

ОСРВ QNX Neutrino в преобразовательной технике для железнодорожного транспорта

Слепнев Владимир Яковлевич – зам. ген. директора по науке и технологиям, Коржавин Максим Евгеньевич – начальник отдела перспективного развития, Остроухов Всеволод Викторович – ведущий инженер отдела перспективного развития.

Введение

В 2010 г. Челябинский Научно-технический центр «Приводная техника» начал разработку преобразовательной техники для железнодорожного транспорта. За три года были разработаны и изготовлены: преобразователь для питания тяговых асинхронных электродвигателей, преобразователи собственных нужд для электровозов постоянного тока 2ЭС6 и EL21, комплект преобразователей для гибридного тепловоза ТЭМ9Н. В ходе работы специалистами НТЦ «Приводная техника» были созданы уникальные программно-аппаратные решения, построенные на базе операционной системы реального времени QNX Neutrino.

ПСН для электровозов постоянного тока 2ЭС6

Преобразователь собственных нужд (ПСН) предназначен для питания вспомогательных механизмов и возбуждения тяговых электродвигателей (ТЭД) локомотива (рис. 1). ПСН содержит регулируемые по напряжению и частоте каналы питания вентиляторов охлаждения ТЭД и компрессоров тормозной магистрали, зарядное устройство аккумуляторной батареи, канал постоянного тока 110 В. Возбуждение двух тяговых электродвигателей постоянного тока осуществляется самостоятельным преобразователем.



Рисунок 1 – ПСН для электровоза постоянного тока 2ЭС6

ПСН преобразует постоянное напряжение контакт-

ПСН преобразует постоянное напряжение контактной сети 3 кВ в переменное импульсное с помощью однофазных инверторов, которое затем понижается высокочастотными трансформаторами и выпрямляется для питания вторичных преобразователей.

Для управления преобразователями был разработан модуль управления MPBD, отличительной особенностью которого является наличие оптических выходов для управления силовыми полупроводниковыми приборами (см. табл.). Модуль управления MPBD состоит из платы ввода вывода сигналов, процессорного узла и блока питания. Процессорный узел – это одноплатный компьютер в формфакторе PCI-104 или PC-104+ с процессором x86, который взаимодействует с платой ввода-вывода сигналов по шине PCI.

Управление компонентами платы ввода-вывода осуществляется программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС) Altera Cyclone 2, скрывающей от прикладного уровня особенности аппаратной реализации и предоставляющей программный интерфейс в виде набора регистров устройства шины PCI. В программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) также реализована логика формирования широтно-модулированных сигналов.

В ПСН использовано пять модулей управления MPBD (СУ1-СУ5). Структурная схема распределённой системы управления преобразователя показана на рис. 2. Модули управления СУ1 и СУ2 управляют входными инверторами и схемой повышения напряжения; модуль СУ3 – трёхфазными инверторами напряжения, питающими вентиляторы охлаждения ТЭД и компрессор; СУ4 – зарядным устройством; СУ5 – возбуждением тяговых электродвигателей.

Таблица 1 – Технические характеристики модуля управления MPBD

Периферия		
	Уровень, В	Количество
Дискретные входы	24	20
Дискретные выходы	24	15
Аналоговые входы	±10, 5	20
Аналоговые выходы	±10, +24, -5	4
Оптические входы	HFBR-2531Z	9
Оптические выходы	HFBR-1532F	18
Вход для подключения инкрементального энкодера	5 (дифференциальный)	2
Питание		
Входное напряжение, В	24	
Питание процессорной платы, В	5	
Питание АЦП, В	+/- 15	

Процессорный узел	
Одноплатный компьютер в форм-факторе PC-104+, PCI-104, PCIe-104	
Габариты и масса	
Ширина, мм	332
Высота, мм	265
Глубина, мм	105
Масса, кг	4,5

В ПСН использовано пять модулей управления MPVD (СУ1-СУ5). Структурная схема распределенной системы управления преобразователя показана на рисунке 2. Модули управления СУ1 и СУ управляют входными инверторами и схемой повышения напряжения; модуль СУ3 – трехфазными инверторами напряжения, питающими вентиляторы охлаждения ТЭД и компрессор; СУ4 – зарядным устройством; СУ5 – возбуждением тяговых электродвигателей.

