

Эволюция ИВК «Зодиак».

С момента своего появления ИВК «Зодиак» прошёл трудный путь эволюции от зелёного новичка до опытного специалиста. Неброский, скромный с виду, но надёжный и неприхотливый трудяга, который до сих пор не оценён по достоинству. Пришло время оценить путь, который он прошёл; посмотреть, что оказалось удачным, а что нет; что приобрёл, что потерял, а что осталось неизменным.

Удачные решения.

Аппаратная база.

Было.

Система на кристалле (СНК) «Турбомастер 2.0» со схемами синхронного измерения входных разнородных сигналов, реализованными в ПЛИС. Тактовая частота 20 МГц.

Стало.

В СНК «Турбомастер 2.1» с целью повышения быстродействия программная реализация функций преобразования двоичного числа с плавающей точкой в строку и строки в двоичное число с плавающей точкой заменена на аппаратную. Аналогично, с целью повышения быстродействия программные реализации функций вычисления контрольных сумм для протоколов обмена Modbus RTU и Modbus UDP интерфейсов RS-232 и Ethernet заменены на аппаратные. Тактовая частота осталась прежней.

Прикладная программа.

Было.

Прикладная программа контроллера (ППК) версия 1, реализующая алгоритмы учета товарной и сырой нефти.

Стало.

ППК версия 2, которая отличается от версии 1 лишь вычленением с помощью добавочных флагов конфигурации из алгоритма учёта сырой нефти режимов «виртуальный плотномер» и «виртуальный влагомер».

Проверка и восстановление ППК.

Было.

Система эталонных файлов, предназначенных для быстрого восстановления ППК и условно постоянных величин (конфигурации и заводских настроек) контроллера в случаях их повреждения.

Метрологически значимая часть ППК защищена контрольной суммой (CRC32). Параллельно, для защиты ППК в целом используется аппаратная система на основе последовательности кодов. Вероятность случайного повторения этой последовательности кодов по теории близка к нулю. В отличие от CRC32, эталонный файл ППК можно использовать не только для выявления несанкционированного изменения ППК, но и для ее восстановления.

Стало.

В сервисную программу сравнения и записи эталонных файлов добавлена функция чтения из памяти контроллера текущих значений условно постоянных величин. Это позволяет пользователю создавать на их основе новые эталонные файлы по результатам проверок контроллера взамен устаревших предыдущих.

Гальваническая изоляция.

Было.

Гальваническая изоляция групп входных/выходных сигналов друг от друга.

Стало.

Всё осталось без изменений.

Итог.

Итак, что мы видим? Оказались удачными реализации функций, обеспечивающих точность и достоверность учёта нефти.

Это именно то, для чего и разрабатывался контроллер «Зодиак» как устройство, являющееся, по сути, метрологическим ядром системы обработки информации (СОИ) узла учёта нефти.

И здесь нет ничего удивительного, поскольку разработкой СНК и ППК занимались люди, имевшие многолетний опыт в этих сферах деятельности (учёт нефти и промышленная микропроцессорная электроника).

Неудачные решения.

Блок питания.

Было.

Размещение блока сетевого питания (220 В) внутри корпуса контроллера.

Предполагалось этим облегчить «жизнь» пользователю. Ему не надо думать о том, где и как разместить два (при «горячем» резервировании) внешних блока питания с их внешним (сетевым) и внутренним (к контроллеру) кабелями и проводами заземления. При таком техническом решении размещение контроллеров в шкафу требует меньше пространства и усилий, то есть дешевле. Но...

Это решение не раз становилось причиной проблем:

а) наличие на одном из объектов повышенного напряжения в сети питания (выше 240..260 В) привело к перегреву блока сетевого питания и выходу его из строя (один случай);

б) жёсткая фиксация кабеля сетевого питания в разъёме на задней панели корпуса контроллера привела к повреждению (выламыванию) тонкой задней пластиковой панели из-за неловкого движения наладчика, зацепившегося за кабель локтем (один случай);

в) высокое испытательное напряжение для устройств, работающих от сети 220В, равное 2.3 КВ (сейчас требуется 2.8 КВ) при электротехнических испытаниях из-за неровностей (выступов) на дорожке печатной платы контроллера привело к пробое изоляции между соседними дорожками и повреждению дорогостоящих микросхем (один случай);

г) наличие неустраняемых и непредсказуемых, но достаточно частых (по теории, 1-2 раза в месяц) всплесков наносекундных импульсных помех высокой амплитуды (до 10 КВ, а иногда и выше) в сети 220 В при недостаточной защите ведёт к сбоям в работе микропроцессорных схем и даже повреждениям памяти данных ППК (два случая).

