

SIEMENS



Электрификация для рельсового транспорта

Моделирование тягового электроснабжения для сетей постоянного и переменного тока Украина

Выгоды

- При проектировании систем электрификации мы объединяем расчеты инструмента моделирования Sitras® Sidytrac с нашим опытом и обширной системой ноу-хау.
- С помощью программного обеспечения рабочие процессы будут стандартизованы и автоматизированы так, что это ведет к снижению вероятности ошибок и к повышению эффективности.

Предложение Siemens Не только моделирование – но и проектирование, монтаж и внедрение ноу-хау



Особенности

Детальное проектирование тяговых систем постоянного или переменного тока с выбором оптимальной мощности всей сети

- Расчет резервов мощности для дальнейшего расширения сети
- Моделирование нагрузки сети с учетом движения подвижного состава
- Расчет короткого замыкания вдоль определенных изолированных участков
- Расчет индукционных напряжений в параллельных проводниках
- Расчет распределения электрических и магнитных полей вдоль линий на участках
- Высокая степень автоматизации процессов расчета и документирования

Особенности

- Автоматизированная подготовка предварительно оговоренных стандартных отчетов для оценки таких параметров, как например: наведенное напряжение, магнитные поля, защитное сопротивление, блуждающие токи, эквивалентные тепловые нагрузки и т.д.
- Возможность всестороннего рассмотрения и анализа результатов расчетов, например с учетом переключения состояний сети, различных конфигурации питания сети, расписания движения подвижного состава, исправности различных участков и компонентов сети.



Области применения

При помощи Sitras Sidytrac возможно проектирование и полный расчет всех параметров, как статических, так и динамических, системы тягового энергоснабжения.

- **Общий дизайн системы**
- **Безопасность людей и защита электроустановок**
- **Расчет конструкций защиты**
- **Расчет реакции сети, качества электропитания**
- **Расчет помех, магнитных полей, электромагнитной совместимости**
- **Расчет тяговых подстанций и их компонентов**



Области применения – Общий дизайн системы

Моделирование работы подвижного состава для сетей как постоянного так и переменного тока

- Оптимизация конфигурации питания сети
- Определение местоположения тяговых подстанций
- Расчет потребления энергии каждым отдельным участком сети
- Расчет и оценка работы сети в нестандартных ситуациях
- Текущая нагрузка контактных линий, кабелей питания, шинопроводов, распределительных устройств и трансформаторов
- Расчет линейных сопротивлений и потенциалов вдоль линий
- Оценка устройств регулирования (инверторов, преобразователей), устройств накопления энергии

Область применения – Безопасность людей и защита электроустановок

Безопасность персонала и защита при электромонтаже

- Расчет потенциалов и напряжений прикосновения
- Оценка блуждающих токов для линий постоянного тока

Защитный дизайн

- Расчет короткого замыкания участка
- Расчет максимального рабочего тока секции питания
- Расчет параметров для реле защиты
- Расчет сопротивления контактного участка
- Моделирование защиты от перегрузки по току и дистанционной защиты участка

Область применения – Реакции сети/ качество питания/ дизайн защиты, помехи, магнитные поля, электро-магнитная совместимость

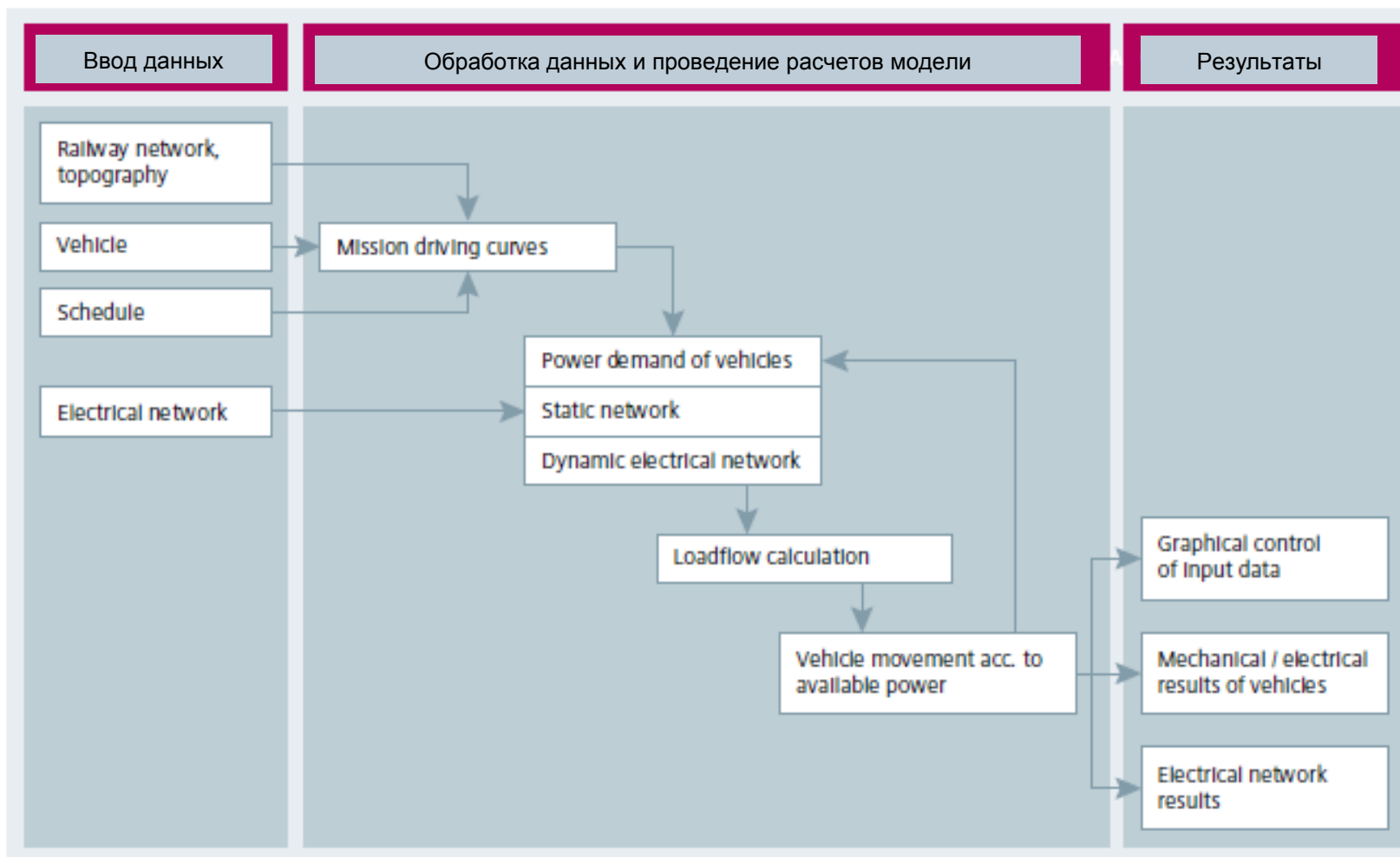
Реакция сети/ качество питания

- Перекос 3-фазного баланса сети питания из-за однофазных нагрузок тяговой сети
- Исследование колебаний в 3-фазной питающей сети
- Исследование резонансных процессов в тяговой сети

