

КОНТРОЛЛЕРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВВОДА/ВЫВОДА СЕРИИ MIRAGE ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТП

О.В. Сердюков, С.А. Кулагин, В.И. Кузнецов, А.Н. Ермаков (ИАиЭ СО РАН),
Р.В. Нестуля (Компания "Модульные Системы Торнадо")

Представлен краткий обзор новой разработки компании "Модульные Системы Торнадо" – контроллеров распределенного ввода/вывода серии MIRage, которые могут быть использованы для построения распределенных измерительных и управляющих систем для автоматизации ТП в качестве компонентов нижнего уровня, располагаемых в непосредственной близости от контролируемых объектов.

Термин "распределенные системы управления" используется для определения совершенно разных по сути архитектур. Так называют системы с распределенной обработкой данных и управлением (Distributed Control System – DCS), а также системы с распределенным вводом/выводом, которые являются централизованными по способу обработки данных (Remote IO).

Архитектура DCS-систем основана на параллельной мультипроцессорной обработке данных независимыми интеллектуальными контроллерами со встроенными процессорами, возможности которых достаточны для выполнения прикладных алгоритмов обработки и управления. На основе DCS архитектуры создаются крупные ПТК для управления большими ответственными объектами типа энергоблоков ТЭС и др.

Системы же с распределенным вводом/выводом, напротив, являются централизованными по сути, так как большое число устройств обрабатываются одной процессорной станцией, но при этом устройства сопряжения с объектом (VCO) территориально распределены. В простом случае в сети присутствует один или несколько ведущих контроллеров, играющих роль устройств обработки и управления, и необходимое число распределенных по территории устройств ввода/вывода. Устройства ввода/вывода выполняют только минимальное число функций: сопряжение с объектом, первичная обработка данных, нормирование, преобразование сигналов в цифровую форму, проверку данных на достоверность и обмен информацией по определенному протоколу через сеть (рис. 1). Иными словами, они являются как бы мостом между информационной сетью и объектом управления. Все прикладное ПО, реализующее алгоритмы управления процессом и обработки данных, сосредоточено в ведущем контроллере или процессорной станции.

Разработка и внедрение собственных DCS-систем для крупных генерирующих объектов энергетики является традиционным направлением деятельности компании "Модульные Системы Торнадо" (МСТ). Основой таких систем является ПТК серии "Торнадо-М" на базе интеллектуальных MIF-модулей. Для систем данного класса принципиальным является распределение функций обработки и управления по многим процессорным устройствам для обеспечения высокой степени декомпозиции системы, что обеспечивает ее высокую устойчи-

вость, живучесть, надежность, а также простоту наладки функционирования системы и объекта. Функции ввода/вывода в таких системах тесно связаны с процессорными модулями обработки и управления – УСО располагаются непосредственно на процессорных MIF-модулях. Между тем, даже в таких жестко связанных системах, требующих высокой скорости сбора и обработки данных, существует возможность оптимизации структуры системы в части организации ввода информации от температурных датчиков термопар и термометров со противлений с использованием технологии распределенного ввода/вывода. Высокая инертность температурных измерений позволяет производить опрос с характерным периодом 1...2 с, поэтому невысокие скорости опроса, характерные для контроллеров распределенного ввода/вывода, не являются критичными для температурных измерений. В то же время возможность установки измерительных модулей максимально близко к точкам измерений дает существенную экономию дорогостоящего кабеля, повышает точность измерений и упрощает эксплуатацию и обслуживание АСУТП.

С целью построения оптимизированных гибридных структур в 2003 г. компанией МСТ была поставлена задача разработки автономных контроллеров распределенного ввода/вывода сер. MIRage, прежде всего, для использования в DCS-системах "Торнадо-М". В первую очередь были разработаны контроллеры MIRage-

