

«Электроэнергетика транспорта»

Накопители электрической энергии

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог

Мониторинг состояния силового оборудования тяговых подстанций

Система тягового электроснабжения постоянного тока повышенного напряжения

Программный комплекс по расчёту системы тягового электроснабжения с учётом работы ЭПС и переходных электро-механических процессов



«Электроэнергетика транспорта»

Накопители электрической энергии



«Электроэнергетика транспорта»

Накопители электрической энергии



«Электроэнергетика транспорта»

Накопители электрической энергии





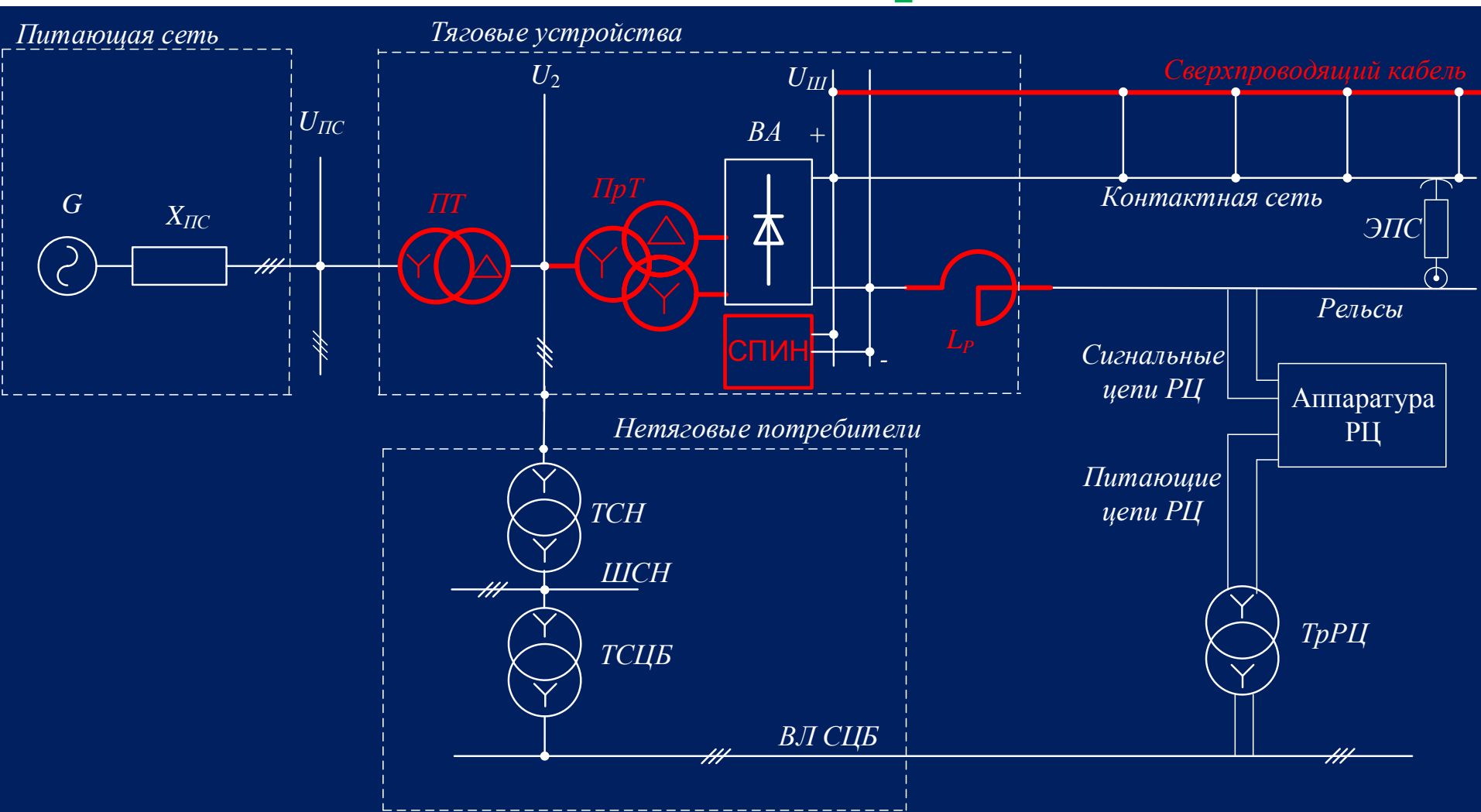
«Электроэнергетика транспорта»

Накопители электрической энергии

1. СНЭ прошёл опытную эксплуатацию на Московском метрополитене и продемонстрировал эффективную работу.
2. Конструкция СНЭ соответствует нормам электро- и пожаробезопасности.
3. СНЭ обеспечивает повышение эффективности использования тормозной энергии подвижного состава при рекуперативном торможении.
4. Снижение пиковых нагрузок на вводах подстанций на 13-25%.
5. Обеспечение возможности эвакуации ЭПС при отключении питающих центров энергосистемы города.
6. Среднегодовая величина экономии электроэнергии – 5-20 %.
7. Стабилизация напряжения тяговой сети и выравнивание напряжений соседних участков, снижение пиковых значений токов уменьшает нагрев кабелей и контактных групп.
8. Применение СНЭ на тяговых подстанциях позволяет выводить КВ-агрегаты в «горячий резерв», что может положительно сказаться как на энергосбережении, так и на ресурсе оборудования (диодов, трансформаторов КВ). Большой запас энергии СНЭ в этом случае должен позволить обеспечить бесперебойную работу системы тягового энергоснабжения без потерь номинальных показателей. Наличие СНЭ повысит энергетическую безопасность и надёжность тяговых подстанций в аварийных случаях, т.е. при выходе из строя основного тягового оборудования – одного или нескольких трансформаторов и выпрямителей.
9. При проектировании новых ТП с использованием СНЭ позволяет снизить расчётную мощность ТП и снизить капитальные затраты.