Помехи, магнитные поля, электро-магнитная совместимость

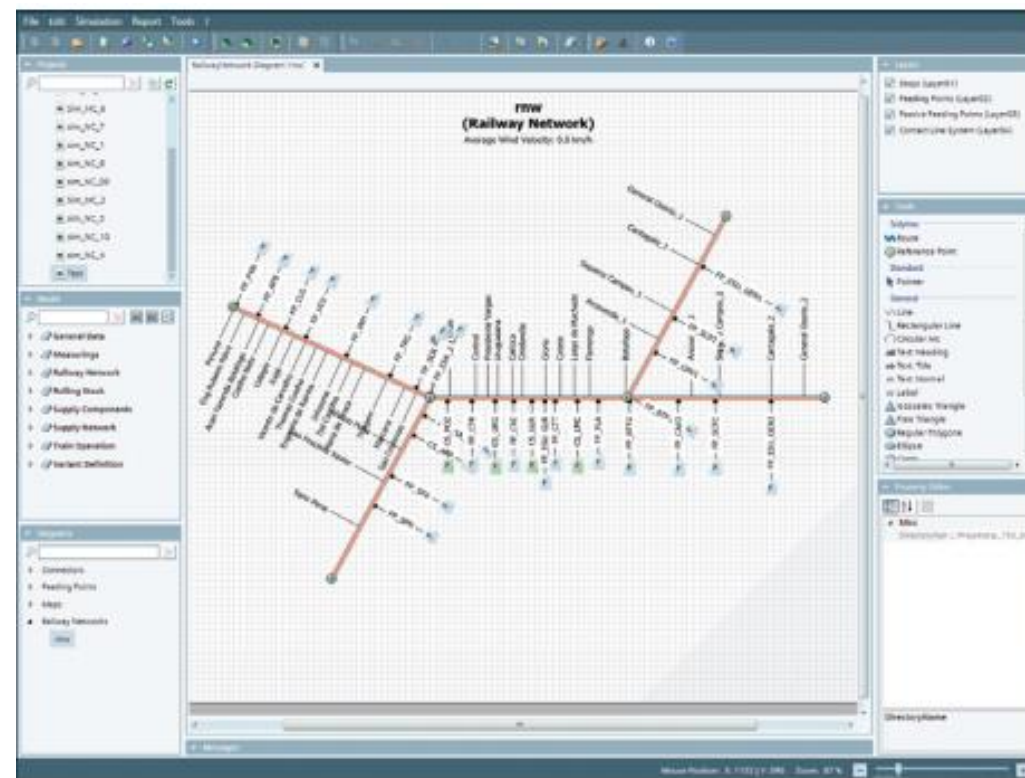
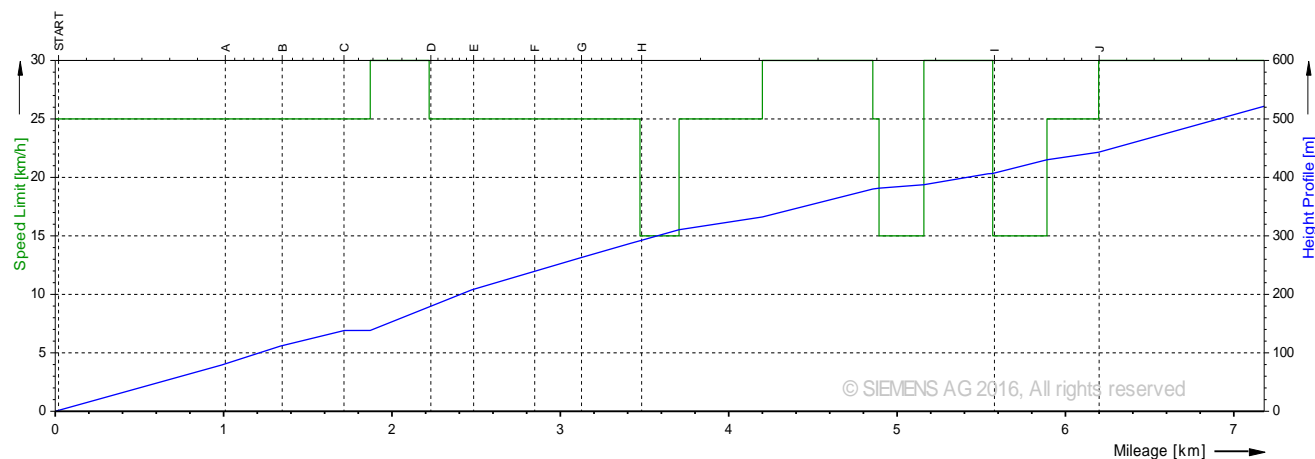
- Исследование и расчеты электрических и магнитных полей участков и тяговых подстанций
- Расчет психофизических помех в телекоммуникационных линиях и частотный анализ помех
- Расчет взаимных помех между разными тяговыми участками расчет наведенных напряжений в параллельных проводниках

Структура программы



Ввод данных сети и сопутствующей информации – сеть и топография

- Тяговая сеть с участками, секциями и станциями
- Топография сети, градиенты, радиусы кривых, расположение и типы туннелей
- Профили скорости, текущие ограничения



Input railway network

Ввод данных сети и сопутствующей информации – подвижной состав

- Масса, максимальная скорость, ускорение, замедление
- КПД, коэффициент мощности, ограничения по току
- Тяговые и тормозные усилия, сопротивление качению
- Потребляемая мощность, бортовые накопители энергии



In October 2012, the consortium SSSC (Siemens Malaysia, Siemens AG and SMH Rail) was awarded the contract to supply 58 new driverless four-car metro trains for the Metro Klang Valley MRT Project (Projek Mass Rapid Transit Lembah Kelang–Jajaran Sungai Buloh–Kajang) in Malaysia.

These trains are to be used on the newly built 51 km long Sungai Buloh–Kajang Line, which connects Kuala Lumpur with the area of Klang Valley. The vehicles are part of the new Inspiro family. The car bodies for the trains will be produced at CSR Puzhen in China. The final assembly of the vehicles will be carried out in Malaysia by the consortium partner SMH Rail.

