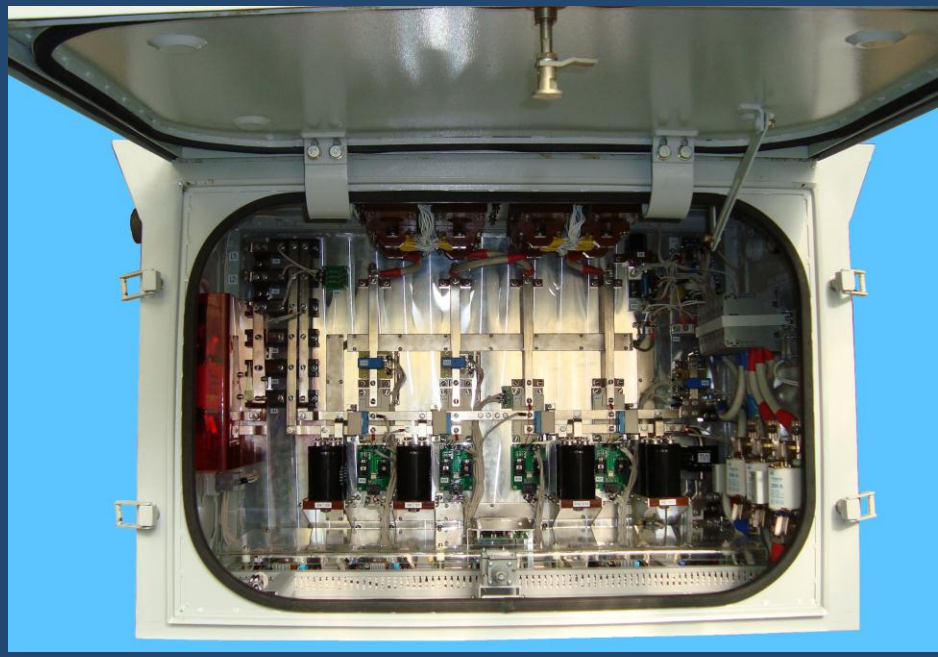
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

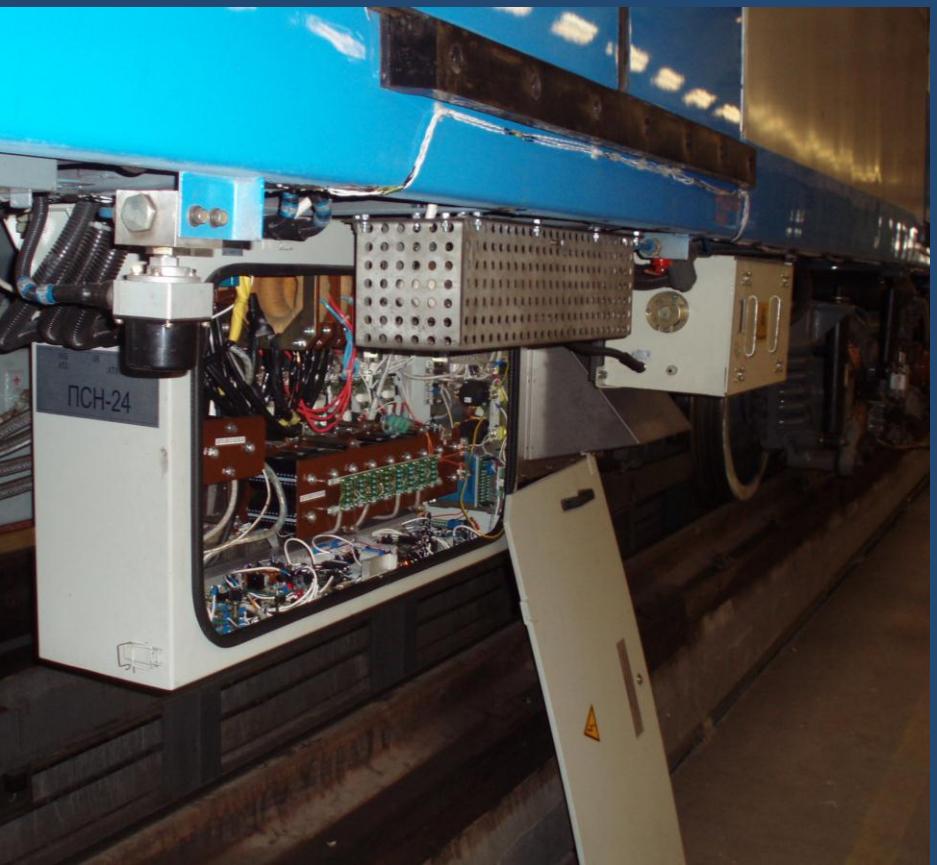
Средства мониторинга и отладки сложных многопроцессорных приводов, объединенных промышленной сетью

д.т.н. Козаченко В.Ф.
к.т.н. Алямкин Д.И.
к.т.н. Лашкевич М.М.
Савкин Д.И.

История вопроса

БРН-32 – блок регулирования напряжения для вагонов поездов дальнего следования





ПСН-24 – преобразователь собственных нужд для вагонов метрополитена

Необходимые составляющие успешной наладки

- Параметрирование системы управления
- Обновление программного обеспечения
- Наблюдение за быстрыми процессами на малом интервале времени
- Наблюдение за медленными процессами нескольких устройств в реальном времени
- Наблюдение за процессами средней скорости на длительном интервале времени
- Удаленный мониторинг и наладка

Мультипроцессорная тяговая электротрансмиссия – НИР «Крымск»