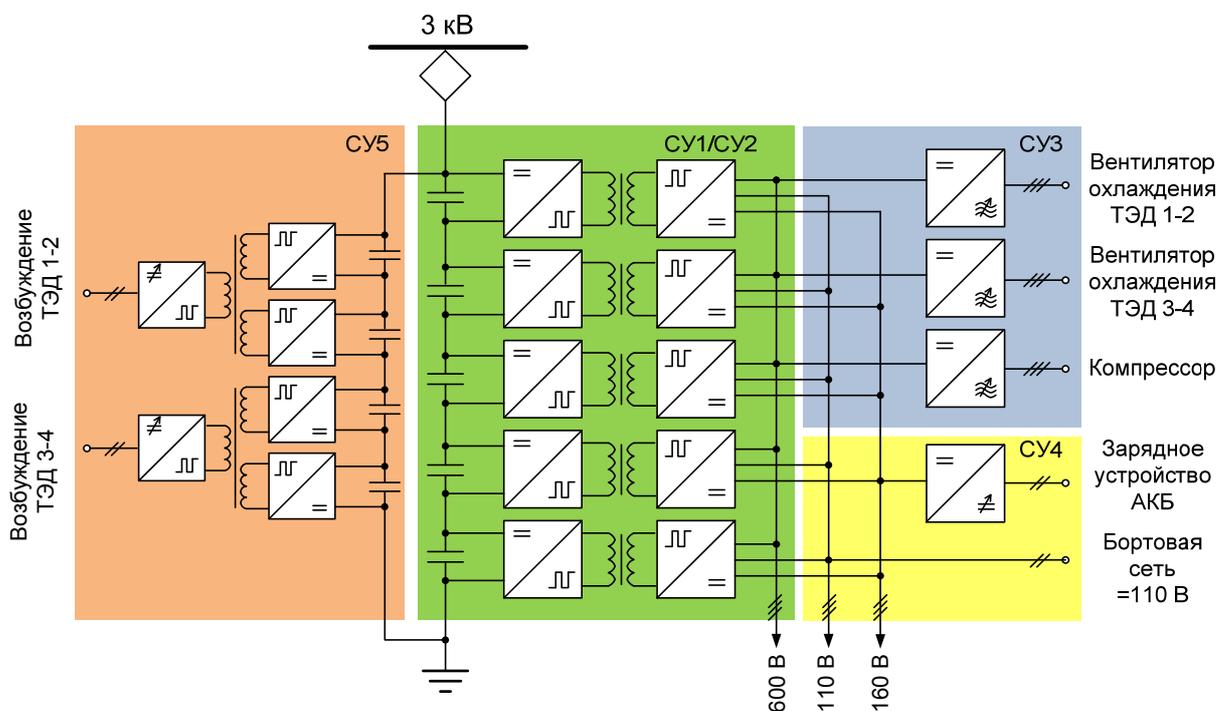


Рисунок 2 – Структурная схема ПСН электровоза 2ЭС6

Все модули объединены в локальную вычислительную сеть Ethernet для обмена управляющей и диагностической информацией. Модули СУ1 и СУ2 выполняют также роль информационных шлюзов для связи преобразователя с микропроцессорной системой управления и диагностики локомотива (МПСУиД) по протоколу Modbus RTU. На каждом модуле управления установлена операционная система QNX Neutrino 6.3.2 с комплектом прикладного программного обеспечения.

Программа управления работает в составе программного комплекса, разработанного НТЦ «Приводная техника». Комплекс состоит из утилиты SERVER (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010614984), программных средств удалённой отладки PANEL и TREND (свидетельства №2010614981 и №2010614983), утилиты связи DGNS (свидетельство №2010614982).

Специально для этого проекта, в удобной среде разработки IDE QNX Momentics, были разработаны две утилиты – DGNS и VAREX.

Сама система использования технологического сервера обеспечивается посредством прозрачного взаимодействия по сети – по протоколу Qnet нативной службы QNX.

Утилита DGNS осуществляет поиск технологических серверов с помощью вещания UDP-multicast или UDP-broadcast и предоставляет информацию о подключении к ним.

Утилита VAREX – это распределённое хранилище для обмена информацией между узлами в сети. Утилита VAREX используется для обмена управляющими и диагностическими данными между модулями управления преобразователя, позволяя разным компонентам ПСН функционировать как единое целое. Система VAREX – децентрализованная, то есть в сети нет выделенного сервера, поэтому её работоспособность не зависит от состояния отдельных узлов. Каждый узел содержит локальную копию хранилища и при изменении содержимого он с помощью рассылок UDP-broadcast уведомляет об этом другие копии программы.

Таким образом, утилиты VAREX и DGNS предназначены для доступа к информации и созданы с использованием технологии менеджера ресурсов QNX, что позволяет не только программам работать с утилитами, но и пользователю просматривать содержимое хранилища или параметры связи.

