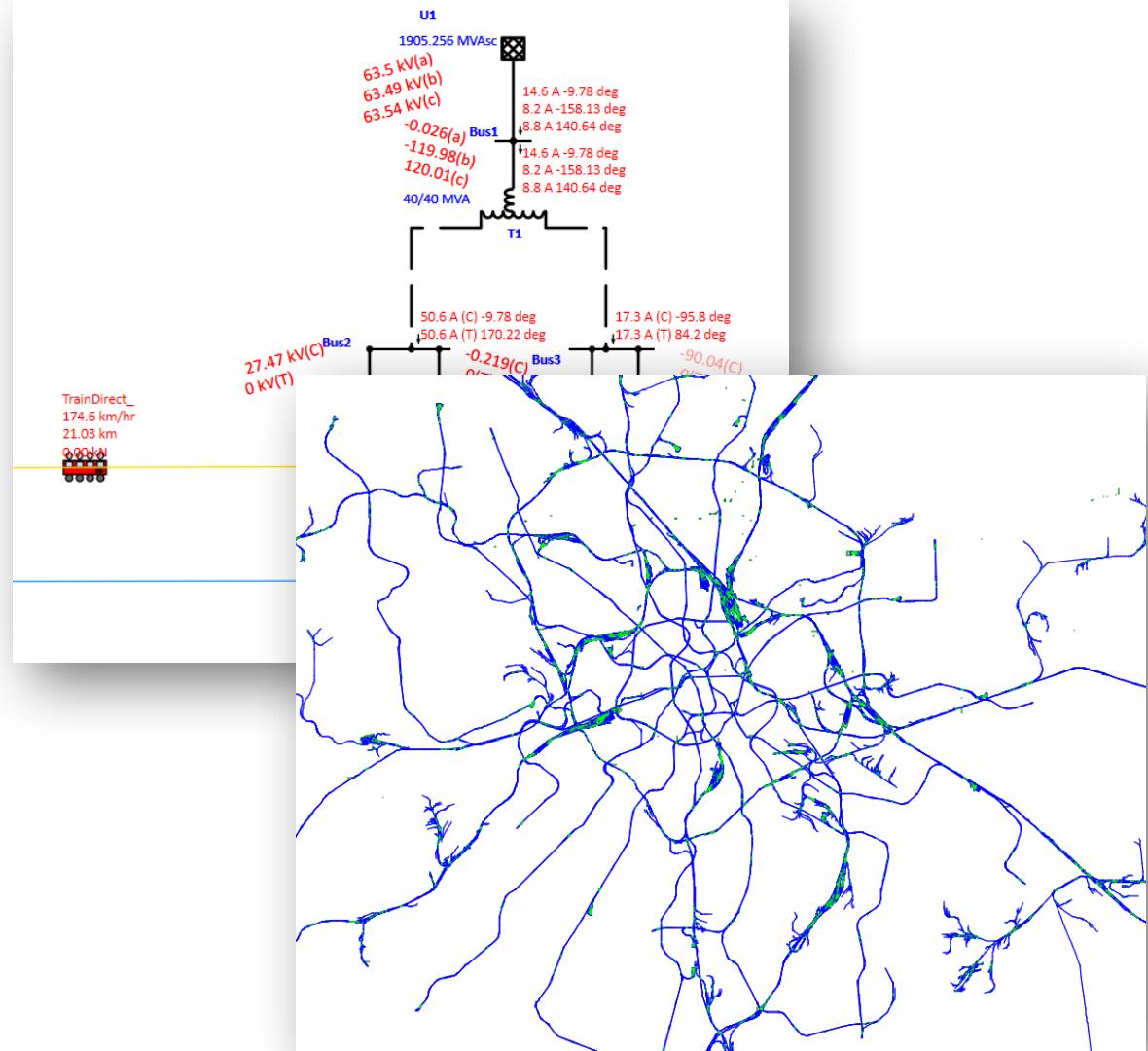
## Необходимо исследовать на стадии «Р» 在“施工文件”阶段需检查：

- ✓ Поведение ЭПС  
电力机车状态
- ✓ Уточнение мощности КЗ на вводах ТП  
确定引入变电站时短路功率
- ✓ Взаимодействие СТЭ с ЕС России  
牵引供电系统与俄罗斯统一系统的相互作用
- ✓ Аварийные режимы  
事故处理规范
- ✓ Графики движения  
运行表