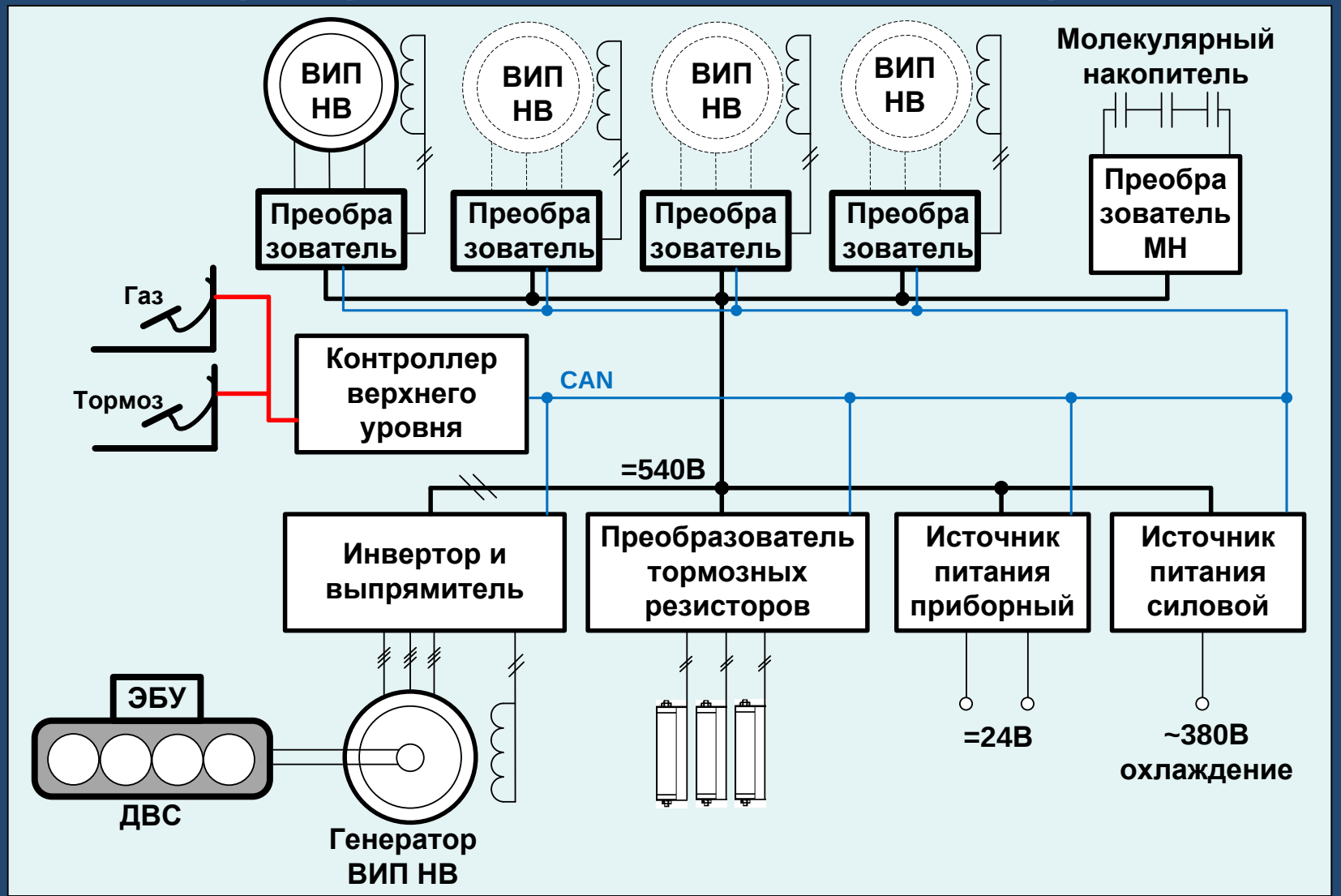
- Тип трансмиссии: гибридная, последовательная
- Количество электродвигателей: 8 ВИД НВ 35кВт
- Мощность ДВС и генератора ВИД НВ: 300кВт
- Молекулярный накопитель: установлен
- Тормозные резисторы: отсутствуют
- Механические тормоза: присутствуют
- Масса: 20т

Система управления – кафедра АЭП и ООО «НПФ Вектор»

Силовые преобразователи – кафедра АЭП и ООО НПП «Цикл+»

Тяговые двигатели и генератор – кафедра ЭКАО

Мультипроцессорная тяговая электротрансмиссия – НИР «Крымск»



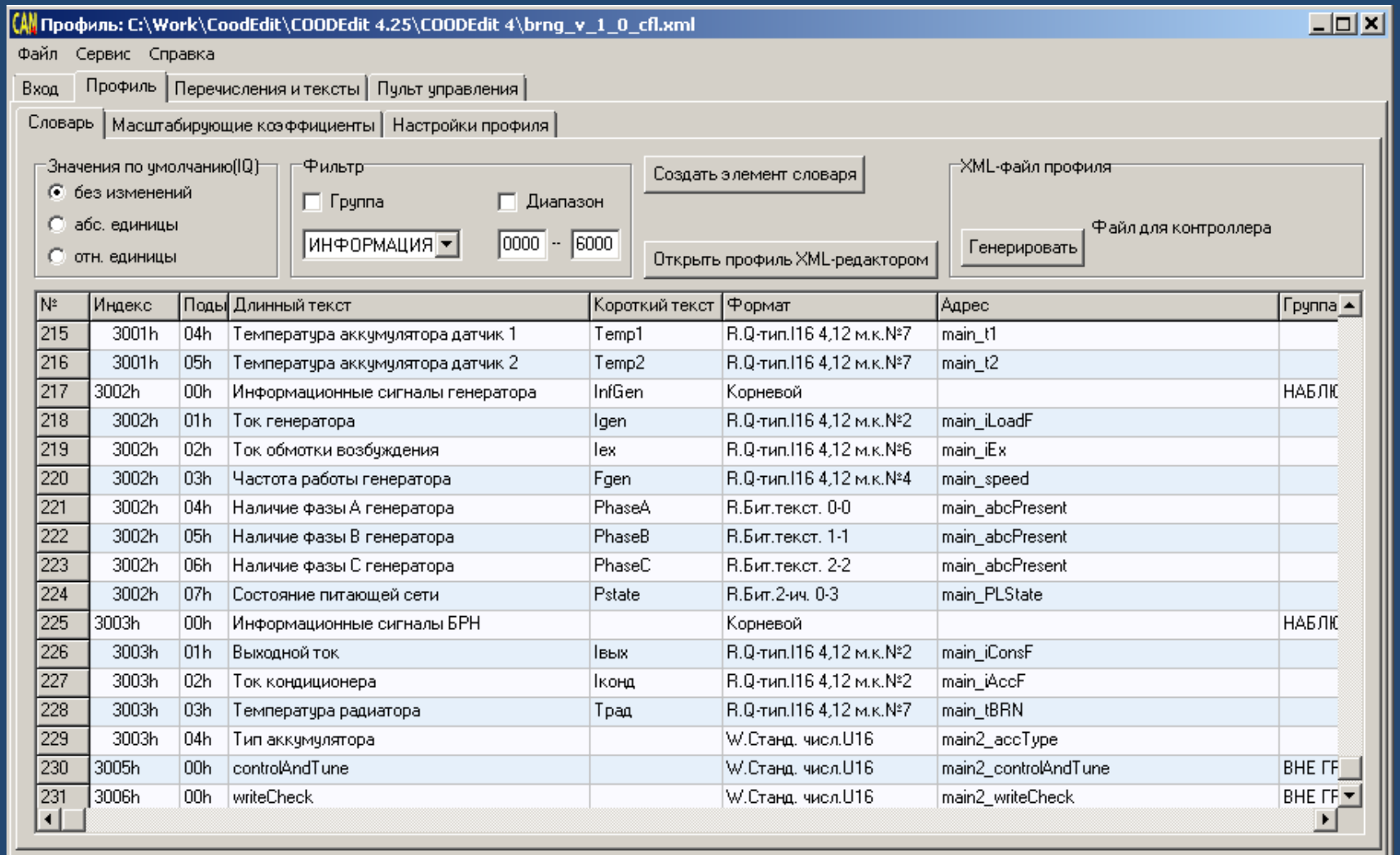
Мультипроцессорная тяговая электротрансмиссия – НИР «Крымск»