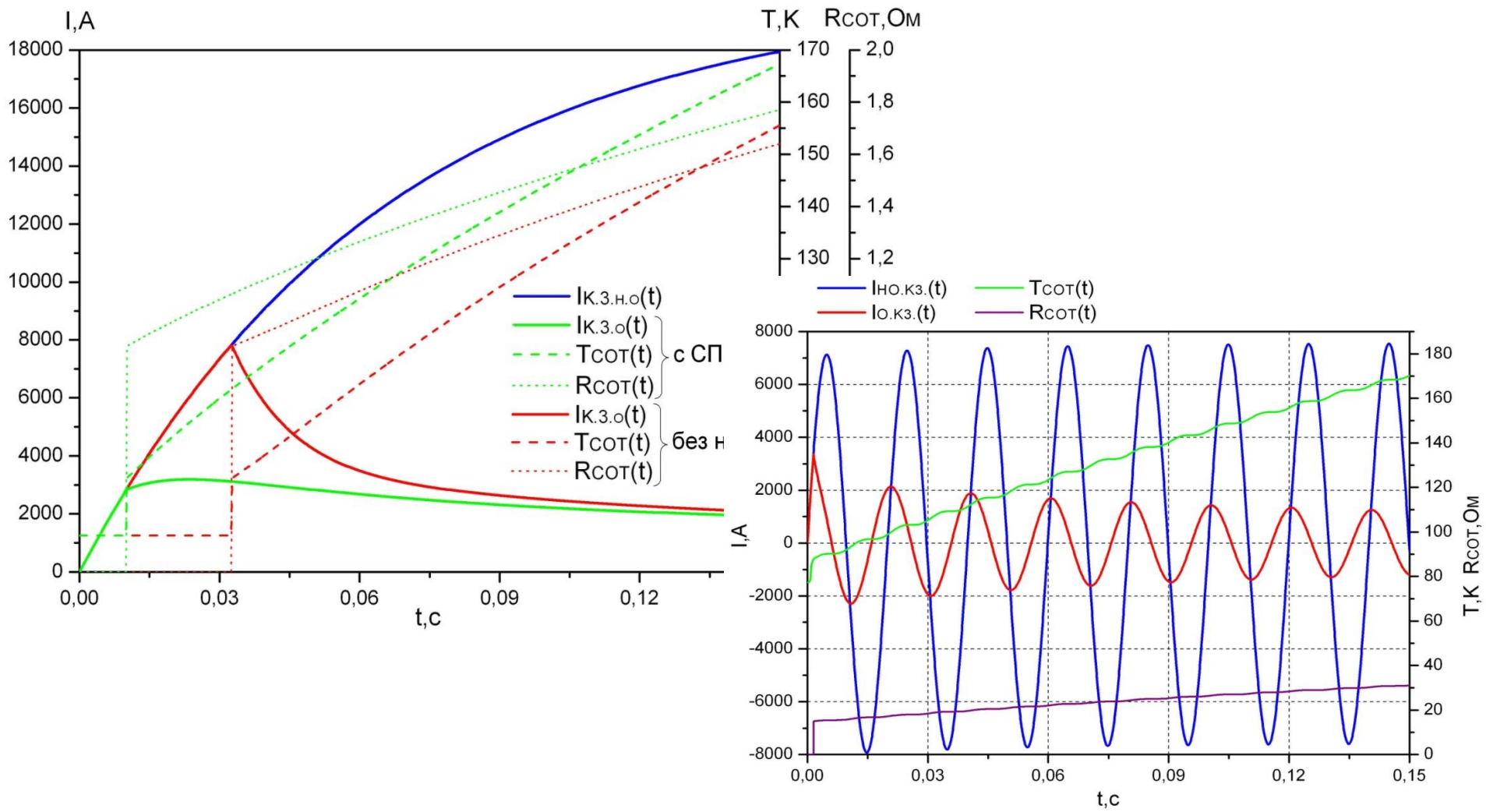
«Электроэнергетика транспорта»

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог



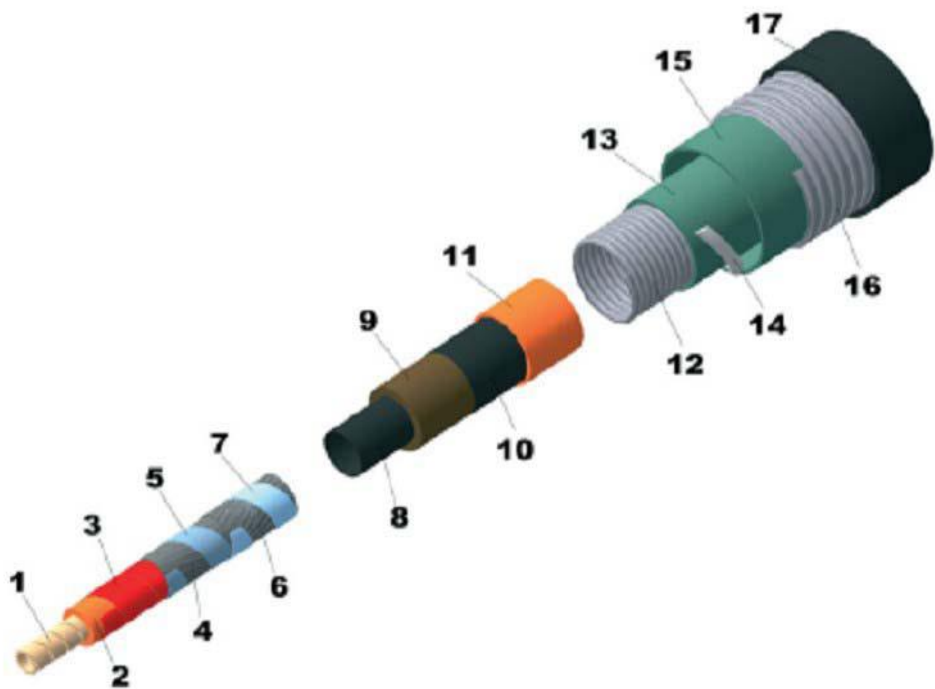
«Электроэнергетика транспорта»

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог



«Электроэнергетика транспорта»

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог

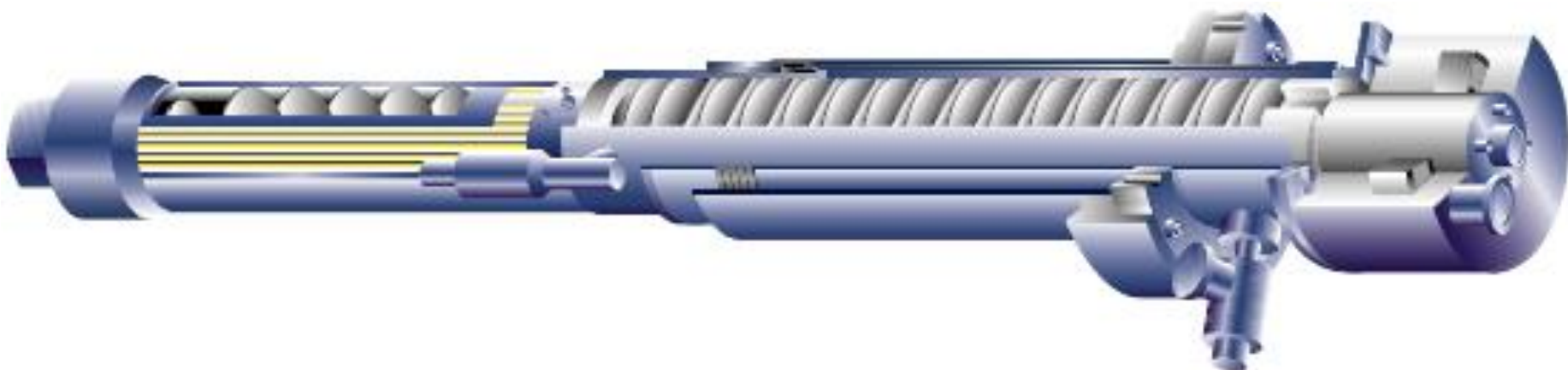


Конструкция ВТСП силового кабеля: 1, 2, 3 – центральный несущий элемент – формер; 4, 5, 6, 7 – ВТСП токонесущий слой (два повива); 8, 9, 10 – изоляция; 11 – экран; 12, 13, 14, 15, 16 – криостат: внутренняя и внешняя гофрированная труба, тепловая изоляция; 17 – защитная оболочка

«Электроэнергетика транспорта»

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог

Высокотемпературный токоввод.



