

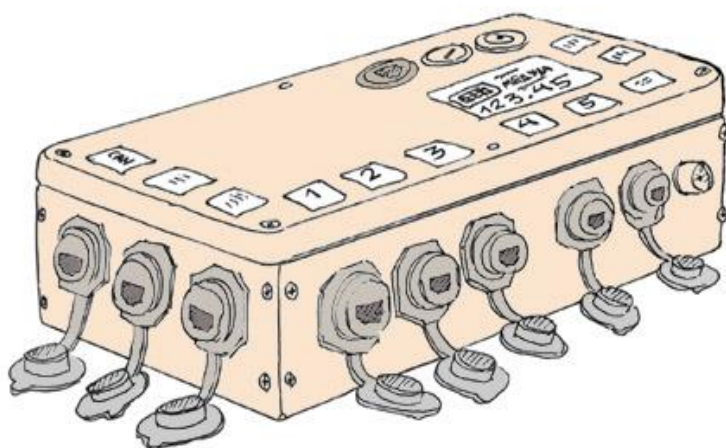
**Многоканальный
программируемый
телематический регистратор
динамических измерений**

«Медуза»

2120

**Руководство по эксплуатации
2120 – РЭ**

**Редакция № 0.8
17.03.2015**



Аннотация

Настоящий документ является руководством по эксплуатации многоканального регистратора цифровых, аналоговых и струнных интеллектуальных датчиков.

Регистратор входит в комплект оборудования СИТИС:Сивионик, предназначенного для построения измерительных систем для мониторинга технического состояния зданий и сооружений на стадии и строительства и эксплуатации, а также систем промышленной автоматики, проведения неразрушающего контроля и испытаний, при изысканиях и обследованиях,

Руководство содержит описание регистратора, принципов работы, технические и метрологические данные и другие сведения, необходимые для создания измерительных систем, обеспечения правильной установки и эксплуатации регистратора, передачи и обработки результатов измерений.

Описываются принципы создания измерительных систем с использованием интеллектуальных датчиков и измерительных преобразователей. Описывается принцип работы «включи-и-измеряй». Рассматриваются аспекты обеспечения надежности и самодиагностики таких систем на основе специальных возможностей регистратора и интеллектуальных датчиков.

Регистратор имеет номер (артикул) # 2120 по каталогу измерительного оборудования СИТИС:Сивионик.

Для удобства также регистратору присвоено условное обозначение «Медуза».

Регистратор и другое оборудование СИТИС:Сивионик, программное обеспечение постоянно совершенствуются, в настоящее руководство и в другую техническую документацию могут вноситься изменения и уточнения.

Рекомендуется пользоваться актуальной версией документации, размещенной на сайте WWW.CIVIONIC.RU

Авторское право

© ООО «СИТИС», 2015 г.

ООО «СИТИС» предоставляет право бесплатных печати, копирования, тиражирования и распространения этого документа в сети Интернет и локальных и корпоративных сетях обмена электронной информацией. Не допускается взимание платы за предоставление доступа к этому документу, за его копирование и печать. Не разрешается публикация этого документа любым другим способом без письменного согласия ООО «СИТИС».

Оглавление

1. НАЗНАЧЕНИЕ.....	5
2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СИТИС:СИВИОНИК.....	6
3. ОПИСАНИЕ РЕГИСТРАТОРА.....	10
3.1. Краткое описание функционирования.....	10
3.2. Технические характеристики.....	11
3.3. Метрологические характеристики регистратора.....	13
3.4. Метрологически значимое ПО.....	14
3.5. Триггеры.....	14
3.6. Встроенные датчики.....	15
3.7. Структура каталогов на USB-Flash накопителе.....	16
3.8. Описание форматов данных.....	17
3.8.1 Файл настройки.....	17
3.8.2 Файл опроса датчиков.....	18
3.8.3 Файлы физической топологии.....	18
3.8.4 Файлы данных с первичных преобразователей.....	19
3.8.5 Файлы осциллограмм.....	19
3.8.6 Файлы спектра опроса.....	20
3.8.7 Файлы журнала работы.....	20
3.8.8 Файлы журнала ошибок.....	21
3.9. Команды настройки и управления.....	21
3.10. Программирование регистратора.....	26
3.11. Описание контактов разъёмов.....	27
3.12. Комплектация.....	28
3.13. Аксессуары.....	28
3.14. Конструктивное исполнение.....	29
3.15. Опции конструктивного исполнения.....	30
3.16. Алгоритм работы.....	30
3.17. Индикация.....	32
3.18. Обновление встроенного ПО.....	32
3.19. Техническое обслуживание регистратора.....	32
3.19.1 Доступ к элементам внутри корпуса.....	32
3.19.2 Замена элементов питания.....	32
3.19.3 Замена элементов питания часов.....	32
3.19.4 Замена платы питания.....	33
3.20. Поверка и калибровка.....	33
3.21. Гарантия.....	33
3.22. Хранение.....	34
3.23. Транспортирование.....	34
3.24. Утилизация.....	34
3.25. Возможные неисправности и методы их устранения.....	34
4. ДАТЧИКИ И ЭТАЛОНЫ.....	35
4.1. Динамические датчики.....	35
4.2. Датчики статических измерений.....	38
4.3. Эталоны.....	40
5. МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	41
6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.....	42
6.1. Сети датчиков.....	42