CANopen – основа информационного пространства систем управления

- Доступ к любому параметру системы управления с разграничением прав
- Сохранение и загрузка параметров
- Возможность извлечения словаря параметров из системы управления
- Реализация доступа к функциям протокола через другие физические интерфейсы через протокол MODBUS
- Пакетная передача данных для обновления ПО и извлечения осциллограмм

Инструменты CANopen

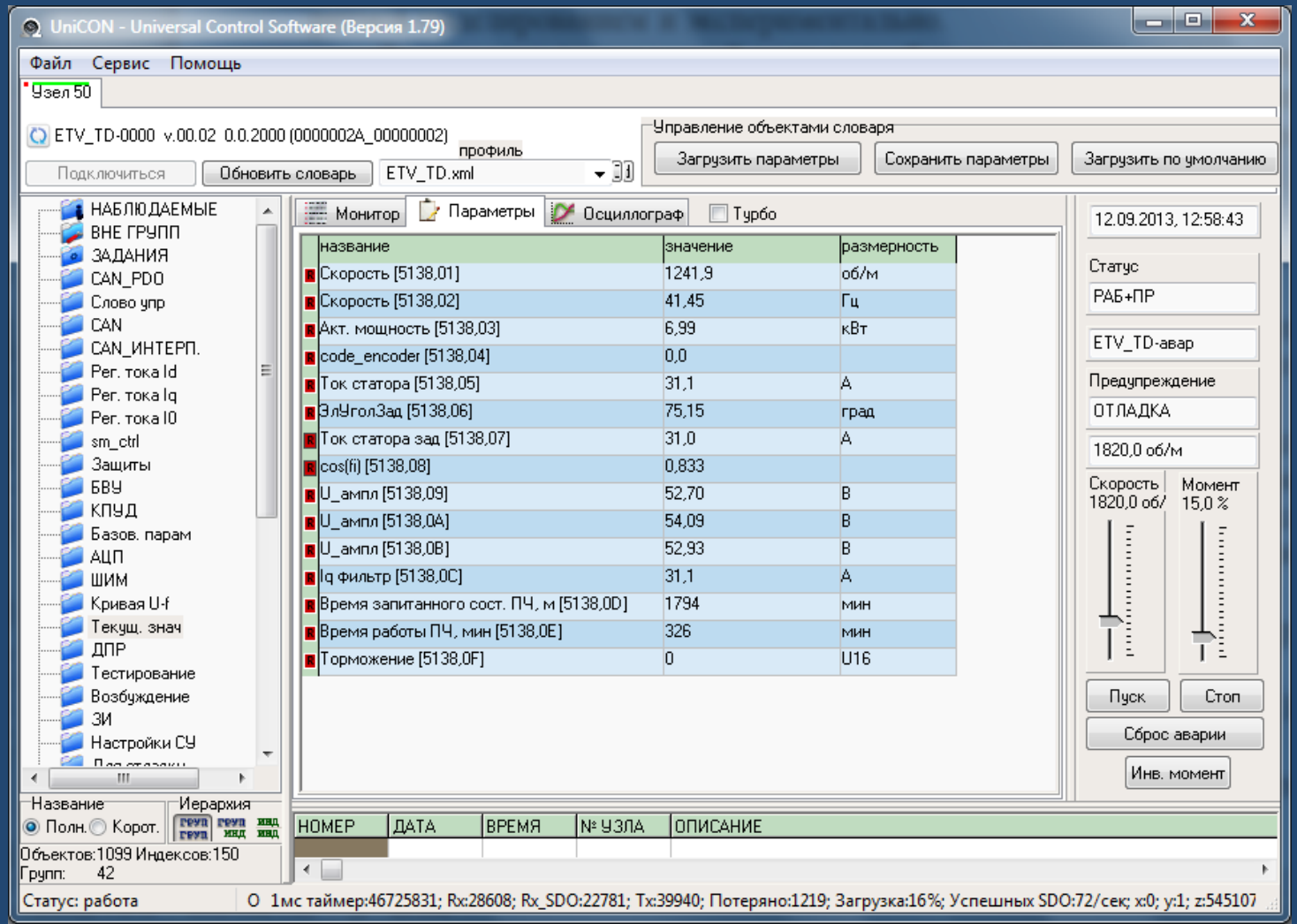
Редактор словарей COODEdit (CANopen Object Dictionary Editor)