Стало.

Два блока питания: внешний и внутренний. Внешний - блок сетевого питания с выходом 12 В. Внутренний - преобразователь постоянного напряжения 12 В в постоянное напряжение 5 В (DC-DC - преобразователь) с гальванической изоляцией.

Дополнительная изоляция от сети питания 220В позволила снизить вероятность проникновения высокоамплитудных наносекундных импульсных помех в контроллер.

Заземление минуса 12 В блока сетевого питания позволило снизить, в соответствии с нормативными документами, испытательное напряжение с 2.8 КВ до 500 В. Опасность электрического пробоя дорогостоящих микросхем при испытаниях сведена к минимуму.

Вероятность опасного перегрева внутри корпуса контроллера снижена, поскольку DC-DC-преобразователь при том же токе, выдаваемом в нагрузку, нагревается слабее.

Использование штекерного разъема питания и изготовление более прочной (более толстой) задней панели методом 3D-печати уменьшило риск повреждения задней панели контроллера из-за того, что кабель питания случайно сильно дернули.

Дисплей и клавиатура.

Было.

Двухстрочный ЖКИ и сенсорная клавиатура.

Предполагалось, что для людей, уже привычных к кнопочным телефонам с их особенностями ввода текста, не будет сложным в использовании аналогичный интерфейс двухстрочного дисплея и клавиатуры контроллера. Но...

Из-за сложности ручного ввода и навигации по разветвленному и громоздкому меню с большим количеством (несколько сотен) контролируемых параметров ЖКИ и клавиатура контроллера использовались только на этапе монтажа и наладки, пока компьютер с «АРМ оператора» ещё не был установлен и подключен.

Стало.

Сенсорный графический экран 3.5". Удобное меню, удобная навигация по нему. На экран может выводиться одновременно до 30 значений параметров. Конфигурирование контроллера, ввод констант и уставок, а также контроль параметров расхода легко производить через сенсорный экран без использования компьютера. Компьютер с «АРМ-оператора» используется для отображения мнемосхем, ведения архивов, фиксации сообщений об изменениях и аварийных состояниях, формирования отчётов, протоколов и их печати, а также для связи с вышестоящим уровнем управления.

Подключение сигналов к контроллеру.

Было.

Блок клеммных соединителей (БКС-1) для подсоединения входных сигналов, состоящий из печатной платы с 4-х этажным клеммником с разъёмами высокой плотности, двух толстых (по 70-78 проводов) соединительных жгутов с разъёмами высокой плотности (по 78 контактов) на концах.

Предполагалось, что это облегчит пользователю подключение внешних сигналов к контроллеру. Так и произошло. Но...

Из-за высокой трудоемкости изготовления и сопряжённых с этим труднонаходимых ошибок в соединительных жгутах, особенно на объектах (один случай), от него отказались.

Стало.

БКС-2 представляет собой двустороннюю печатную плату. С одной стороны платы расположены разъёмы высокой плотности, которые подсоединяются непосредственно к разъёмам контроллера, с другой - двухэтажные клеммники для подсоединения входных сигналов. Свободные от разъёмов и клемм участки печатной платы закрыты пластиковыми крышками с изображениями и таблицами, отображающими способ присоединения и крепления к контроллеру и номера клемм с соответствующими им входами контроллера. Трудоемкость изготовления БКС и возможные ошибки при монтаже сведены к минимуму. Также на плате БКС-2 находятся элементы защиты токовых входов.

Защита от неправильного подключения.

Было.

Недостаточная защита токовых входов.