«Электроэнергетика транспорта»

Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог



Холодная
головка
криокулера



Криокулер



Система циркуляционного охлаждения
(1,7кВт при 77 К)



«Электроэнергетика транспорта»

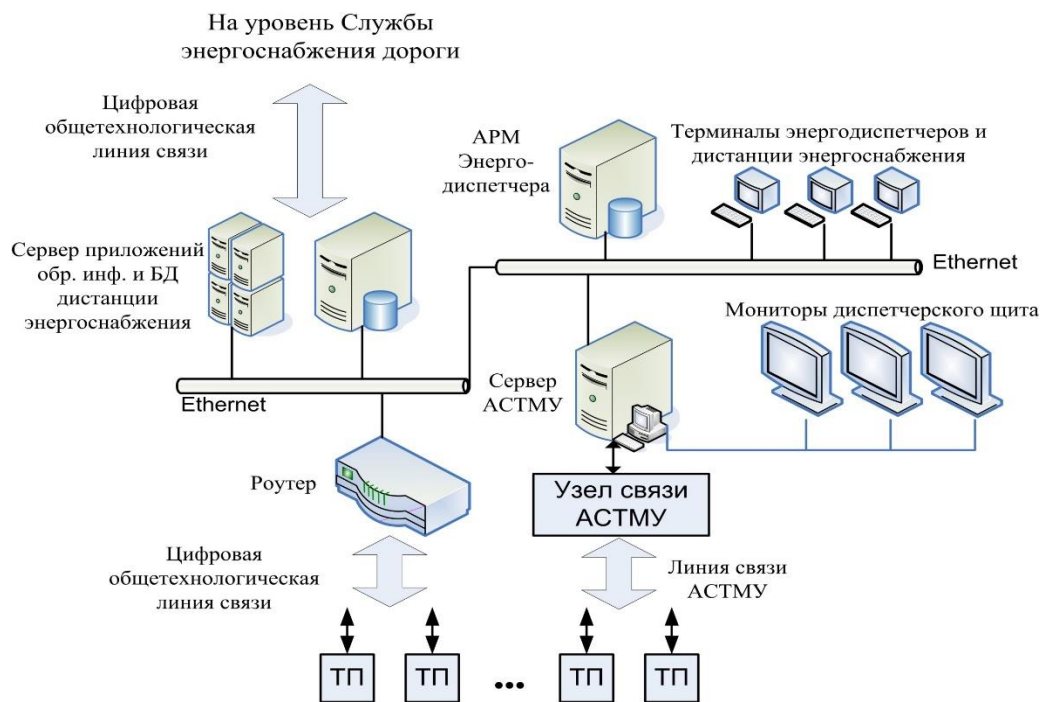
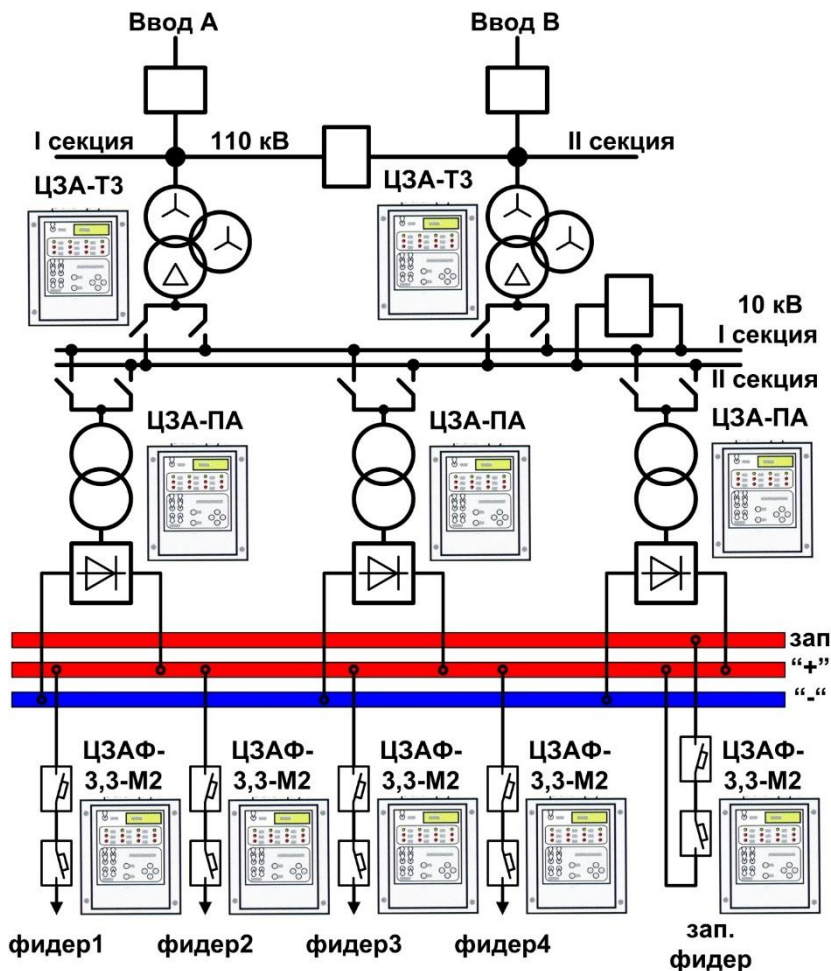
Сверхпроводимость в электроснабжении железных дорог

1. Технико-экономический эффект от использования сверхпроводниковых аналогов силового оборудования при одинаковой электрической проходной мощности выражается в значительном сокращении габаритов и веса при одновременном, существенном увеличении перегрузочной способности и практически 100% сокращении потерь энергии на внутреннем сопротивлении.
2. Всё сверхпроводниковое оборудование пожаробезопасно (в любом состоянии ни гелий, ни азот не горят и не поддерживают горение).
3. Электрифицированные железные дороги более чем другие потребители электроэнергии нуждаются в сверхпроводниковом оборудовании в силу их крайне неравномерного по времени энергопотребления и высокой частоты возникновения коротких замыканий, по сравнению с электрическими сетями общепромышленного назначения.

Сказанное выше является прекрасным основанием для начала рабочего проектирования сверхпроводникового электроэнергетического оборудования для тяговых подстанций и электроподвижного состава, изготовления его опытных образцов на отечественных предприятиях и испытаний с использованием технической базы ОАО «РЖД».

