



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА»
(ВНИКТИ)**

дочернее общество ОАО «РЖД»



**ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I
(ПГУПС - ЛИИЖТ)**

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЗОВ 2ТЭ116 И ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80



***Основной объект модернизации –
силовая схема тягового
электропривода тепловозов и
электровозов за счет внедрения
инновационных двухзонных тяговых
преобразователей и
противобоксочной защиты нового
поколения для упрощения силовой
схемы, придания электроприводу
новых качественных свойств***

Преобразователь тяговый двухзонный для тепловозов «КЛИПЕР» (новая разработка) предназначен:



для преобразования переменного трехфазного напряжения тягового генератора в шесть регулируемых по величине напряжений постоянного тока для применения в электроприводе с отдельным питанием электродвигателей (система поосного регулирования).
Состоит из шести импульсных регуляторов с встроенной системой управления защиты и диагностики. Обеспечивает:

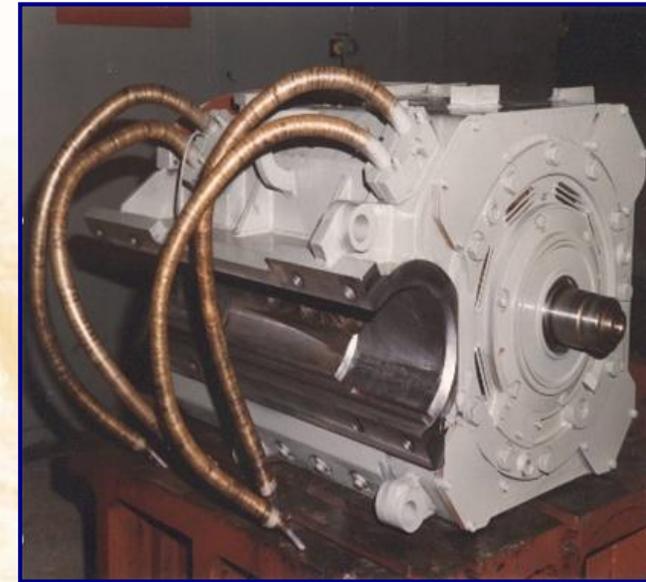
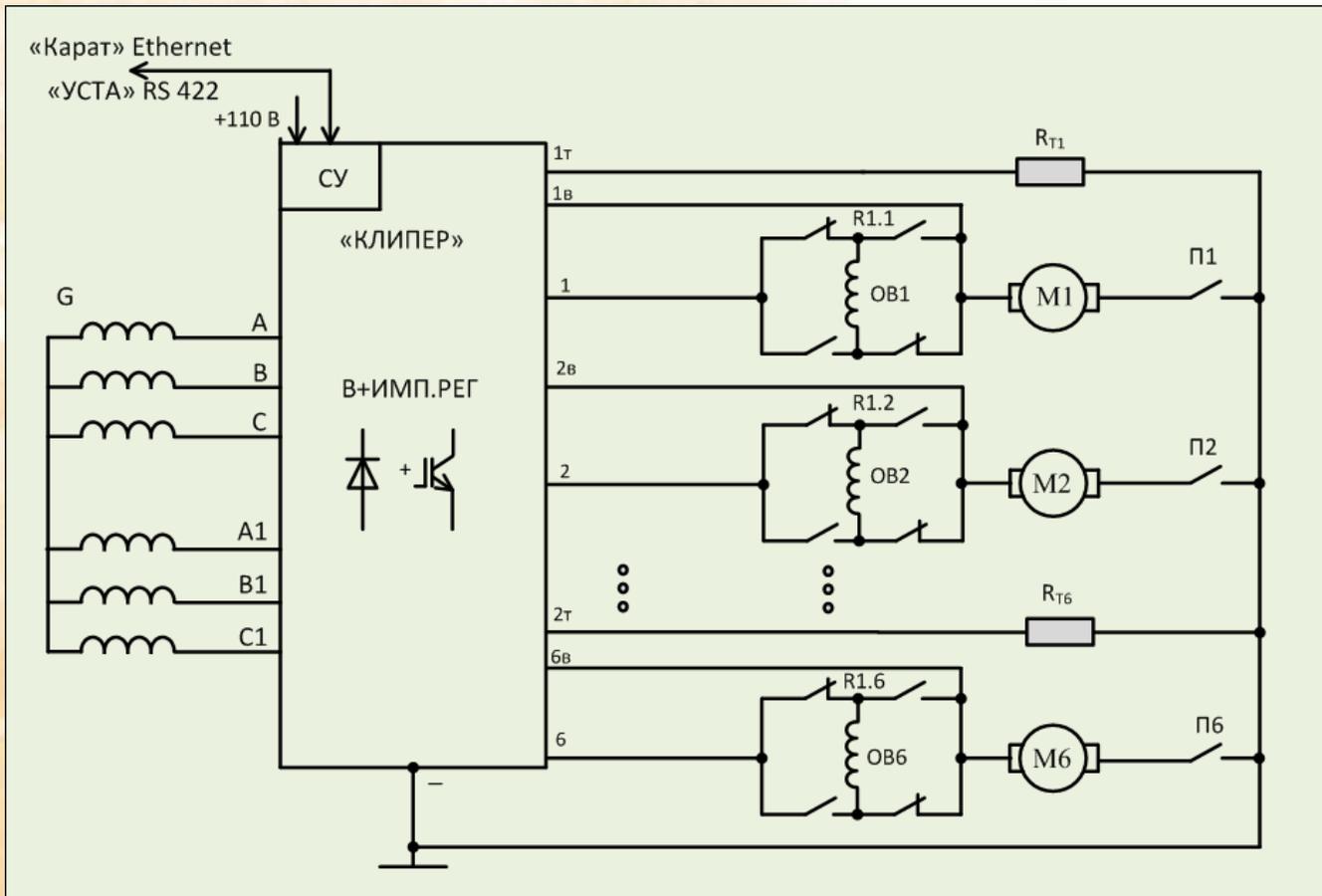
- работу и регулирование ТЭД в режиме тяги;
- работу ТЭД в режиме электрического торможения с последовательным возбуждением, в том числе на низких скоростях движения тепловоза (до 2 км/ч);
- плавное бесконтактное регулирование ослабления возбуждения;
- повышение тяговых свойств тепловоза на 5-7%.

Технические характеристики:

<i>Номинальное входное линейное напряжение, В</i>	<i>580</i>
<i>Диапазон изменения входного напряжения, В</i>	<i>0 - 600</i>
<i>Номинальный выходной ток, В</i>	<i>890</i>
<i>Максимальный ток перегрузки в течение двух минут, А</i>	<i>1200</i>
<i>Номинальное выходное напряжение, В</i>	<i>780</i>
<i>Номинальная входная частота, Гц</i>	<i>140</i>
<i>Диапазон изменения частоты, Гц</i>	<i>25 – 155</i>
<i>КПД, не менее, %</i>	<i>98</i>
<i>Габаритные размеры, мм</i>	<i>1250x740x1100</i>
<i>Масса, кг, не более</i>	<i>850</i>

***Габариты
совместимы с
шестиканальным
выпрямителем на
100%***

Структура тягового электрического привода



Тяговый электродвигатель ЭДУ-133

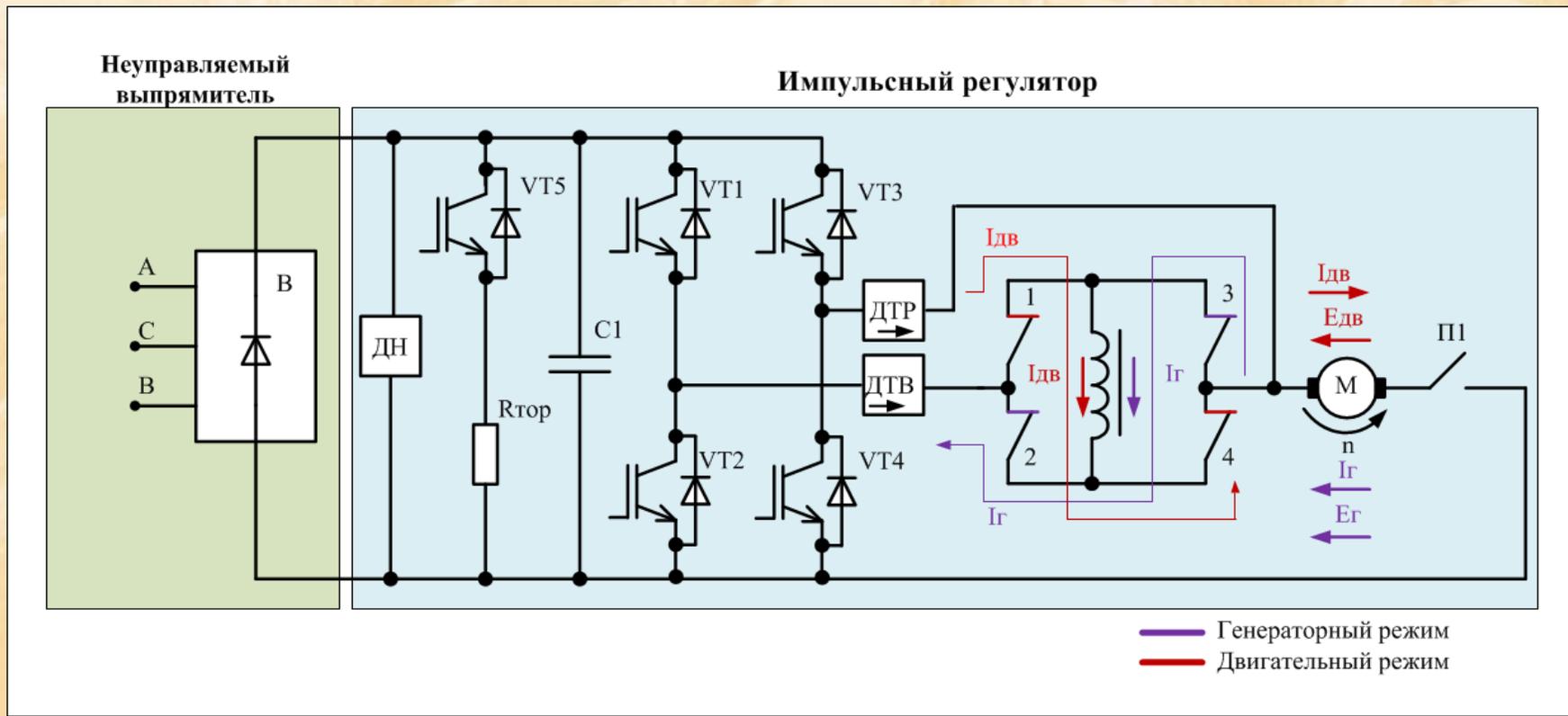
Работает в режиме квази независимого возбуждения !!! ПОВЫШАЕМ ТЯГУ НА 5-7% !!!