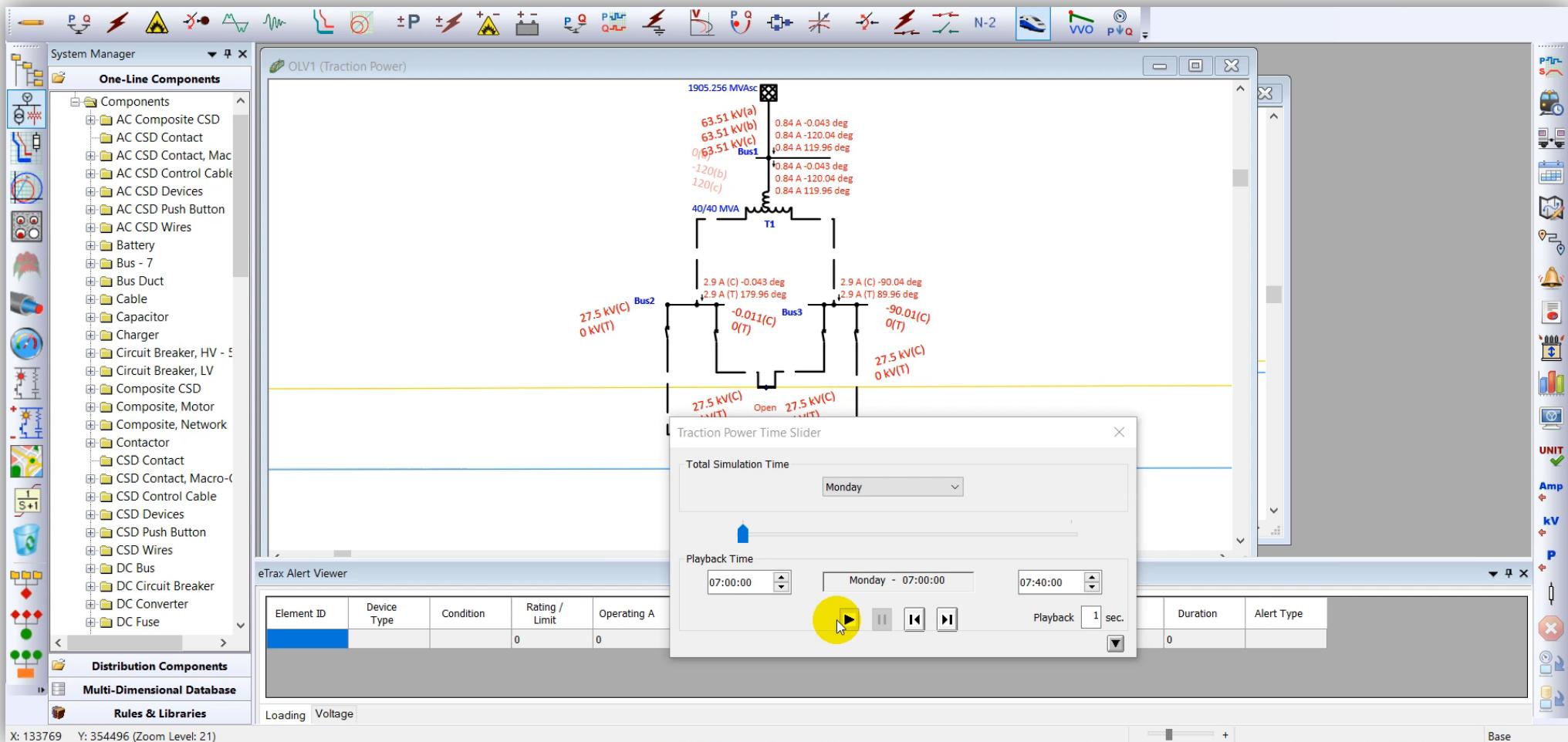
# Потенциальные исследования для новых участков 可运用于新路段的潜在研究项目

- ✓ Повышение пропускной способности
- ✓ 提高通过能力
- ✓ Повышение качества электрической энергии
- ✓ 提高电能质量
- ✓ Применение симметрирующих схем питания тяговых сетей переменного тока для новых участков
- ✓ 对新路段采用交流电牵引网供电对称示意图





# Пример цифровой модели СТЭ со схемой Скотта Система тягового электроснабжения 斯柯特电路图牵引数字模型牵引电力系统





Высокоскоростные железные дороги –  
двигатель экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways -  
Driver of Economic Growth 2018

## Наша команда 我们的团队



Шевлюгин  
Максим Валерьевич  
д.т.н., профессор  
Зав. кафедрой ЭЭТ  
РУТ(МИИТ)  
谢夫留金-马克西姆-瓦  
列里耶维奇  
技术科学博士，教授  
俄罗斯交通大学（莫交  
大）教研室主任，



Королев  
Алексей Андреевич  
к.т.н., доцент  
ЭЭТ РУТ(МИИТ)  
Рук.тех.гр. ООО «ЕТАР СИСТЕМС»  
(представительство ЕТАР в России)  
科罗廖夫-阿列克谢-安德烈耶维奇  
技术科学副博士，副教授  
俄罗斯交通大学 ETAP系统有限公司