Dynamic commissioning of the trains including type testing will take place at the test track in the Sungai Buloh Depot and subsequently on the routes. The delivery of the first two trains to Sungai Buloh Depot is scheduled for the end of November 2014. The completion of the project (Phase 2) is scheduled for the end of July 2017.

Technical Data	
Train configuration	M-T-T-M
Wheel arrangement	Bo'Bo'+2'2'+2'2'+Bo'Bo'
Car body material	Stainless steel
Track gauge	1,435 mm
Length over couplers	approx. 89,560 mm
Width of car	3,100 mm (across door leaves)
Floor height above top of rail	1,100 mm
Wheel diameter max. / min.	850 / 775 mm
Tare weight / total weight	approx. 150,000 kg / approx. 251,000 kg (8 pers./m ²)
Max. axle load	17 t
Number of seats	174
Train capacity 8 pers./m ²	1,554
Passenger doors per car	8
Min. curve radius service line / depot	150 m / 140 m
Max. gradient	4.0%
Max. speed	100 km/h
Max. starting acceleration	1.0 m/s ²
Max. deceleration service brake	1.1 m/s ²
Power supply	750 V DC / Third rail

Пример технических данных

Ввод данных сети и сопутствующей информации – расписание движения

- Остановки
- Разгон и торможение
- Частота движения
- Подробное расписание
- Конфигурация составов

пример
расписания

U1		1 Fürth Stadthalle - Plärrer - Lorenzkirche - Hbf - Langwasser Süd 11 Gostenhof - Plärrer - Lorenzkirche - Hbf - Hasenbuck																																																	
		Montag - Freitag																																																	
Uhr		4							5							6							7							8																					
Fürth Stadthalle	ab	51	04	11	17	24	31	37	44	51	58	05	12	19	26	33	40	47	54	00	07	14	20	27	34	40	47	54	00	07	14	20	26																		
- Rathaus		52	05	12	18	25	32	38	45	52	59	06	13	20	27	34	41	48	55	01	08	15	21	28	35	41	48	55	01	08	15	21	27																		
- Hauptbahnhof		54	07	14	20	27	34	40	47	54	01	08	15	22	29	36	43	50	57	03	10	17	23	30	37	43	50	57	03	10	17	23	29																		
- Jakobinenstr. Stadtgrenze		55	08	15	21	28	35	41	48	55	02	09	16	23	30	37	44	51	58	04	11	18	24	31	38	44	51	58	04	11	18	24	30																		
Muggenhof		56	09	16	22	29	36	42	49	56	03	10	17	24	31	38	45	52	59	05	12	19	25	32	39	45	52	59	05	12	19	25	31																		
Eberhardshof	an	58	11	18	24	31	38	44	51	58	05	12	19	26	33	40	47	54	01	07	14	21	27	34	41	47	54	01	07	14	21	27	33																		
Eberhardshof	ab	59	12	19	25	32	39	45	52	59	06	13	20	27	34	41	48	55	59	02	08	15	22	28	35	39	42	45	48	52	55	59	02	08	12	15	19	22	28	34											
Maximilianstr.		01	14	21	27	34	41	47	54	01	08	15	22	29	33	36	40	43	47	50	54	57	01	04	07	10	14	17	21	25	30	34	37	41	44	47	50	54	57	01	04	07	10	13	17	21	24	30	36		
Bärenschanze		02	15	22	28	35	42	48	55	02	09	16	23	30	34	37	41	44	48	51	55	58	02	05	08	11	15	18	22	26	31	35	38	42	45	48	51	55	58	02	05	08	11	14	18	22	25	31	37		
Gostenhof		56	03	09	16	23	29	36	43	49	56	03	10	17	24	31	35	38	42	45	49	52	56	59	03	06	09	12	16	19	23	27	32	36	39	43	46	49	52	56	59	03	06	09	12	15	19	23	26	32	38
Plärrer		57	04	10	17	24	30	37	44	50	57	04	11	18	25	32	36	39	43	46	50	53	57	00	04	07	10	13	17	20	24	28	33	37	40	44	47	50	53	57	00	04	07	10	13	17	20	24	27	33	39
Weißer Turm		58	05	11	18	25	31	38	45	51	58	05	12	19	26	33	37	40	44	47	51	54	58	01	05	08	11	14	18	21	25	29	34	38	41	45	48	51	54	58	01	05	08	11	14	18	21	25	28	34	40
Lorenzkirche		00	07	13	20	27	33	40	47	53	00	07	14	21	28	35	39	42	46	49	53	56	00	03	07	10	13	16	20	23	27	31	36	40	43	47	50	53	56	00	03	07	10	13	16	19	23	27	30	36	42
Hauptbahnhof	an	01	08	14	21	28	34	41	48	54	01	08	15	22	29	36	40	43	47	50	54	57	01	04	08	11	14	17	21	24	28	32	37	41	44	48	51	54	57	01	04	08	11	14	17	21	24	28	31	37	43
Hauptbahnhof	ab	01	08	14	21	28	34	41	48	54	01	08	15	22	29	36	40	43	47	50	54	57	01	04	08	11	14	17	21	24	28	32	37	41	44	48	51	54	57	01	04	08	11	14	17	21	24	28	31	37	43
Aufseßplatz		02	09	15	22	29	35	42	49	55	02	09	16	23	30	37	41	44	48	51	55	58	02	05	09	12	15	18	22	25	29	33	38	42	45	49	52	55	59	02	05	09	12	15	18	22	25	29	32	38	44
Maffeiplatz		04	11	17	24	31	37	44	51	57	04	11	18	25	32	39	43	46	50	53	57	00	04	07	11	14	17	20	24	27	31	35	40	44	47	51	54	57	00	04	07	11	14	17	20	23	27	34	40	46	
Frankenstr.		05	12	18	25	32	38	45	52	58	05	12	19	26	33	40	44	47	51	54	58	01	05	08	12	15	18	21	25	28	32	36	41	45	48	52	55	59	01	05	08	12	15	18	21	24	28	35	41	47	
Hasenbuck		06	13	19	26	33	39	46	53	59	06	13	20	27	34	41	45	48	52	55	59	02	06	09	13	16	19	22	26	29	33	37	42	46	49	53	56	59	02	06	09	13	16	19	22	26	29	36	42	48	
Bauernfeindstr.		08	15	21	28	35	41	48	55	01	08	15	22	29	36	43	47	50	54	57	01	04	08	11	15	18	21	24	28	31	35	39	44	48	51	55	59	01	04	08	11	15	18	21	24	31	38	44	50		
Messe		09	16	22	29	36	42	49	56	02	09	16	23	30	37	44	48	51	55	58	02	05	09	12	16	19	22	25	29	32	36	40	45	49	52	56	59	02	05	09	12	16	19	22	25	32	39	45	51		
Langwasser Nord		11	18	24	31	38	44	51	58	04	11	18	25	32	39	46	50	53	57	00	04	07	11	14	18	21	24	27	31	34	38	42	47	51	54	58	01	04	07	11	14	18	21	27	34	41	47	53			
Scharfreiterrig		12	19	25	32	39	45	52	59	05	12	19	26	33	40	47	51	54	58	01	05	08	12	15	19	22	25	28	32	35	39	43	48	52	55	59	02	05	08	12	15	19	22	28	35	42	48	54			
Langwasser Mitte		13	20	26	33	40	46	53	00	06	13	20	27	34	41	48	52	55	59	02	06	09	13	16	20	23	26	29	33	36	40	44	49	53	56	00	03	06	09	13	16	20	23	29	36	43	49	55			
Gemeinschaftshaus		14	21	27	34	41	47	54	01	07	14	21	28	35	42	49	53	56	00	03	07	10	14	17	21	24	27	30	34	37	41	45	50	54	57	01	04	07	10	14	17	21	24	30	37	44	50	56			
Langwasser Süd	an	15	22	28	35	42	48	55	02	08	15	22	29	36	43	50	54	57	01	04	08	11	15	18	22	25	28	31	35	38	42	46	51	55	58	02	05	08	11	15	18	22	25	31	38	45	51	57			