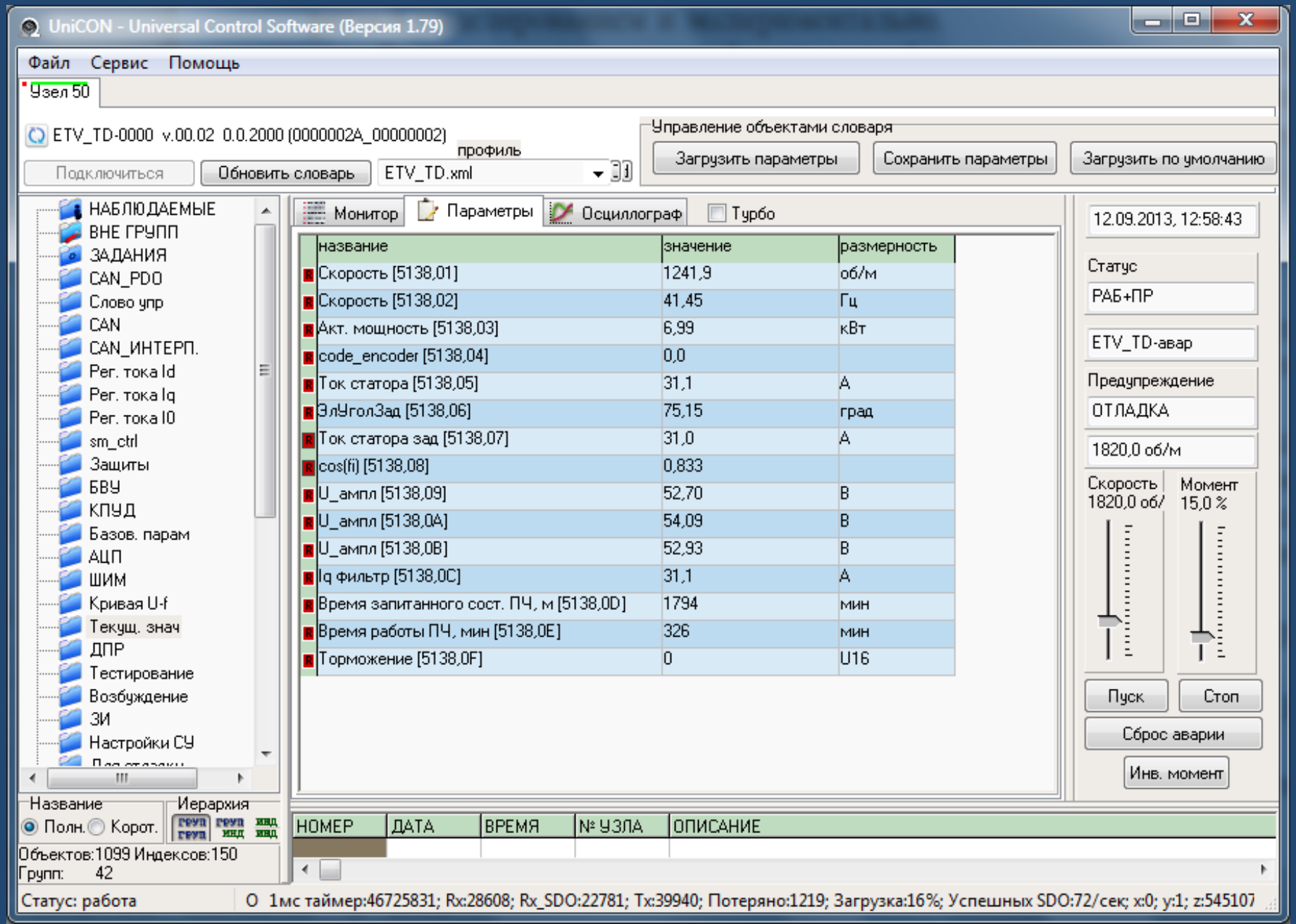


№	Индекс	Поды	Длинный текст	Короткий текст	Формат	Адрес	Группа
215	3001h	04h	Температура аккумулятора датчик 1	Temp1	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№7	main_t1	
216	3001h	05h	Температура аккумулятора датчик 2	Temp2	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№7	main_t2	
217	3002h	00h	Информационные сигналы генератора	InfGen	Корневой		НАБЛЮ
218	3002h	01h	Ток генератора	Igen	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№2	main_iLoadF	
219	3002h	02h	Ток обмотки возбуждения	Iex	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№6	main_iEx	
220	3002h	03h	Частота работы генератора	Fgen	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№4	main_speed	
221	3002h	04h	Наличие фазы А генератора	PhaseA	R.Бит.текст. 0-0	main_abcPresent	
222	3002h	05h	Наличие фазы В генератора	PhaseB	R.Бит.текст. 1-1	main_abcPresent	
223	3002h	06h	Наличие фазы С генератора	PhaseC	R.Бит.текст. 2-2	main_abcPresent	
224	3002h	07h	Состояние питающей сети	Pstate	R.Бит.2-ич. 0-3	main_PLState	
225	3003h	00h	Информационные сигналы БРН		Корневой		НАБЛЮ
226	3003h	01h	Выходной ток	Iвых	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№2	main_iConsF	
227	3003h	02h	Ток кондиционера	Iконд	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№2	main_iAccF	
228	3003h	03h	Температура радиатора	Tрад	R.Q-тип.I16 4,12 м.к.№7	main_tBRN	
229	3003h	04h	Тип аккумулятора		W.Станд. числ.U16	main2_accType	
230	3005h	00h	controlAndTune		W.Станд. числ.U16	main2_controlAndTune	ВНЕ ГР
231	3006h	00h	writeCheck		W.Станд. числ.U16	main2_writeCheck	ВНЕ ГР