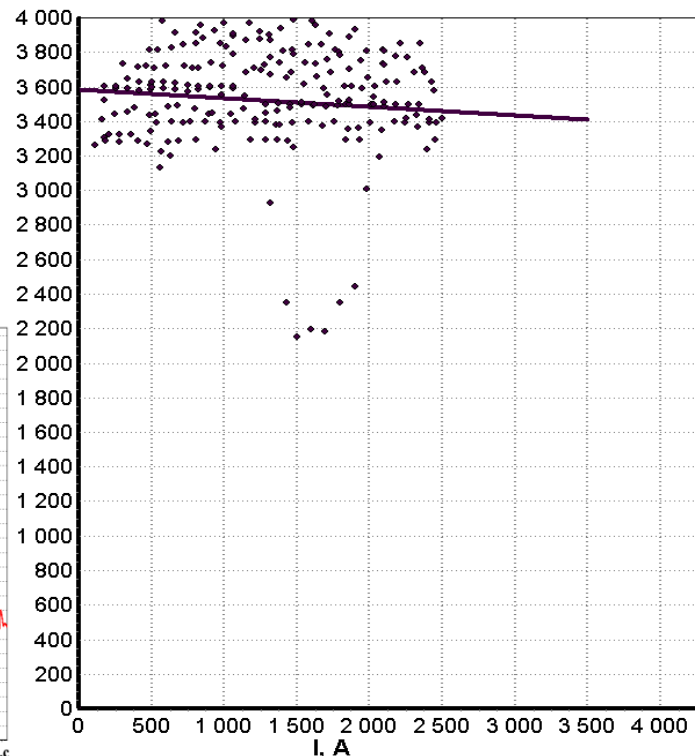
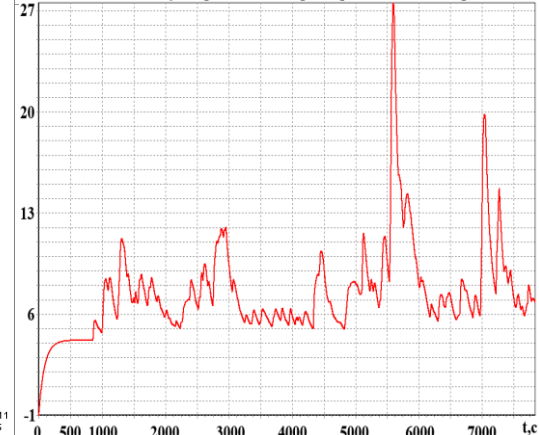
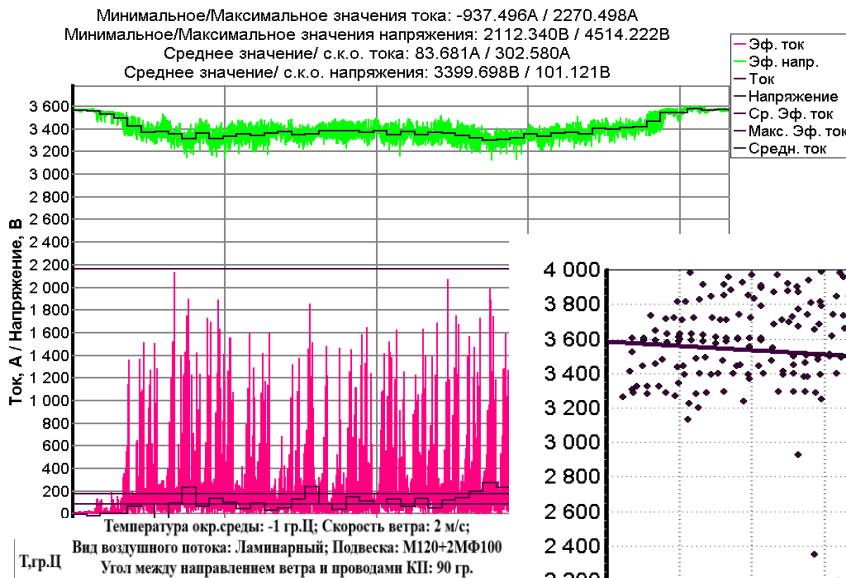
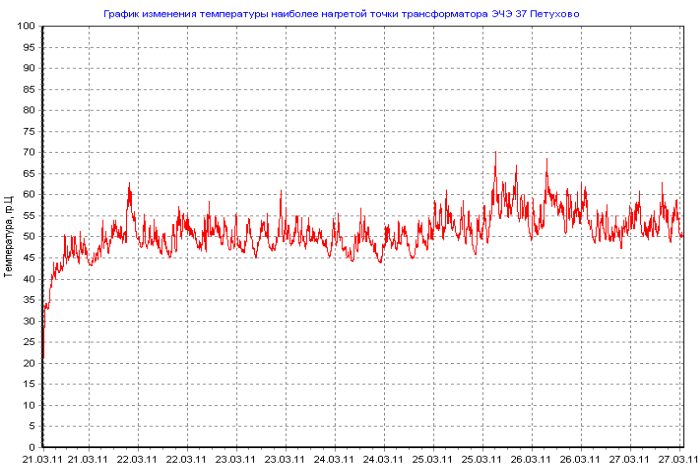
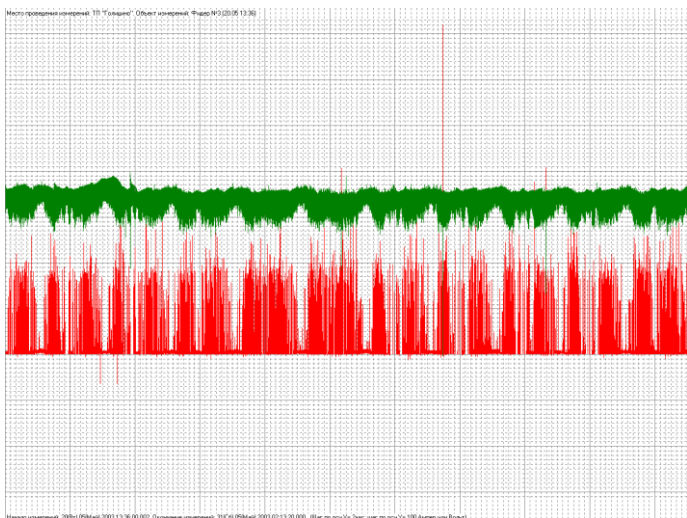
«Электроэнергетика транспорта»

Мониторинг состояния силового оборудования тяговых подстанций



«Электроэнергетика транспорта»

Мониторинг состояния силового оборудования тяговых подстанций

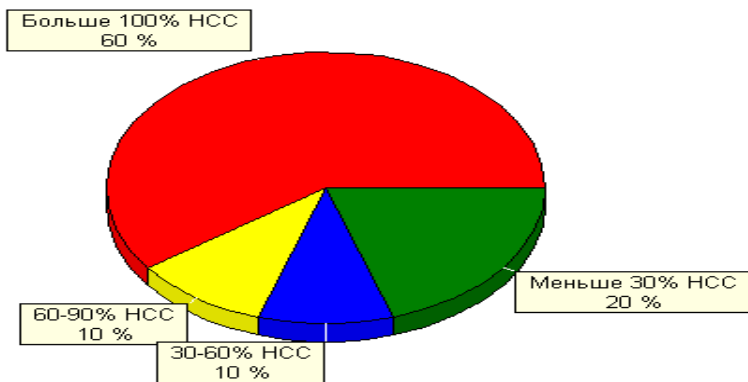


«Электроэнергетика транспорта»

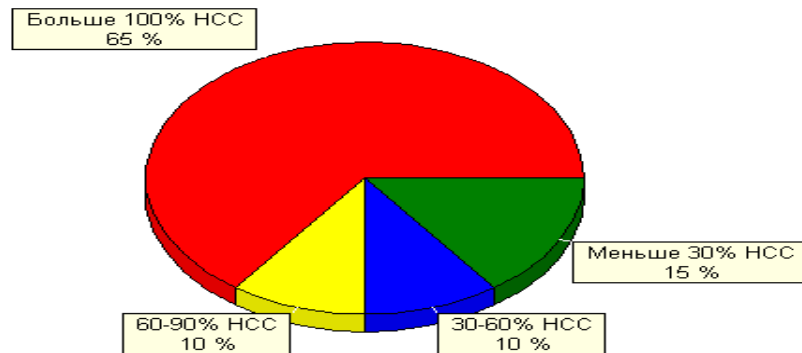
$$L_{\text{ТР}} = \frac{1}{T} \int_0^T 2^{\frac{\theta_{\text{ннт.л}} - 98}{6}} \cdot dt; \quad L_{\text{ПА}} = \frac{N_0}{A} \cdot \sum_{j=1}^k \left[\Delta T_j^{-\gamma} \cdot e^{-\frac{E_a}{K_B \cdot T m_j^c}} \right]$$