An den vier Adventssamstagen werden in der Zeit von ca. 8.30 - 19.30 Uhr zw. Gostenhof und Messe bzw. Langwasser Süd Verstärkungsfahrten durchgeführt !

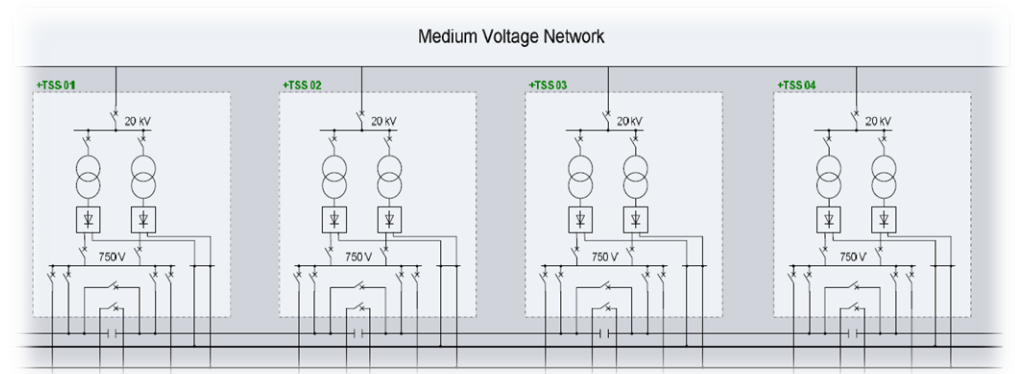
Расчеты – моделирование движения поездов и потоков энергии

- Расчет выполняется методом временных шагов, когда для каждого процесса вычислений выполняются два шага.
- Первый, выполняется динамический расчет кинематических уравнений движения подвижного состава и определяется требуемая для движения электрическая мощность.
- Второй, результаты расчетов каждого поезда интегрируются в общую модель тяговой сети образуя динамическую модель движения поездов по всей сети, учитывая всех потребителей и все источники энергии.
- Система контактной подвески может быть смоделирована по-секционному или обще с учетом магнитной и емкостной связи.
- Расчет нагрузки осуществляется по методу расчета потенциала узлов.

=> По этому методу взаимозависимый расчет требований электротяги и электроснабжения дает наиболее реалистичные результаты.

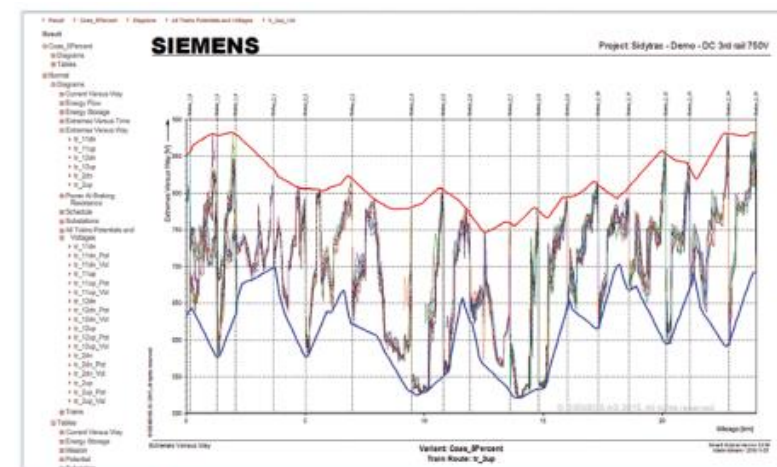
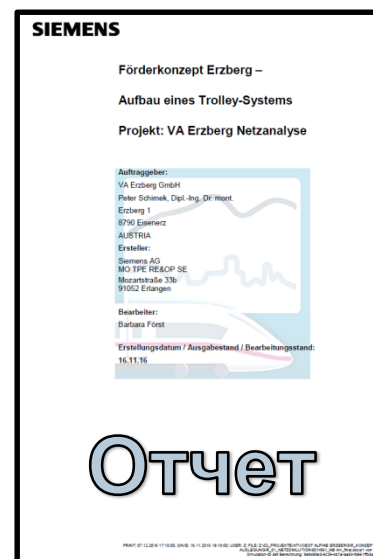
Ввод данных сети и сопутствующей информации – расписание движения

- Синхронизированные расписания и индивидуальные графики движения
- Квази-стохастические расписания
- Топология сети, места подачи питания и уровни токов
- Трансформаторы, выпрямители, инверторы, накопители энергии, компенсаторы реактивной мощности
- распределительные устройства, фидеры питания, резисторы, реакторы, конденсаторы, стационарные потребители
- Контактная сеть