Александров  
Илья  
Андреевич亚历山  
大-伊利亚-亚历山大  
耶维奇



Тарновская  
Юлия  
Фёдоровна塔勒诺  
夫斯卡亚-尤利娅-费  
奥多罗夫娜



Толмачева  
Анастасия  
Николаевна托尔马  
乔瓦-阿纳斯塔西娅-  
尼古拉耶娃



Антонов  
Владимир  
Сергеевич安东诺  
夫-弗拉基米尔-谢尔  
盖耶维奇



Максименко  
Наталия  
Владимировна马  
克西姆-娜塔莉亚-弗  
拉尼米洛夫娜



Голицына  
Анастасия  
Евгеньевна格里  
津娜-阿纳斯塔西  
娅-叶夫根耶夫娜

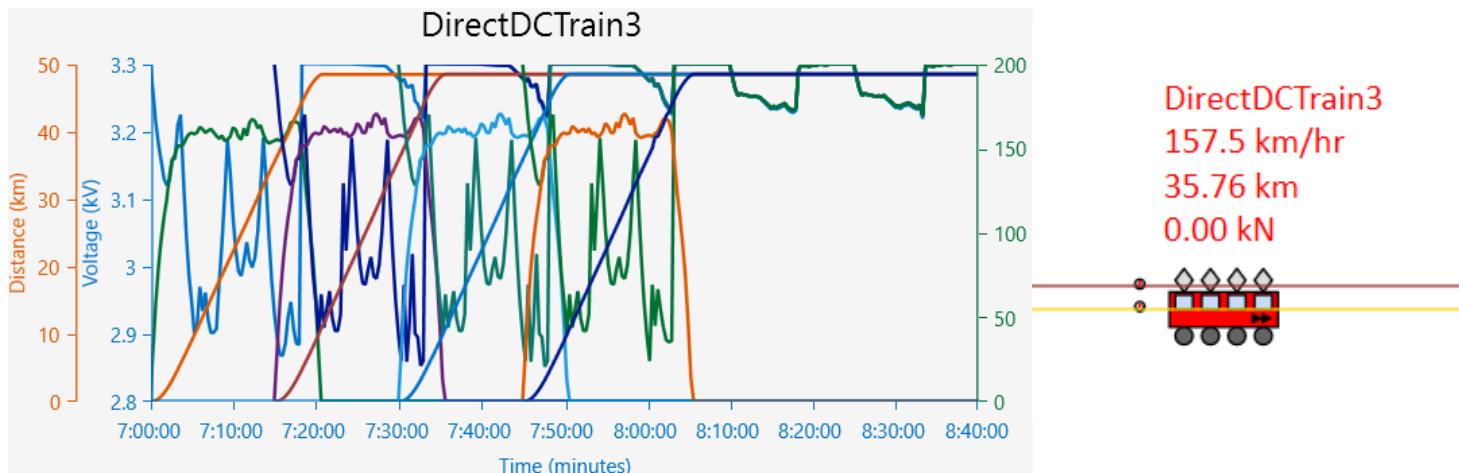
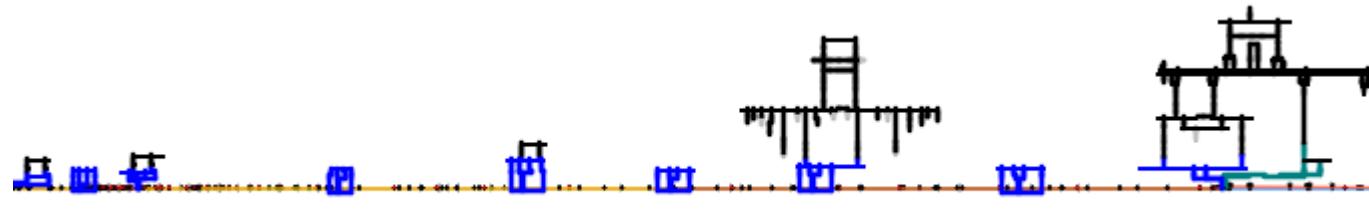


## 6 фрагментов модели 6个模型模块

Участок ВСМ-2 постоянного тока Москва-Ногинск 莫斯科-诺金斯克 高铁2直流电段



Голицына Анастасия Евгеньевна  
格里津娜-阿纳斯塔西娅-叶夫根耶夫



- ✓ Моделирование ЭПС со скоростями до 200 км/ч
- ✓ 电力机车车辆 200公里/小时模拟
- ✓ Оценка уровней напряжения на токоприёмниках
- ✓ 受电弓电压水平评价
- ✓ 34 пары поездов в день
- ✓ 每日34组列车
- ✓ Москва-Владимир менее чем за 60 мин
- ✓ 莫斯科-弗拉基米尔少于60分钟



