

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ МИРТС

НВТ
СИСТЕМЫ

В.А. МЕНДЕЛЕВИЧ (АО “НВТ-Системы”)

МИРТС
МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННЫЕ СИСТЕМЫ

В статье описываются назначение и характеристики контроллера нового поколения АРКС400.Р410, включённого АО “НВТ-Системы” в состав мультиплатформенной системы “МИРТС”.

Ключевые слова: мультиплатформенные системы МИРТС; контроллер АРКС400; DCS; АСУ ТП.

В 2020 г. АО “НВТ-Системы” включило в состав мультиплатформенной системы “МИРТС” контроллер нового поколения АРКС400.Р410. Будучи полностью совместимым с контроллерами предыдущей серии, он обладает возможностями нового уровня по всем основным характеристикам: быстродействие, объём памяти, производительность сетевого обмена, многообразие интерфейсов, плотность компоновки. Новый контроллер стал ключевым шагом к обновлению всей линейки модулей АРКС400, реализованных на новом техническом уровне.

А НУЖЕН ЛИ НОВЫЙ КОНТРОЛЛЕР?

Вопрос не риторический – уже входящие в состав системы МИРТС контроллеры (и собственные АРКС400.Р300, и партнёрские TREI и REGUL) имеют все необходимые характеристики для создания АСУ ТП объектов любого уровня сложности [1], а новая разработка требует больших затрат. Однако, “пристрастный” анализ необходимости новой разработки

подтвердил – развитие элементной базы в последние годы обеспечило возможность достижения в новых контроллерах нового уровня **сочетания технических характеристик**, которое, в свою очередь, обеспечивало достижение нового качественного уровня потребительских свойств. Поэтому ведущие вендоры (как отечественные, так и мировые) в последние 1-2 года выпускают на рынок новые модели контроллеров.

АО “НВТ-Системы” использовало новые возможности микропроцессорных компонентов для создания нового поколения контроллеров для **быстродействующих распределённых систем ответственного управления**.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОНТРОЛЛЕРА АРКС400.Р410

Контроллер АРКС400.Р410 (рис. 1) создан как следующий этап развития концепции сетевого контроллера – основы быстродействующей распределённой системы ответственного управления (DCS). В составе системы МИРТС контроллер АРКС400.Р410 стал преемником контроллеров “Армконт” и АРКС400.Р300 на новом уровне возможностей элементной базы и схемотехники. Новейшие достижения электроники использованы в нём для одновременного повышения функциональных возможностей и снижения удельной стоимости канала ввода-вывода:

1. Повышение функциональных возможностей всех модулей путём повышения вычислительных мощностей процессоров, расширения объёма памяти, числа и типов цифровых интерфейсов.
2. Снижение удельной себестоимости каналов модулей всех типов путём увеличения их сигнальной ёмкости.



Рис. 1.

3. Снижение энергопотребления и геометрических размеров модулей, а также усовершенствование конструкции кабельных разъёмов, что обеспечило 1,5-2 кратное повышение плотности компоновки контроллерных шкафов и удобства их монтажа и обслуживания.

Контроллер АРКС400 второго поколения также включает модули трёх уровней, объединённых унифицированными интерфейсами:

1. Процессорные модули/контроллеры – 3 типа разной вычислительной мощности.
2. Модули УСО – 2 типа нескольких разновидностей.
3. Клеммные модули-преобразователи – 6 типов, различающихся по направлению (ввод/вывод) и уровню напряжения (~220 В, =220 В, 24 В).

ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ АРКС400.P410

Процессорный модуль АРКС400.P410, запущенный в производство в 2020 г., является главным компонентом контроллера АРКС400 новой генерации.

Использование элементной базы и схемотехники нового поколения обеспечили одновременное улучшение всех основных характеристик модуля:

- Вычислительная мощность.
- Устойчивость к отказам.

- Быстродействие и разнообразие цифровых интерфейсов.
- Конструктивное удобство.
- Возможности встроенных средств ввода-вывода.
- Открытость платформы.