Вывод и обработка данных

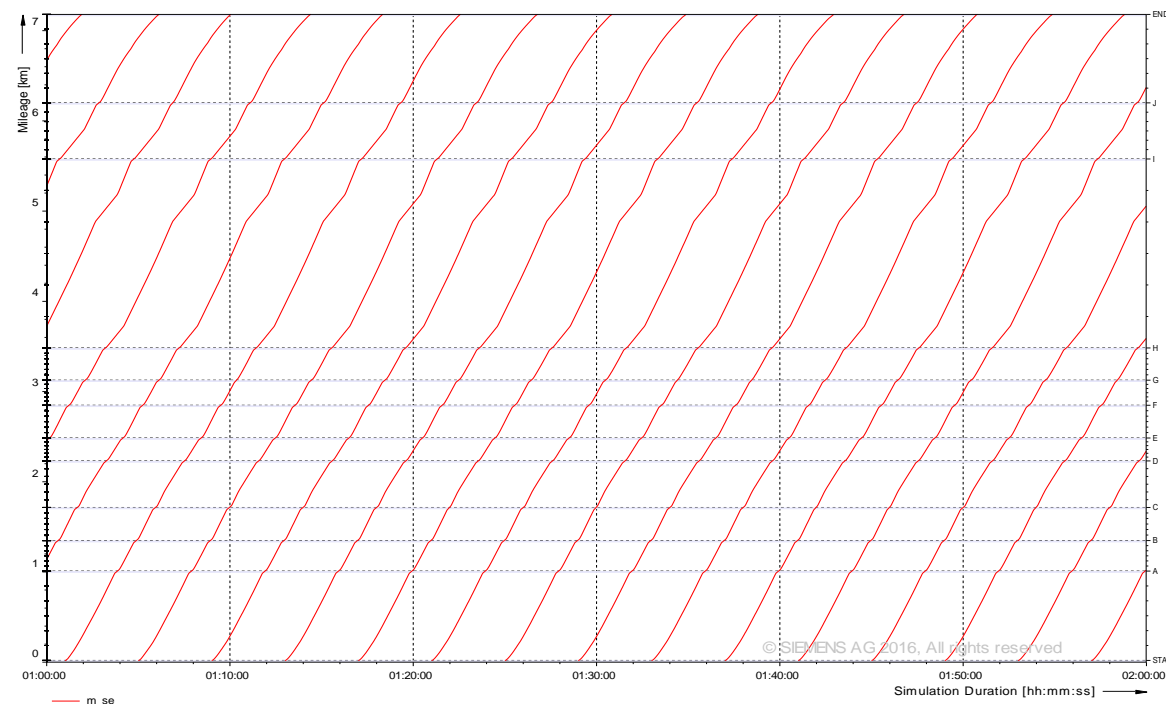
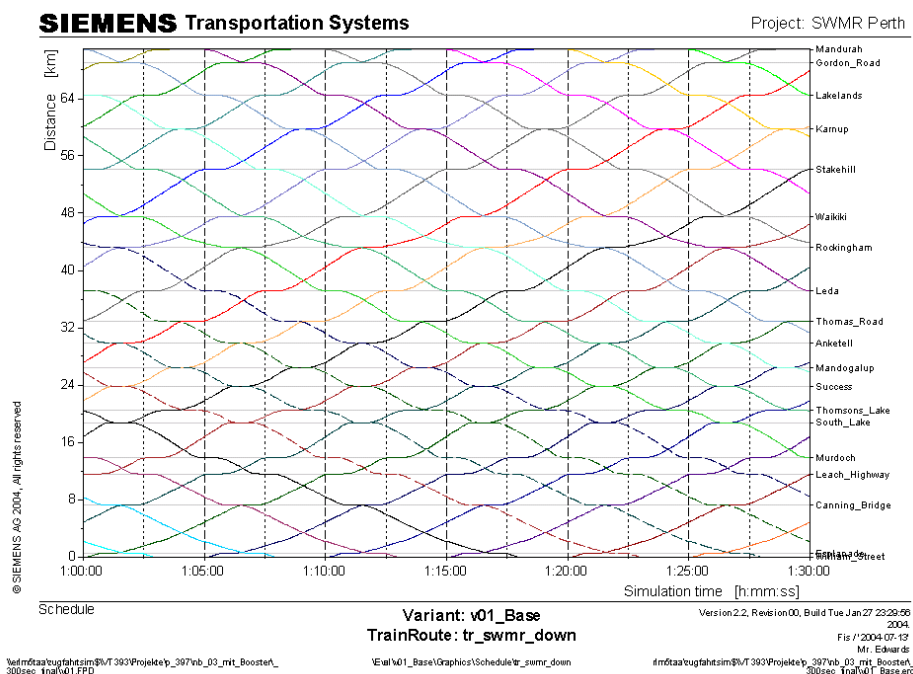
- Входные данные и результаты моделирования хранятся в базе данных, которая позволяет удобную автоматизированную обработку и представления
- Кроме того Sidytrac Studio предлагает **стандартные формы отчетов**. Такой **Sidytrac отчет** содержит многообразные диаграммы и таблицы для оценки ключевых параметров отдельных вариантов моделирования, а также варианты сравнения для основных параметров сети. Проводится системный анализ и оптимизация.



Output train voltages

Выходные данные – графический анализ входных данных

- Тяговая сеть, топология, электрическая топология сети
- Характеристики и ограничения подвижного состава
- Графические расписания

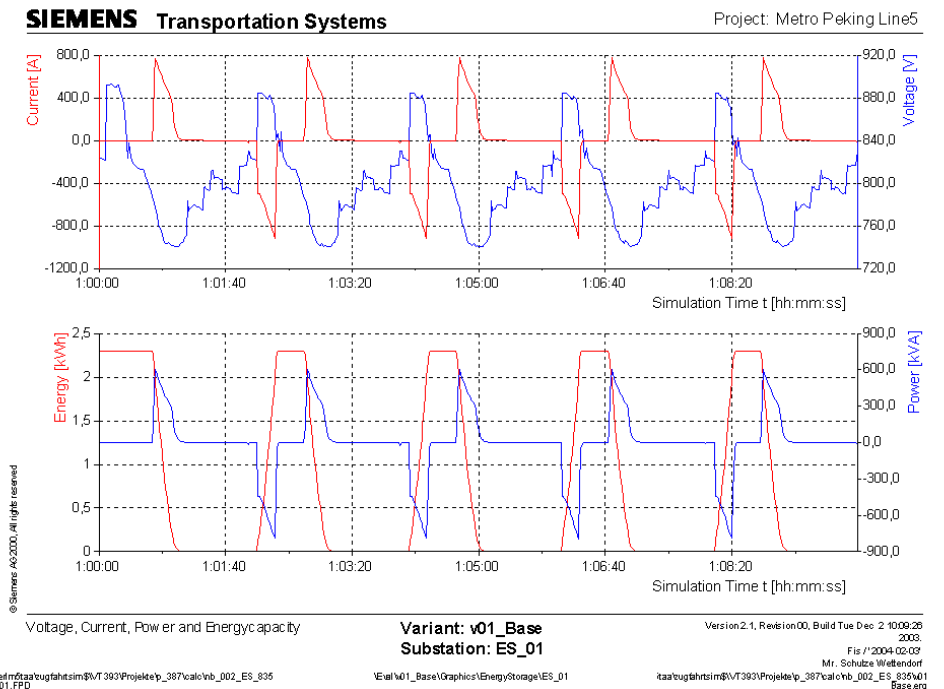
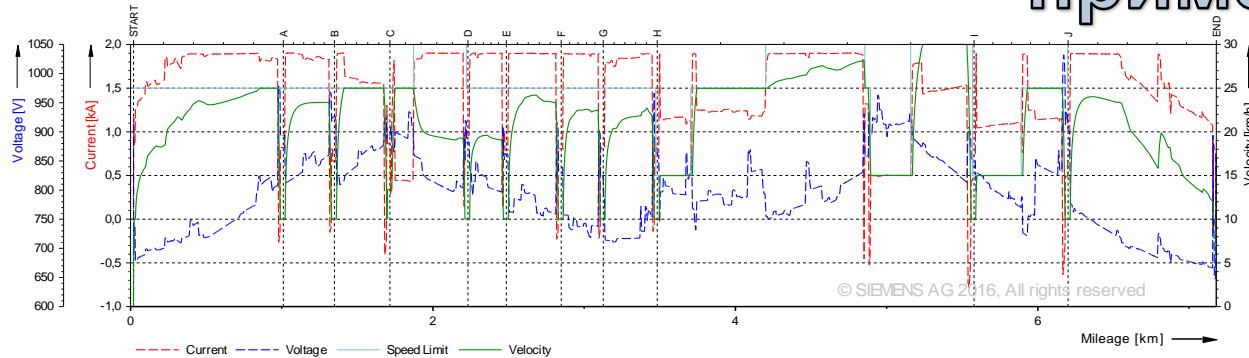