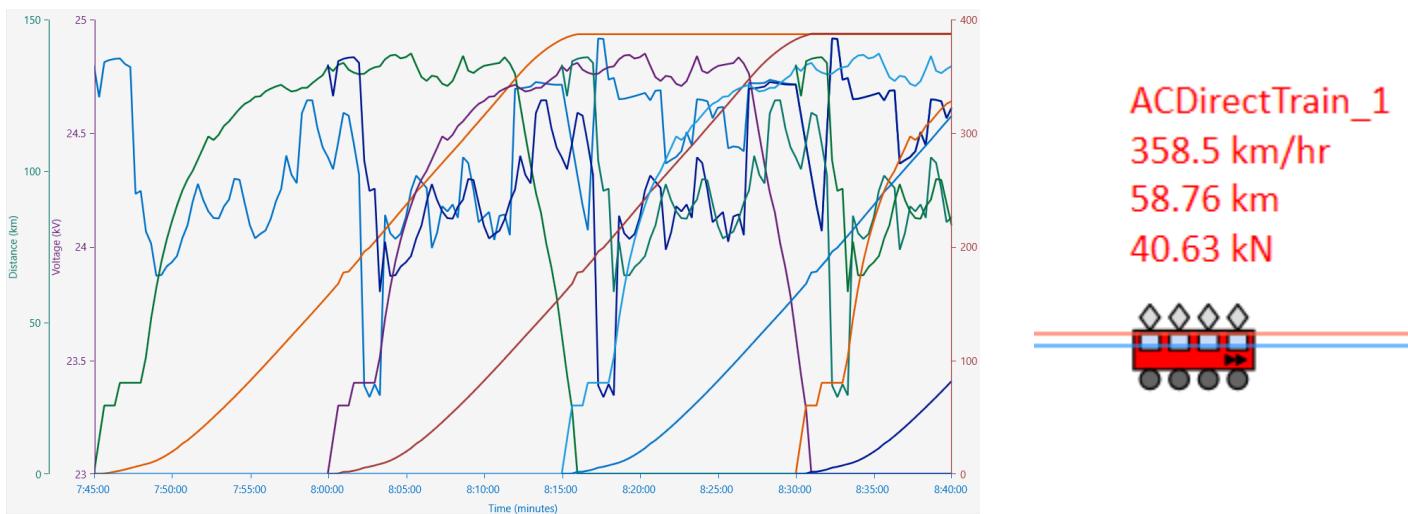
## 6 фрагментов модели 6个模型模块



Участок ВСМ-2 переменного тока Ногинск-Владимир 诺金斯克-弗拉基米尔 高铁2交流电段



Тарновская Юлия Фёдоровна  
塔勒诺夫斯卡亚·尤利娅·费奥多罗夫娜



- ✓ Моделирование ЭПС со скоростями до 400 км/ч
- ✓ 电力机车车辆 400/公里小时模拟
- ✓ Оценка уровней напряжения на токоприёмниках
- ✓ 受电弓电压水平评价
- ✓ 34 пары поездов в день
- ✓ 每日34组列车
- ✓ Москва-Владимир менее чем за 60 мин
- ✓ 莫斯科-弗拉基米尔少于60分钟

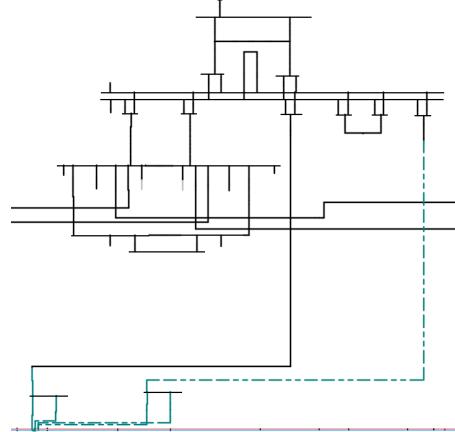
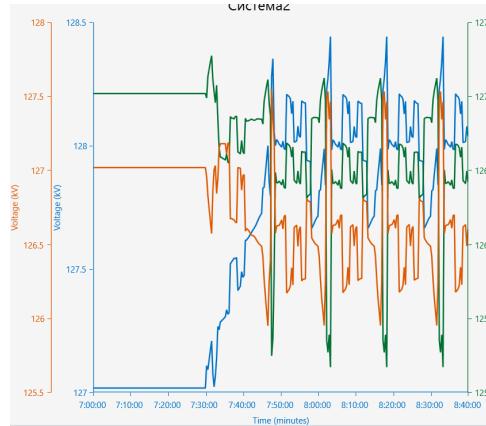
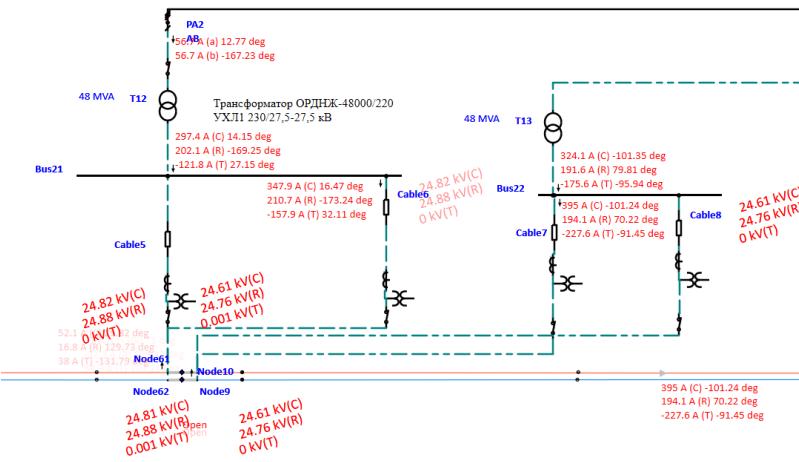


# 6 фрагментов модели 6个模型模块

Тяговая подстанция переменного тока «Петушки» 《佩图什金》牵引变电所交流电



Толмачева Анастасия Николаевна  
托尔马乔瓦-阿纳斯塔西娅-尼古拉耶娃



- ✓ Оценка влияния тяговой сети на энергосистему
- ✓ 牵引网对电力系统影响评估
- ✓ Проверка оборудования
- ✓ 设备检测
- ✓ Оценка электропотребления
- ✓ 用电量评估