6.2. Динамические измерения	43
6.3. Статические измерения.....	44
6.4. Резервирование измерительных каналов	44
6.5. Самокалибровка измерительных систем	46
6.6. Самодиагностика и самолечение измерительных систем	48
7. СЕТИ СВЯЗИ.....	49
7.1. Сетевое взаимодействие.....	49
7.2. Проводные сети CAN	51
7.3. Беспроводные сети ZigBee.....	53
7.4. Сети интерфейса управления и индикации	55
8. ПИТАНИЕ	56
9. ВРЕМЯ АВТОНОМНОЙ РАБОТЫ.....	60
10. ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ.....	61
11. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА.....	62
12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	63
13. ПРИМЕРЫ КОМПОНОВКИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА.....	63
14. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	63
14.1. Метрология	63
14.2. Оборудование.....	70
14.3. Сети	74
14.4. Сокращения.....	74
15. ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ	74
16. Приложение А. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ	76
16.1. А1 Общие указания	76
16.2. А2 Лабораторная калибровка.....	76
16.3. А3 Объектная калибровка	81
16.4. А4 Поверка регистратора	82
17. Приложение Б. КОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ И ЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	83
18. Приложение В. РАСЧЕТ ШИНЫ CAN	85

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Многоканальный телематический регистратор «Медуза» предназначен для создания измерительных систем в составе систем мониторинга технического состояния зданий и сооружений на различных стадиях жизненного цикла объектов – строительство, контрольные испытания, нормальная эксплуатация, обследования, реконструкция и т.п. Регистратор может использоваться для работы в составе измерительных систем по контролю состояния оборудования, транспортных средств, природных объектов, работа в системах промышленной автоматики и других подобных задач. Также предусмотрена возможность использования регистратора как измерительного прибора для решения задач измерений в лабораторных условиях.

Регистратор обеспечивает работу с широким спектром обычных и интеллектуальных датчиков, имеющих измерительные сигналы:

- аналоговые статические и динамические датчики с измерительным сигналом +/- 12В
- цифровые датчики с сигналом в формате 1WIRE

Регистратор способен генерировать следующие воздействия и сигналы:

- импульсные сигналы напряжением до 900В, для работы пьезострикционных датчиков
- аналоговые сигналы произвольной формы в диапазоне +/- 12В с частотой до 50 000 Гц

В настоящее время понятие «интеллектуальный датчик» не стандартизовано, и разные разработчики и производители измерительного оборудования трактуют его различным образом. Под интеллектуальными датчиками в системе Ситис:Сивионик подразумеваются датчики и измерительные преобразователи, оснащенные встроенной энергонезависимой памятью для хранения уникального идентификатора и метрологически значимых данных, а также управляющими устройствами на базе микроконтроллеров или управляющих атоматов. Такое решение позволяет реализовывать при построении измерительных систем, как простых, так и весьма сложных, принцип «включи-и-измеряй», что значительно уменьшает количество человеческих ошибок при монтаже и настройке систем, делает возможным построение самодиагностирующихся и самокалибрующихся систем, сокращает сроки пусконаладочных работ. Регистратор «Медуза» работает с интеллектуальными датчиками с идентификаторами в системах СИТИС:Спрут и СИТИС:Сивионик. Другие регистраторы СИТИС:Сивионик также могут поддерживать интеллектуальные датчики с идентификаторами TEDS по стандарту IEEE 1451.

Регистратор имеет пять универсальных портов, каждый из которых способен работать как входной канал или как выходной. Одновременно пять универсальных каналов могут быть настроены как 4:1 (четыре входных канала и один выходной). К каждому входному каналу возможно подключение одного обычного датчика, или шины подключением до 100 интеллектуальных датчиков, или шины с мультиплексорами для подключения до 100 обычных датчиков. Общее количество одновременно подключенных к регистратору датчиков составляет около 400, однако при использовании цифровых мультиплексоров, возможно построение измерительных систем с гораздо большим количеством подключаемых датчиков и измерительных преобразователей.

Реальное количество датчиков в измерительной системе зависит от длины кабельных линий от регистратора до датчиков, топологии кабельной системы, уровня электромагнитных помех со стороны среды где установлена система и других подобных факторов.