УПРОЩЕНИЕ СИЛОВОЙ СХЕМЫ, РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ
бесконтактное переключение в тормоз, плавное бесконтактное ослабление поля

Исключаем: источник питания для ОВ в тормозе, тормозной переключатель, групповые контакторы и резисторы ОП

Работа в тяговом режиме

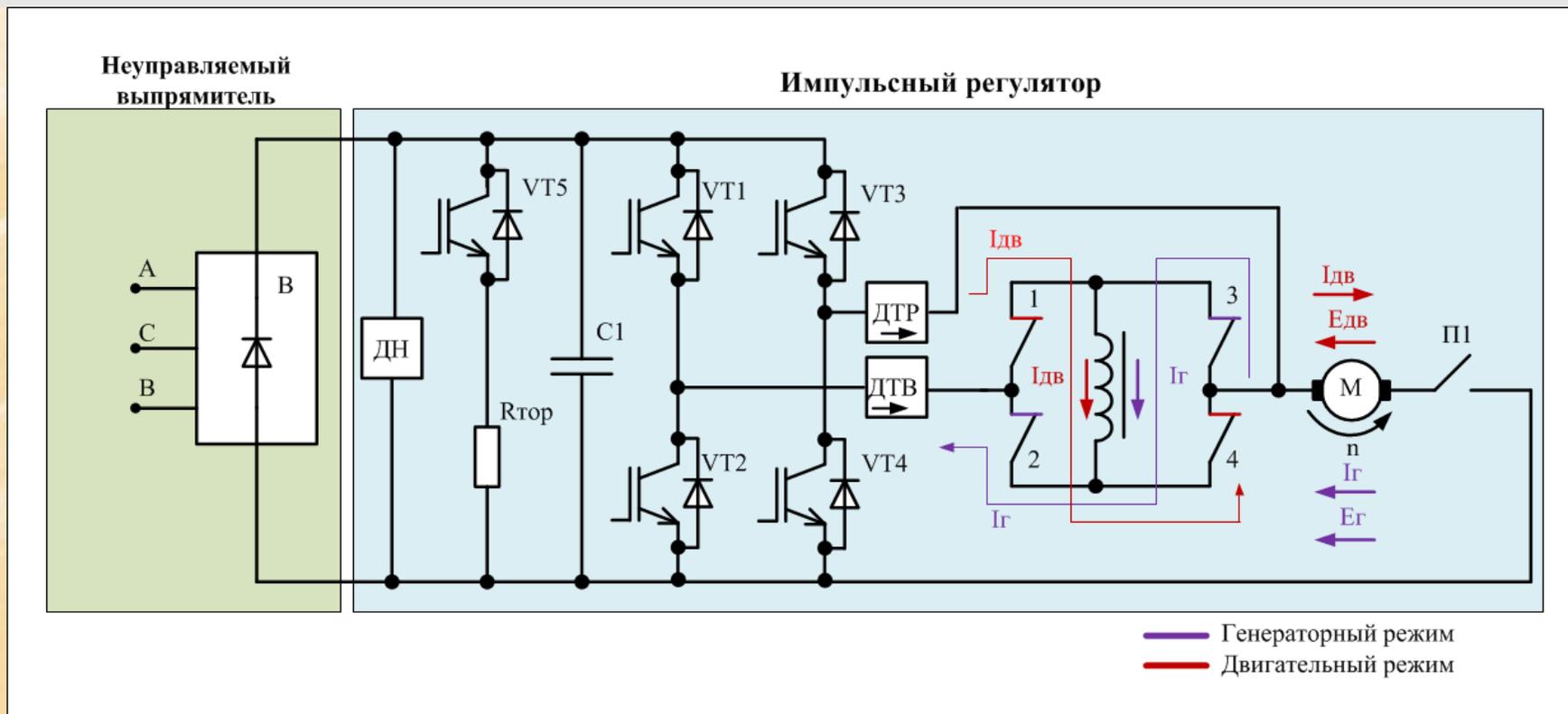
Напряжение тягового генератора G выводится на максимально возможное значение на текущей позиции контроллера, а напряжение на двигателе M регулируется за счет ШИМ-модуляции транзистором $VT1$, обеспечивая поосное управление как в нормальном режиме тяги, так и в режиме боксования. При закрытии $VT1$ ток двигателя замыкается через диод $VT2$. При таком режиме обеспечивается **снижение токовой нагрузки на тяговый генератор в 1,5 раза**, что повышает его КПД, снижаются потери в выпрямителе B , **снижается сечение силовых проводов от тягового генератора до силовой выпрямительной установки в 1,5 раза**, отсутствует проблема равномерного токораспределения по двигателям.



Работа в режиме электрического реостатного торможения

Для работы не нужны никакие дополнительные контакторы. В режиме бестоковой паузы переключается реверсор из положения «вперед» в положение «назад». Транзистор $VT1$ закрыт, $VT2$ работает в режиме ШИМ-модуляции и поддерживает заданный тормозной ток в двигателе. Двигатель самовозбуждается за счет остаточного потока и работает в генераторном режиме. В момент закрытия $VT2$ накопленная энергия через обратный диод $VT1$ сначала заряжает $C1$, а затем через $VT5$ «сливается» в тормозной резистор $R_{тор}$. Тормозной ток в 700А получен на стенде при скорости вращения, соответствующей скорости тепловоза 2км/ч !!!.

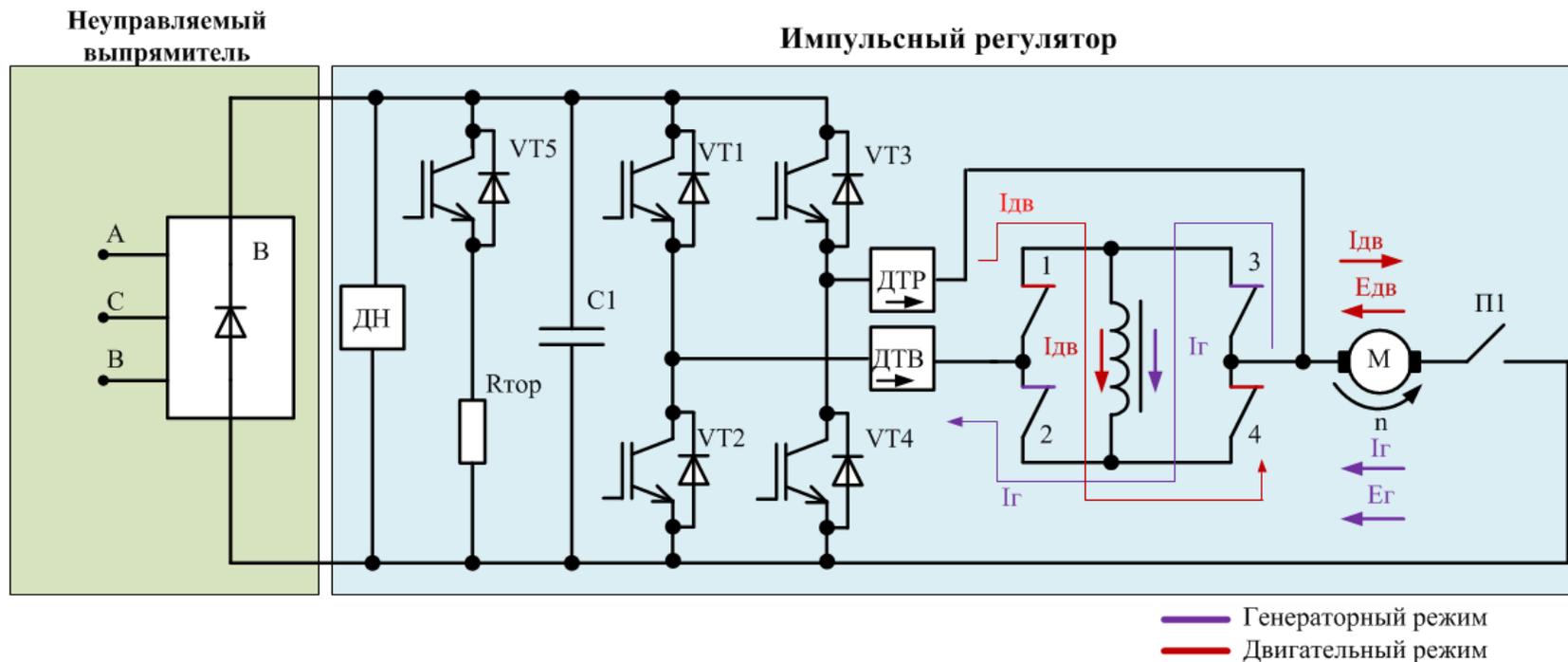
ОЧЕНЬ ЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОРМОЗ!!! ЭКОНОМИЯ КОЛОДОК!!! ПРостая ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИЛОВАЯ СХЕМА В ТОРМОЗЕ.



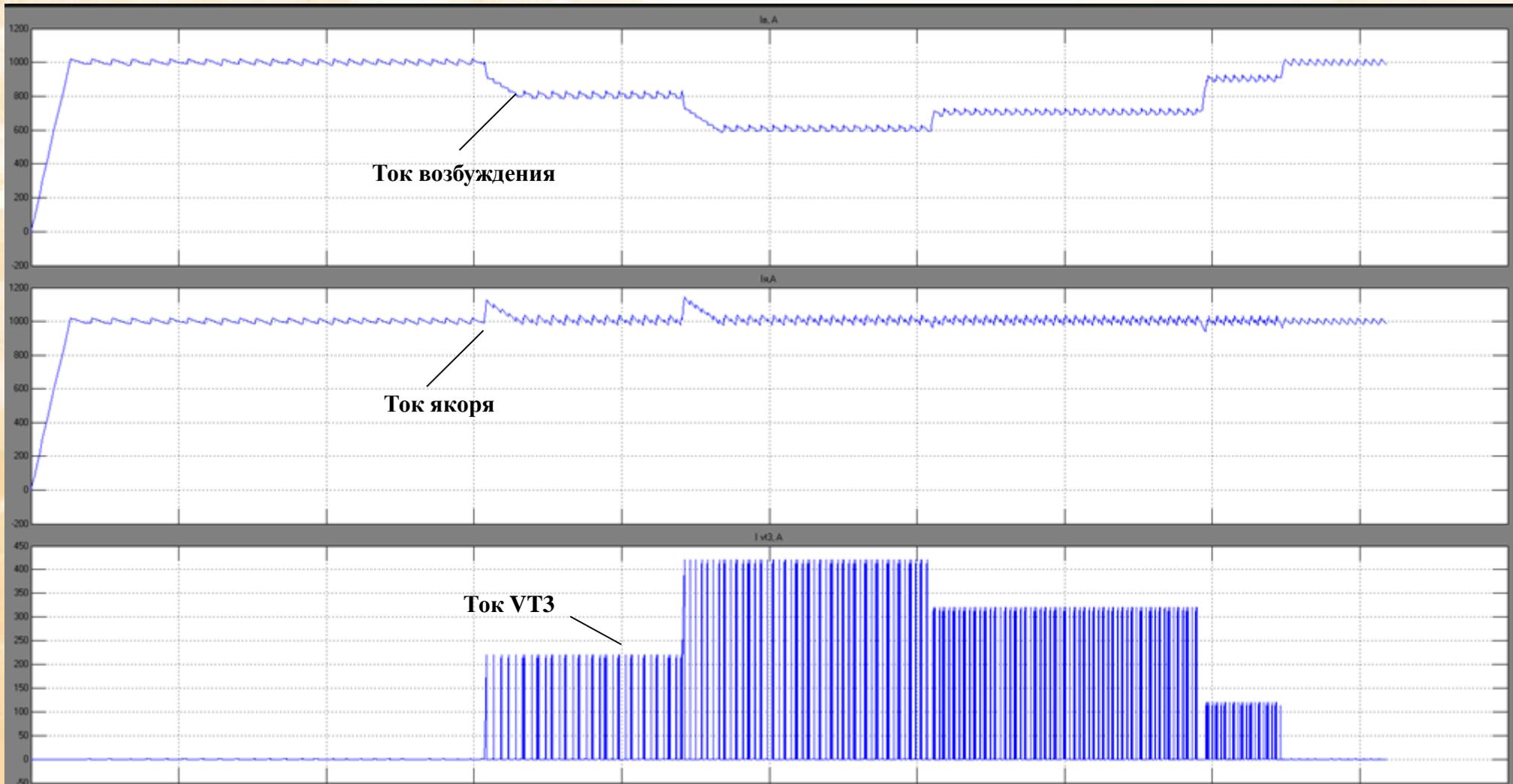
Работа в режиме ослабления поля

Для работы не требуются контакторы и резисторы ослабления поля. Ослабление поля выполняется плавно в отличие от существующих ступенчатых схем. Для независимого регулирования тока возбуждения в режиме тяги дополнительно включается транзистор VT3, работающий в режиме ШИМ-модуляции, а в режиме электрического тормоза – транзистор VT4.

Важным преимуществом является также обеспечение работы тягового электродвигателя при боксовании и юзе в режиме близком к независимому возбуждению, что увеличивает жесткость механической характеристики и способствует повышению тяговых свойств локомотива. Тяговое усилие задается в зависимости от нагрузки на ось, что увеличивает общую силу тяги при неблагоприятных условиях сцепления на 6-10%.