Инструменты CANopen

Программа работы с устройствами по протоколу CANopen – UniCON



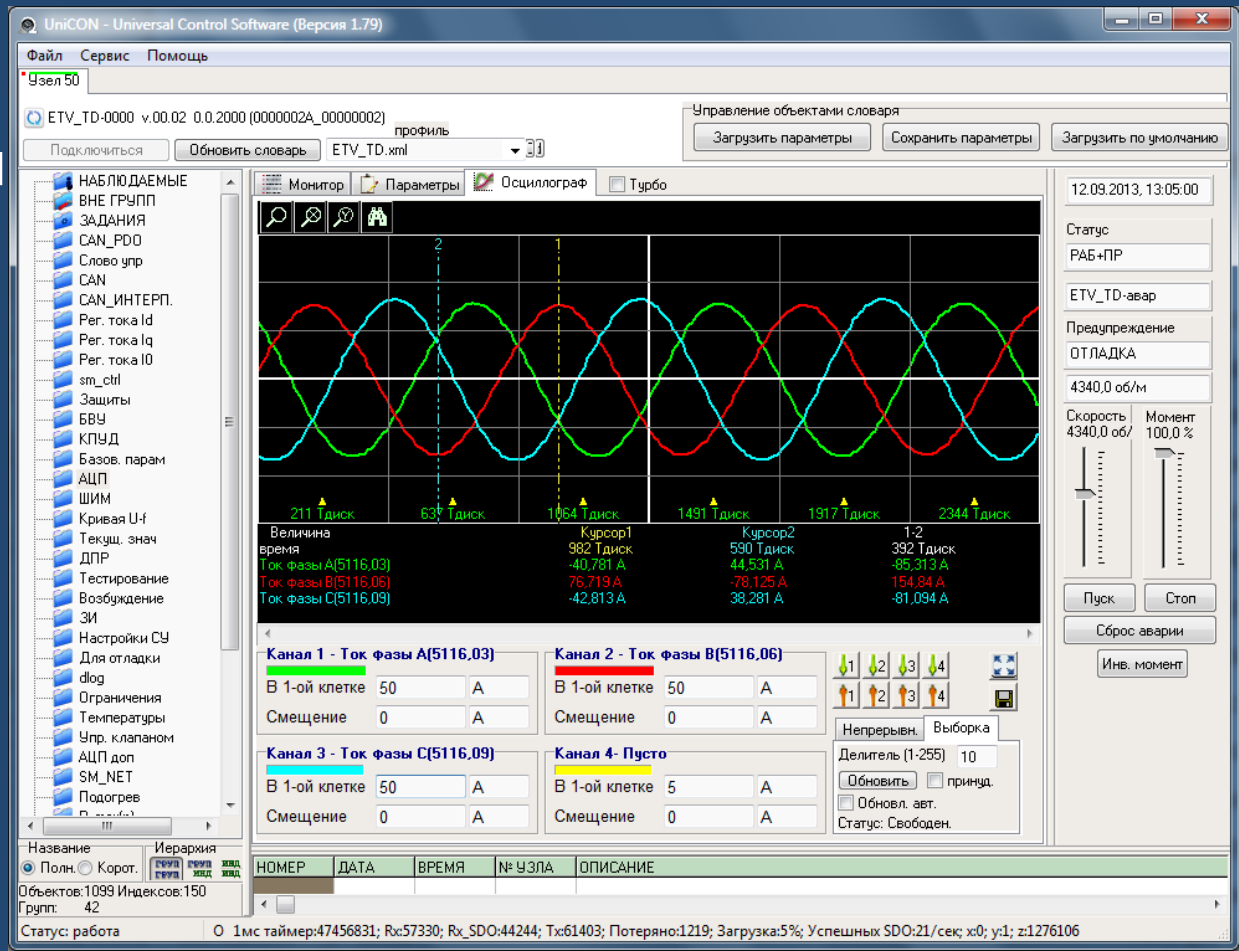

UniCON - Universal Control Software (Версия 1.79)
Файл Сервис Помощь
Узел 50
ETV_TD-0000 v.00.02 0.0.2000 (0000002A_00000002)
профиль
Подключиться
Обновить словарь
ETV_TD.xml
Управление объектами словаря
Загрузить параметры
Сохранить параметры
Загрузить по умолчанию
НАБЛЮДАЕМЫЕ
ВНЕ ГРУПП
ЗАДАНИЯ
CAN_PDO
Слово упр
CAN
CAN_ИНТЕРП.
Рег. тока Id
Рег. тока Iq
Рег. тока I0
sm_ctrl
Защиты
БВУ
КПУД
Базов. парам
АЦП
ШИМ
Кривая U-f
Текущ. знач
ДПР
Тестирование
Возбуждение
ЗИ
Настройки СУ
Монитор
Параметры
Осциллограф
Турбо
название
значение
размерность
Скорость [5138,01] 1241,9 об/м
Скорость [5138,02] 41,45 Гц
Акт. мощность [5138,03] 6,99 кВт
code_encoder [5138,04] 0,0
Ток статора [5138,05] 31,1 А
ЭлУголЗад [5138,06] 75,15 град
Ток статора зад [5138,07] 31,0 А
cos(fi) [5138,08] 0,833
U_ампл [5138,09] 52,70 В
U_ампл [5138,0A] 54,09 В
U_ампл [5138,0B] 52,93 В
Iq фильтр [5138,0C] 31,1 А
Время запитанного сост. ПЧ, м [5138,0D] 1794 мин
Время работы ПЧ, мин [5138,0E] 326 мин
Торможение [5138,0F] 0 U16
12.09.2013, 12:58:43
Статус
РАБ+ПР
ETV_TD-авар
Предупреждение
ОТЛАДКА
1820,0 об/м
Скорость 1820,0 об/
Момент 15,0 %
Пуск
Стоп
Сброс аварии
Инв. момент
Название
Полн.
Корот.
Иерархия
Объектов:1099 Индексов:150
Групп: 42
НОМЕР
ДАТА
ВРЕМЯ
№ УЗЛА
ОПИСАНИЕ
Статус: работа
О 1мс таймер:46725831; Rx:28608; Rx_SDO:22781; Tx:39940; Потеряно:1219; Загрузка:16%; Успешных SDO:72/сек; x:0; y:1; z:545107