Пример
расписания

Выходные данные – подвижной состав

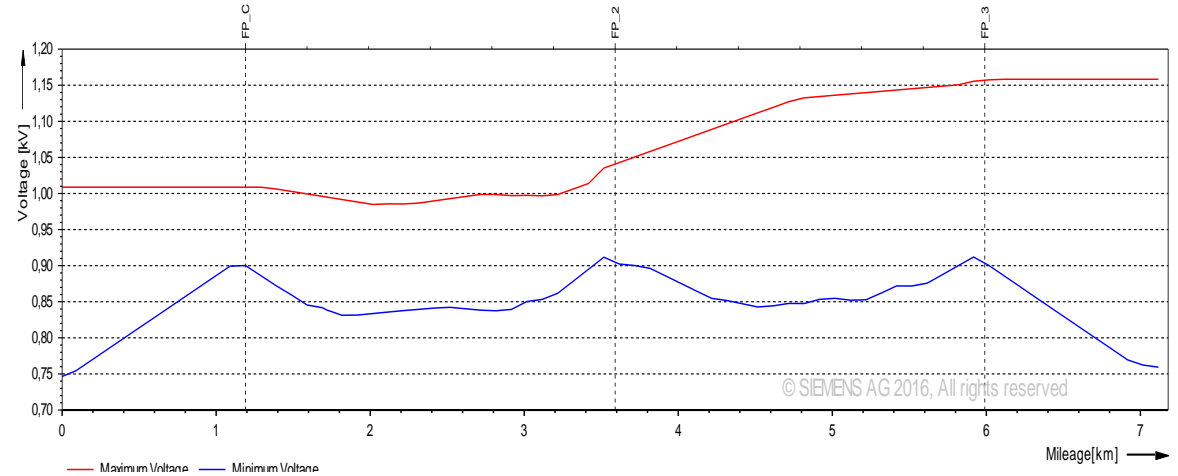
- Токи и напряжения
- общая мощность, мощность рекуперации
- Тяговая мощность, мощность вспомогательного оборудования, мощность на колесе, потери
- КПД и коэффициент мощности
- Позиция, скорость, ускорение
- Тяговое усилие, тормозное усилие

пример



Выходные данные – подвижной состав

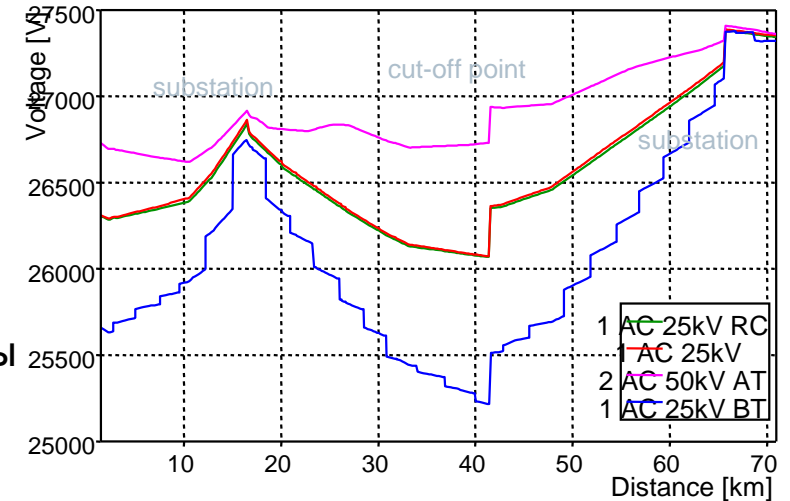
- Тяговые токи и напряжения на участках
- Максимальные значения для поезда
- Полная мощность, потери
- Коэффициент мощности, разбалансировка
- Энергетический баланс
- Токи в контактной сети
- Ток короткого замыкания
- Блуждающие токи
- Индуцированное напряжение и сопротивление для настройки релейной защиты



Scheinleistung (kVA)	h4m	h4m_2gl	h4m_3UW	h4m_2gl_3UW
Rec_C	4023	3751	2656	2450
Rec_2	-	-	2351	2294
Rec_3	3853	3762	2222	2229

Tabelle 4-3: Effektive Unterwerksleistungen

пример пиков



Референции

5. Europe

We have carried out 223 calculations, studies and measurements for countries in Europe before 2010.