T – расчётный период, сек; $\theta_{\text{ннт.л}}$ - температура наиболее нагретой точки обмотки трансформатора; $L_{\text{ТР}}$ – относительное сокращение срока службы трансформатора:

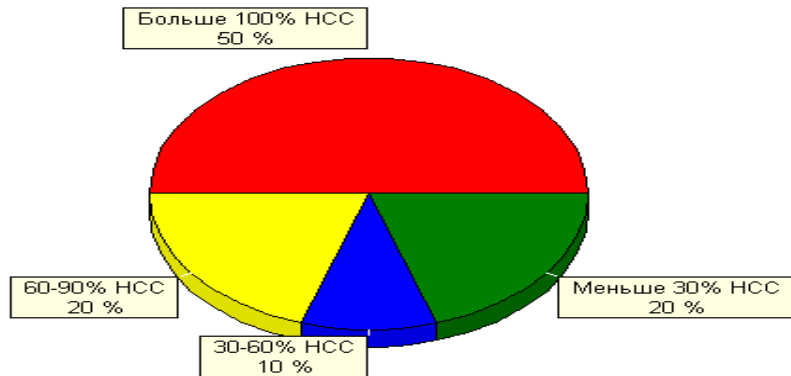
Трансформаторы



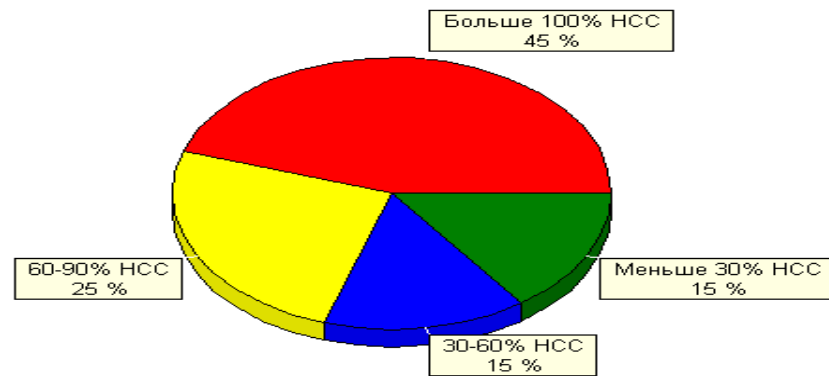
Преобразовательные агрегаты



Коммутационное оборудование

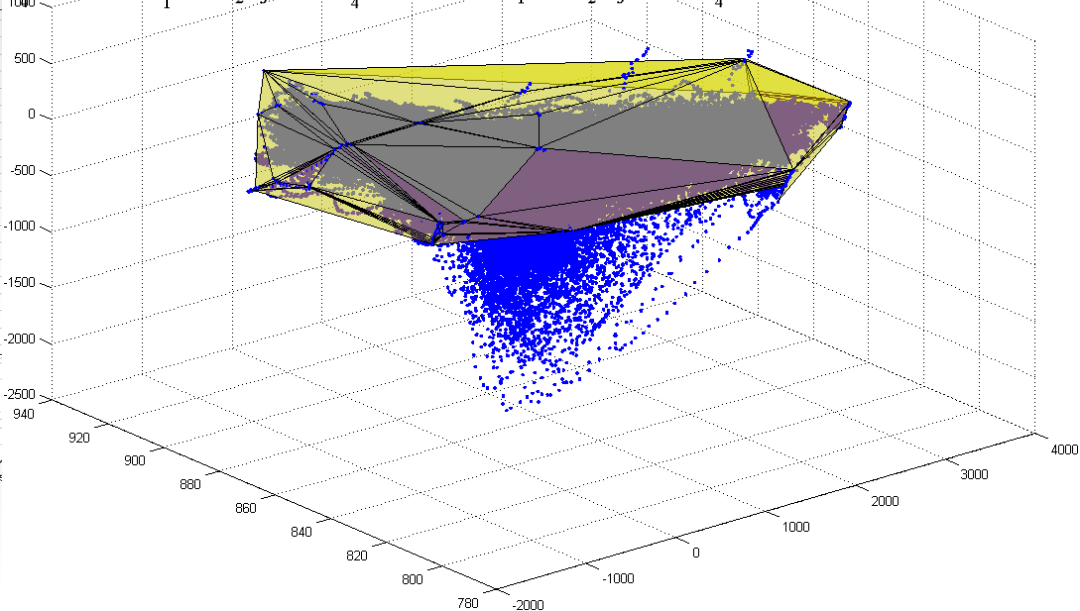
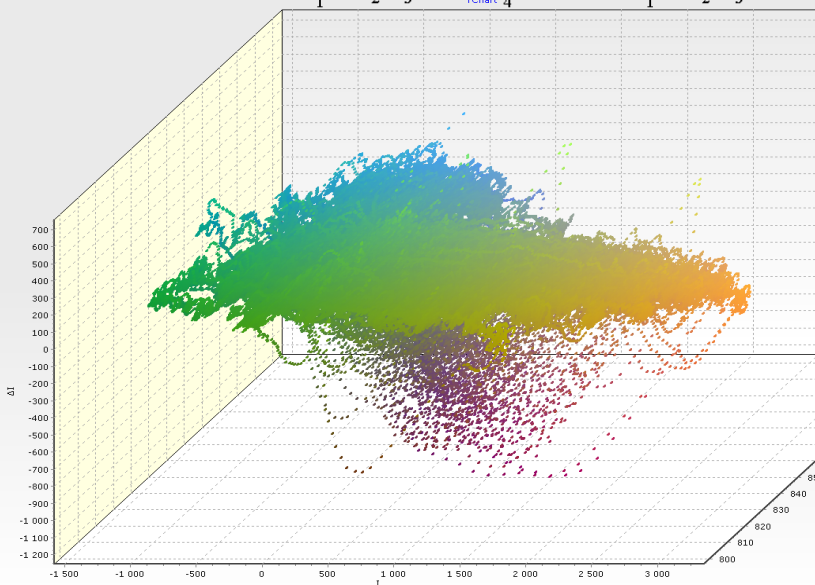
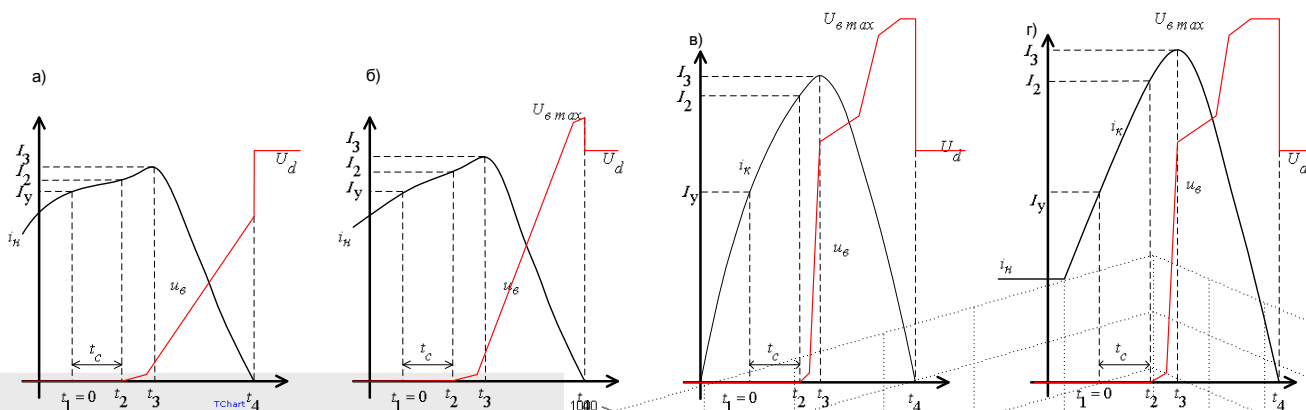