Высокая вычислительная мощность процессорного модуля АРКС400.P410 обеспечивается применением мощного однокристального процессора i.MX6 SoloX частотой 0,8-1 ГГц. Двухъядерный процессор, главное ядро которого имеет архитектуру Cortex A9, имеет набор характеристик, оптимальных для применения в системах управления технологическими процессами (рис. 2):

- высокое быстродействие обеспечивает необходимую скорость обработки данных;
- низкое энергопотребление обеспечивает возможность применения контроллера в условиях высоких температур с пассивным охлаждением и без принудительной вентиляции шкафа;
- большое количество встроенных интерфейсов (включая 2 Ethernet), обеспечивает высокую надёжность их реализации при хороших стоимостных показателях и позволяет значительно упростить структурную схему процессорного модуля;
- встроенная поддержка современных типов памяти также обеспечивает оптимизацию надёжностных, ценовых и схемотехнических характеристик процессорного модуля.

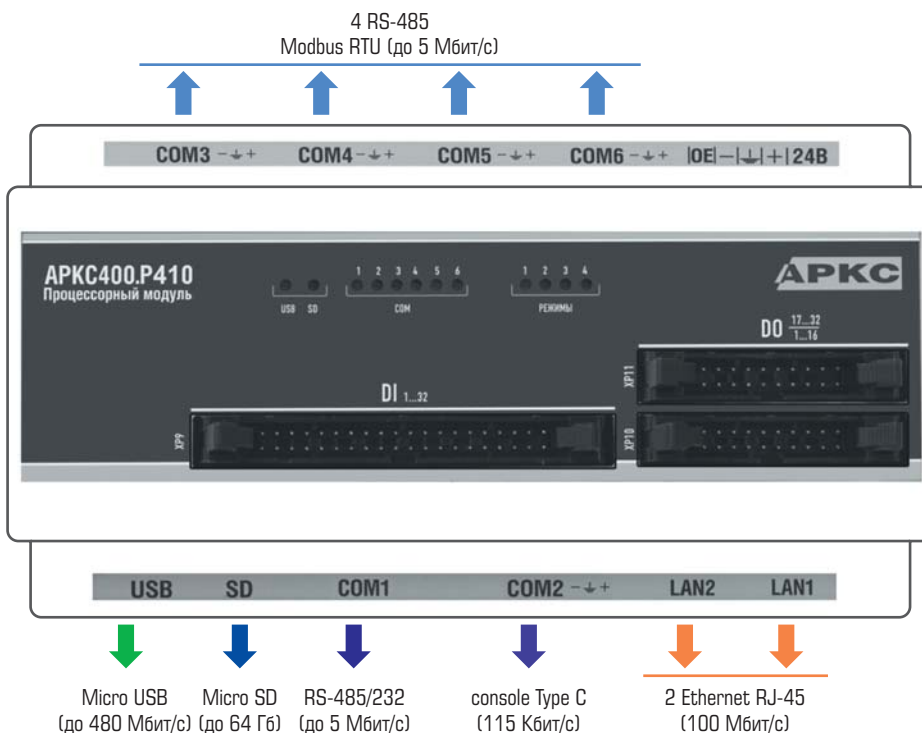


Рис. 2.
Схема интерфейсов АРКС400.P410

Таблица 1. Характеристики контроллеров АРКС400.Р300 и АРКС400.Р410

Характеристика контроллера	Р300	Р410
Центральный процессор, модель	Intel X Scale	i.MX6 SoloX
Частота центрального процессора, МГц	533	1000
Системное ОЗУ, Мбайт	32	1024
Flash-память для программ и данных, Мбайт	32	512
Энергонезависимое статическое ОЗУ с питанием от резервной батареи, Кбайт	512	512
Дискретных входов с $U_{ном} = 24 В$	32	32
Дискретных выходов с $U_{ном} = 24 В$	32	32
Астрономический таймер-календарь с питанием от резервной батареи	Есть	Есть
Сторожевой таймер WatchDog	Есть	Есть
Интерфейс Ethernet IEEE 802.3 10/100 Мбит	2	2-4
Последовательный интерфейс RS-485, кол-во*скорость, Кбит/сек	4*4000	5*5000
Гальваническая развязка интерфейсов RS-485	индивидуальная	индивидуальная
Интерфейс SD MMC	Нет	microSD
USB Type C	Нет	Есть
USB OTG	Нет	Есть
Схема контроля напряжения питания и разряда резервной батареи	Есть	Есть
Переключки и светодиодные индикаторы конфигурации и состояния	Есть	Есть
Электропитание от источника постоянного тока номинальным напряжением 24 В, допустимый входной диапазон напряжения питания, В	15...30	15...30
Операционная система	WinCE	Linux
Габаритные размеры, мм	159×87×75	159×87×75

В таблице 1 приведены характеристики контроллеров АРКС400.Р300 и АРКС400.Р410.

Вычислительные характеристики процессора поддержаны большими объёмами памяти нескольких типов, сочетание которых является важной составляющей **высокой отказоустойчивости контроллера АРКС400.Р410:**

- Высокоскоростная оперативная память типа DDR3 объёмом 0,5-1 Гбайт обеспечивает возможность реализации любых как современных, так и перспективных системных и прикладных программ.