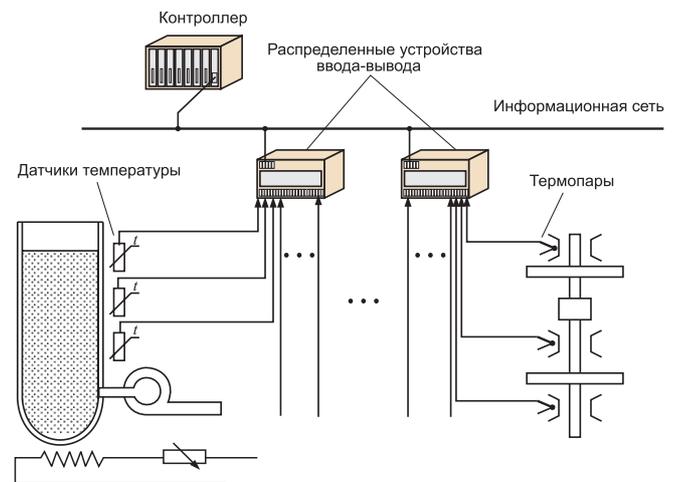


Рис. 1. Пример системы распределенного ввода/вывода

FTHERM и MIRage-FPT для ввода сигналов от термопар и термометров сопротивлений (рис. 2). Решение по вводу температурных каналов с использованием контроллеров MIRage в настоящее время является типовым и более двух лет с успехом применяется на всех объектах компании.

В 2005 г. было решено расширить номенклатурный ряд контроллеров MIRage до полного набора типов, включая дискретный ввод/вывод, ввод сигналов тока и напряжения.

Такое решение было вызвано желанием расширить продажи собственного оборудования за счет именно этих контроллеров, так как контроллеры распределенного ввода/вывода очень просты в использовании, легко интегрируются в любые системы автоматизации, не требуют программирования, поддерживают стандартные протоколы обмена.

Традиционно распределенная структура ввода/вывода обладает следующими достоинствами:

- гибкость и масштабируемость — система с распределенным вводом/выводом способна развиваться и расширяться пропорционально росту сигналов на объекте, что делает возможным поэтапное внедрение таких систем;
- соответствие системы географической компоновке объекта — распределение элементов системы по объекту позволяет приблизить контроллеры к местам измерений, уменьшить затраты на монтаж, кабель и материалы кабельных трасс и улучшить характеристики работы системы;
- низкая стоимость;
- малые сроки внедрения системы, возможность использования любых контроллеров и компьютеров вплоть до стандартных ПК в качестве процессорных станций дают возможность сократить затраты заказчика.

К недостаткам распределенной структуры ввода/вывода относятся: низкая скорость опроса; низкая надежность — повреждение последовательного канала связи (зачастую внешней прокладки) приводит к потере всех устройств, подключенных к нему.

При разработке контроллеров MIRage особое внимание было уделено повышению надежности, скорости опроса, доступности и простоты в использовании.

В плане повышения надежности контроллеры MIRage имеют дублированные коммуникации, что повышает устойчивость сетевого обмена к единичному отказу.

Стандартная версия контроллеров поддерживает связь по интерфейсу RS-485 с протоколом Modbus со скоростью передачи 38400 бод. Применение RS-485 с протоколом Modbus для коммуникаций обеспечивает высокую доступность и простоту в использовании, так как, несмотря на существенные технические недостатки и низкую эффективность обмена, протокол Modbus яв-

ляется одним из самых распространенных и известных протоколов, его поддерживают большинство PIC-контроллеров. По причине низкой эффективности протокола (при обмене короткими сообщениями коэффициент полезного использования сети не достигает и 25%) специалисты МСТ не стали повышать скорость обмена до 115 Кбод или 500 Кбод, так как это даст прирост скорости взаимодействия по сети всего в несколько процентов. Было решено остановиться на частоте передачи в 38400 бод, обеспечив тем самым достаточно высокую протяженность сетевых связей — до 1200 м, посчитав это более важным свойством системы.

Для приложений, требующих высоких скоростей обмена, существует модификация модулей MIRage с дублированной сетью CAN-bus.

Общие технические характеристики контроллеров сер. MIRage

Время измерения на одном канале, мс	120
Подавление входной помехи, Гц	50 до 90 дБ
Тип интерфейса: дублированные	RS-485 или CAN 2,0A/B (с гальванической развязкой 1 кВ)
Скорость передачи данных, бит/с:	38400 для RS-485, 1 Мбит/с для CAN
Протокол обмена данными	ModBus для RS-485
Установка	на DIN-рейку 35 мм
Напряжение питания, В	24 ± 5%
Ток потребления, мА	50
Условия окружающей среды:	
рабочий диапазон температуры, °С	-25...7
температура хранения, °С	-55...85
допустимая влажность, %	0...95, без конденсации

Модуль MIRage-FTHERM совмещает функции контроллера, измерительного модуля и блока полевого интерфейса, предназначен для измерения температур с помощью термопар и передачи измеренных значений через последовательные интерфейсы, имеющие гальваническую развязку от измерительной части. Модуль снабжен внутренним измерителем температуры клеммной колодки (холодного спая) и схемой для обнаружения разрыва цепи подключения термопар. Данные измерений передаются посредством цифрового интерфейса. Модуль FTHERM в различных модификациях может обеспечить передачу данных с использованием интерфейса RS-485 (единичного или дублированного) либо интерфейса CAN-bus (единичного или дублированного).