Работа тягового привода в режиме плавного ослабления поля

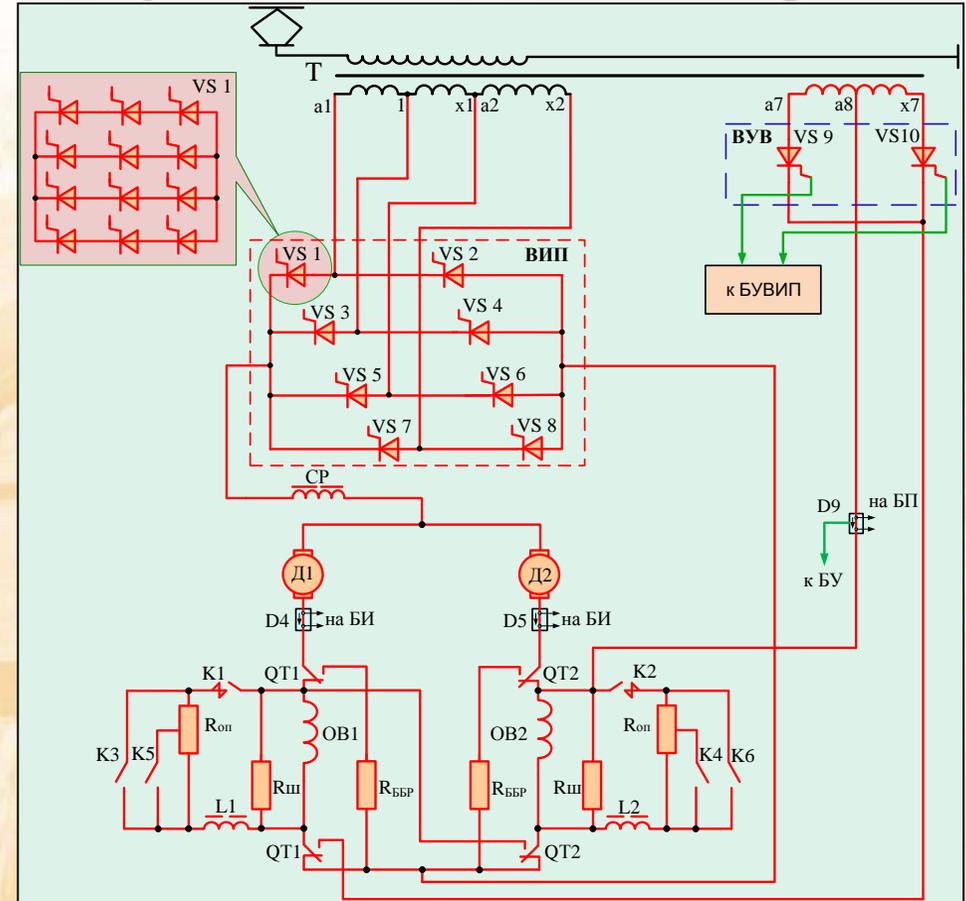
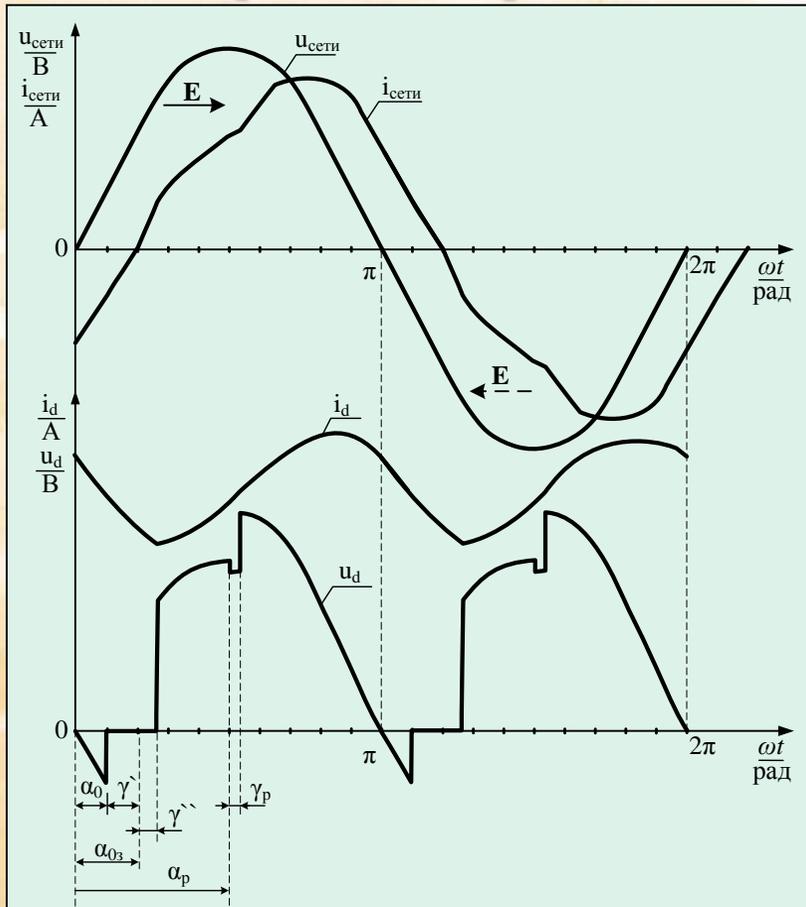


При модернизации тепловоза 2ТЭ116 из схемы исключаются

Позиционное обозначение	Наименование и тип
Контакторы ослабления поля ВШ1, ВШ2	ПКГ-660 или ППК-12602
Тормозной переключатель ТП	ППК-8063
Тормозной контактор П7	ПК753 или ПК-1146
ТК	Трансформатор коррекции тока ТТ-30
РП1, РП2	Реле переходов РД-3010
РП3	Реле переходов РД-3010
Резисторы СРПН1, СРПН2, СРПН3	Панель с сопротивлениями ПС-40601
Резисторы ленточные ослабления поля СШ1-СШ6	ЛС
РВ2	Реле времени РЭВ-813Т УХЛ3
Трансформатор постоянного напряжения ТПН	ТПН4
Трансформаторы постоянного тока ТПТ1-ТПТ4	ТПТ23, ТПТ24
Блоки БУВ, БЗВ, БС1, БС3, БС4, ВК, БСТ, ПВК Трансформатор ТР2	

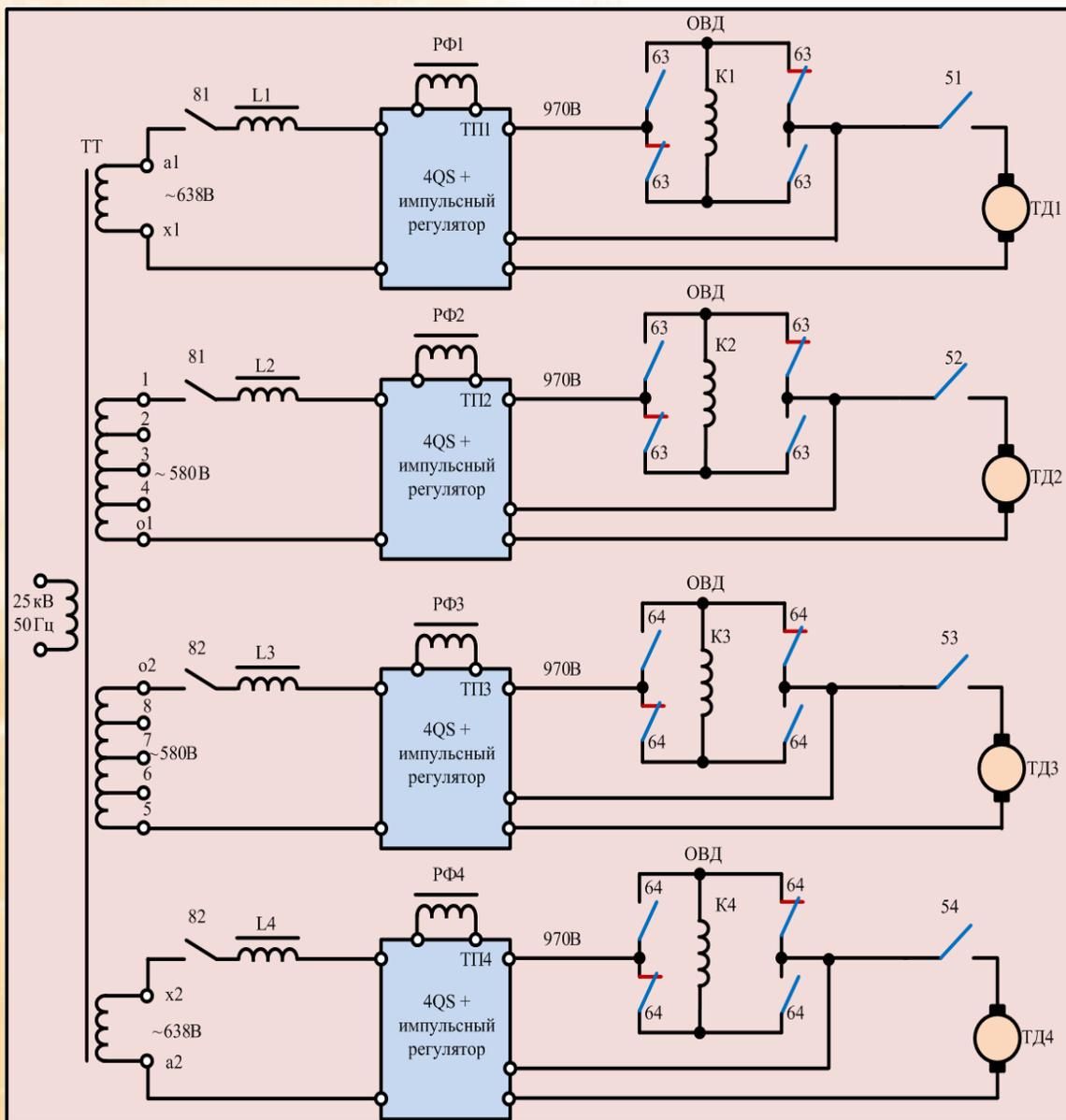
Модернизация электровоза ВЛ80

Вариант модернизации с ВИП – почему плохо и это не наш выбор?



- ❖ Сложность силовой схемы тягового привода (наличие контакторов и резисторов ослабления поля, тормозных переключателей и межсекционных силовых соединителей источника питания в режиме торможения);
- ❖ Низкий коэффициент мощности в режимах тяги и рекуперации (0,5-0,8);
- ❖ Искажение формы напряжения питающей сети

Предложение ВНИКТИ по модернизации ВЛ80!!!



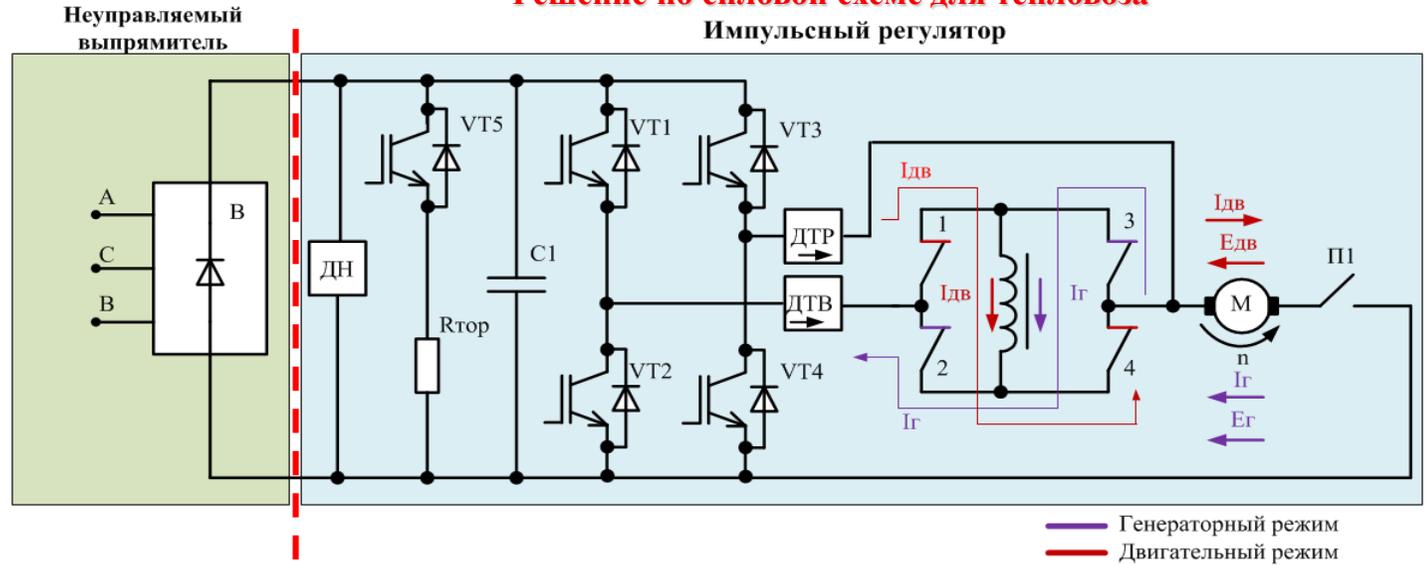
- ✓ Упрощение силовой электрической схемы (отсутствуют контакторы и резисторы ослабления поля, тормозной переключатель, индуктивные шунты, источник питания ОВ в режиме торможения – всего более 30 позиций коммутационной аппаратуры);
- ✓ Коэффициент мощности на стороне высокого напряжения не менее 0,95;
- ✓ Бесконтактное плавное ослабление поля в режиме тяги и торможения;
- ✓ Схема обеспечивает симметрирующее воздействие на форму напряжения в контактной сети;
- ✓ Повышенные тяговые свойства электровоза (на 5-7%);
- ✓ Электрическое торможение до скорости электровоза близкой к нулю (экономия тормозных колодок);
- ✓ Сокращение эксплуатационных расходов, повышение надежности электровоза за счет снижения количества силовой контактной аппаратуры.