Регистратор медуза способен опрашивать до 4 датчиков одновременно (под одному датчику на канал). Время опроса датчик в зависимости от его типа составляет от 1 до 5 секунд, возможен также непрерывный режим измерения. Время работы регистратора для анализа топологии сети подключенных датчиков составляет от 5 до 15 секунд.

Получаемые в ходе измерения данные записываются на встроенную память, откуда могут быть получены с помощью внешних интерфейсов регистратора. Регистратор поддерживает режимы предварительной обработки получаемых с датчиков данных и сохранение только результатов обработки, это позволяет увеличить автономность регистратора и уменьшить количество передаваемой информации по каналам связи.

2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СИТИС:СИВИОНИК

При разработке комплекса оборудования и программного обеспечения, предназначенного для создания систем мониторинга технического состояния зданий и сооружений, систем технической диагностики технологического и инженерного оборудования, используются следующие принципы, отличающие СИТИС:Сивионик от других подобных систем:

- Принцип «включи-и-измеряй»
- Принцип «информационной шины»
- Принцип «черного ящика»
- Принцип «самодиагностики»
- Принцип «самокалибровки»
- Принцип «самолечения»
- Принцип «защищенности»
- Принцип «открытости и доступности»
- Принцип «комплексной поточности»
- Принцип «облачных вычислений»
- Принцип «туманных вычислений»
- Принцип «методологической обеспеченности»

ВКЛЮЧИ-И-ИЗМЕРЯЙ

Реализация принципа «Включи-и-измеряй» основана на использовании в составе системы СИТИС:Сивионик интеллектуальных устройств, датчиков и измерительных преобразователей, оснащенных встроенной памятью, в которой содержится индивидуальное обозначение устройства, информация о производстве датчика или изделия, метрологическая информация – калибровочные коэффициенты и градуировочные зависимости, датах выполнения калибровок и поверок и другая подобная информация. При использовании этой информации при автоматическом анализе топологии измерительных систем регистраторами, управляющими контроллерами и компьютерами, исключается «человеческий фактор» при выполнении кабельных соединений датчиков к каналам регистраторов, коммутаторов и мультиплексоров, а также при задании для обработки измерений калибровочных данных подключенных датчиков.

При монтаже и наладке разветвленных систем с большим количеством однотипных датчиков, неправильное соединение кабельных линий и неверное задание калибровочной информации часто приводит если не к ошибкам в интерпретации результатов измерений, то значительно увеличивает трудоемкость пуско-наладочных работ.

При системном использовании интеллектуальных датчиков СИТИС:Сивионик по сравнению с обычными измерительными системами, ошибки в обработке измеренных данных если не исключаются, то значительно снижаются. Также значительно сокращается время на сбор данных ручными регистраторами и наладку смонтированных систем мониторинга, что может быть критично при работе на объектах с ограниченным временем доступа.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ШИНА

Принцип «Информационной шины» основан на использовании интеллектуальных датчиков с индивидуальными идентификаторами, и с возможностью обмениваться в структурированной сети информацией с управляющим устройством по цифровому интерфейсу связи. Поэтому каждый измерительный порт регистратора с подключенной структурированной кабельной системой датчиков и устройств СИТИС:Сивионик представляет собой многоканальный мультиплексор для подключения цифровых и аналоговых измерительных преобразователей, которые опрашиваются последовательно друг за другом или выборочно исходя из заданной логики работы регистратора.

ЧЕРНЫЙ ЯЩИК

Реализация принципа «Черный ящик» заключается на использовании в каждом регистраторе и контроллере системы встроенной памяти значительного объема, в которую записываются в открытой документированной форме результаты измерений, а также другая информация – топология измерительной системы, состояние линий питания и т.п. Это позволяет в случае нарушения целостности линий связи от самого дальнего регистратора до контроллера обработки данных, восстановить измеренные данные если не в режиме реального времени, то впоследствии при возможности доступа к поврежденному участку измерительной системы. Служебная информация, сохраняющаяся в регистраторе, во многих случаях позволяет выявить причину сбоя целостности сети передачи данных и выполнить необходимые восстановительные работы.

Также в составе комплекта оборудования СИТИС:Сивионик предусмотрены специализированные автономные энергоэффективные изделия («будильники»), которые предназначены для «пробуждения» спящей системы измерения в случае какого-либо непредвиденного события – удара, вибрации, крена или наклона, замыкания контрольного контакта и инициирования незапланированного обычным расписанием сеанса измерений.

САМОДИАГНОСТИКА

При начале каждого сеанса измерений, регистраторы системы СИТИС:Сивионик выполняют программный цикл собственной самодиагностики, и затем анализируют топологию и состояния подключенной измерительной системы. При необходимости регистраторы обрабатывают информацию о результатах самодиагностики интеллектуальных датчиков, если их конструкцией предусмотрена такая возможность.