- Современная QSPI NAND Flash большого объёма (суммарно 0,5 Гбайт) используется для хранения программ и данных. При этом память программ и данных физически разделена на разные микросхемы, что значительно повышает отказоустойчивость контроллера. Так в случае повреждения памяти данных (используемой относительно часто для записи архивов значений параметров и событий), память многократно реже записываемых программ не пострадает, контроллер сможет продолжить выполнение всех управляющих и основных информационных функций даже после перезагрузки.
 - Энергонезависимая статическая память SRAM объёмом 512 Кбайт, используемая для хранения коэффициентов настройки алгоритмов прикладных программ, сверхоперативных баз и других подобных данных, требующих частой записи. Применение SRAM позволяет значительно сократить число циклов записи Flash, что существенно увеличивает наработку процессорного модуля на отказ, а также сокращает затрачиваемое на запись данных время. Сочетание в одном процессорном модуле памяти типов Flash и SRAM является сложной задачей на стыке схемотехники и системного ПО, которая была успешно решена в АРКС400.Р410.
 - Особо надёжное NOR Flash выделено для хранения загрузчика, что позволяет практически исключить превращение процессорного модуля в “кирпич” при смене прошивки СПО, часто наблюдаемую во многих современных контроллерах (особенно основанных на покупных процессорных модулях COM, оснащённых общим Flash для системного ПО, прикладного ПО и данных).
 - Интерфейс SD MMC, выведенный на внешний разъём microSD, обеспечивает возможность загрузки контроллера с карты (при перестановке переключателя выбора загрузчика), копирования данных большого объёма, записи архивов больших объёмов.
- Важным фактором высокой надёжности контроллера АРКС400.Р410 является **исключительная устойчивость к электромагнитным помехам**. По ТУ она соответствует классу ЭМС 3-й степени жёсткости с критерием качества функционирования А (3А) и обеспечивается комплексом схемотехнических

решений: использованием гальванической развязки всех видов, помехоустойчивым размещением компонентов на платах, защищёнными схемами питания и др. На испытаниях контроллер показал ещё лучшие результаты – без сбоев выдержал подачу помех 4-й степени жёсткости с критерием качества функционирования А. Достигнутые показатели по ЭМС позволяют применять контроллеры АРКС в помещениях без информационного заземления (достаточно защитного с сопротивлением 4 Ом) и устанавливать их в общих шкафах с силовым коммутационным оборудованием (например, в интеллектуальные шкафы НКУ). Стандартные же для импортных контроллеров требования типа “наличия в стенах щита управления металлической решётки с шагом не более 20 см и сопротивлением растеканию не более ...” можно забыть.

Высокая надёжность поддерживается **развитыми средствами аппаратной и программной диагностики**, включая WatchDog, контроль и индикацию состояния всех цифровых интерфейсов, контроль температур на платах, контроль напряжений питания и т.п.