Средства автоматики и телемеханики



«Электроэнергетика транспорта»

Мониторинг состояния силового оборудования тяговых подстанций





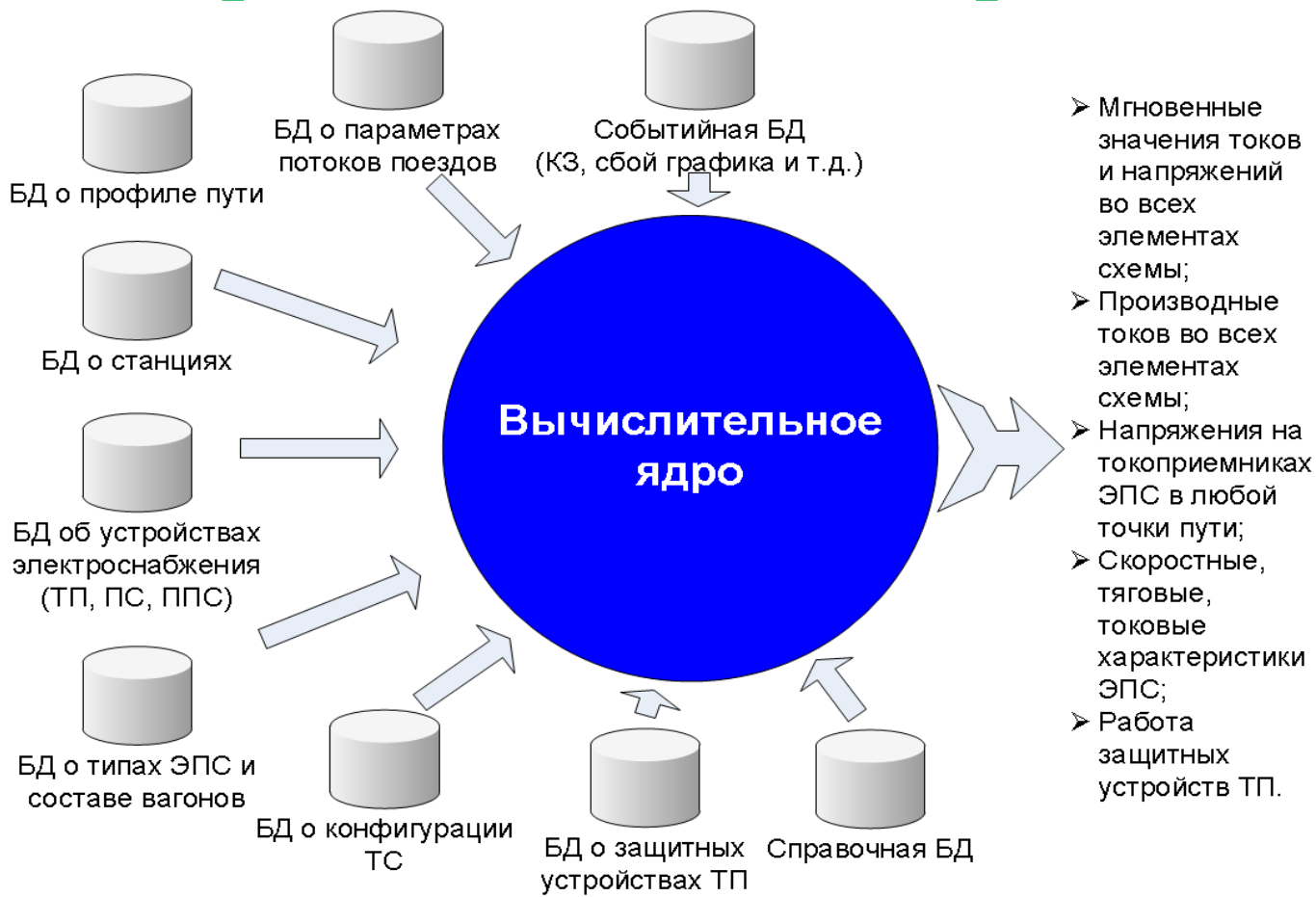
«Электроэнергетика транспорта»

Система тягового электроснабжения постоянного тока повышенного напряжения

1. Усиление СТЭ 3 кВ с помощью фидера постоянного тока повышенного напряжения 24 кВ и пунктов питания контактной сети на перегоне 24/3 кВ. При этом на ТП устанавливается дополнительная выпрямительная установка 24 кВ, которая подключается к РУ-10 кВ. На пункте питания устанавливается преобразовательный модуль 24/3 кВ постоянного тока, состоящий из автономного инвертора и преобразовательного агрегата 3 кВ, а питающая линия прокладывается по опорам контактной сети;
2. Усиление СТЭ 3 кВ с помощью фидера переменного тока 35 кВ и пунктов питания контактной сети на перегоне 35/3 кВ. Фидер подключается на ТП к РУ-35 кВ, а на пункте питания устанавливается трансформатор и преобразовательный агрегат 3 кВ;
3. Более предпочтительным представляется способ непосредственного повышения напряжения в контактной сети и на электроподвижном составе до 24 кВ.