Для проверки работоспособности и технических характеристик сегментов измерительной сети и её каких либо компонентов, существует возможность подключения регистратором через цифровой мультиплексор на шине датчиков исполнительного устройства, генерирующего контрольный проверочный сигнал.

Также самодиагностика обеспечивается возможностью построения разветвленных измерительных систем с подключением нескольких «дублирующих» датчиков к одному регистратору, а также нескольких «дублирующих» регистраторов к одному датчику. При сравнении величин измеренных «дублирующих» показаний возможно выполнить диагностику как датчиков, регистраторов, так и сегментов кабельных линий и сетевых элементов типа мультиплексоров и разветвителей.

САМОКАЛИБРОВКА

С использованием оборудования СИТИС:Сивионик возможно выполнение измерительных систем, обеспечивающих требуемые метрологические характеристики в течение длительного времени без демонтажа регистраторов и датчиков для проведения лабораторной поверки. На информационные шины датчиков возможно предусмотреть установку «эталонных» датчиков и генераторов сигналов, которые могут являться мерами для калибровки регистраторов и других датчиков, а также проверки состояния соединительных кабельных линий структурированных измерительных сетей

САМОЛЕЧЕНИЕ

Системные возможности комплекта СИТИС:Сивионик позволяют создавать измерительные системы, которые при повреждениях кабельных линий, таких как обрывы и замыкания, позволяют диагностировать расположение поврежденных участков и отключать их от регистраторов, что обеспечивает работоспособность других сегментов кабельной сети с подключенными датчиками и исполнительными устройствами. При выходе из работоспособного состояния регистратора или подобного сетевого или измерительного оборудования, в случае если предусмотрено резервирование, возможно автоматическое подключение резервного устройства.

ЗАЩИЩЕННОСТЬ

Для обеспечения высокой степени защищенности метрологически значимых данных, идентификаторы и калибровочные данные интеллектуальных датчиков записываются в память датчика при производстве без возможности стирания и изменения. Данные последующих поверок и калибровок датчиков также могут записываться непосредственно в память датчика с защитой от изменения. Все данные, передаваемые по

незащищенным каналам при необходимости могут быть зашифрованы, и помещаться в базу данных и обрабатываться в зашифрованном виде.

Также основные компоненты системы СИТИС:Сивионик изготавливаются в защищенном от внешних воздействий конструктивном исполнении, позволяющем их использование в полевых условиях – на строительных площадках, в изыскательских партиях и экспедициях и т.п. Основное программное обеспечение, предназначенной для обработки данных в режиме реального времени, разрабатывается с учетом возможности работы под управлением встраиваемых операционных систем (Embedded Windows, Embedded Linux, Android)

ОТКРЫТОСТЬ И ДОСТУПНОСТЬ

Все данные измерений и данные о состоянии и топологии измерительных систем с использованием оборудования СИТИС:Сивионик имеют открытые документированные форматы. Для хранения данных используются широко распространенные бесплатные системы управления базами данных (SQLite, MySQL, MS SQL Server), что при необходимости позволяет легко осуществлять преобразование и обработку данных под специфичные нужды конкретного применения измерительной системы.

В состав поставки оборудования СИТИС:Сивионик входит бесплатное программное обеспечение СИТИС:Драйв, позволяющее выполнять основные базовые операции по созданию и управлению распределённых баз данных измерений и результатов компьютерного моделирования, чистки, нормализации, преобразованию, просмотру и анализу данных. Также возможно создание автоматизированных рабочих мест диспетчерских служб и настройка серверов автоматической обработки данных и оповещения.

Там где это возможно, поддерживается работа с открытыми бесплатными программными проектами для обработки данных и документирования (SciLab, Python, LibreOffice и т.п.) позволяющих выполнить обработку данных без необходимости приобретения дорогостоящего проприетарного программного обеспечения.

В состав СИТИС:Сивионик также входят компоненты (адаптеры аналоговых датчиков, модульная система преобразователей и т.п.), позволяющие пользователям системы разрабатывать, изготавливать и калибровать свои интеллектуальные датчики, поддерживающие принцип «включи-и-измеряй», с использованием нужных для решаемой задачи измерения и мониторинга первичных измерительных преобразователей, в случае если они отсутствуют в каталоге СИТИС:Сивионик

С помощью адаптеров сопряжения, в измерительные системы с использованием оборудования СИТИС:Сивионик, можно интегрировать большую номенклатуру аналоговых датчиков отечественных и зарубежных производителей

КОМПЛЕКСНАЯ ПОТОЧНОСТЬ

Оборудование, программное обеспечение и методическая документация СИТИС:Сивионик разрабатывается для комплексного решения задач автоматизированной «поточной» обработки данных и информации для создания автоматизированных и автоматических систем мониторинга технического состояния зданий и сооружений – от создания измерительных систем и получения «сырых» измерений с датчиков и преобразователей, до реализации автоматизированной или автоматической системы принятия решения о техническом состоянии рассматриваемой конструкции.