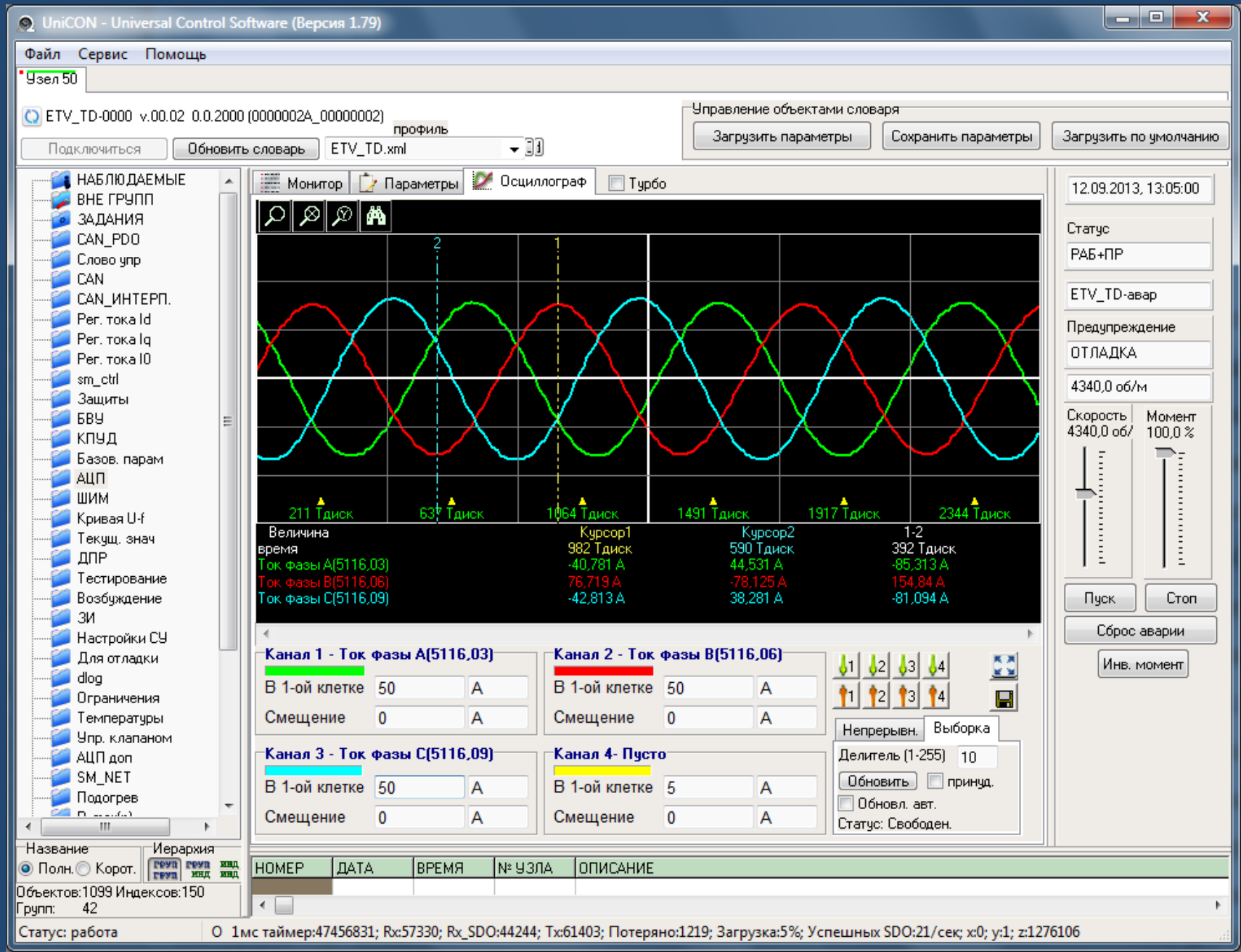
Обновление программного обеспечения

- Возможность обновления программного обеспечения по CAN в условиях, когда преобразователи герметизированы и физический доступ для подключения программатора отсутствует
- Надежный протокол пакетной передачи (packet SDO) с контролем целостности данных
- Аутентификация типа CHAP с поддержкой аппаратных кодов секретности микроконтроллеров Texas Instruments
- Шифрование передаваемых данных с использованием криптографически стойкого генератора случайных чисел RC4 для исключения утечки кода прошивки по CAN-сети и дальнейшего реверс-инжениринга.
- Скорость программирования ограничена скоростью встроенной Flash-памяти

Осциллографирование быстрых процессов

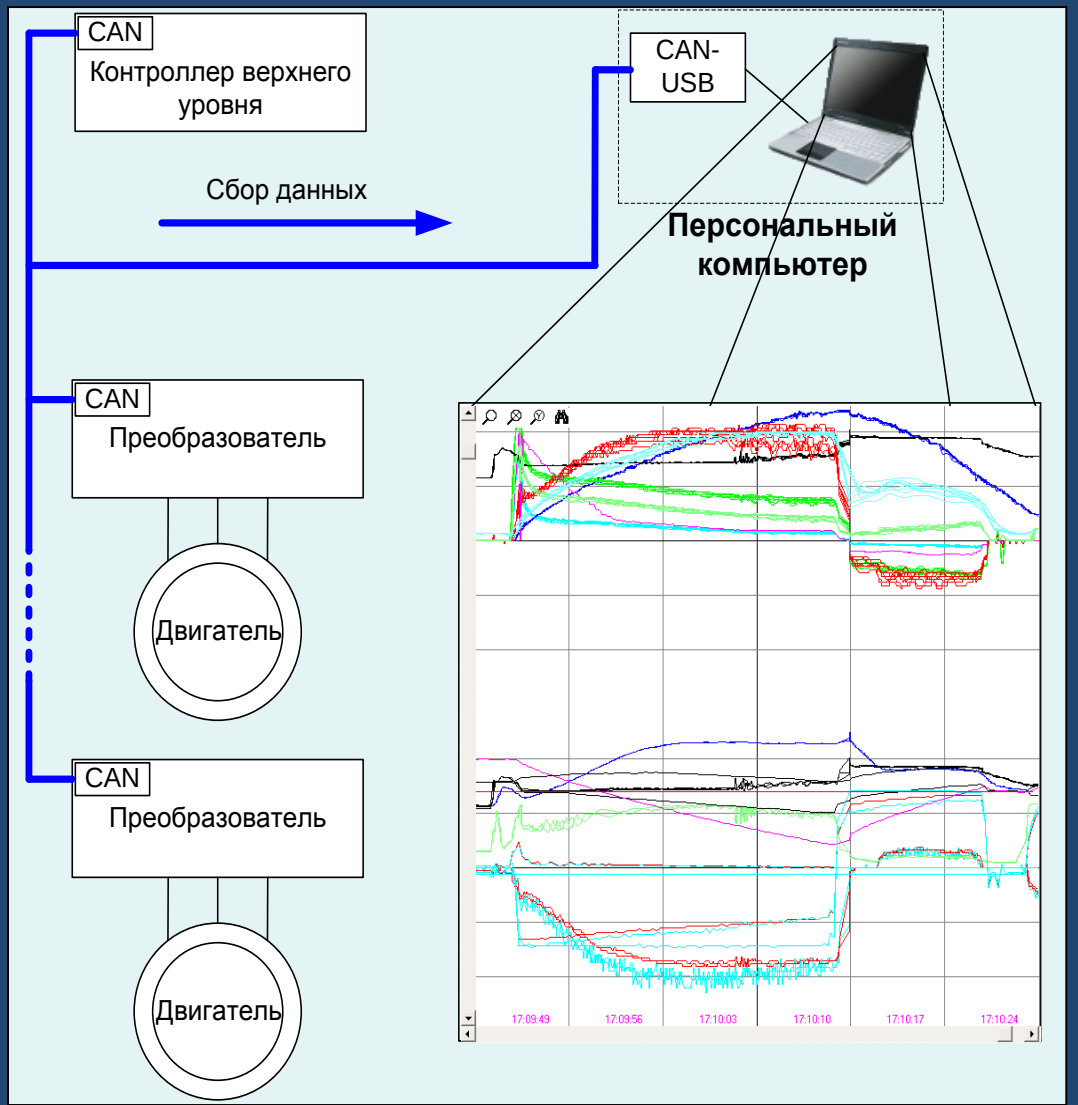
- До 4-х переменных состояния
- От 4 Гц до 80 кГц
- 256 выборок по каждой переменной состояния
- Запись по событию