Предполагалось, что пусконаладкой и обслуживанием СОИ СИКН занимаются подготовленные профессионалы, которые знают, как правильно подавать питание и подключать токовые сигналы, поэтому защиты токового входа с помощью последовательно включенного резистора большего номинала достаточно. Но...

От ошибочного подключения к токовому входу напрямую блока питания датчиков +24 В вход (ограничительный и прецизионный резисторы на входе) «выгорает» (три случая).

Стало.

На токовых входах платы БКС-2.6 установлены диоды, защищающие от переполюсовки входных сигналов и самовосстанавливающиеся предохранители на 40 мА, которые в комплекте с ограничительным резистором, расположенным на плате контроллера последовательно с прецизионным измерительным резистором, обеспечивают надёжную защиту последнего от "выгорания" даже при подаче на токовый вход прямую напряжения от источника питания +24 В.

Конфигурация ППК.

Было.

Недостаточно гибкая система конфигурирования входных сигналов для пользователя на объекте, ограничивающая возможности применения контроллера. Конфигурацией предусмотрено использование стольких входных сигналов, сколько имеется физических входов. Один вход - один сигнал для ППК.

Не предусматривается и выбор пользователем режимов работы с «виртуальным плотномером» и «виртуальным влагомером».

Предполагалось, что полное конфигурирование контроллера будет производиться на предприятии-изготовителе по заявке от покупателя (пользователя). Но...

Покупатели (обычно посредники), как правило, не могли или не хотели предоставлять не только подробную информацию об объекте, необходимую для полного конфигурирования контроллера, но и вообще какую-либо информацию об объекте и заказчике.

Стало.

Полное конфигурирование контроллера доступно пользователю непосредственно на объекте.

Есть перечень входов. Есть перечень сигналов, с которыми может работать ППК. Один вход может помечаться (интерпретироваться), как источник нескольких однотипных сигналов, но от разных датчиков. Например, если на СИКН есть только один датчик температуры, расположенный на выходном коллекторе, и он подключён к 1-му токовому входу контроллера и других датчиков температуры нет (гипотетический случай), то в конфигурации контроллера можно указать, что к 1-му токовому входу подключён не только датчик температуры выходного коллектора, но и датчики температуры каждой измерительной линии, каждого плотномера, каждого влагомера, каждого вискозиметра и т. д. Т. о. показания одного-единственного датчика температуры воспринимаются ППК, как показания от множества разных датчиков температуры и обрабатываются в соответствии с алгоритмом ППК.

Для сырой нефти можно выбирать режимы работы с «виртуальным плотномером» и «виртуальным влагомером».

Примечание. Переход с начальной версии системы конфигурирования на текущую произошёл не без коллизий, но без долговременных последствий. Все случаи ошибочного использования старого варианта конфигурирования вместо нового оперативно устранялись ещё на этапе пусконаладки.

Чтение данных из контроллера с ПК.

Было.

Недостаточная, по меркам сегодняшнего дня, конечная скорость обмена по интерфейсу Ethernet. Вместо долей секунды на считывание всей нужной информации из контроллера программой «АРМ оператора», работающей в ОС Windows, тратится несколько секунд из-за избыточного использования в исходном варианте СНК программных решений вместо аппаратных. Выделяемый операционной системой квант времени (1 мс) тратится на обработку одного запроса на чтение.

Предполагалось, что запаздывание на несколько секунд отображения программой «АРМ оператора» информации, измеренной и вычисленной контроллером, никак не влияет на достоверность учета и вполне допустимо. Но...

Восприятие меняется. И сегодня кажется, что несколько секунд - это очень долго.

Стало.

В СНК «Турбомастер-2.1» в каналах обмена RS-232 и Ethernet по протоколам Modbus RTU и Modbus UDP программные реализации вычислений контрольных сумм запросов и ответов заменены на аппаратные. Теперь за один квант времени можно обработать пять запросов на чтение. Таким образом, «АРМ оператора» может полностью опросить контроллер меньше чем за одну секунду. Для целей отображения процессов учёта нефти этого вполне достаточно.

Ethernet.

Было.