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Программное обеспечение СИТИС:Сивионик обеспечивает хранение и обработку данных в распределённых базах данных, с размещением систем управления данными на локальных компьютерах и мобильных устройствах, серверах в локальных и распределённых сетях. Такой подход обеспечивает возможность организации «облачного» хранения и обработки данных как в сетях общего пользования, так и в защищённых корпоративных сетях

ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

В составе оборудования СИТИС:Сивионик предусмотрены недорогие компактные телематические регистраторы, предназначенные для распределённой установки на контролируемых объектах, а также для встраивания в другие устройства для возможности их активации при заданных воздействиях. Несмотря на незначительную вычислительную мощность и точность измерений по сравнению с прецизионными средствами

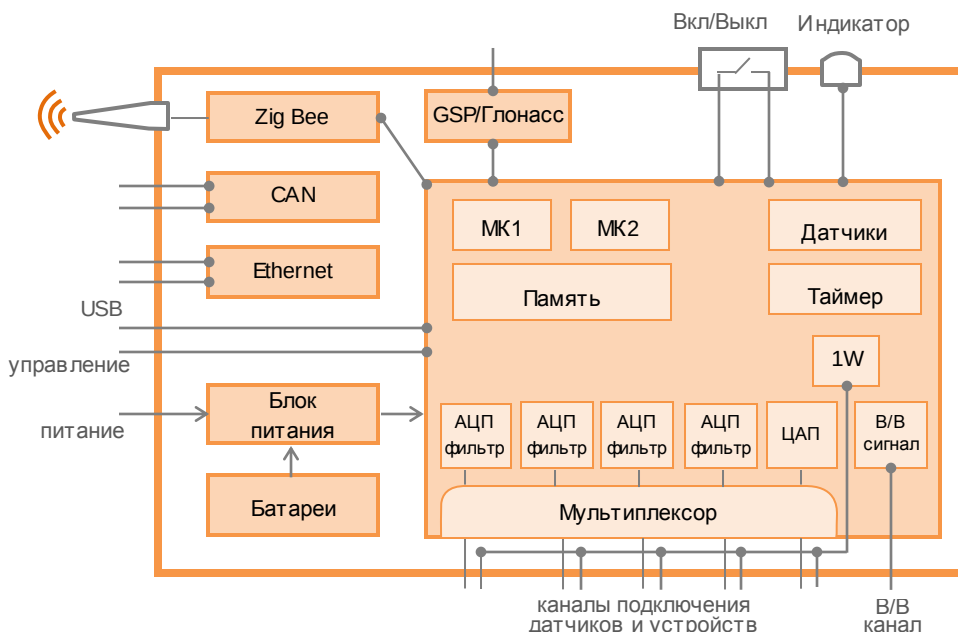
измерения, такое оборудование позволяет создавать с разумными материальными затратами распределенные сети измерительно-вычислительные сети, самопробуждающиеся при возникновении измеряемого воздействия. Суммарная вычислительная мощность узлов такой распределенной измерительно-вычислительной системы, которая может быть представлена как измерительно-вычислительный «туман» вокруг контролируемого объекта, будет соизмерима с мощностью сервера для многоканальной обработки аналогичной и змерительной информации при «облачной» архитектуре вычислений на специализированном удаленном сетевом устройстве.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ

Оборудование и программное обеспечение СИТИС:Сивионик разрабатывается и производится в России и ориентированно на методологию разработки, проектирования, внедрения, использования, сертификации, метрологического обеспечения и другого использования систем мониторинга технического состояния и автоматизированных диагностических систем, принятую в Российской Федерации и странах Таможенного союза. Во всех документахиспользуются термины и определения, соответствующие Российскому техническому законодательству, нормам и стандартам. Используются подходы и терминология, принятые в отечественной профессиональной среде. В случае использования терминов и подходов из зарубежных источников, не имеющих устоявшихся аналогов в отечественной практике, приводятся соответствующие пояснения и переводы. В случае использования в составе разрабатываемого или поставляемого оборудования ко мпонентов зарубежного производства, их технические и метрологические характеристики представляются в соответствии с отечественной терминологией и нормативными требованиями.

3. ОПИСАНИЕ РЕГИСТРАТОРА

Принцип действия регистратора основан на измерении частоты и амплитуды сигнала, поступающего от датчиков. Регистратор позволяет формировать сигналы воздействия и с помощью датчиков получать отклик на сигналы воздействия, так же доступен режим «прослушивания» исследуемого объекта без использования сигналов воздействия со стороны регистратора. Измерение амплитуды сигнала производится непосредственно аналого-цифровым преобразователем (АЦП), а для измерения частоты используются методы цифровой обработки сигналов. Измерение температуры датчиков производится методом непосредственного преобразования сигналов встроенного в датчик термистора (для датчиков сторонних производителей) или считыванием цифрового кода температуры из электронной метки датчиков СИТИС:Сивионик.