Важнейшей характеристикой контроллера для распределённых систем управления является способность **поддержки большого количества быстродействующих цифровых интерфейсов** (рис. 2). Контроллер АРКС400.Р410 полностью соответствует предъявляемым требованиям:

- Два интерфейса Ethernet обеспечивают высокоскоростную резервированную передачу данных на другие контроллеры и АРМ операторов. Важными достоинствами интерфейсов Ethernet в АРКС400.Р410 являются:
 - поддержка двух интерфейсов непосредственно в кристалле процессора, что обеспечивает максимальную надёжность и эффективность работы каналов, а также простоту программной поддержки при обновлениях ОС за время жизненного цикла контроллера;
 - высокая помехозащищённость;
 - возможность эффективной буферизации за счёт большого объёма оперативной памяти. Передаваемая по сети информация может теряться из-за переполнения буферов, выделенных для хранения сообщений. Большой объём ОЗУ в АРКС400.Р410 обеспечивает возможность выделения достаточно-

го объёма памяти под буфера каналов Ethernet;

- максимальная стандартность программной реализации сетевых протоколов, обеспечиваемая использованием самой распространённой ОС для встроенных применений (Linux).
 - Эффективная реализация интерфейсов RS-485, критически важная для создания распределённых систем управления:
 - 5 независимых каналов с индивидуальной гальванической развязкой, один из которых можно переключать в режим RS-232;
 - реальная скорость обмена до 5 Мбит/с одновременно по всем каналам (при загрузке центрального процессора менее 15 % при опросе максимального количества модулей с максимальной скоростью по всем каналам), обеспечиваемая комплексом аппаратных и программных решений, важнейшими из которых являются:
 - эффективная буферизация обмена на аппаратном уровне;
 - выделение обмена по каналам RS-485 в отдельную задачу.
 - встроенная поддержка наиболее распространённого протокола Modbus RTU.
- Во многих современных контроллерах увеличение числа интерфейсов Ethernet и USB произведено за счёт сокращения числа каналов RS-485. Это значительно ухудшает возможности по интеграции в АСУ ТП современных интеллектуальных датчиков и приводов, оснащаемых, как правило, полевыми интерфейсами RS-485. К тому же, практика показывает, что надёжность и детерминированность связи с модулями ввода-вывода по интерфейсу RS-485 выше, чем по Ethernet. Особенно в нетривиальных ситуациях, типа горячей замены резервированного модуля УСО, или резервированного процессорного модуля. Применение дополнительных модулей последовательных сетевых интерфейсов решает проблему нехватки RS-485 в процессорном модуле, но приводит к увеличению цены (особенно заметно в ответственных системах, так как сетевые модули приходится резервировать) и времени передачи информации. В контроллере АРКС400.Р410 удалось добиться оптимальной реализации интерфейсов RS-485.

Рис. 3.
Результат тестов
на экране консоли

```

192.168.20.22 - PuTTY
Date: Fri Oct 2 14:50:10 UTC 2020
List file name: testlist.cfg
Hardware in the file: ARK400
Kernel: 5.4.3
Sysversion: 1.1.0
Running test dio_led: PASS
Running test dio_io: PASS
Running test rs485_115200: PASS
Running test ethernet_192.168.10.200: PASS
Running test ethernet_192.168.20.200: PASS
Running test iic_eeprom: PASS
Running test iic_rtc: PASS INFO: Fri Oct 2 14:50:45 202
0 0.000000 seconds
Running test iic_lm75: PASS INFO: Temperature = 39000
Running test nand_qspi: PASS
Running test sram: PASS

Date: Fri Oct 2 14:50:52 UTC 2020
List file name: testlist.cfg
Hardware in the file: ARK400
Kernel: 5.4.3
Sysversion: 1.1.0
Running test dio_led: PASS
Running test dio_io:

```

- Современная реализация порта консоли с подключением через разъём USB Type C, вместо традиционного DB9 (рис. 3).
 - Полноценная реализация USB OTG с выводом на разъём microUSB.
 - Возможность расширения дополнительными интерфейсами, для подключения которых предусмотрен свободный канал SPI.
- Конструктивное удобство** является важной характеристикой контроллера, **особенно для контроллера распределённых систем управления**, поэтому при разработке ARK400.P410 ему было уделено большое внимание:
- Контроллер ARK400.P410 выпускается в очень компактном корпусе с габаритами 159 × 87 × 75 мм, что позволяет размещать его в небольших шкафах одностороннего обслуживания или в контроллерных блоках в составе интеллектуальных силовых шкафов управления арматурой. Несмотря на возросшие количество интерфейсов и вычислительную мощность, его удалось “вписать” в корпус ARK400.P300 и Армконт-310. Более того, на корпусе зарезервировано место для размещения двух дополнительных разъёмов Ethernet, включаемых в расширенную модификацию контроллера, планируемую к выпуску в ближайшее время.
 - Конструкция всех кабельных разъёмов контроллера одновременно обеспечивает надёжную фиксацию кабелей и небольшие усилия по их извлечению, что особенно актуально для выполнения “горячей” замены процессорного модуля.
 - Индикаторы состояния контроллера и его основных компонентов выбирались исходя из требований чёткой различимости в типовых условиях эксплуатации – при размещении на верхних ярусах шкафов высотой 2000-2200 мм с непрозрачной дверью. Исходя из этого, на светодиоды выведены состояния всех цифровых каналов связи, питания и общие режимы работы контроллера.
 - Для более подробной диагностики по месту установки можно использовать консольное подключение через порт контроллера USB Type C, что позволяет применять в качестве консоли не только ноутбуки, но и обычные смартфоны или планшеты (при наличии соответствующего ПО и прав доступа).
- Важным преимуществом контроллера ARK400.P410 является **наличие встроенных каналов дискретного или импульсного ввода-вывода**:
- Дискретные каналы ввода-вывода требуются в большинстве АСУ ТП, поэтому их наличие в контроллере почти никогда не будет лишним. При этом себестоимость канала, встроенного в процессорный модуль, ниже, чем в дополнительно установленном модуле УСО.
 - Скорость обработки входных сигналов и выдачи выходных для встроенных каналов ввода-вывода выше, чем для поступающих от внешних модулей УСО. Это важно для сигналов с повышенными тре-

бованиями к скорости реакции, прежде всего, – для сигналов технологических защит. При этом количество сигналов, как вызывающих срабатывание защиты, так и исполняющих её команду, невелико даже для крупного энергоблока. Привязка этих сигналов ко встроенным каналам ввода-вывода процессорного модуля повышает как скорость, так и надёжность срабатывания защиты.

- Установка в АРКС400.Р410 отдельного процессора типа STM32F4 с частотой 180 МГц для обработки сигналов дискретного и импульсного ввода-вывода обеспечила широкие возможности их обработки. В том числе, возможность одновременной реализации нескольких каналов частотного ввода (более 6), соответствующих требованиям к каналам измерения частоты вращения турбин для систем ЭЧСР.

Важным достоинством контроллера АРКС400.Р410 является **открытость аппаратно-программной платформы** – АО “НВТ-Системы” готово поставлять его не только в составе системы “МИРТС”, но и независимым производителям программно-технических комплексов. Открытость платформы обеспечена использованием открытых стандартов при разработке контроллера:

- Операционная система Linux, установленная на АРКС400.Р410, является самой распространённой ОС для встроенных применений. Она поддерживается драйверами большинства производителей устройств, имеет открытый код (что является защитой от “троянских коней”), может быть обеспечена обслуживанием ИТ-службами большинства заказчиков.
- Интеграция контроллера в сети производится по наиболее распространённым протоколам Modbus RTU и TCP/IP, что позволяет, во-первых, подключить к контроллеру практически любые интеллектуальные периферийные устройства и модули УСО большинства известных контроллеров (кроме использующих специфические протоколы типа EtherCAT), во-вторых, включить контроллер в состав АСУ ТП на базе большинства существующих ПТК [2].
- Контроллер поставляется комплектно с тестами всех устройств, которые для постоянных партнёров предоставляются в исходных текстах, что позволяет использовать их для встраивания в собственное ФПО партнёра.