«Электроэнергетика транспорта»

Программный комплекс по расчёту СТЭ с учётом работы ЭПС и переходных электро-механических процессов



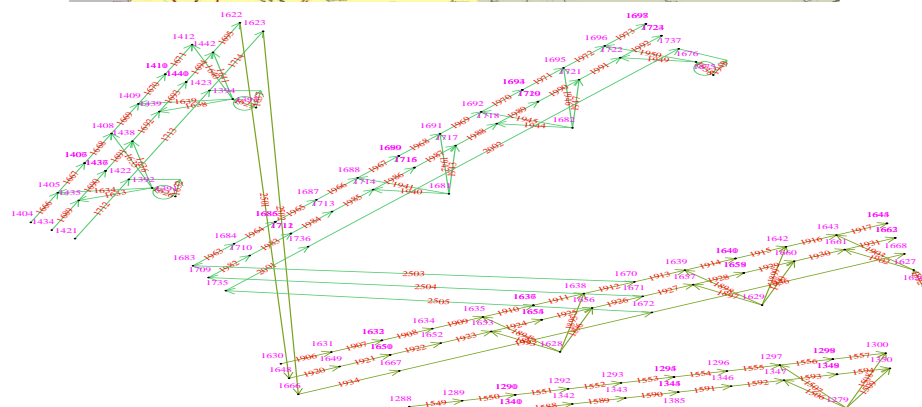
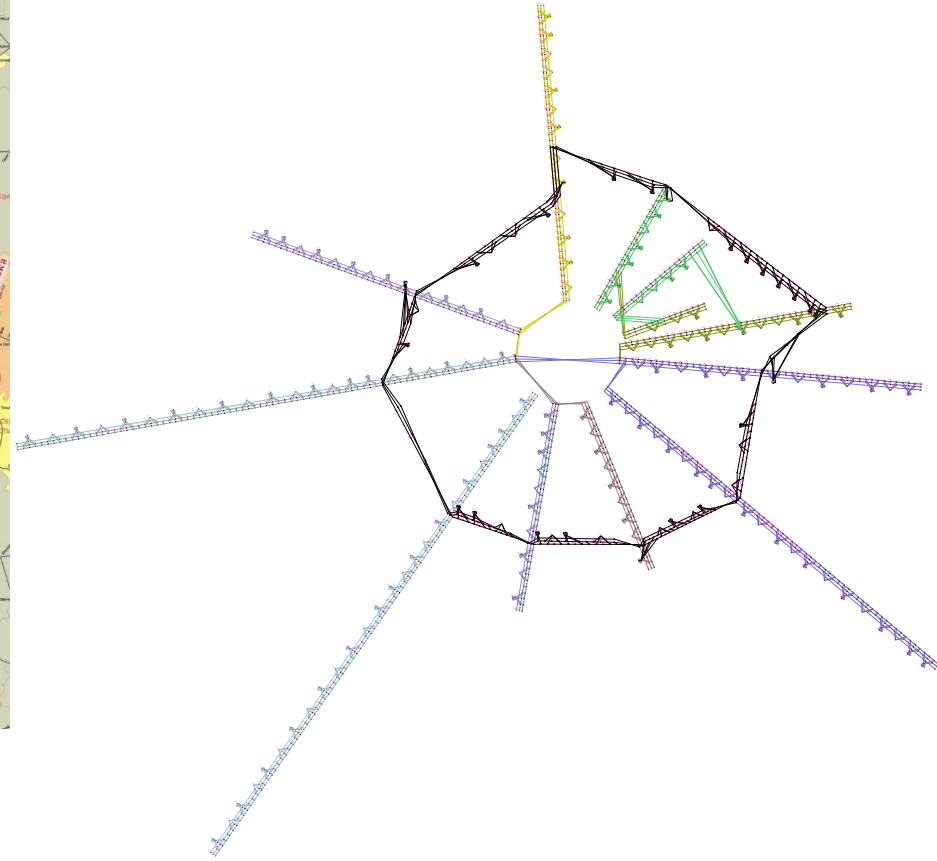
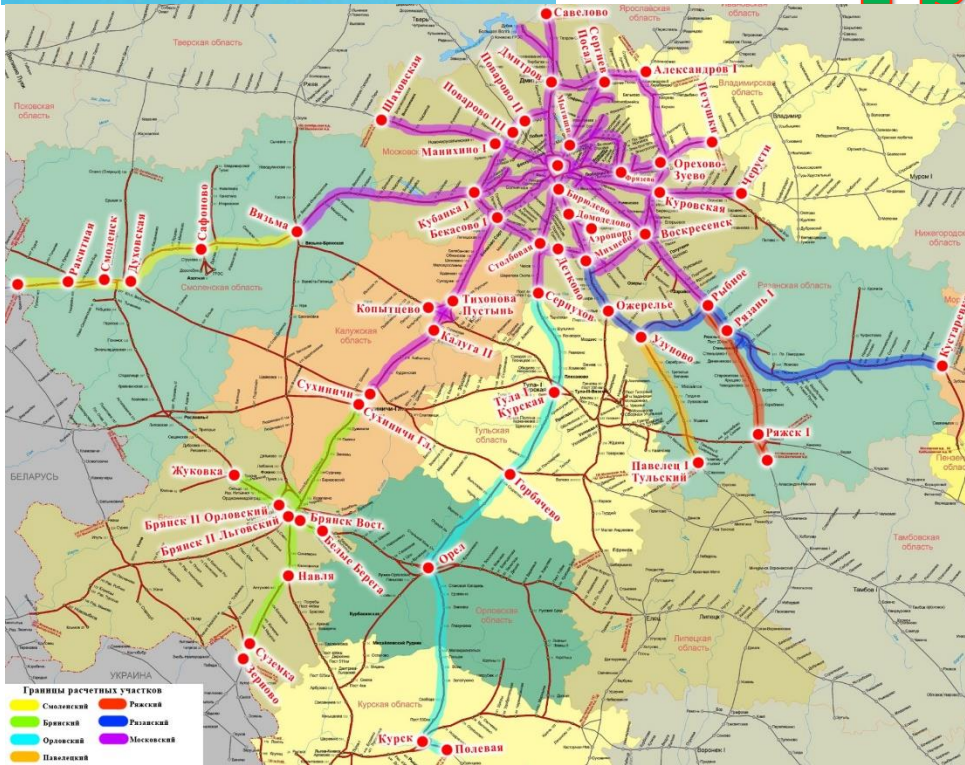
«Электроэнергетика транспорта»

Программный комплекс по расчёту СТЭ с учётом работы ЭПС и переходных электро-механических процессов

$$\left\{ \begin{aligned} \left(\frac{dI}{dt} \right)^{(K)} &= \left(B \times \left(L^{(B)} + \sigma \sigma_{\text{диаг}}^{(B)} \times \left(\frac{d\Phi}{dI} \right)_{\text{диаг}}^{(B)} \right) \times B^T \right)^{-1} \times \left(B \times \left(E^{(B)} - R^{(B)} \times B^T \times I^{(K)} - U_C^{(B)} - CC_{\text{столб}}^{(B)} \cdot V_{\text{столб}}^{(B)} \cdot \Phi_{\text{столб}}^{(B)} \right) \right) \\ \left(\frac{dU_C}{dt} \right)^{(B)} &= \left[\frac{1}{C} \right]^{(B)} + I^{(B)} \\ \left(\frac{d\Phi}{dt} \right)_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} &= P1_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot I_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot m d_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} + P2_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \Phi1_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - P3_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \Phi_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - P4_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \text{atanh} \left(c_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \left(\Phi_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \right)^{d_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})}} \right) \\ \left(\frac{d\Phi1}{dt} \right)_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} &= P5_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot I_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot m d_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - P6_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \Phi1_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - P7_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \text{atanh} \left(c_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \left(\Phi_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \right)^{d_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})}} \right) \\ \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} &= \xi_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \frac{\left(P8_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot I_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \Phi_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot n d_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - \left(\frac{1}{P+Q} \right)_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot \left(\omega_0'_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot P_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} - \omega_0''_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \cdot Q_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \right) - UKL_{\text{столб}}^{(\text{ЛОК})} \right)}{3600} \end{aligned} \right.$$