Основой аппаратной платформы регистратора Медуза является высокопроизводительная аппаратная платформа, которая содержит цифровой сигнальный процессор для высокоскоростной обработки данных поступающих с АЦП, высокоскоростные 24-битные АЦП для точной оцифровки входного сигнала, до 16 Гбайт встроенной памяти для хранения результатов измерения. Так же в состав платформы входит приемник спутниковых сигналов для гео-привязки и точной синхронизации регистратора по времени, проводные (CAN, Ethernet) и беспроводные (ZigBee) интерфейсы связи. Проводной интерфейс Ethernet поддерживает стандарт IEEE1588v2, что позволяет регистратору Медуза выступать в роли центра синхронизации по времени для других элементов системы СИТИС:Сивионик.

Регистратор Медуза содержит 5 универсальных каналов, каждый из каналов может работать как входной или выходной канал, при этом одновременно может быть один выходной и четыре входных канала. Для обеспечения данного функционала аппаратная платформа регистратора содержит коммутатор аналоговых сигналов, который позволяет переключать входные и выходные каналы после каждого цикла измерения, это обеспечивает возможность подавать сигналы воздействия в разные точки исследуемой конструкции и считывать отклики на данный сигнал.

По конструкции регистратор выполнен в высокопрочном алюминиевом корпусе, защищенном от внешних воздействий (класс защиты IP65). Так как регистратор предназначен для автономной работы для индикации его работы используется только двухцветный светодиод, установленный на передней панели регистратора. Для расширения функционала и настройки прибора к нему может быть подключен универсальный блок управления и индикации, с его помощью можно провести настройку режимов работы регистратора и просмотреть последние показания.

3.1. Краткое описание функционирования

Работа регистратора организована с помощью высокопроизводительной вычислительной платформы, основными задачами, которой являются:

- обслуживание интерфейсов связи ZigBee, CAN, Ethernet предназначенных для сопряжения с внешними устройствами сбора и обработки информации;

- обеспечение временной синхронизации регистратора в рамках системы СИТИС:Сивионик
- оцифровка входного аналогового сигнала датчиков;
- формирование выходных сигналов;
- хранение и обработка промежуточных цифровых данных;
- обмен информацией с внешним устройством.

Цикл работы регистратора зависит от выбранного режима работы. Он может включать в себя формирование тестового выходного сигнала и считывание отклика на данный сигнал с датчиков или получение сигналов с датчиков от внешних воздействий.

Сигнал с датчика, через блок коммутации поступает на схему фильтрации, а затем на схему усиления аналогового сигнала. Отфильтрованный и усиленный сигнал поступает на схему аналого-цифрового преобразователя (АЦП), где происходит оцифровка сигнала. Преобразование частота–код осуществляется контроллером на основании выборки оцифрованного входного сигнала путём пропускания его через алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Результаты измерений сохраняются во внутреннюю энергонезависимую память.

Результаты работы регистратора могут быть получены по проводному или беспроводному интерфейсам, а также с помощью USB-flash накопителя.

3.2. Технические характеристики

Наименование	Ед. изм.	Значение
Подключение датчиков		
Количество универсальных портов для подключения датчиков и мультиплексоров		5
Максимальная возможная длина кабеля до датчика, витая пара категории 5е	м	5
Максимальная возможная длина кабеля до датчика, коаксиальный кабель	м	15
Максимальная длина кабеля до датчика	м	Зависит от компоновки измерительной системы. См раздел «Измерительные системы»
Максимальное возможное количество подключаемых датчиков	шт	400
Максимальное возможное количество подключаемых датчиков на один разъем (порт)	шт/порт	100
Максимальное количество подключаемых датчиков	шт	Зависит от компоновки измерительной системы. См раздел «Измерительные системы»
Передача данных		
Проводные интерфейсы передачи данных		Ethernet, CAN
Беспроводные интерфейсы передачи данных		ZigBee
Скорость передачи данных по интерфейсу CAN	Кбит/с	50
Максимальная длина линии CAN	м	900
Скорость передачи данных по интерфейсу Zigbee	Кбит/с	1
Максимальное расстояние передачи Zigbee	М	300
Скорость передачи данных по интерфейсу Ethernet	Мбит/с	До 100
Максимальная длина линии Ethernet	м	До 100