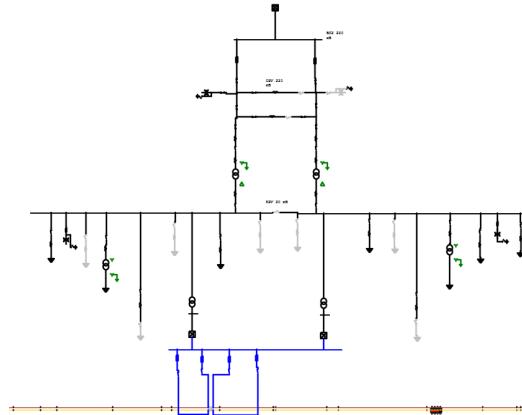
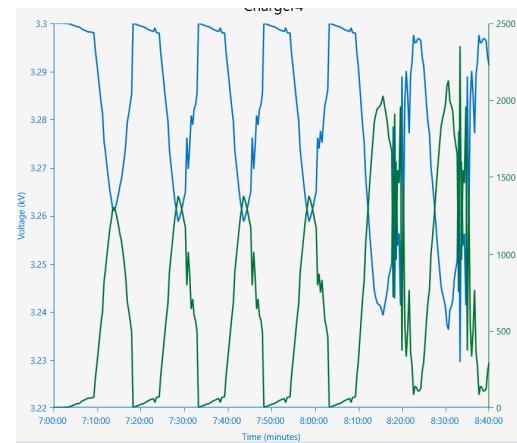
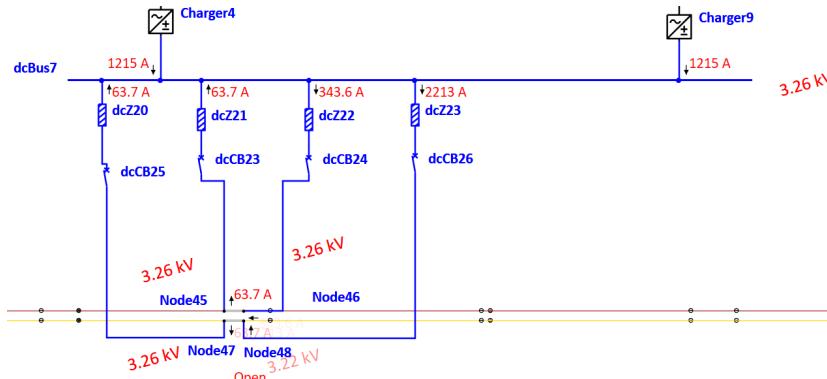


## 6 фрагментов модели 6个模型模块

Тяговая подстанция постоянного тока «32 км» 《32公里》 直流电牵引变电所



Максименко Наталия Владимировна  
马克西姆-娜塔莉亚-弗拉尼米洛夫娜



- ✓ Оценка влияния тяговой сети на энергосистему
- ✓ 牵引网对电力系统影响评估
- ✓ Проверка оборудования
- ✓ 设备检测
- ✓ Оценка электропотребления
- ✓ 用电量评估



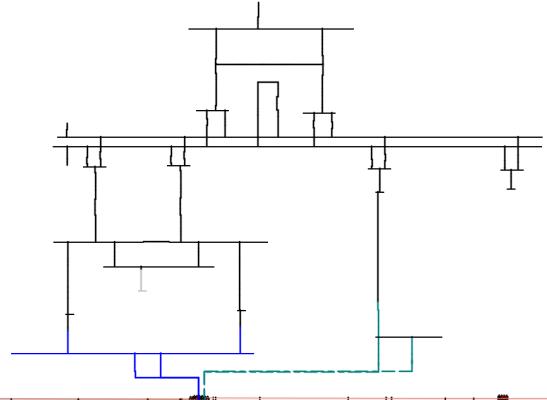
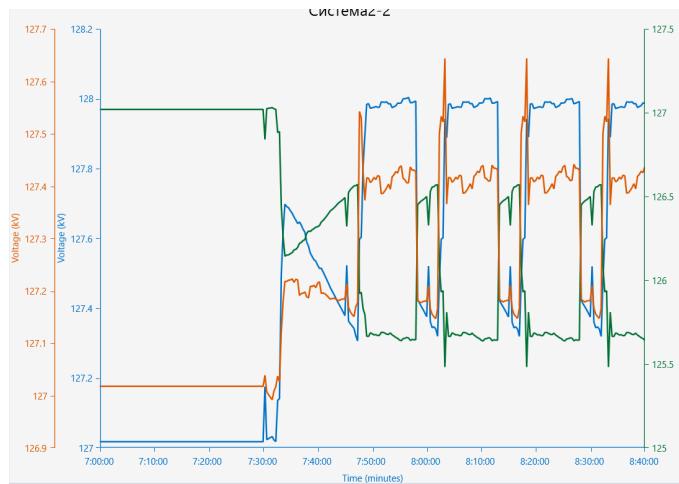
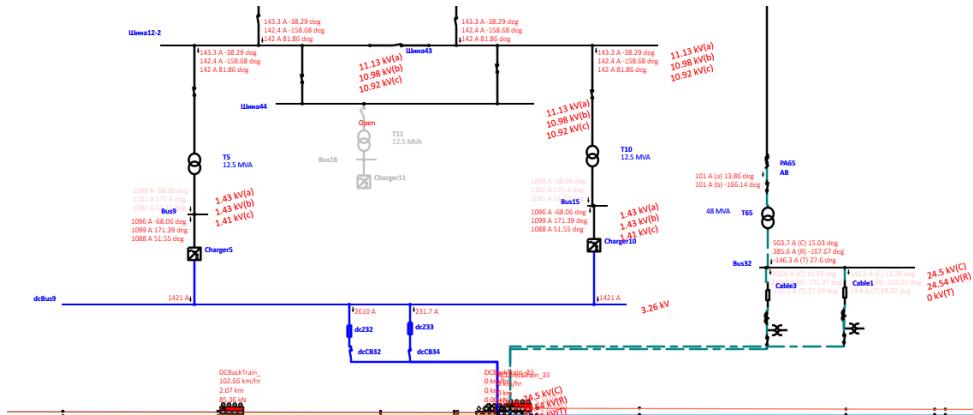
# 6 фрагментов модели