В канале обмена по интерфейсу Ethernet использовался протокол обмена Modbus RTU поверх транспортного протокола UDP. Для связи с контроллером по транспортному протоколу TCP был необходим преобразователь TCP-UDP.

Предполагалось, что контроллеры и компьютеры с программой «АРМ оператора» будут всегда работать в рамках локальной одноранговой сети, с доступом систем верхнего уровня только через программу «АРМ оператора». Доступ внешних устройств к контроллеру - только через специально предназначенный для этого COM-2 контроллера и только для чтения. Но...

Проектировщиком одной из проектных фирм из-за недопонимания различий между UDP IP и TCP IP, а также различий в распространении сигнала по локальной одноранговой сети и по корпоративной сети с сетевыми шлюзами, была допущена небольшая ошибка в проекте. Контроллер подключили к корпоративной сети напрямую, без преобразователя TCP-UDP. В результате - многочисленные сбои при обмене информацией с удалёнными компьютерами через сетевые шлюзы по негодному для этого протоколу. Как итог - скандал. Проектировщики фирмы «поставили крест» на контроллере и уже много лет относятся к нему негативно.

Стало.

В канале обмена по интерфейсу Ethernet используется протокол обмена Modbus TCP, но поверх транспортного протокола UDP, а не TCP. В отличие от протокола Modbus RTU в протоколе Modbus TCP предусмотрен идентификатор транзакций, что позволяет клиенту (программа АРМ-оператора) правильно обрабатывать задержавшиеся в шлюзах ответы на запросы. Но когда клиент - не программа «АРМ оператора», а программа стороннего производителя, которая использует при запросах протокол TCP IP, необходим преобразователь TCP-UDP.

Часы.

Было.

Недостаточно точные часы контроллера спешат или отстают из-за использования в качестве внутренних часов микросхемы реального времени (RTC) с кварцевым резонатором, не обладающим необходимой температурной и долговременной стабильностью.

Часы контроллера нуждаются в регулярной коррекции показаний. В программе «АРМ-оператора» предусмотрены, как ручная коррекция показаний часов, так и автоматическая. Оба вида корректировки проводятся по времени компьютера и предполагают регулярное обновление времени в компьютере по одному из серверов точного времени сети Интернет или от автономного устройства, исполняющего функцию сервера точного времени.

Было два случая, когда на объекте, вместо программы «АРМ оператора» фирмы производителя контроллера использовались программы «АРМ оператора» сторонних производителей, в которых корректировки времени не были предусмотрены. Неумелые попытки неподготовленных операторов или наладчиков скорректировать время через лицевые панели с ЖКИ и сенсорной клавиатурой иногда сопровождалась ошибками ввода.

Эти ошибки ввода времени искажали отчетность. На этой почве возникали скандалы. В конечном счёте, вина всегда падала на производителя контроллера.

А вот особо вопиющий случай. На одном из объектов, практически каждый месяц происходил сбой времени контроллера, что вело как минимум, к искажению отчётности, и как максимум, к потере данных. Контроллер был установлен и принят в эксплуатацию после долгого хранения и истечения гарантийного срока. Контроллер на объекте был один, без «горячего» или «холодного» резерва, поэтому владелец никак не мог отправить его на ремонт. В конце концов, контроллер «погас» (перестал работать совсем) и был привезен на ремонт изготовителю. Неисправность, из-за которой «погас» контроллер, была простой. Короткое замыкание в катушке одного из изолирующих DC-DC преобразователей вызвало срабатывание защиты сетевого блока питания. Причиной короткого замыкания катушки был перегрев, из-за ненормального режима работы, питаемого им участка схемы. Который, в свою очередь, был связан с очень большим уровнем пульсаций на шине питания 3.3 В. Амплитуда пульсаций составляла половину этого напряжения. В основе же лежала потеря ёмкости электролитическим конденсатором шины питания 3.3 В. После установления этого факта стали понятны и сбои часов контроллера. Контроллер работал в условиях высоких помех, в том числе по питанию, поскольку находился в одном шкафу с силовыми элементами управления задвижками, соленоидными клапанами, пробоотборниками и т. д. При одновременном срабатывании нескольких силовых элементов возникали просадки напряжения питания контроллера. Если в этот момент происходила передача по интерфейсу I2C значения текущего времени от микросхемы RTC к ПЛИС, то сигналы интерфейса искажались пульсациями питания, и двоичные коды, принимаемые СНК в ПЛИС, не соответствовали передаваемым микросхемой RTC. Изменения в текущем времени значения отчетного интервала (двухчасовки, смены, суток, месяца, года) приводили к сдвигу текущих данных в прошедшие периоды и преждевременной отчетности, а возврат нормальных значений времени приводил к очередному сдвигу данных в прошедшие периоды и очередной преждевременной отчётности.