Технические характеристики модуля MIRage-FTHERM

Число измерительных каналов для термопар, ед.	8
Для встроенного температурного датчика компенсации холодного спая	9-й канал (дополнительный)
Измеряемый диапазон ТЭДС, мВ	± 50 (диапазон измеряемых датчиком температур -50...1000 °С)
Входное сопротивление, ГОм	1
Порог обнаружения разрыва цепи термопары, кОм	>5
Метрологические характеристики модуля:	
класс точности	0,20;
долговременная стабильность, °С/г	≤0,15
Типы термопар с загрузкой таблиц преобразования, соответствующих номинальным статическим	



Рис. 2. Контроллеры распределенного ввода сигналов температурных датчиков MIRage-FPT и MIRage-FTHERM

характеристикам по ГОСТ Р 8.585-2001	любые
Настройка каналов на типы	
подключаемых термопар	индивидуальная
Автокалибровка по двум внутренним опорным каналам (0V, 5V ± 0,1%)	внутренняя

Принцип работы модуля FTHERM

Структурная схема модуля MIRage-FTHERM приведена на рис. 3. ТЭДС с термопар, подключаемых к контактам Y_n , поочередно через мультиплексор *Mux* коммутируется на вход аналого-цифрового преобразователя (ADC). Преобразованные данные, пересчитанные в значения температур по таблицам преобразований, под управлением микроконтроллера передаются через интерфейсы CAN1,2 или SER1,2 на контакты X_n . Температура холодного спая (фактически температура клемм Y_n) измеряется полупроводниковым термодатчиком T_0 , имеющим тепловой контакт с подложкой клеммной колодки. Электронный ключ $S1$ служит для контроля целостности цепи термопары, который проводится перед измерением на соответствующем канале.

Модуль распределенной обработки данных MIRage-FPT совмещает функции контроллера, измерительного модуля и блока полевого интерфейса. Он предназначен для измерения сигналов от термометров сопротивлений различных градуировок (термосопротивлений) и ретрансляции измеренных значений через последовательные интерфейсы RS-485 или CAN. Измерительный интерфейс модуля предполагает подключение датчика по двух-, трех- и четырехпроводной схеме (рис. 4). Модуль имеет один дополнительный внутренний опорный канал, который служит для калибровки.

Технические характеристики модуля MIRage-FPT

Число измерительных каналов для термометров сопротивлений, ед.....	8
Диапазон измеряемых сопротивлений, Ом	0..5000
.....(диапазон измеряемых температур -50...460°C)	
Настройка каналов на типы подключаемых термометров сопротивлений	индивидуальная
Калибровочный канал с опорным сопротивлением 301 Ом (±0,05%)	внутренний
Метрологические характеристики модуля:	
класс точности	0,10
долговременная стабильность, °C/г	≤0,1

Типы датчиков (термосопротивлений) ТСП50, ТСП100, Pt50, Pt100, TCM50, TCM100 и другие градуировки осуществляются загрузкой таблиц преобразования, соответствующих номинальным статистическим характеристикам по ГОСТ 6651.

Принцип работы модуля MIRage-FPT

Структурная схема модуля приведена на рис. 4. Напряжение с термосопротивлений, подключаемых к контактам Y_n , поочередно через мультиплексор *Mux* коммутируется на вход аналого-цифрового преобразователя (ADC). Тот же мультиплексор подключает выход источника тока Current source на измеряемый канал. Опорным каналом является образцовое сопротивление 301 Ом, подключенное к нулевому каналу. Преобразованные данные, пересчитанные в

значения температур по таблицам преобразований, под управлением микроконтроллера передаются через интерфейсы CAN1,2 или SER1,2 на контакты X_n .