# 6个模型模块



## Тяговая подстанция двух родов тока «Ногинск» 《诺金斯克》两种电流牵引变电所

Антонов Владимир Сергеевич  
安东诺夫-弗拉基米尔-谢尔盖耶维奇



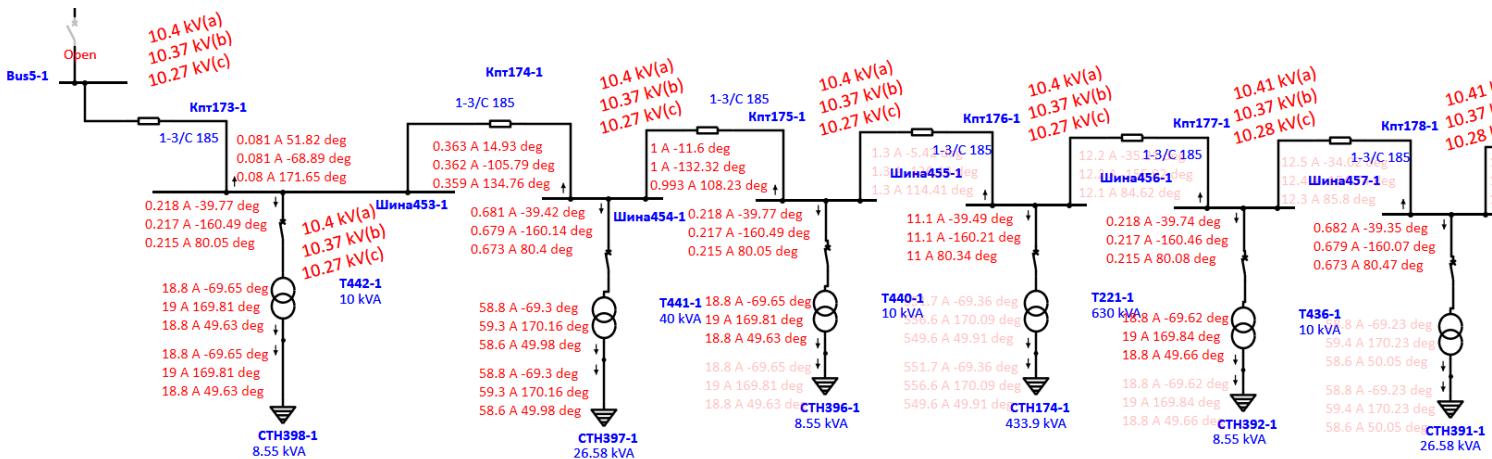
- ✓ Оценка влияния тяговой сети на энергосистему с учётом двух родов тока
  - ✓ 牵引网对电力系统影响评估（考虑两种电流）
  - ✓ Проверка оборудования
  - ✓ 设备检测
  - ✓ Оценка электропотребления
  - ✓ 用电量评估



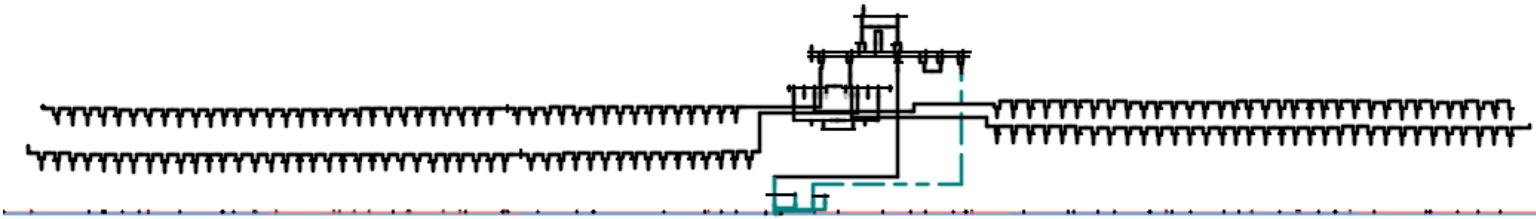
# 6 фрагментов модели 6个模型模块



Александров Илья Андреевич



Линии продольного электроснабжения (ПЭ) 电力贯通线



- ✓ Расчёт линий ПЭ
- ✓ 电力贯通线
- ✓ Оценка влияния тяговой сети на ПЭ
- ✓ 牵引网对电力贯通线影响评估
- ✓ Проверка оборудования
- ✓ 设备检测
- ✓ Оценка электропотребления
- ✓ 用电评估