Унификация тягового электропривода тепловозов и электровозов

Унификация по
«железу» и
программному
обеспечению на
80%

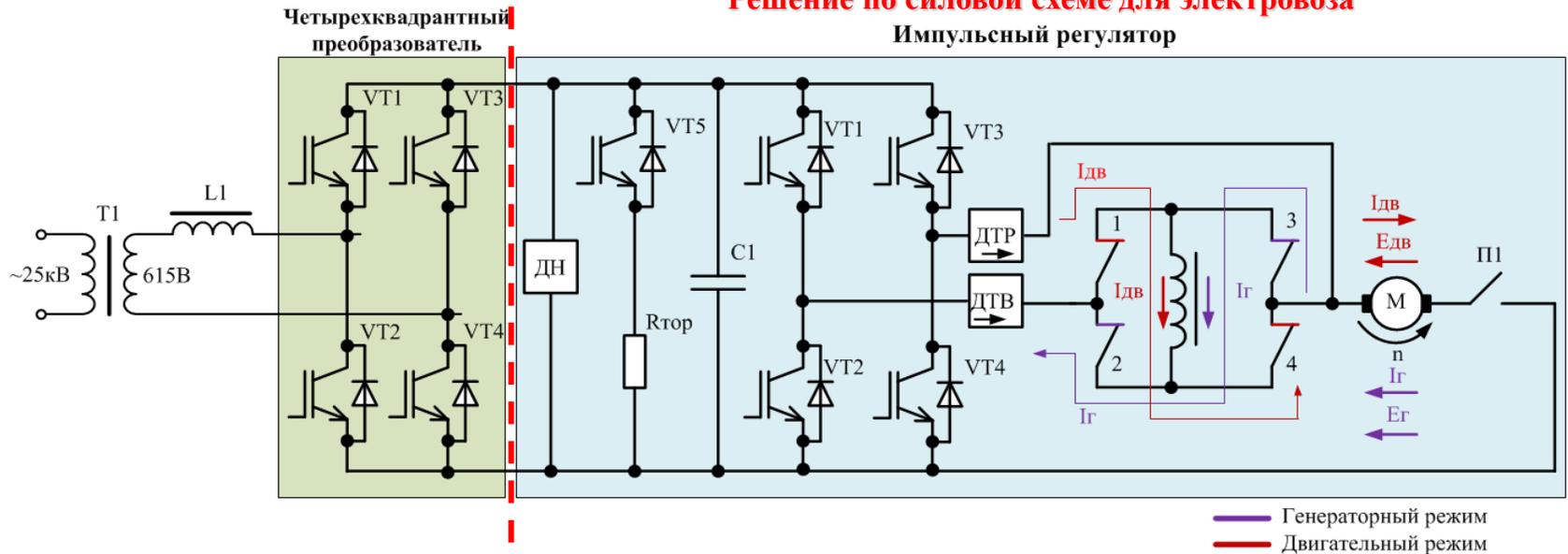
Решение по силовой схеме для тепловоза

Импульсный регулятор

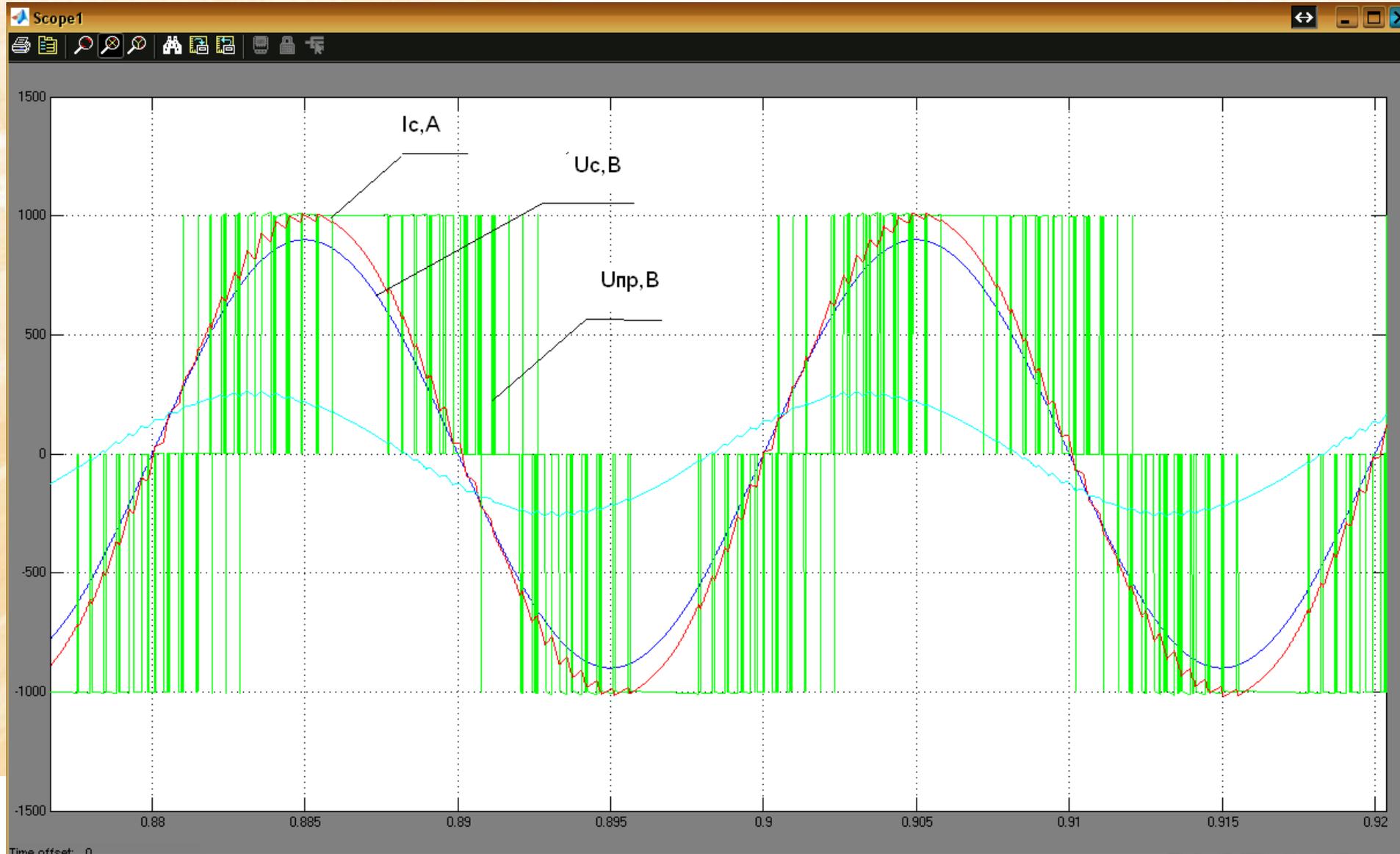


Решение по силовой схеме для электровоза

Импульсный регулятор

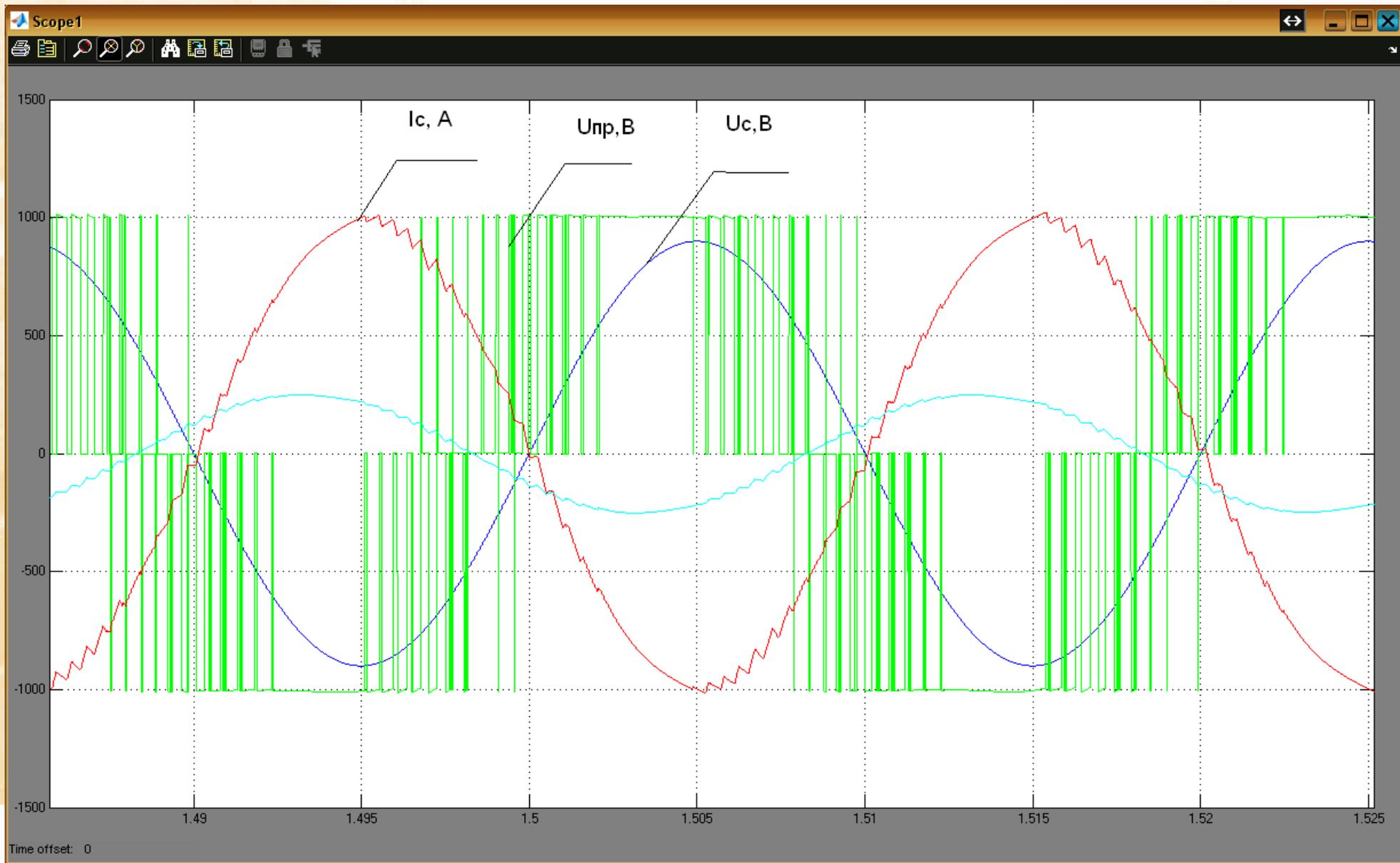


Преимущества предлагаемой схемы, ток и напряжение в режиме тяги синусоидальны и точно совпадают по фазе