- При размещении крупных заказов, поставка контроллеров может осуществляться с предустановленным ФПО известных производителей, в частности, с CodeSys или МастерСкада.

Одним из важных следствий открытости контроллера является возможность использования АРКС400.Р410 для модернизации существующих АСУ ТП. В сочетании с компактностью и мощностью, открытость интерфейсов позволяет продлевать срок эксплуатации многих АСУ ТП путём замены устаревших контроллеров на АРКС400.Р410 с подключением к ним уже эксплуатируемых модулей УСО. Модули УСО имеют существенно более долгий срок службы, чем процессорные модули, поэтому такая модернизация часто бывает целесообразна.

Реализация схемы резервирования контроллеров выполняется на уровне фирменного ПО и зависит от выбранного типа ФПО – на контроллере с ФПО “АРКС” она может существенно отличаться от контроллера с CodeSys. На рассматриваемом в данной статье уровне аппаратной части и ОС **обеспечивается возможность резервирования по любому из быстродействующих цифровых интерфейсов: RS-485 на 5 Мбит/с или Ethernet**. Возможны также любые их сочетания. Для реализации распределённого триггера основной/резервный могут также использоваться встроенные дискретные входные и выходные сигналы.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ АРКС400

Контроллер АРКС400.Р410 с момента начала производства включается в полнофункциональную линейку контроллеров АРКС400. По интерфейсам он “сверху вниз”, совместим с прежним АРКС400.Р300, поэтому оказывается изначально укомплектован всеми модулями УСО и периферийными устройствами.

Но, как указывалось выше, выпуск АРКС400.Р410 является лишь первым шагом обновления семейства контроллеров:

- Завершается разработка **процессорного модуля АРКС400.Р420**, отличием которого является увеличение количества каналов Ethernet с 2-х до 4-х при сохранении неизменными всех прочих характеристик.
- Готовятся к производству обновлённые модули УСО с уникальными характеристиками, оснащённые более мощными про-

цессорами и обрабатывающие увеличенное количество сигналов.

- Для замены контроллеров АРКС400.Р300 в сегменте небольших систем ведётся разработка процессорного модуля АРКС400.Р210. Обновление семейства контроллеров АРКС400 планируется завершить до конца 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый контроллер АО «НВТ-Системы» АРКС400.Р410 обладает исключительным сочетанием технических характеристик по быстродействию, надёжности, функциональности и удобству применения в быстродействующих распределённых системах ответственного управления.

В составе мультиплатформенной системы «МИРТС» контроллер укомплектован всеми техническими и программными средствами для применения в АСУ ТП, однако концепция открытой платформы, использованная при разработке контроллера, обеспечивает эффективность его применения как в сочетании с другими аппаратными средствами (мо-

дулями УСО и интеллектуальными датчиками и приводами других производителей), так и со сторонними SoftLogic-системами.

Как и для всех устройств семейства АРКС400, при разработке контроллера АРКС400.Р410 большое внимание уделялось снижению стоимости изделия при заданных технических требованиях. Поэтому новый контроллер АРКС400.Р410 имеет одну из лучших ценовых характеристик среди контроллеров для ответственных применений.

Список литературы

1. *Менделевич В.А.* Мультиплатформенные интеллектуальные распределённые типовые системы «МИРТС» – новое поколение средств автоматизации технологических процессов. Части 1, 2. «Автоматизация и ИТ в энергетике». 2020 г., №2-3.
2. *Менделевич В.А.* Опыт интеграции АСУ ТП на ПТК САРГОН с системами и интеллектуальными устройствами других производителей. «Автоматизация и ИТ в энергетике». 2014 г., № 12.

Менделевич Владимир Анатольевич – канд. физ.-мат. наук, генеральный директор АО «НВТ-Системы».