5.1 Austria


City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
Straßenbahn Graz	Tram	Network calculation	DC	2010
		Network calculation	DC	2014
Uttendorf	Converter	Protection coordination	DC / 3AC	2013
		EMC	3AC / 2AC	2015
		Earthing and Bonding	3AC / 2AC	2015
		Network calculation three-phase	3AC / 2AC	2015
Wiener Lokalbahn (WLB)	Tram	Network calculation	DC	2014

5.2 Belgium

City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
Brussels	Metro	Network calculation	DC	2011
		Network calculation	DC	2014

5.3 Bulgaria

City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
Parvomay - Kapikule	Long distance traffic	Network calculation	AC	2010



**До 2010 – было
выполнено более 450
моделирований по всему
Миру**

Референции

5.9 Germany


City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
U-Bahn Munich	Metro	Network calculation	DC	2014
Fuerth SES	Metro	Measurement	DC	2010
SW Ulm	Tram	Network calculation	DC	2011
HGK Cologne (SES)	Tram	Network calculation	DC	2010
		EMC	DC	2012
Nuremberg Strab	Tram	Network calculation	DC	2013
Munich Westtangente	Tram	Network calculation	DC	2014
Zugspitzbahn	Cog railway	Protection coordination	DC / 3AC	2014
Munich Strab	Tram	Network calculation	DC	2014
ENUBA	eHighway	Network calculation three-phase	DC / 3AC	2014
SWA Augsburg	Light rail	Network calculation	DC	2015

5.10 Greece

City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
Athens Extension Piraeus	Metro	Network calculation	DC	2011
Thessaloniki	Metro	Network calculation	DC	2012
Tithorea Domokos	Long distance traffic	Network calculation	AC	2014

5.11 Hungary

City / Customer / Project	Type	Scope of services	System	Year
Miskolc	Tram	Network calculation	DC	2011



**До 2010 – было
выполнено более 450
моделирований по всему
Миру**

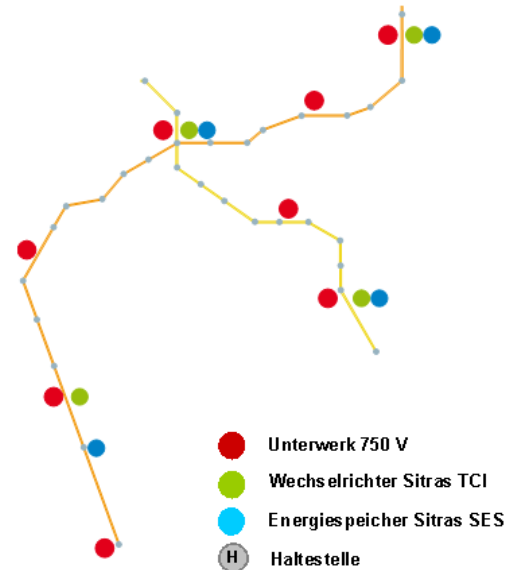
Референции – Пример линии 1 и 2 – 750В (DC)

Linie 1 10 km, 6 UW, 19 Haltestellen
Linie 2 5 km, 3 UW, 13 Haltestellen

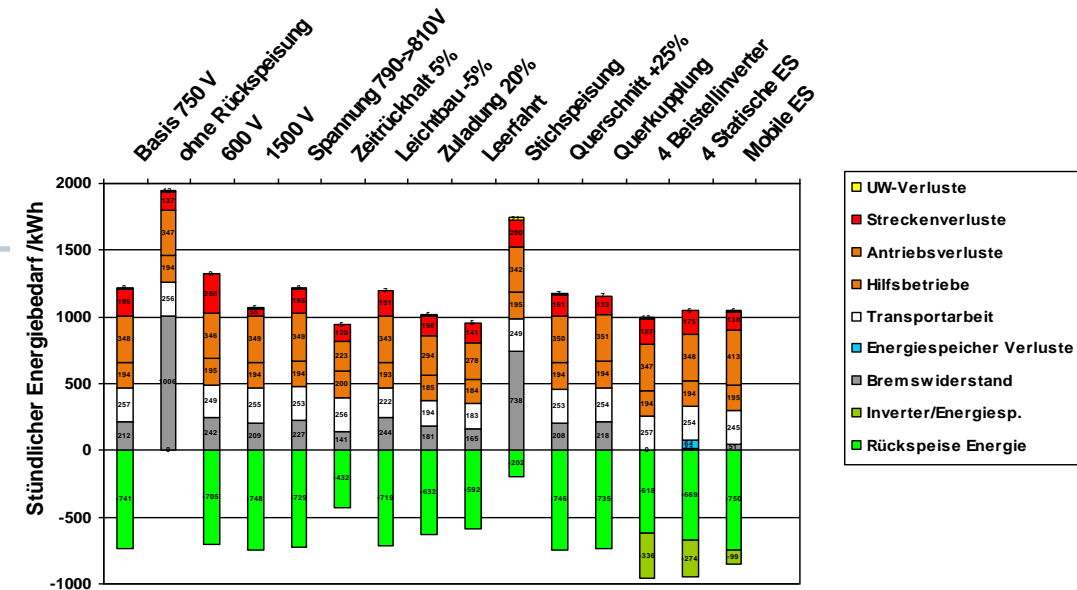
- Mittlerer Unterwerksabstand 2 km
- optionale Standorte Wechselrichter und Energiespeicher

Avenio Vierteiler **36m**
 Vollbesetzung 350 Personen
 Maximal-Geschwindigkeit 70 km/h
 Strom Fahren/Bremsen 1170/1300A
 Fahrzeug-Eigenbedarf 25 kW
 Mittelwert

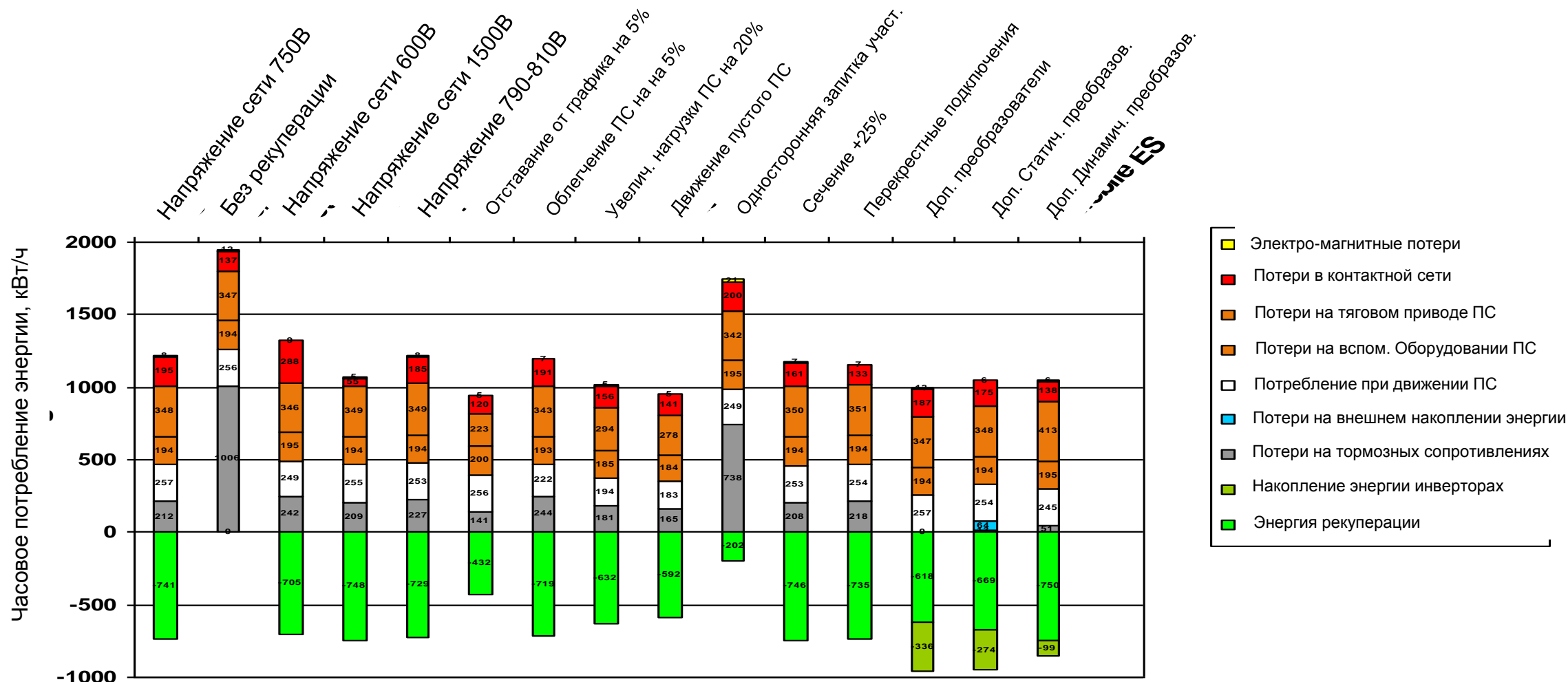
Fahrplan 10-min-Takt
 Fahrmodus Spitzfahrt