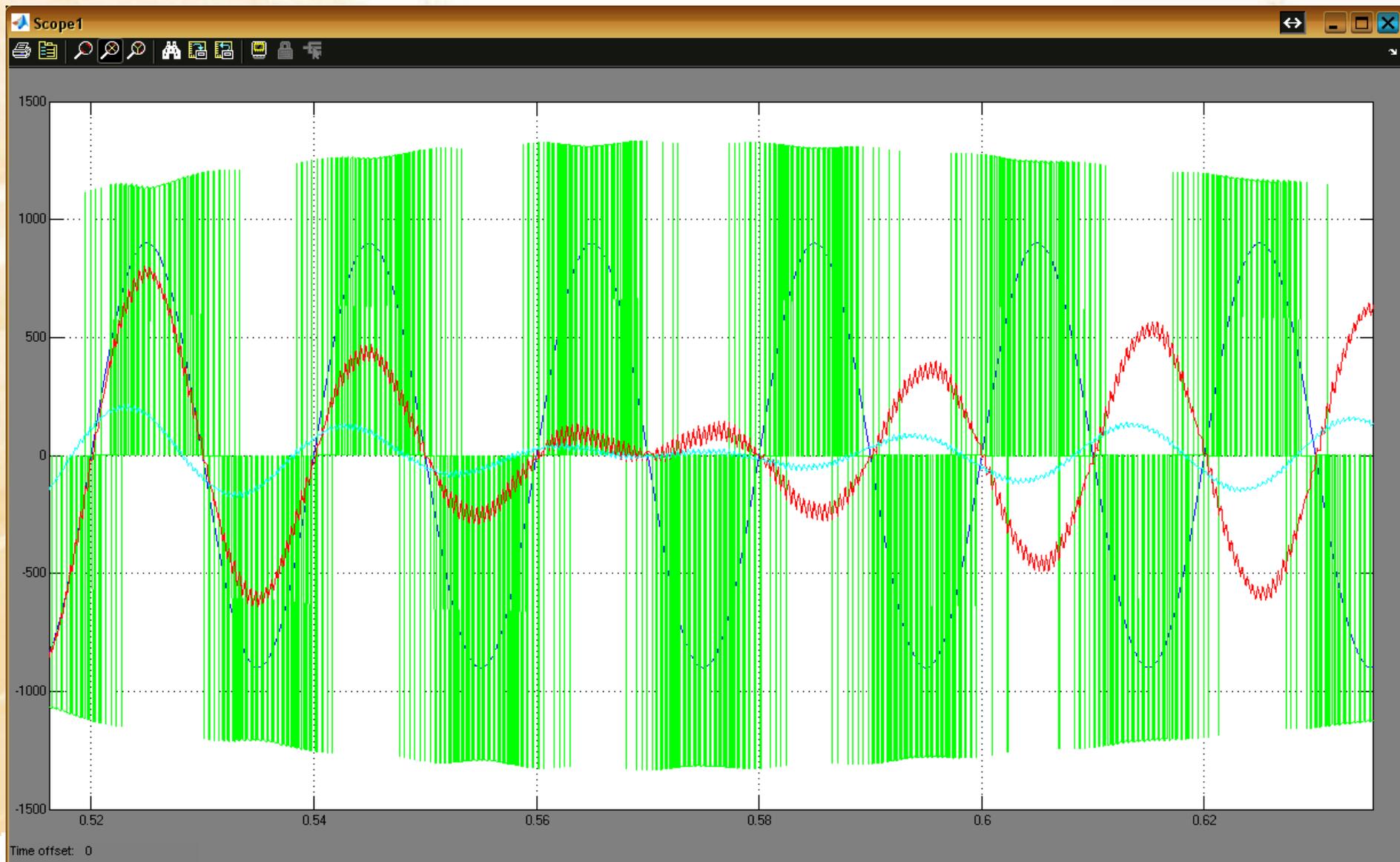


Ток и напряжение

в режиме торможения близки к синусу и точно в противофазе

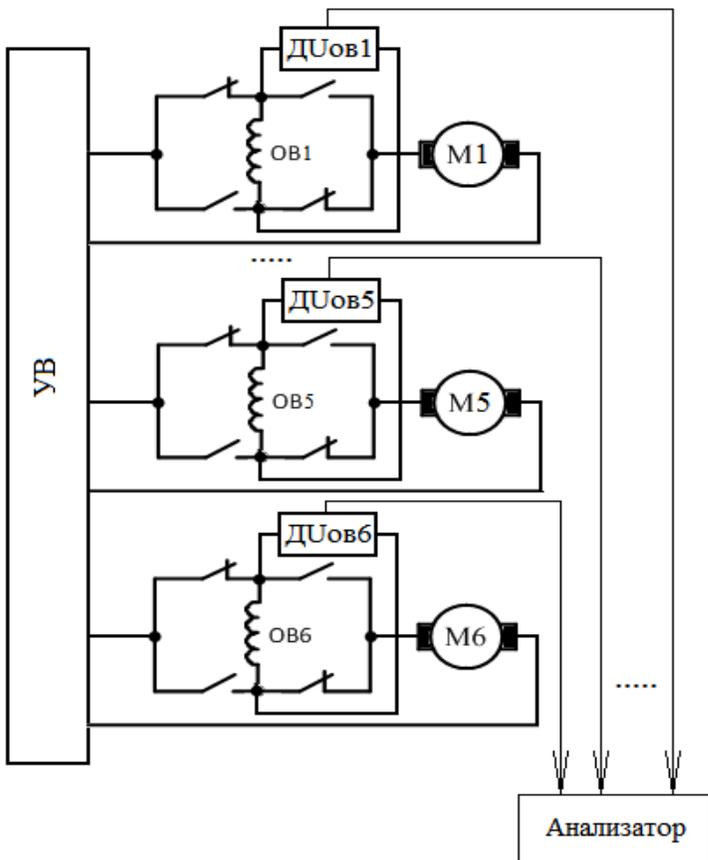


Переход из режима тяги в режим рекуперативного торможения

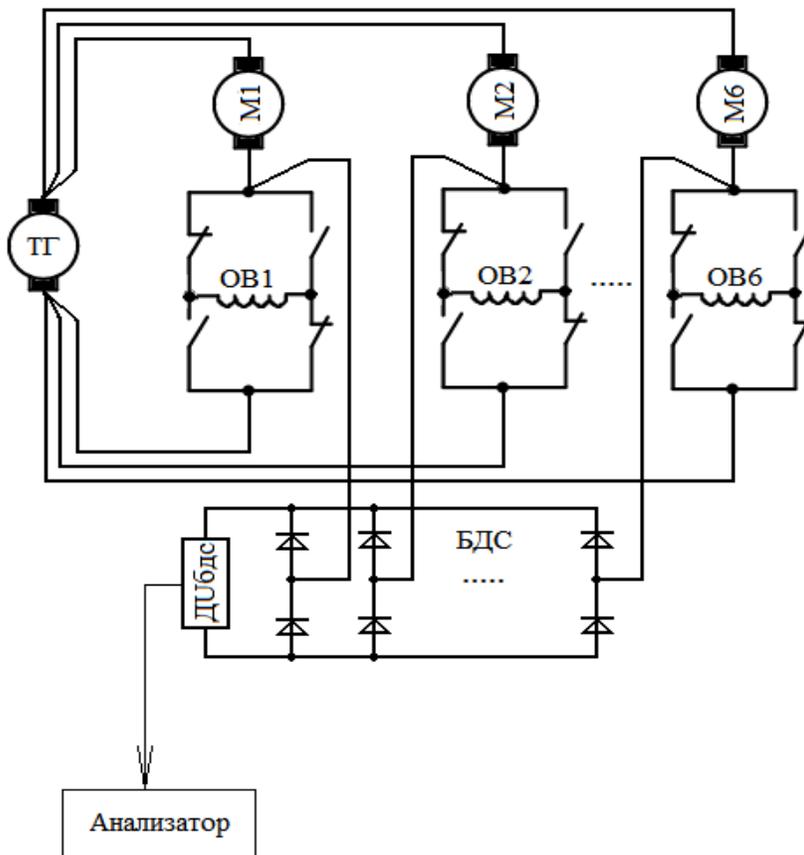


Интеллектуальная система противобоксовочной защиты локомотива

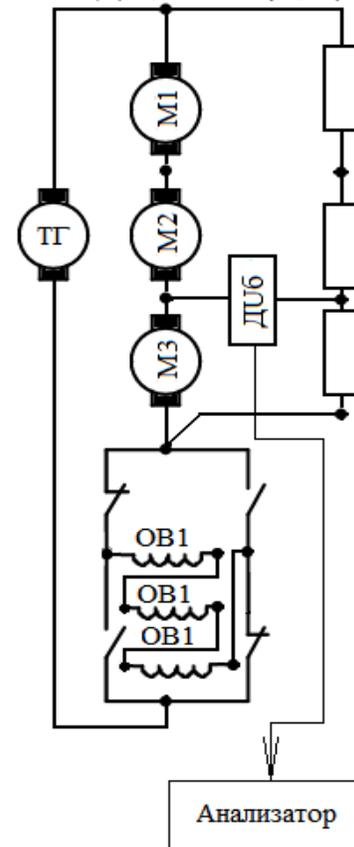
Поосное регулирование силы тяги
2ТЭ116У, 2ТЭ25КМ, 2ТЭ70



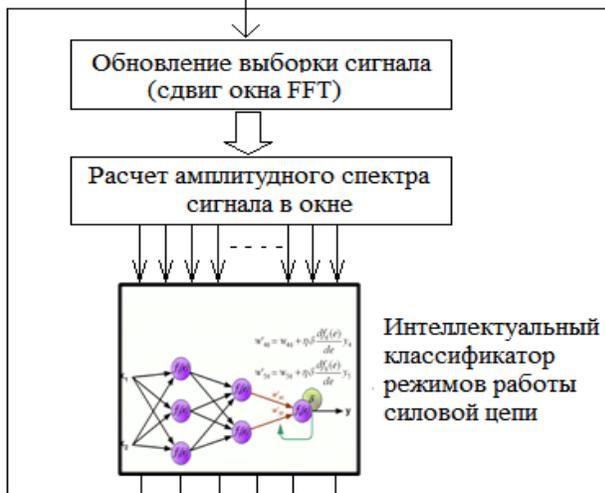
Параллельное соединение ТЭД
2ТЭ116, 2ТЭ10, (2)М62



Последовательно - параллельное
соединение ТЭД
ТЭМ2, ТЭМ18ДМ, ЧМЭЗ(К, Т)



Сигнал от датчика Убокс



0 1 2 3 4 5

Уровень боксования (юза)
КП по 5-и бальной шкале



Спектр сигнала датчика боксования в границах окна 1



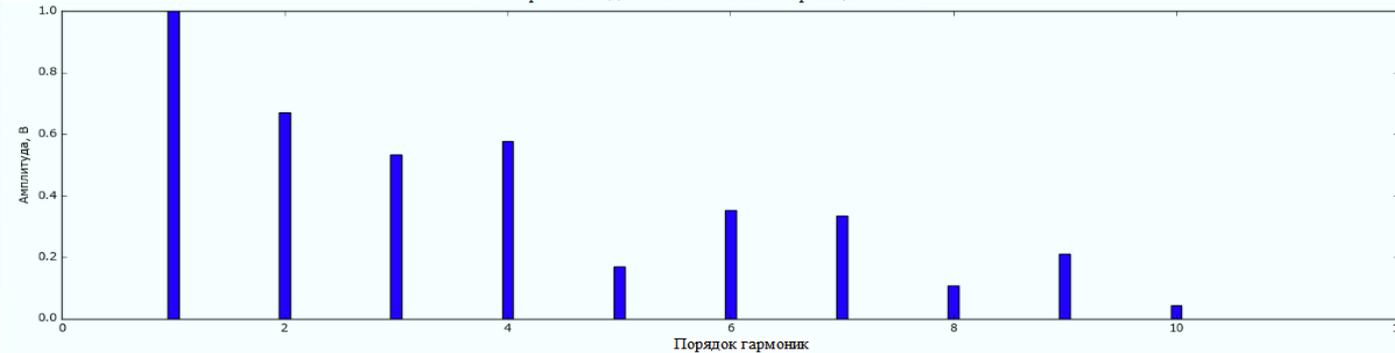
Спектр сигнала датчика боксования в границах окна 2



Спектр сигнала датчика боксования в границах окна 3



Спектр сигнала датчика боксования в границах окна 4



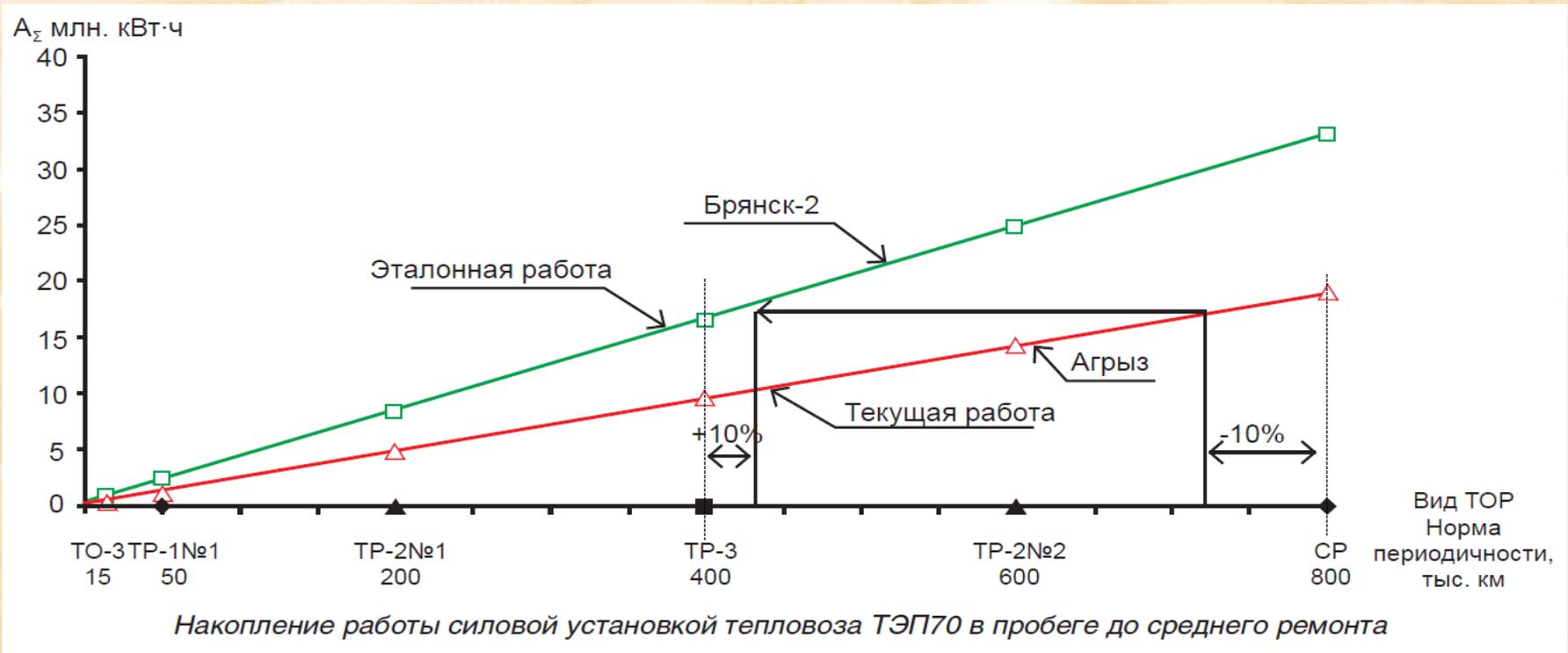
Преимущества предлагаемых решений для тепловозов и электровозов