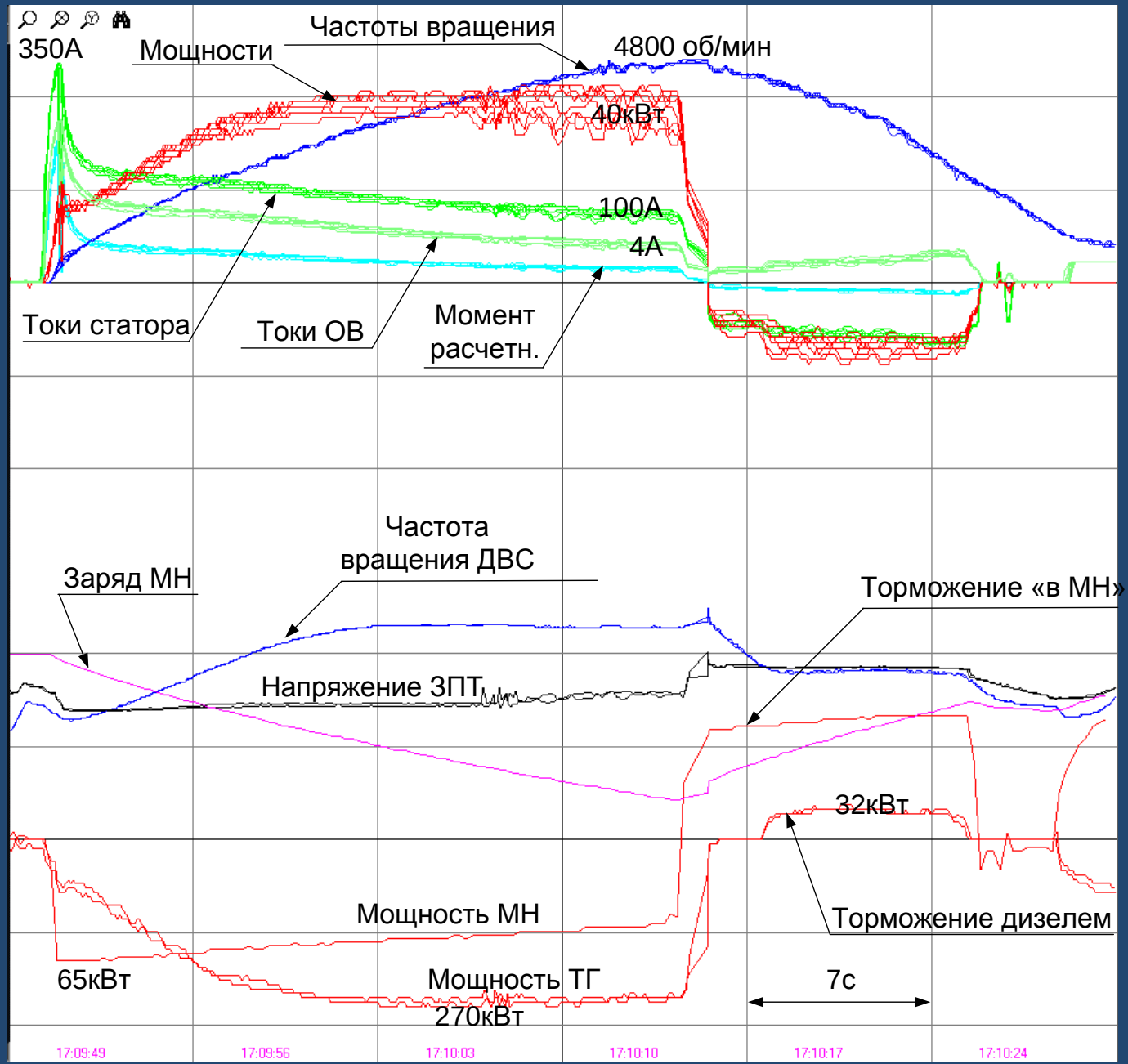



UniCON - Universal Control Software (Версия 1.79)
Файл Сервис Помощь
Узел 50
ETV_TD-0000 v.00.02 0.0.2000 (0000002A_00000002)
профиль
Подключиться
Обновить словарь
ETV_TD.xml
Управление объектами словаря
Загрузить параметры
Сохранить параметры
Загрузить по умолчанию
НАБЛЮДАЕМЫЕ
ВНЕ ГРУПП
ЗАДАНИЯ
CAN_PDO
Слово упр
CAN
CAN_ИНТЕРП.
Рег. тока Id
Рег. тока Iq
Рег. тока I0
sm_ctrl
Защиты
БВУ
КПУД
Базов. парам
АЦП
ШИМ
Кривая U-f
Текущ. знач
ДПР
Тестирование
Возбуждение
ЗИ
Настройки СУ
Для отладки
dlog
Ограничения
Температуры
Упр. клапаном
АЦП доп
SM_NET
Подогрев
Монитор
Параметры
Осциллограф
Турбо
2
1
211 Тдиск
1064 Тдиск
1491 Тдиск
1917 Тдиск
2344 Тдиск
Величина
Курсор1
Курсор2
1-2
время
982 Тдиск
590 Тдиск
392 Тдиск
Ток фазы A(5116,03)
-40,781 A
44,531 A
-85,313 A
Ток фазы B(5116,06)
76,719 A
-78,125 A
154,84 A
Ток фазы C(5116,09)
-42,813 A
38,281 A
-81,094 A
Канал 1 - Ток фазы A(5116,03)
В 1-ой клетке 50 A
Смещение 0 A
Канал 2 - Ток фазы B(5116,06)
В 1-ой клетке 50 A
Смещение 0 A
Канал 3 - Ток фазы C(5116,09)
В 1-ой клетке 50 A
Смещение 0 A
Канал 4- Пусто
В 1-ой клетке 5 A
Смещение 0 A
Непрерывн.
Выборка
Делитель (1-255) 10
Обновить
принуд.
Обновл. авт.
Статус: Свободен.
12.09.2013, 13:05:00
Статус
РАБ+ПР
ETV_TD-авар
Предупреждение
ОТЛАДКА
4340,0 об/м
Скорость
4340,0 об/
Момент
100,0 %
Пуск
Стоп
Сброс аварии
Инв. момент
НОМЕР
ДАТА
ВРЕМЯ
№ УЗЛА
ОПИСАНИЕ
Название
Полн.
Корот.
Иерархия
Объектов:1099 Индексов:150
Групп: 42
Статус: работа
О 1мс таймер:47456831; Rx:57330; Rx_SDO:44244; Tx:61403; Потеряно:1219; Загрузка:5%; Успешных SDO:21/сек; x:0; y:1; z:1276106

Осциллографирование медленных процессов с большого числа устройств в реальном времени