Модуль MIRage-FAI-16 совмещает функции контроллера, измерительного модуля и блока полевого интерфейса. Модуль предназначен для ввода и измерения сигналов тока и напряжения с датчиков и передачи измеренных значений через последовательные интерфейсы, имеющие гальваническую развязку от измерительной части. Модуль снабжен внутренним опорным источником напряжения для проведения внутренней калибровки. Данные измерений передаются посредством цифрового интерфейса. Модуль MIRage-FAI-16 может обеспечивать передачу данных с использованием интерфейса RS-485 (единичного или дублированного) либо с использованием интерфейса CAN-bus (единичного или дублированного).

Характеристики модуля MIRage-FAI-16

Число дифференциальных измерительных каналов, ед.....	16
Число униполярных измерительных каналов, ед.....	32
Диапазон измеряемых напряжений, В.....	-10...10
Диапазон измеряемых токов, mA	30...30
Настройка каналов на типы	
измеряемых сигналов.....	индивидуальная
Автокалибровка по двум внутренним опорным каналам (0 В, 5В ±0,1%)	внутренняя

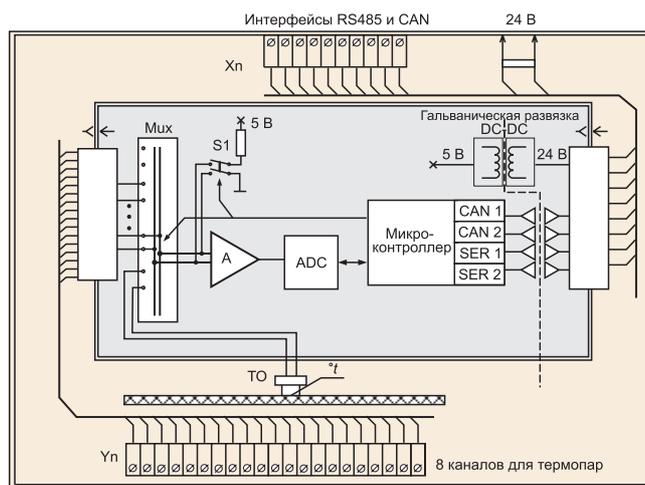


Рис. 3. Структурная схема модуля MIRage-FTHERM

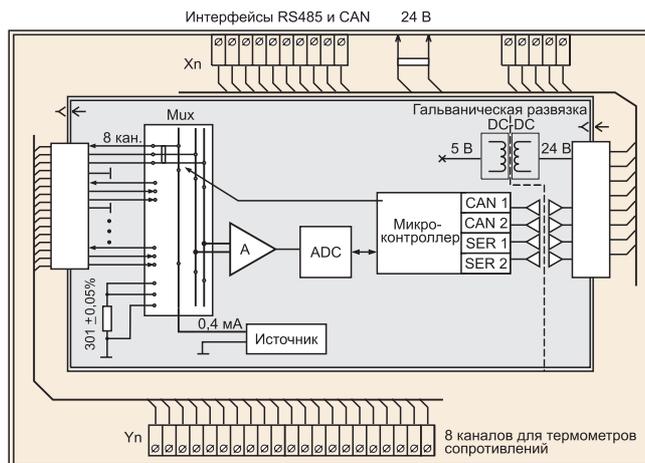


Рис. 4. Структурная схема модуля MIRage-FPT

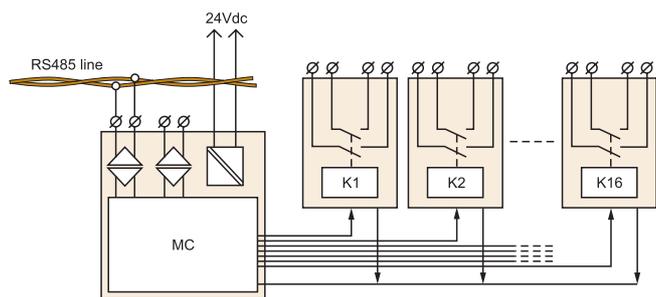


Рис. 5. Структурная схема модуля MIRage-TM

Входное сопротивление:

для измерения напряжения, ГОм	1
для измерения тока, КОм	0,2
АЦП с физической разрядностью	20
.....(16 – эффективная разрядность)	
Метрологические характеристики модуля:	
класс точности	0,1
долговременная стабильность, %/г	≤0,15
Групповая гальваническая оптоизоляция, В	500

Модуль *MIRage-FDIO* совмещает функции контроллера и управляющего блока полевого интерфейса. Он предназначен для дискретного ввода/вывода под управлением команд, получаемых через последовательный интерфейс. Последовательности управляющих команд передаются посредством цифрового интерфейса. Как и другие модификации контроллеров сер. *MIRage*, модуль *MIRage-FDIO* может обеспечивать передачу данных с использованием интерфейса RS-485 (единичного или дублированного) либо с использованием интерфейса CAN-bus (единичного или дублированного).