1. Повышение надежности, коэффициента внутренней готовности локомотивов;
2. Снижение трудоемкости всех видов ТО, ТР и расходов на них;
3. Экономия тормозных колодок;
4. Упрощение силовой схемы локомотивов (отсутствие контакторов ослабления поля, контакторов переключения обмоток возбуждения с тяги на тормоз, резисторов ослабления поля, межсекционных силовых разъемов, источника питания обмоток возбуждения в режиме электрического торможения);
5. Повышение надежности тяговых электродвигателей вследствие исключения ударных нагрузок при переключении;
6. Повышение тяговых свойства локомотивов на 7-10% за счет реализации квазинезависимого возбуждения ТЭД в сочетании с интеллектуальной системой обнаружения боксования и юза, переход от решения задачи предотвращения или ликвидации боксования к управлению проскальзыванием колесных пар в условиях ухудшенного сцепления;
7. Стоимость вновь устанавливаемого оборудования с учетом упрощения силовых схем локомотивов и удаления неиспользуемых компонентов не превышает базовой цены.



Совершенствование системы технического обслуживания ЛОКОМОТИВОВ

1. Планирование сроков ТО и ТР с использованием накопленной работы



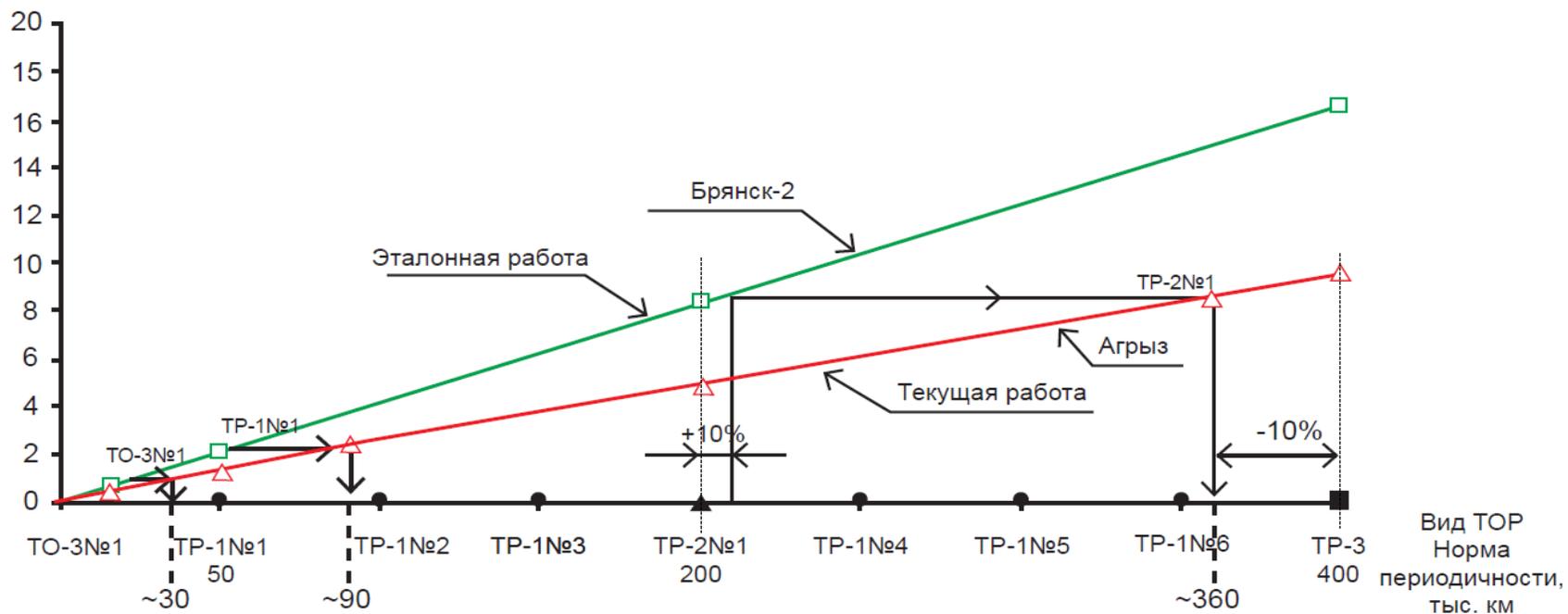
Календарная периодичность проведения технического обслуживания и ремонта тепловозов ТЭП70

Локомотивное депо	Периодичность, ч				
	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР
Брянск-2	969	3 230	12 920	25 840	51 680
Агрыз	1 063	3 544	14 176	28 352	56 704

Работа, накопленная силовой установкой тепловоза ТЭП70 на момент проведения технического обслуживания и ремонта

Локомотивное депо	Накопленная работа A_{Σ} , млн. кВт·ч				
	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР
Брянск-2	0,624	2,080	8,320	16,641	33,282
Агрыз	0,359	1,198	4,791	9,583	19,166

A_{Σ} млн. кВт·ч



Коррекция сроков ТО и ТР тепловоза ТЭП70 с учетом накопленной работы

Нормы периодичности технического обслуживания и ремонта тепловозов ТЭП70 депо Брянск-2 и Агрыз

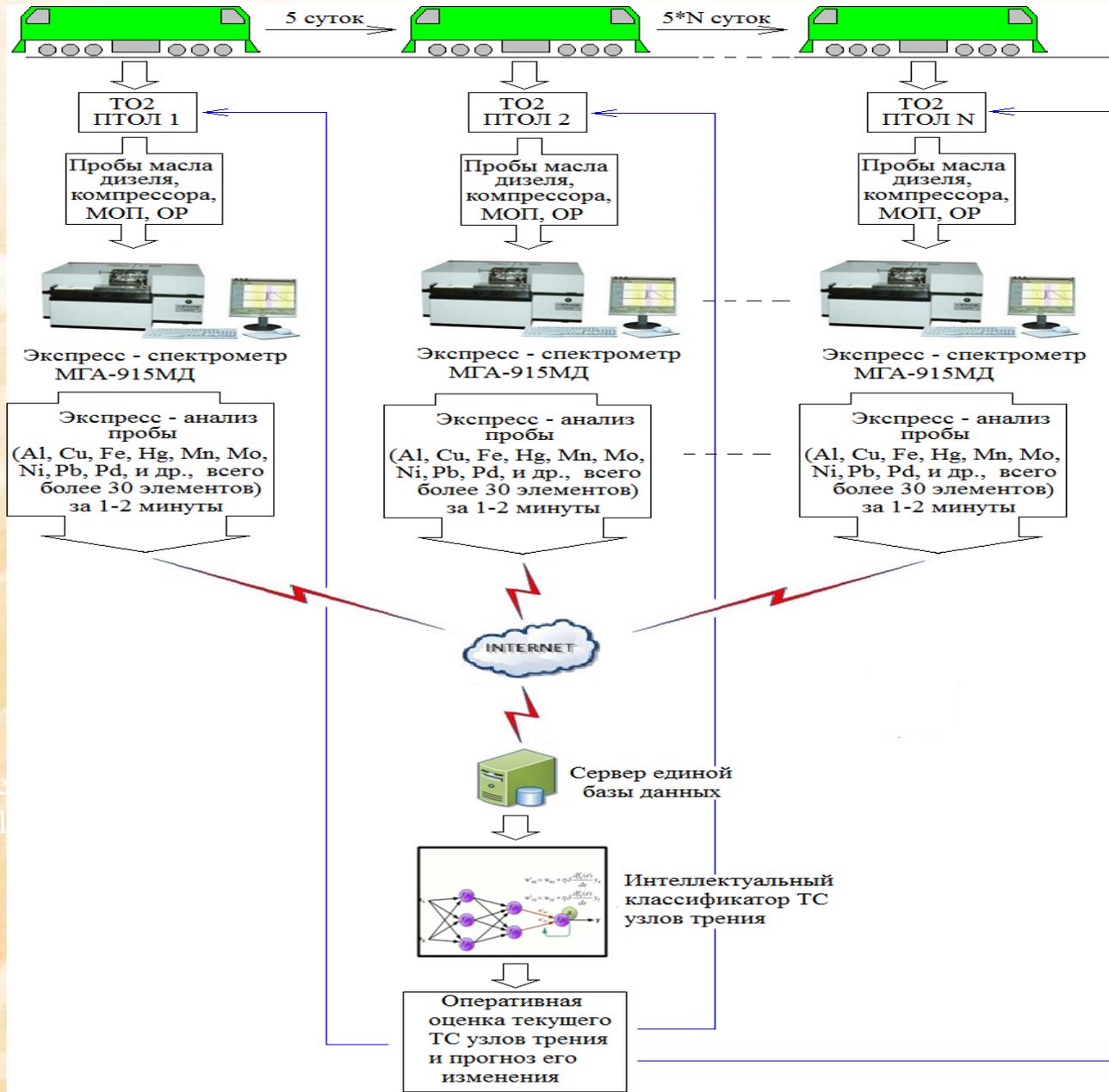
Локомотивное депо	Работа с темпом накопления по рис. 1	Техническое обслуживание ТО-3, тыс. км	Текущий ремонт, тыс. км			Средний ремонт СР, тыс. км
			ТР-1	ТР-2	ТР-3	
Брянск-2	Эталонная	15	50	200	400	800
Агрыз	Текущая	30	90	360	720	1 440

Изменение количества и трудоемкости ТО и ТР тепловоза ТЭП70 за пробег 1440440 км при планировании их с учетом накопленной работы (без учета трудоемкости СР)

Локомотив-ное депо	Показатель	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	СР
Брянск-2	Количество	56	21	3	2	1
	Трудоемкость, чел.-ч.	6 232,8	5 182,8	4 357,5	5 980,0	6 727,5
Агрыз	Количество	32	12	2	1	-
	Трудоемкость, чел.-ч.	3 561,6	2 961,6	2 905,0	2 990,0	-

Использование накопленной работы при планировании сроков ТО и ТР обеспечивает возможность технически обоснованного снижения их трудоемкости на 40-50%

2. Непрерывный контроль состояния узлов трения тепловозов в эксплуатации



Стоимость спек
915МД – 1

3. Непрерывный контроль качества рабочего процесса в цилиндрах дизеля по неравномерности частоты вращения коленчатого вала