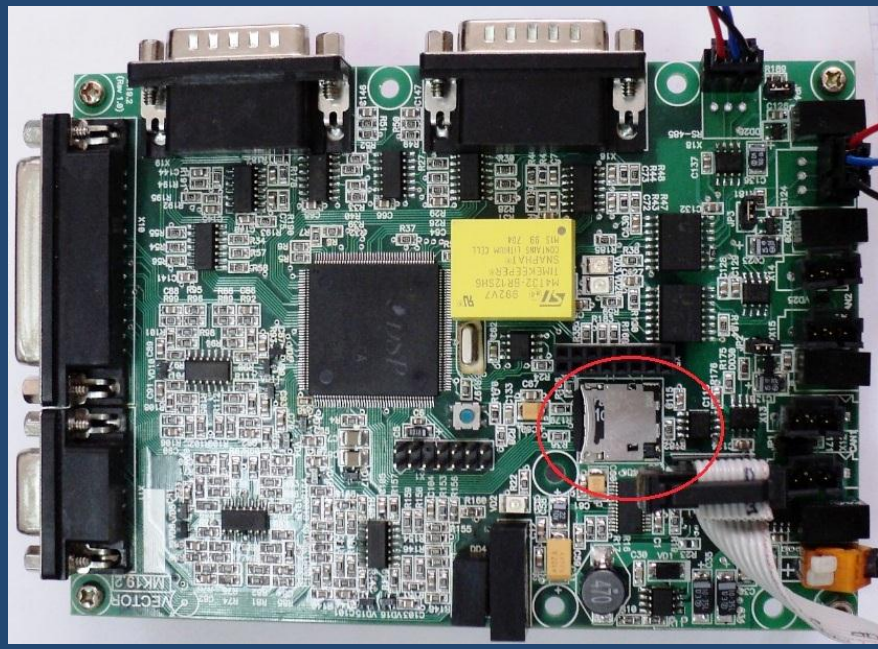
- Сбор данных из PDO сообщений сети от всех устройств
- Запись архива
- Построение графиков




350А
Мощности
Частоты вращения
4800 об/мин
40кВт
100А
4А
Токи статора
Токи ОВ
Момент расчетн.
Частота вращения ДВС
Заряд МН
Торможение «в МН»
Напряжение ЗПТ
32кВт
Мощность МН
Торможение дизелем
65кВт
Мощность ТГ
270кВт
7с
17:09:49
17:09:56
17:10:03
17:10:10
17:10:17
17:10:24

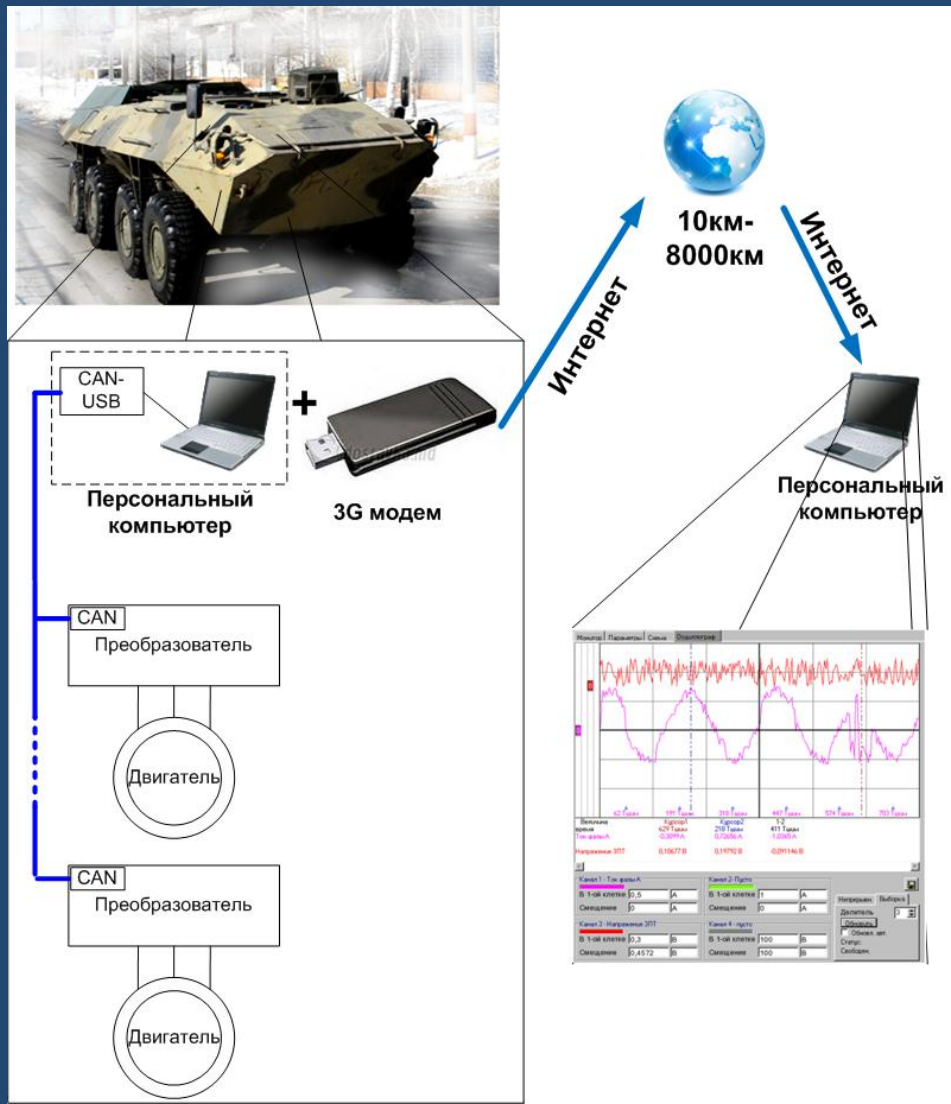
Осциллографирование среднескоростных процессов

- Стандартная micro-SD карта
- От 1 до 64 параметров
- Частота регистрации до 1 кГц
- Циклическая запись в файл до 2 Гбайт (FAT16/32)
- Время записи 3,5 суток (для 64 параметров 100 Гц)
- Время записи 20 суток (для 10 параметров 100 Гц)
- Наблюдение за тепловыми и энергетическими процессами
- «Черный ящик» для анализа неисправностей



Дистанционная наладка электротрансмиссии и отладка ПО через удаленный рабочий стол

- Полный доступ к настройке привода и осциллографированию данных через Интернет
- Не требуется обязательное присутствие конкретного сотрудника в командировке
- В зоне испытаний необходимо качественное покрытие сотовой сети



Выводы

- Описанные средства отладки требуют большего времени разработки, чем сами системы управления
- Будучи единожды разработанными, они дают существенное преимущество в процессе разработки и наладки
- При всех преимуществах сильно увеличивается время «входа» разработчика в процесс
- Требуется стандартизация средств и создание обучающих курсов для подготовки переподготовки специалистов