Удобство интерфейса менеджера ресурсов QNX позволило достаточно просто реализовать единую точку предоставления информации через единообразный интерфейс.

Модуль (капот) для гибридного тепловоза ТЭМ9Н

В 2011 году началась работа над гибридным тепловозом ТЭМ9Н. В тепловозе ТЭМ9Н вместе с традиционным дизель-генератором использованы современные накопители энергии – суперконденсаторы и супераккумуляторы. В

тепловозе установлена одна из самых больших в мире литий-ионных аккумуляторных батарей, состоящая из 288 последовательно соединённых ячеек, общей ёмкостью 300 А ч и суммарным напряжением 1 кВ. Тепловоз может несколько часов работать только от аккумуляторной батареи.

Экономия топлива достигается за счёт интеллектуального управления источниками энергии и рекуперации энергии торможения.

НТЦ «Приводная техника» разработал для ТЭМ9Н комплект преобразователей, объединённых в едином конструктиве – модуле (капоте) (рис. 3).

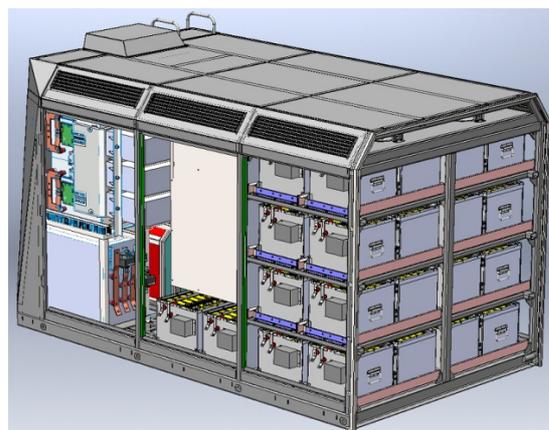


Рисунок 3 – Модуль (капот) для гибридного тепловоза ТЭМ9Н

Модуль (капот) состоит из группы преобразователей, объединённых общим звеном постоянного тока: выпрямительного модуля, преобразующего переменное напряжение генератора в постоянное; преобразователя повышения напряжения для поднятия выпрямленного напряжения генератора до рабочего напряжения 1100 В; преобразователя зарядно-разрядного устройства для супераккумуляторной батареи; двух тяговых преобразователей и преобразователей собственных нужд ПСН1, ПСН2, ПСН3 для питания вентиляторов охлаждения дизеля, ТЭД и компрессора. Весь этот комплекс устройств обслуживают три модуля управления МРВД (рис. 4).

При создании системы управления тяговых преобразователей тепловоза ТЭМ9Н возникли задачи, потребовавшие разработки новых программных и аппаратных средств.

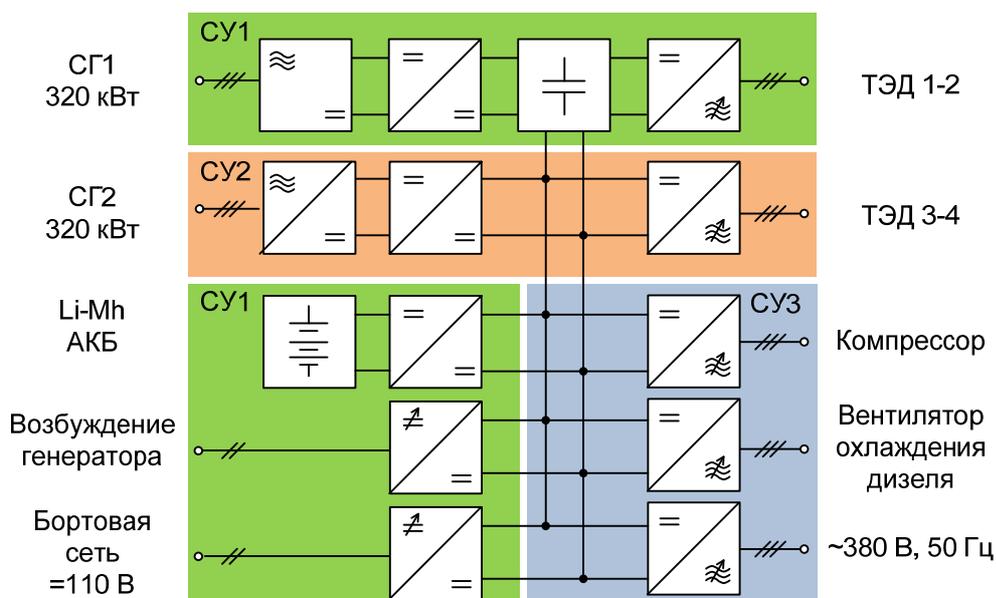


Рисунок 4 – Структурная схема МК ТЭМ9Н

При создании системы управления тяговых преобразователей тепловоза ТЭМ9Н возникли задачи, потребовавшие разработки новых программных и аппаратных средств.