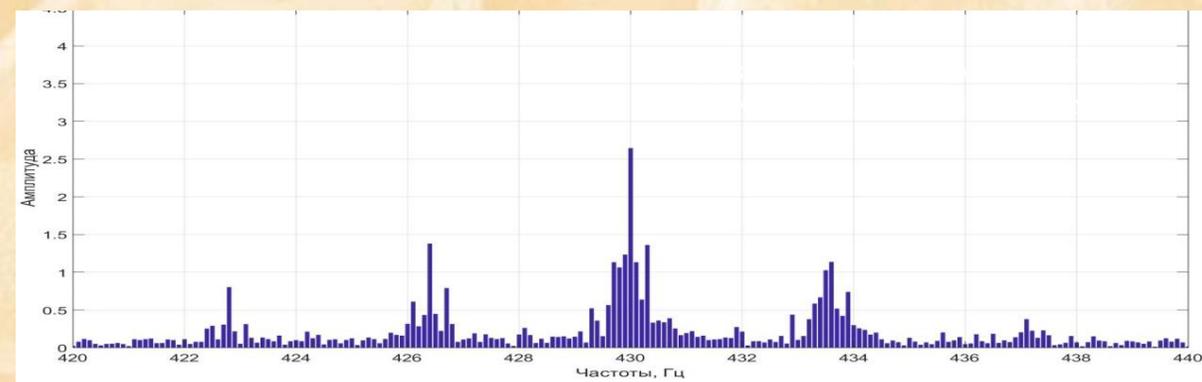
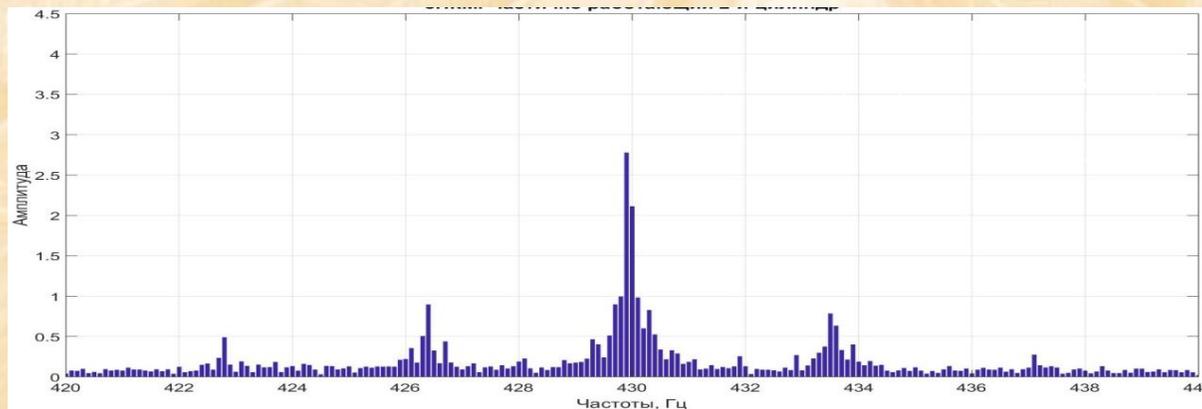
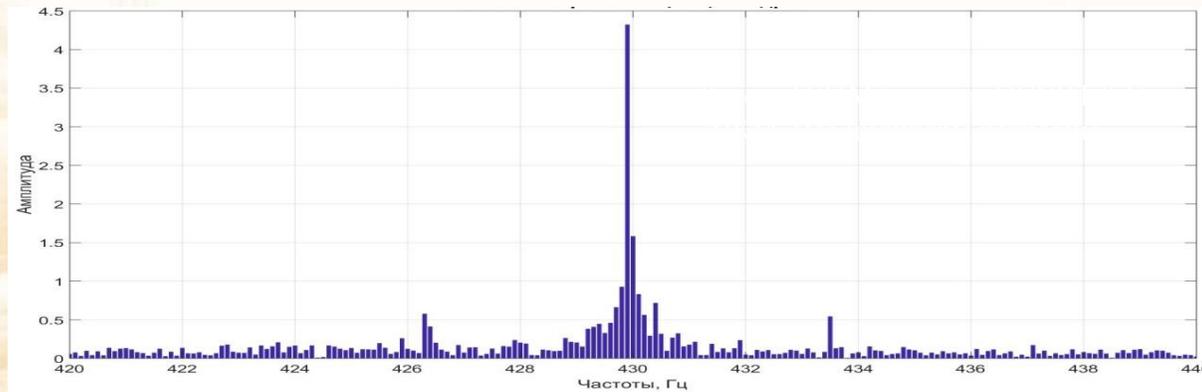
ЭРЧВ ЭРЧМ30Т



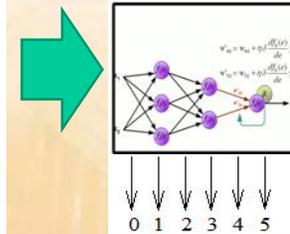
Модуль контроля спектральных характеристик выходного напряжения датчика ЧВ



ЭСУВТ.01



Интеллектуальный классификатор ТС цилиндров дизеля



Оценка ТС дизеля по многоуровневой шкале

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I»

Кафедра «Локомотивы и локомотивное
ХОЗЯЙСТВО»



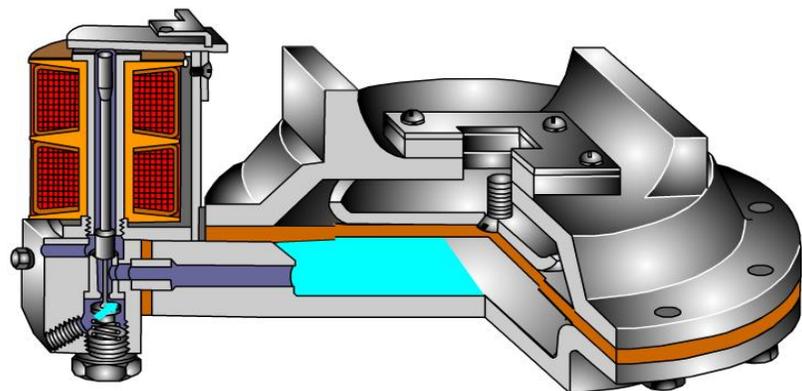
***Современные обучающие
технологии при подготовке
персонала локомотивного
комплекса***