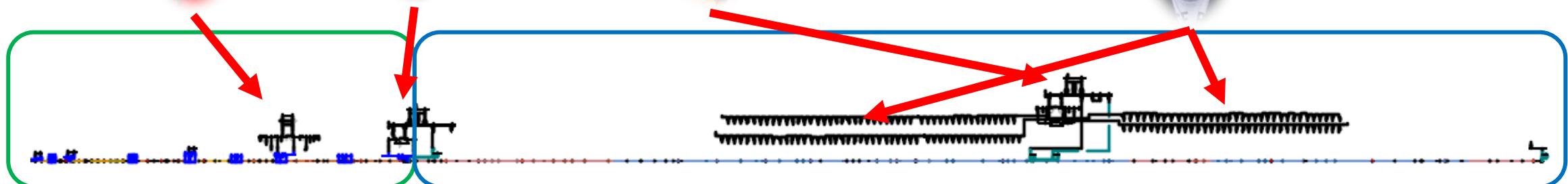


Высокоскоростные железные дороги –  
двигатель экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways -  
Driver of Economic Growth 2018

# Единая цифровая модель

## 统一数字模型

Постоянный ток 48+ км  
直流电 48+km





Высокоскоростные железные дороги –  
драйвер экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways –  
Driver of Economic Growth 2018

# Наши программные инструменты

## 我们的程序工具



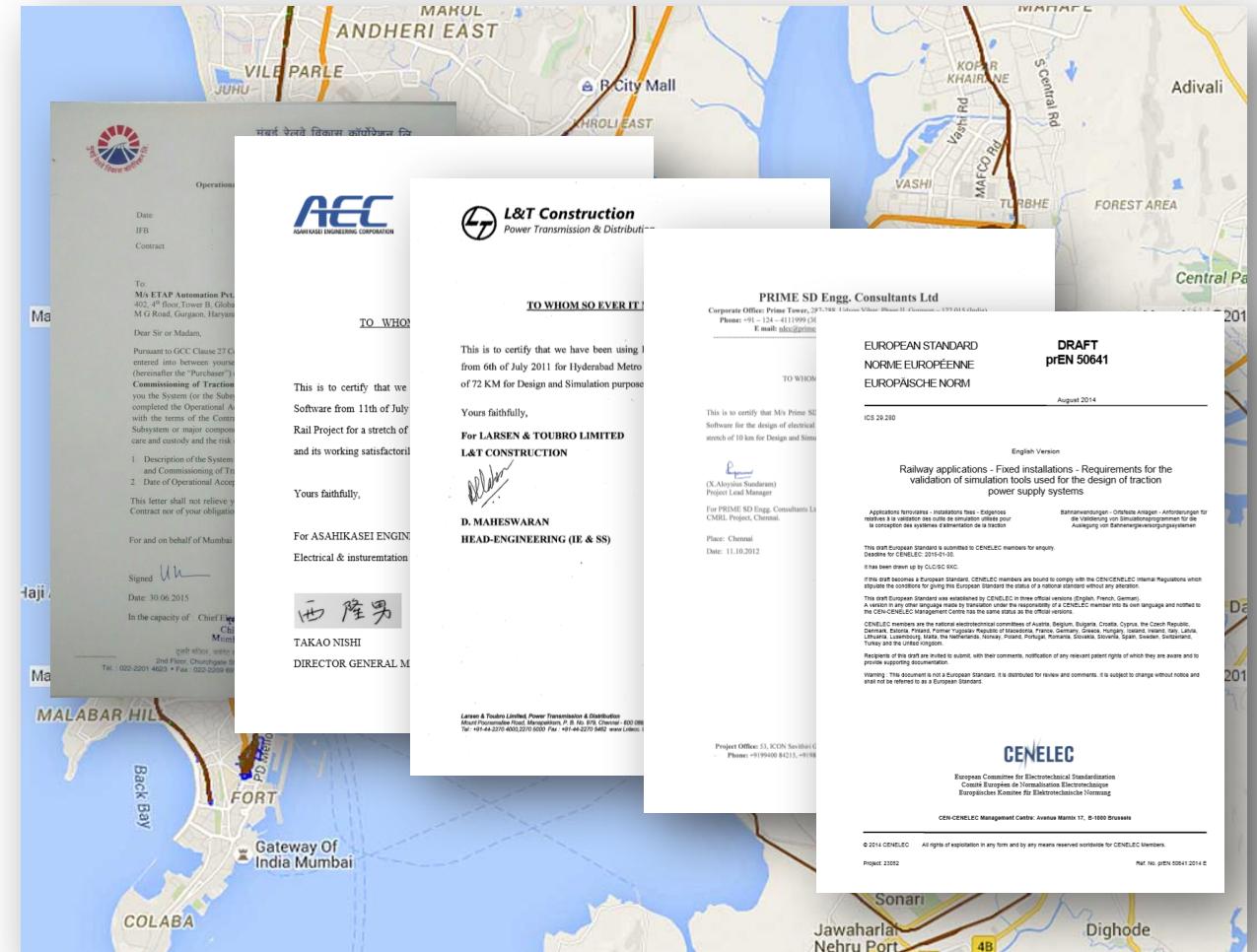
# eTraX

- ✓ Моделирование электрических сетей
- ✓ 电网模拟
- ✓ Опыт в атомной энергетики
- ✓ 核动力工程经验
- ✓ Всемирное признание
- ✓ 全球认可