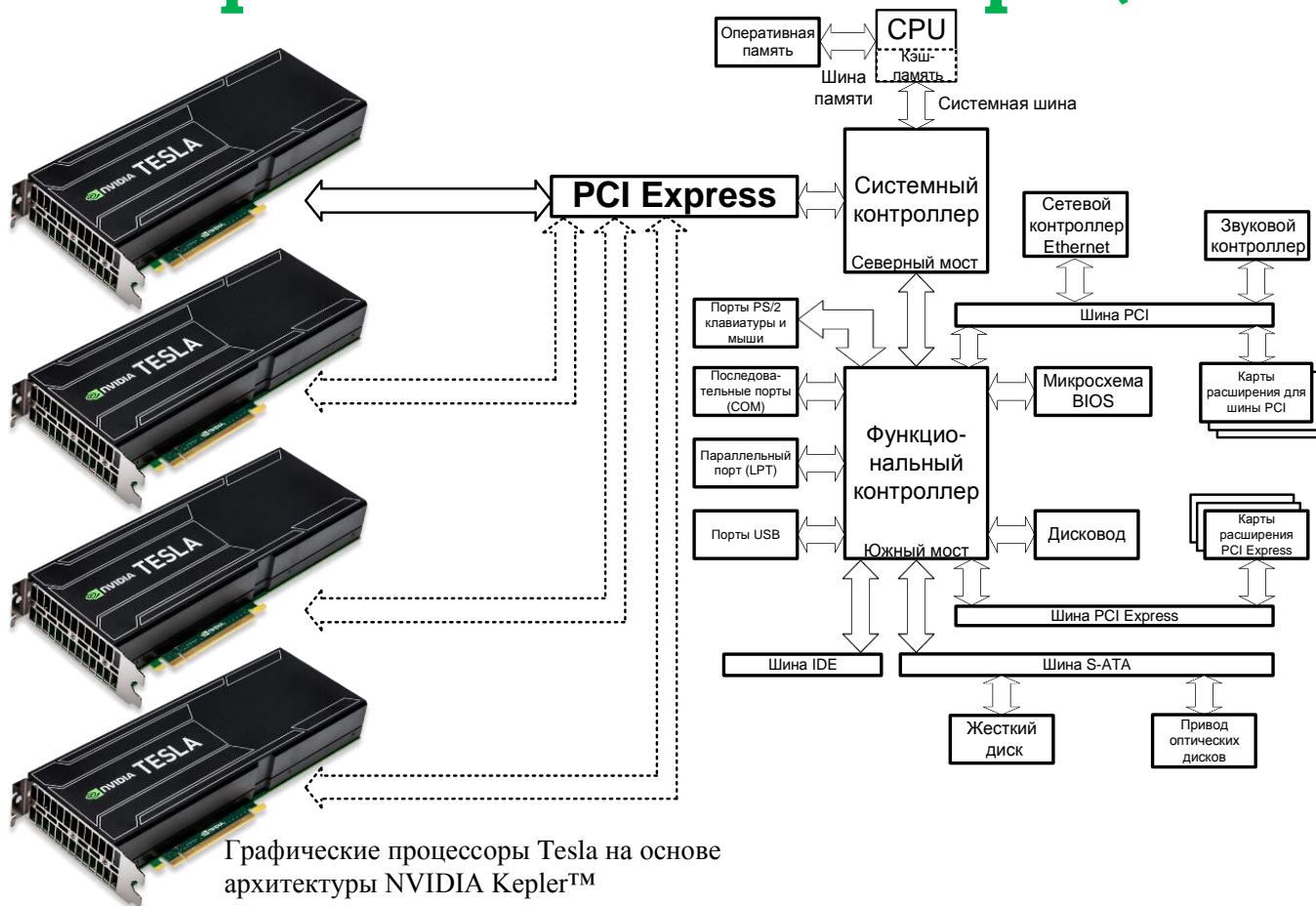
$$\varphi_{\text{УЗЛ}} = \left(A_{\text{дерево}}^T \right)^{-1} \times \left(R_{\text{дерево}}^{(B)} \times I_{\text{дерево}}^{(B)} + L_{\text{дерево}}^{(B)} \times \left(\frac{dI}{dt} \right)_{\text{дерево}}^{(B)} + U_C^{(B)}_{\text{дерево}} + CC_{\text{дерево}}^{(B)} \cdot V_{\text{дерево}}^{(B)} \cdot \Phi_{\text{дерево}}^{(B)} + \sigma \sigma_{\text{дерево диаг}}^{(B)} \times \left(\frac{d\Phi}{dI} \right)_{\text{дерево диаг}}^{(B)} \right) \times \left(\frac{dI}{dt} \right)_{\text{дерево}}^{(B)} - E_{\text{дерево}}^{(B)}$$

«Электроэнергетика транспорта»



«Электроэнергетика транспорта»

Программный комплекс по расчёту СТЭ с учётом работы ЭПС и переходных электро-механических процессов



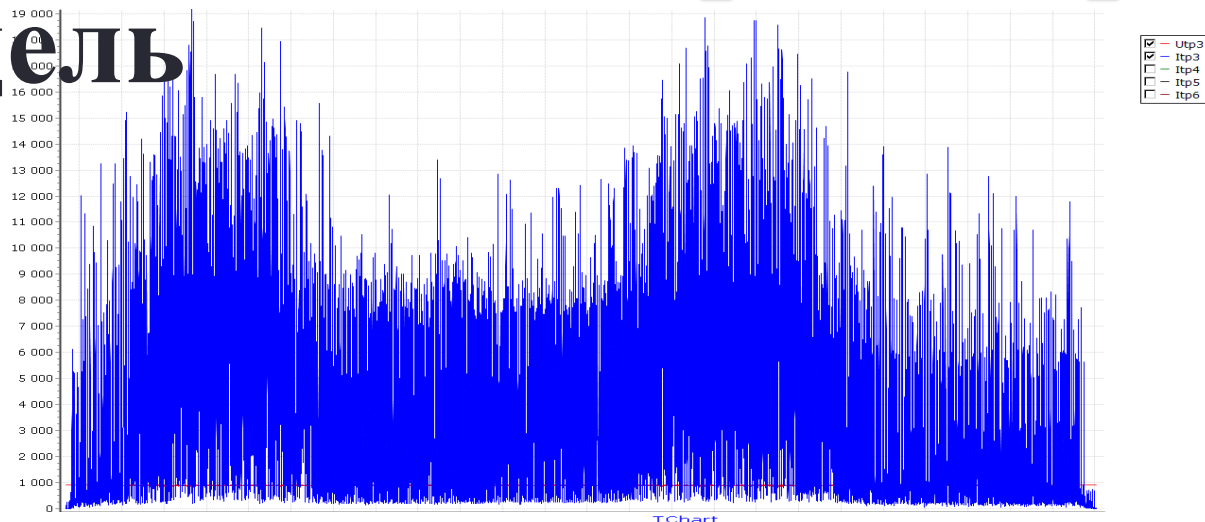
«Электроэнергетика транспорта»

Программный комплекс по расчёту СТЭ с учётом работы ЭПС и переходных электро-механических процессов



«Электроэнергетика транспорта»

Модель



Замеры