Алгоритм управления ТЭД требует вычисления математической модели электродвигателя с периодом 15–20 мкс на основе мгновенных значений напряжений и токов преобразователя. Для получения быстрых циклов управляющей программы, плата ввода-вывода модуля MPBD генерирует высокочастотные прерывания для процессорной платы. Обработчик прерывания в ОСРВ QNX формирует событие и пробуждает поток, в котором считываются сигналы с датчиков и рассчитывается модель электродвигателя. На процессорных платах EVOC 104-1814CLDNA-9300 с процессорами Core2Duo 1,2 ГГц удалось добиться устойчивого цикла программы 45 мкс.

Для увеличения производительности вычислительной системы была разработана плата математического сопроцессора с цифровым сигнальным процессором TMS320C6745 компании Texas Instruments. Плата сопроцессора выполнена в формфакторе PCI-104 и устанавливается в стек шины PCI между платой ввода-вывода и платой основного процессора (хост-процессорной платы). Структурная схема вычислительной системы показана на рис. 5.

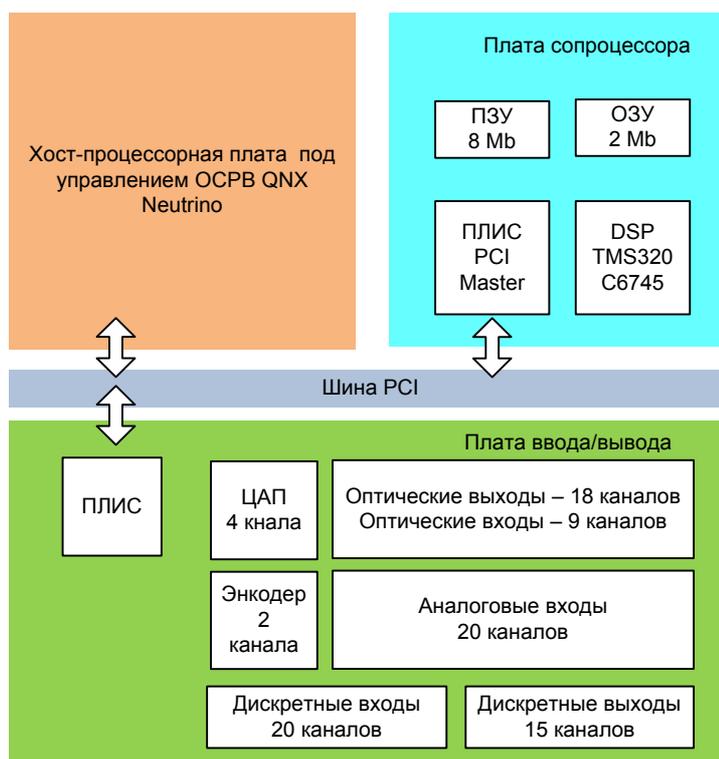


Рисунок 5 – Структурная схема вычислительной системы

На плате сопроцессора использована ПЛИС Altera Cyclone 2, выполняющая функции моста между шиной PCI и чипом DSP. Плата сопроцессора является мастером (PCI master) на шине PCI и с помощью метода прямого доступа к памяти самостоятельно считывает и анализирует входные сигналы с платы ввода-вывода. Когда требуется изменение управляющего воздействия, плата сопроцессора формирует уведомляющее прерывание для хост-процессорной платы, которая забирает результаты счёта и на их основе принимает управляющее решение. Частота прерываний в этом случае гораздо ниже и составляет сотни герц, поэтому такая система работает стабильно даже на платах с низкопроизводительными процессорами.

Заключение

ПСН для электровоза 2ЭС6 с лета 2011 года находится в опытной эксплуатации на Свердловской железной дороге. За время эксплуатации проблем с надёжностью функционирования оборудования и программного обеспечения под управлением ОСПВ QNX Neutrino не возникало, и применение ОСПВ QNX себя оправдало.

Гибридный тепловоз ТЭМ9Н в настоящий момент проходит приёмочные и сертификационные испытания. Опытная эксплуатация начнётся в 2013–2014 гг.

Планируется серийное производство этих и других преобразователей.