Спутниковая навигация		
Система навигации		GPS, Глонасс
Погрешность синхронизации времени	с	10 ⁻⁶
Точность позиционирования	м	10-100 м (зависит от количества видимых спутников)
Энергопотребление		
Напряжение внутреннего источника питания	В	2.5 - 5
Напряжение внешнего источника питания 1	В	9 - 36
Напряжение внешнего источника питания 2	В	2.5 - 5
Максимальная потребляемая мощность, в том числе	Вт	10
Режим опроса (работа регистратора)	Вт	2
Режим опроса (питание датчиков)	Вт	8
Режим связи	Вт	0,6
Режим активности	Вт	0,6
Режим пониженного энергопотребления	Вт	0,001
Хранение данных		
Устройство хранения данных измерений		Внутренняя Flash память
Объем внутренней flash памяти	Гб	16
Максимальное количество хранимых измерений		До 10 000
Производительность		
Время автономной работы от стандартного комплекта батарей	дней	
Время инициализации регистратора при включении или выходе из режима «сна»	с	
Время анализа топологии измерительной системы	с	
Время опроса		Зависит от типа и количества датчиков
Триггеры активации		
контакт		да
Угол наклона	градус	1
ускорение		0.1G
Конструктивное исполнение		
Материал корпуса		алюминий
Степень защиты от внешних воздействий		IP65 ГОСТ 14254

Размеры	мм	250×170×56
Вес без батарей	г	1800
Вес с батареями	г	2000
Условия эксплуатации:		
– температура окружающего воздуха	°С	от -40 до +70
– относительная влажность воздуха при 25 °С, не более	%	90
- глубина погружение в воду	м	1
Средний срок службы, с учетом проведения регламентных работ по обслуживанию:	год	25
Замена источников питания	Год	3
Замена платы питания	Год	10
Гарантийный срок	год	3

3.3. Метрологические характеристики регистратора

Наименование	Значение
Уровень защиты ПО от преднамеренных изменений	Высокий, по Р 50.2.077-2014
Время	
Диапазон измерений	0-4095 лет
Цена деления	1 мс
Относительная погрешность (без корректировки)	5 сек / сутки
Порог чувствительности	1 мс
Напряжение	
Диапазон измерений	-12 – +12 В
Цена деления	0.001 В
Абсолютная погрешность	0.001 В
Порог чувствительности	0.001 В
Частота изменения напряжения входного сигнала (измеряемая)	
Входной диапазон напряжений	-12 – +12В
Диапазон измерений	100 – 70000 Гц
Цена деления	1 Гц

Абсолютная погрешность	1 Гц
Порог чувствительности	1 Гц
Частота изменения напряжения выходного сигнала (генерируемая)	
Выходной диапазон напряжений	-12 – +12В
Форма сигнала	любая
Диапазон генерации	100 – 70000 Гц
Цена деления	1 Гц
Абсолютная погрешность	1 Гц
Параметры выходного сигнала для пьезодатчика (генерируемая)	
Выходной диапазон напряжений	0 – 600 В
Форма сигнала	импульсная

3.4. Метрологически значимое ПО

Метрологически значимая часть ПО в составе файла прошивки микроконтроллера неотделима от остальной части ПО. Используется программная блокировка преднамеренного изменения прошивки микроконтроллера, её также шифрование и использование контрольных сумм.

С каждым файлом результатов измерений предоставляется версия и хэш-сумма прошивки, с помощью которой были получены данные. Файлы результатов измерений также защищаются обычной и шифрованной контрольными суммами. Дополнительно версия ПО и хэш-сумма прошивки может быть получены по команде через интерфейсы связи.

Часть метрологически значимых данных метрологически значимой части ПО находится в памяти подключаемых датчиков. Память датчиков является однократно программируемой при производстве датчиков, дальнейшее изменение данных в памяти датчика невозможно.

3.5. Триггеры

Для вывода регистратора из «сна» - режима низкого энергопотребления, конструкцией регистратора предусмотрено несколько триггеров – инициирующих воздействий:

Триггер-1 (Timer) – наступление заданного момента времени (начало сеанса какого-либо расписания и т.п.)

Триггер-2 (Contact) - замыкание контактной линии – геркона под крышкой корпуса, замыкание линий 3 и 5 порта управления и индикации

Триггеры по изменению ускорения – превышение ускорением заданной величины в диапазоне от 0 до 16G с точностью 0,01G.

Триггер 3 (AccelX) – ускорение по оси X.

Триггер 4 (AccelY) – ускорение по оси Y

Триггер 5 (AccelZ) – ускорение по оси Z.

Триггер 6 (Accel) – суммарное ускорение.

Триггеры по изменению угла наклона относительно вектора силы тяжести в диапазоне от 0 до 360 градусов с точностью 1 градус.

Триггер 7 (AngleX)– угол между осью X и вектором силы тяжести.

Триггер 8 –(AngleY) угол между осью Y и вектором силы тяжести.