Характеристики модуля MIRage-FDIO

Число конфигурируемых каналов32
для ввода/вывода дискретных сигналов, ед	32
Различные типы обрабатываемых сигналов:	
сигналы ввода	сухой контакт, с внешней запиткой
сигналы вывода	нормально открытые или полностью
.....	закрытые контакты реле
Характеристики сигналов ввода/вывода:	
сигналы вывода, В/А	~ 220/3, = 220/0,5
сигналы ввода, В/А	~ 220/вх.ток 4,5
.....	= 24/ вх.ток 8,5 (на канал)
Настройка каналов (ввод/вывод)	индивидуальная
Гальваническая развязка, кВ	1,5

Модуль *MIRage-TM* совмещает функции контроллера и управляющего блока полевого интерфейса. Модуль *MIRage-TM* предназначен для управления исполнительными механизмами постоянного тока по сигналам, поступающим от контроллера по последовательному цифровому каналу связи RS485.

Модуль осуществляет передачу по интерфейсу сигналов о состоянии релейных выходов, позволяет

включать нагрузки с высоким током потребления и имеющие большую индуктивную составляющую (например электромагниты, пусковые устройства и др.).

Основу *MIRage-TM* составляет микроконтроллерный модуль *MC* (рис. 5), обеспечивающий обмен управляющей информацией между последовательным каналом связи *RS485* и дискретными параллельными сигналами, поступающими на релейные модули выходных каналов *K1..K16*. Управляющими сигналами являются команды на включение и выключение соответствующего канала. Структура выходного канала ориентирована на управление типичными нагрузками, распространенными в традиционных телемеханических системах. Наличие двух выходных ключей позволяют осуществлять управленческие каждым каналом. Один из выходных ключей выполнен на мощном полупроводниковом транзисторе, позволяющем коммутировать большие постоянные токи, второй ключ выполнен на механическом реле.

Технические характеристики модуля MIRage-TM

Число коммутируемых каналов, ед	16
Максимальное коммутируемое напряжение:	
по основному ключу, В	=320
по дополнительному ключу, В	=220 В, ≈250
Максимальный коммутируемый ток:	
по основному ключу, А	2,5 (при =250 В)
по дополнительному ключу, А	0,3 (при =220 В)
.....	3 (при ≈250 В)
Время задержки между подачей	
команды и переключением канала, мс	200
Максимальная частота переключения канала, Гц	0,2
Диэлектрическая прочность ключей, В	1500
Развязка от системы, В	2500
Скорость передачи данных, бод	до 38400

Заключение

На рынке представлено достаточно большое количество типов контроллеров распределенного ввода/вывода, но большинство из них обладают рядом недостатков, из-за которых их применение в реальных системах управления вызывает немалые трудности.

Многолетний и отчасти уникальный опыт в области разработки и внедрения крупных DCS-систем позволил нам использовать накопленное "know-how" при создании линейки контроллеров *MIRage*. Использование широко распространенного протокола Modbus обеспечивает простоту интеграции контроллеров *MIRage* как в существующие, так и в создаваемые системы с распределенным вводом/выводом. Таким образом, создана линейка недорогих контроллеров, позволяющих создавать надежные дублированные территориально распределенные сети сбора данных и управления.

Сердюков Олег Викторович – канд. техн. наук, руководитель,

Кулагин Сергей Александрович – инженер, *Кузнецов Владимир Иванович* – инженер,

Ермаков Андрей Николаевич – инженер программист ИЦБ ИАиЭ СО РАН,

Нестуля Роман Владимирович – ведущий инженер направления АСДУ компании "Модульные Системы Тornado".

Контактный телефон (383) 339-93-52.

E-mail: info@tornado.nsk.ru Http://www.tornado.nsk.ru