- ✓ Тяговые расчёты
- ✓ 牵引计算
- ✓ Апробация认可国家
  - ❖ Индия 印度
  - ❖ Япония 日本
  - ❖ Норвегия 挪威
- ✓ СертификацияCENELEC prEN 50641 证书 :
- ✓ CENELEC prEN 50641

## Оснащение кафедры 科研装备

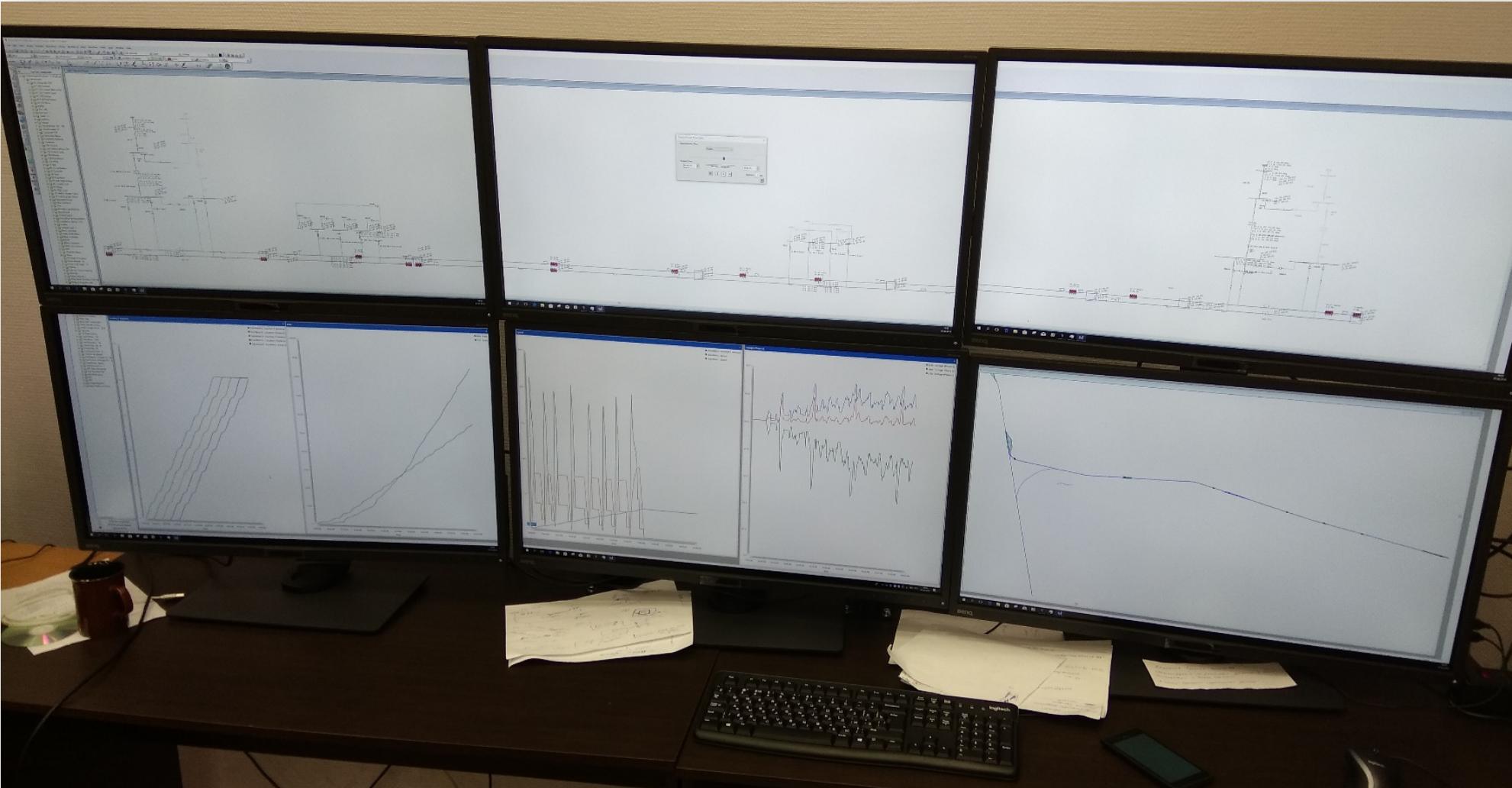
- ✓ Коммерческая лицензия 商业许可 eTraX
- ✓ Академические лицензии ETAP 科学院许可Etap  
(академическая программа Power Lab 科学院程序Power Lab)





Высокоскоростные железные дороги –  
двигатель экономического роста 2018  
2018 高铁-经济发展的驱动力  
High Speed Railways –  
Driver of Economic Growth 2018  
HSR International Scientific  
Conference

# Лаборатория кафедры ЭЭТ 电力及电工技术科研实验室





Международная научная  
конференция BCM  
高速铁路国际学术论坛  
HSR International Scientific  
Conference

Высокоскоростные железные дороги –  
драйвер экономического роста 2018

2018 高铁-经济发展的驱动力

High Speed Railways -  
Driver of Economic Growth 2018



# Спасибо за внимание! 谢谢观看！