пример результата



Пример полученных результатов. Выбраны 15 возможных сценариев



Референция – Участок Пекин – Тяньцзинь – 25kV AC

2 Line Beijing – Tianjin

The development of population in China's capital and in the surrounding cities needs powerful traffic connections. This applies especially to the connection between Beijing and the Tianjin Binhai area. The Jingjin-DPL high-speed line was, therefore, planned to improve the traffic situation between the two cities with the target to reduce the travel time from 70 min to only 30 min.

The project was carried out as a turnkey project comprising investments of 2,5 Billion US Dollar. The construction period was 27 months only. The engineering activities started in 2005 for bridges and other civil engineering works.

A consortium consisting of Siemens AG, Siemens Limited China and two local installation companies was awarded with the contract for the design, supply and construction of the electrical equipment of the line with 117 km length and built on a completely new right of way (Figure 1). It runs mainly on a



Figure 3: High-speed train Siemens Velaro CRH3.

4 System design with Sitras Sidytrac

4.1 Tasks of the program

For the design process of traction power supply (TPS) Siemens uses Sitras Sidytrac, which allows the simulation of the complete traction power supply during scheduled train operation. In principle, the design of a power supply system includes the determination of the power requirements, the substation location and ratings as well as the rating of the components. For this purpose, the use of software tools that combine the simulation of train operation with the calculation of the electric network is essential. Sitras Sidytrac contains the electrical model for the return circuit and the earth return circuit in order to be able to verify electrical safety and protection of installations in case of faults as well as for satisfying the requirements for electromagnetic compatibility.

The design steps follow the railway electrification system requirements including the main components and their ratings. A stepwise approach allows an inte-

5.6 Protection relay coordination

The overhead contact line is protected by over-current relays and by distance relays. Over-current protection of the upstream transformer feeders mainly acts as busbar protection and as a backup protection to the line feeders. For the line feeders operational currents cannot be distinguished clearly from short-circuit current in all cases. The distance protection evaluates the impedance derived from the busbar voltage and line feeder current together with the corresponding phase angle. In case of 2AC 50/25kV autotransformer systems the current of the line feeder plus the negative feeder have to be considered together.

The relay coordination of autotransformer systems requires complex investigations for all short-circuit situations as well as for the operation situation. Sitras Sidytrac generates the R-X-impedance trajectory and the impedance and phase angle versus the line for the setting of the distance relays. Figure 16 shows the impedance of the line feeders for track 1 and the corresponding parallel feeder of track 2, both for TSS1 and the switching station ATS3 towards Tianjin.

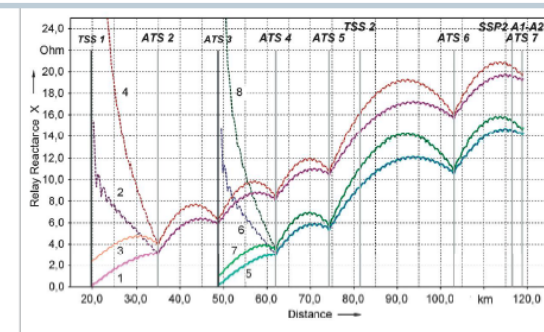


Figure 16: Relay impedance of the line feeder for normal operation and short circuit related protection zones.

Fault impedance of line feeders Track 1, 2 (Tr1, Tr2) between contact line and running rail (CL-RR) or negative feeder and running rail (NF-RR)

at TSS1	1	Tr1, CL-RR	at ATS3	5	Tr1, CL-RR
	2	Tr2, CL-RR		6	Tr2, CL-RR
	3	Tr1, NF-RR		7	Tr1, NF-RR
	4	Tr2, NF-RR		8	Tr2, NF-RR

TABLE 2				
Operational conditions.				
Condition	Substations in operation	Train consist	Head way min	Speed km/h
1	TSS1, TSS2	8 cars CRH3	3	300
2	TSS1, TSS2	2 x 8 cars CRH3	9	300
3	TSS1, TSS2	8 cars CRH3	5	350
4	TSS1, TSS2	2 x 8 cars CRH3	12	350
5	TSS1	8 cars CRH3	12	300
6	TSS1	2 x 8 cars CRH3	25	300

5.2 High-voltage connection

Concerning the connection to the high-voltage grid the voltage unbalance, flicker, harmonics as well as the power factor were essential and decisive for the acceptance by the national grid operator. The studies were based on a network calculation with a simulated train operation for the conditions described in clause 5.1.

In order to reduce the voltage unbalance the two traction transformers of a substation are connected to different phases of a 220kV circuit in a VV-connection as shown in Figure 8. The second 220kV circuit is on standby for the second transformer group and, therefore, not considered in the study.

Пример
результата

Контакты

**Dipl. Ing. Дмитро Чорненький**

Директор департаменту “по роботі з ключовими клієнтами”
ДП “Сіменс Україна”

вул. Ярославська, 58

Київ

Mobile: +38 068 392 2468

E-mail: dmytro.chornenky@siemens.com

Dipl. Ing. Christoph Ebersdorfer

CEE Business Project and Sales Manager
RC-AT MO TPE RE

Siemensstrasse 90

1210 Vienna

Mobile: +43 664 615 36 40

E-mail: christoph.ebersdorfer@siemens.com