Структура ОКПКП

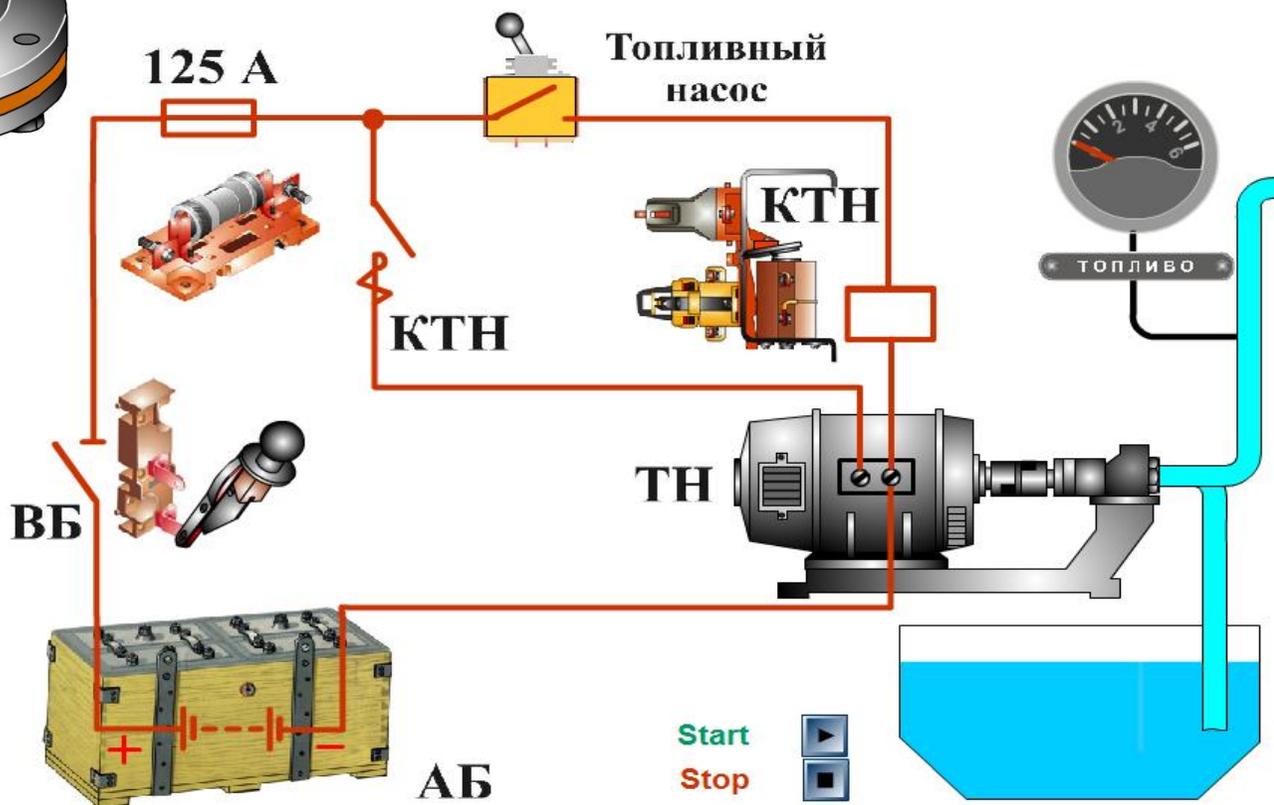


Элементы электронного учебника

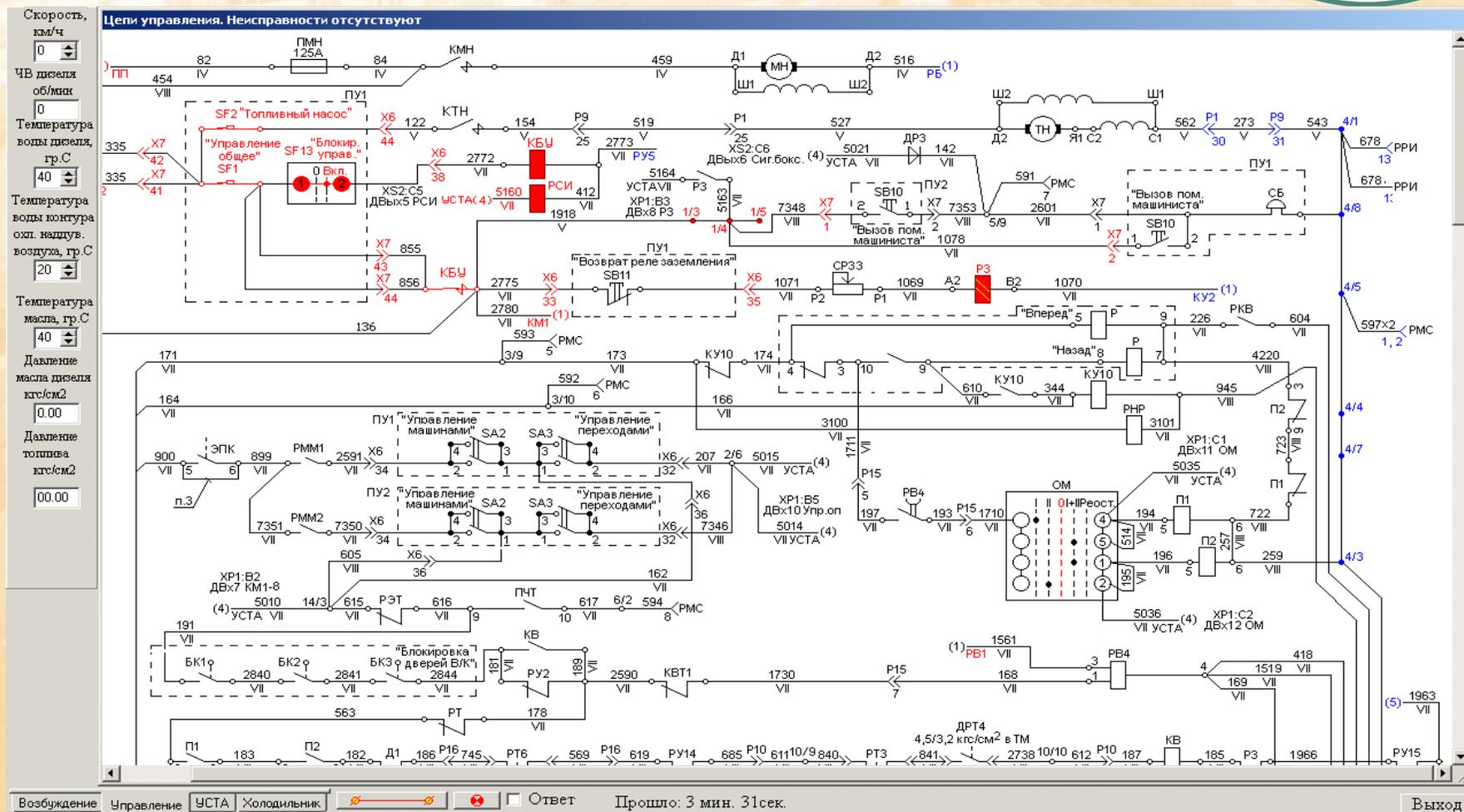


Работа мембранного привода электропневматического контактора

Работа цепи топливоподкачивающего насоса



Окно программного тренажера электрической схемы тепловоза ТЭМ18ДМ





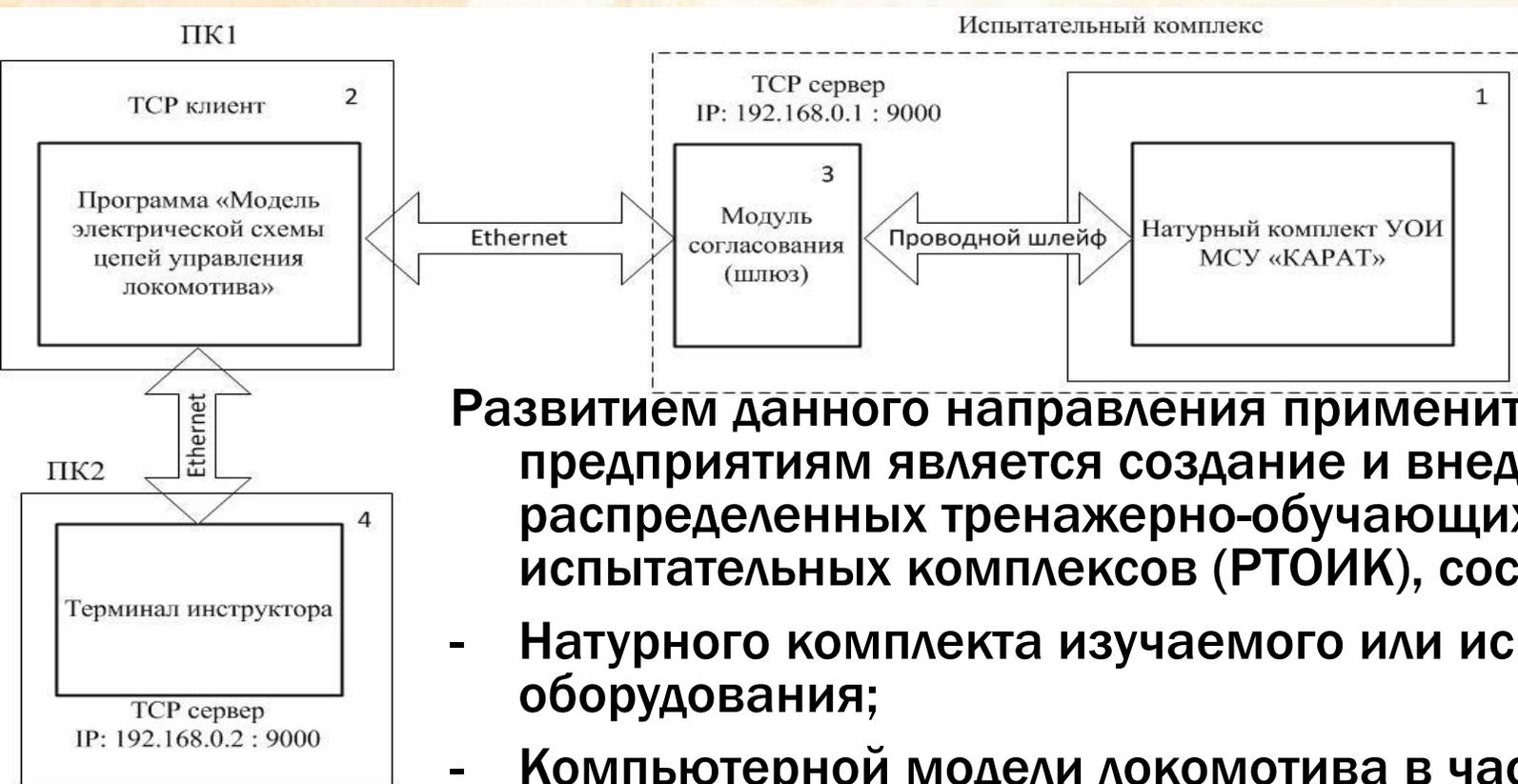
Результаты работы:

Имеющийся задел: полностью разработан и внедрен в учебный процесс Петербургского и Самарского университетов путей сообщения ОКПК для изучения электрической схемы тепловоза ТЭМ18ДМ.

Результаты:

- Повышение качества подготовки;
- Повышение эффективности работы преподавателей и интенсивности обучения;
- Гибкое изменение программы курса под конкретное обучение;
- Повышение объективности оценки знаний.

Совершенствование подхода

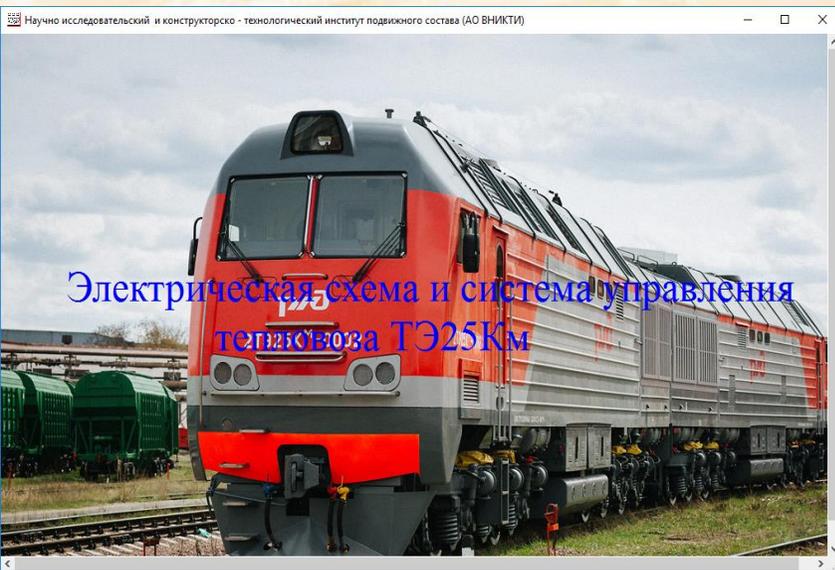


Развитием данного направления применительно к предприятиям является создание и внедрение распределенных тренажерно-обучающих и испытательных комплексов (РТОИК), состоящих из:

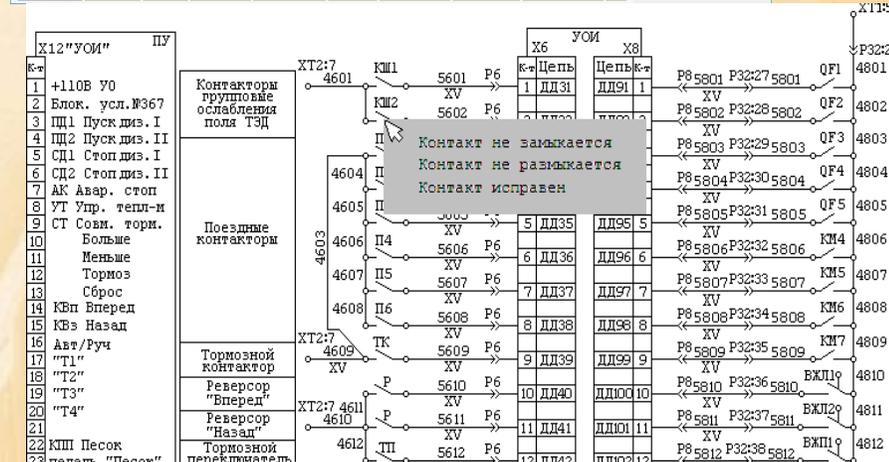
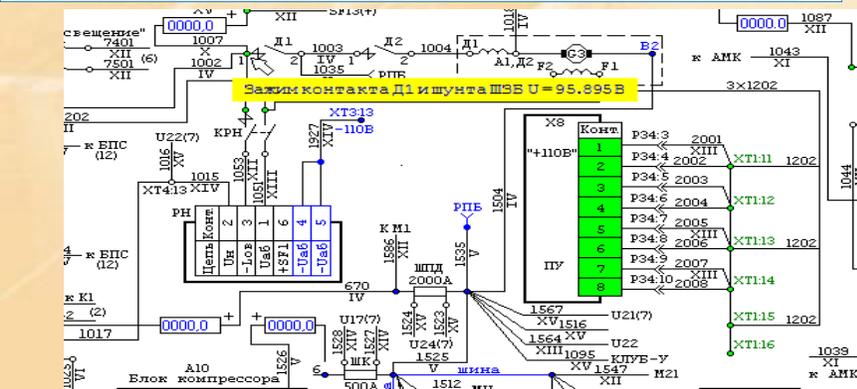
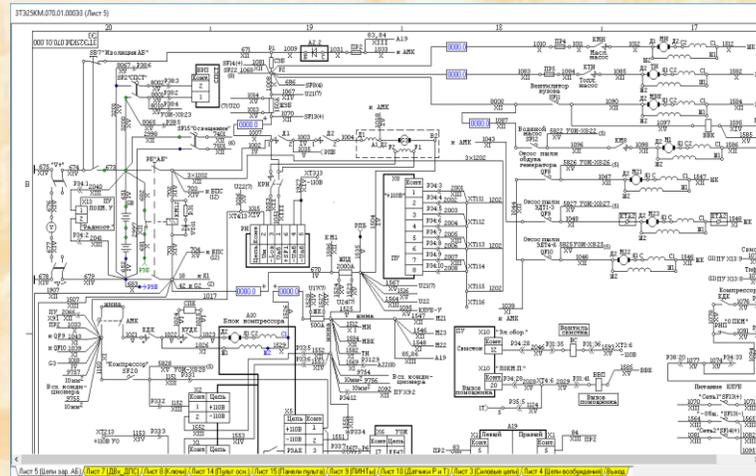
- Натурного комплекта изучаемого или испытываемого оборудования;
- Компьютерной модели локомотива в части, взаимодействующей с оборудованием;
- Модуль согласования (шлюз);
- Инструкторский терминал для формирования тестовых заданий и контроля.



В 2017 году кафедра «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ФГБОУ ВО ПГУПС совместно с АО «ВНИКТИ» в рамках работы над созданием такого комплекса выполнили разработку компьютерной модели электрической схемы тепловоза 2(3)ТЭ25К2М.



Электрическая схема и система управления тепловоза ТЭ25КМ



Возможности РТОИК



- испытание и тестирование отремонтированного оборудования в условиях взаимодействия с реальным (для него) объектом управления в реальном масштабе времени, т.е. выполнение функций контрольно-поверочной аппаратуры для соответствующей группы оборудования;**
- изучение работы электрической схемы тепловоза в целом или в части взаимодействия с определенной группой оборудования персоналом сервисных депо;**
- изучение порядка взаимодействия схемы локомотива с электронным оборудованием в реальных режимах работы тепловоза;**
- анализ взаимодействия схемы тепловоза с оборудованием в аварийных ситуациях (при наличии неисправностей цепей тепловоза с возможностью его неограниченного расширения).**

Функции реализуемые РТОИК



- визуальное отображение основных цепей электрической схемы тепловоза 3ТЭ25К(2)М версии 3ТЭ25КМ.070.01.000 ЭЗ; под основными цепями понимаются цепи, обеспечивающие взаимодействие силового оборудования тепловоза с системой МСУ, а также управление этим оборудованием с пульта управления;**
- ввод управляющих воздействий оператора (машиниста), связанных с обеспечением функционирования силовой цепи тепловоза;**
- расчет потенциалов в 788 узлах электрической схемы при изменении состояния контактной группы любого из коммутационных электрических аппаратов схемы, аппаратов управления или силовых ключей (дискретных выходов) системы МСУ;**
- визуальное отображение текущего состояния контактных групп коммутационных аппаратов (реле, контакторов, кулачковых переключателей) и аппаратов управления;**
- отображение текущего значения потенциала в каждом из 788 узлов схемы при выборе его оператором;**

отображение текущего значения тока через контакты из группы коммутационных

Функции реализуемые РТОиК



- задание неисправности контактных групп аппаратов управления (тумблеров, автоматических выключателей, ручных переключателей), контактных групп реле, вспомогательных контактных групп контакторов и кулачковых переключателей;**
- расчет текущих значений всех параметров силовой установки тепловоза, контролируемых системой МСУ; при этом расчетный режим работы силовой установки определяется текущим состоянием контактных групп коммутационных аппаратов, аппаратов управления, а также алгоритмом работы модели УОИ;**
- визуальное отображение текущих значений параметров силовой установки тепловоза, а также состояния основного оборудования тепловоза («включено/выключено»);**
- преобразование текущих значений параметров силовой установки тепловоза в кодированные значения, принимаемые моделью устройства обработки информации (УОИ) системы;**
- обмен с моделью УОИ по сети Ethernet в соответствии с утвержденным протоколом;**
- ввод состояния силовых ключей (дискретных выходов) системы МСУ, полученного от модели УОИ в процессе обмена, пересчет состояния управляемых ими коммутационных электрических устройств и датчиковых цепей схемы**