От полного краха спасал один нюанс. Несмотря на то, что передача текущего времени по интерфейсу I2C производилась каждую секунду, занимала она всего 0.4 мс. Только те просадки питания, которые совпадали с этими 0.4 мс передачи текущего времени, вызывали сбой времени. Но такие совпадения происходили достаточно редко. Поэтому и сбои происходили достаточно редко.

Конденсатор, потерявший ёмкость, был заменён. Работоспособность контроллера восстановлена. В дальнейшем жалобы на сбои прекратились.

Стало.

Время из микросхемы RTC используется только после включения питания. (У микросхемы есть резервное питание от батарейки и при отключении основного питания микросхема продолжает работать.). После включения питания время из микросхемы RTC переписывается программой «часы-календарь» СНК в свою память и в дальнейшем работает эта программа. Результаты ее работы не надо считать по отдельному интерфейсу, подверженному помехам. Поэтому вероятность сбоя часов контроллера резко уменьшилась, даже для случая повторения неисправности, описанной выше.

В программе «АРМ оператора» из-за случая искажения отчетности, появилась новая форма, предназначенная для ремонта (восстановления) искажённых отчётов с помощью архива двухчасовок на диске компьютера и арбитражного архива из контроллера.

Стабильность кварцевого резонатора ПЛИС выше стабильности кварцевого резонатора микросхемы RTC, поэтому часы контроллера на основе программы «часы-календарь» СНК спешат и отстают медленнее. Но для совмещения, вплоть до секунды, времени контроллера с реальным временем все равно необходима регулярная (раз в сутки) синхронизация значения текущего времени в программе «часы-календарь» СНК с реальным временем. В программе «АРМ оператора» функции ручной и автоматической

корректировки времени контроллера по времени компьютера дополнились функцией синхронизации времени контроллера по одному из серверов точного времени, доступному в сети Интернет. Дополнительная функция работает автоматически, если компьютер подключен к сети Интернет.

Внешний вид.

Было.

Жесткое неразъемное крепление лицевой панели к корпусу контроллера. Пластиковые наклейки на лицевой и задней панелях корпуса контроллера.

Казалось современно, стильно, недорого. Но...

Недостаточная стойкость пластиковых наклеек к истиранию (можно ногтем поцарапать) и долговременному воздействию солнечного света. Нет возможности расположить контролер как-то по-другому, без квадратного выреза на щите, а иногда это очень нужно.

Стало.

Лицевая и задняя панели изготавливаются методом 3D-печати из ударопрочного пластика.

На панелях крепятся фальш-панели из анодированного дюралюминия с лазерной гравировкой (ногтем уже не поцарапаешь и солнечным светом не испортишь).

При желании лицевая панель с сенсорным графическим дисплеем может крепиться отдельно от основного корпуса контроллера, но на расстоянии не более 1-го метра.

Итог.

Как это обычно и происходит, разработчики создают и проверяют изделие в удобной контролируемой среде, искренне полагая, что условия эксплуатации и квалификация пользователей будут малоотличимы от лабораторных. Свой вклад вносит и необходимость экономить время и средства, зачастую дефицитные, и неизбежно бережное отношение, возникающее к контроллеру, вовсе не помогает оценить его устойчивость к неаккуратной, даже агрессивной, эксплуатации.

Многолетняя промышленная эксплуатация выявила все (или почти все) огрехи, которые к настоящему времени удалось устранить.