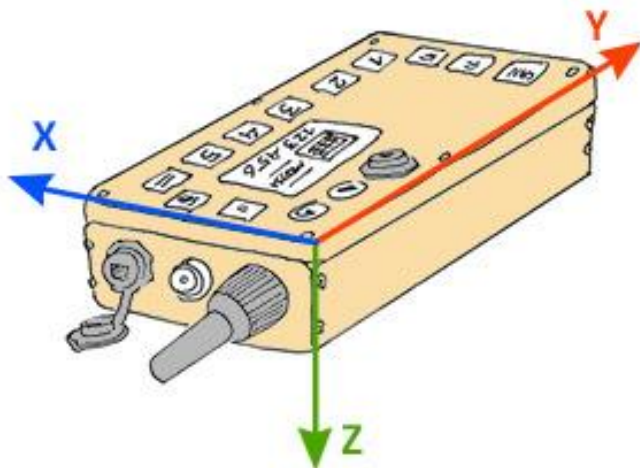
Триггер 9 – (AngleZ) угол между осью Z и вектором силы тяжести.

Триггер 10 – (Angle) суммарный угол.

3.6. Встроенные датчики

Регистратор выполняет измерения физических величин на контактах измерительных портов и имеет встроенные датчики (часы, акселерометр).

Для величин, имеющих направление, применяется следующая система координат:

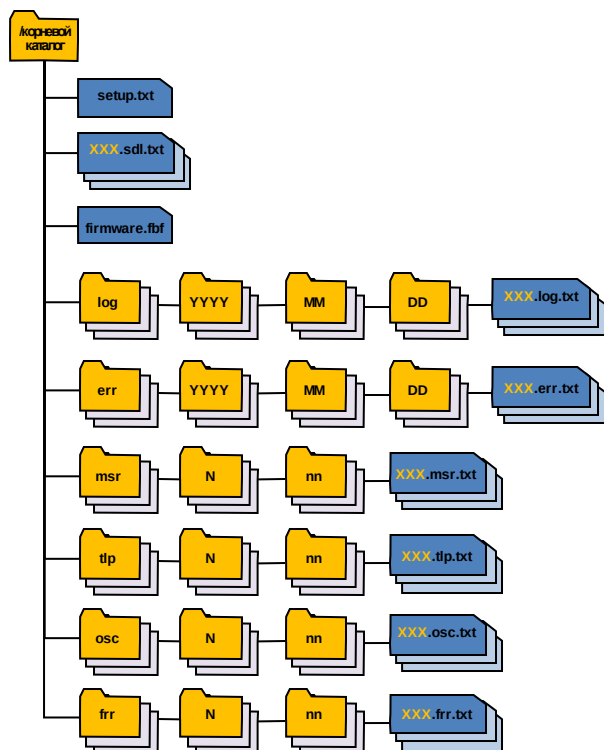


Для измеренных регистратором величин используется следующая кодировка:

	Код величины	Номер величины	Наименование	Примечание
	3002		Температура, градусы Цельсия	
		1	Внутренняя температура	
	4401		Угловое перемещение, относительно вектора силы тяжести, градусы	
		1	Поворот оси X	
		2	Поворот оси Y	
		3	Поворот оси Z	
	4701		Ускорение, М/сек	
		1	Ускорение вдоль оси X	
		2	Ускорение вдоль оси Y	
		3	Ускорение вдоль оси Z	
	6002		Сила тока, мА	
		1	Измеренный ток, порт 1	
		2	Измеренный ток, порт 2	
		3	Измеренный ток, порт 3	
		4	Измеренный ток, порт 4	
	6101		Разность потенциалов, Вольт	
		1	Напряжение, порт 1	
		2	Напряжение, порт 2	
		3	Напряжение, порт 3	
		4	Напряжение, порт 4	
		5	Напряжение питания, встроенная батарея	
		6	Напряжение внешнего питания, линия 1	
		7	Напряжение внешнего питания, линия 2	
	8001		Частота, Гц	
		1	Частота электрического сигнала, порт 1	
		2	Частота электрического сигнала, порт 2	
		3	Частота электрического сигнала, порт 3	
		4	Частота электрического сигнала, порт 4	

3.7. Структура каталогов на USB-Flash накопителе

Регистратор поддерживает работу с USB-Flash накопителями объемом до 1 ТБ, отформатированными под файловую систему FAT32. Ниже приведена структура размещения файлов на накопителе:



Корневой каталог USB-Flash накопителя содержит:

setup.txt - файл настройки

XXX.sdl.txt – файлы опроса датчиков

firmware.fbf - файл для обновления прошивки

log\YYYY\MM\DD - каталоги журналов работы (файлы *.log.txt*)

err\YYYY\MM\DD - каталоги журналов ошибок (файлы *.err.txt*)

msr\N\nn - каталоги файлов измерений (файлы *.msr.txt*)

tlp\N\nn - каталоги файлов топологии (файлы *.tpl.txt*)

osc\N\nn - каталоги файлов осциллограмм (файлы *.osc.txt*)

frr\N\nn - каталоги файлов спектров (файлы *.frr.txt*)

Обозначения:

XXX – условное обозначение имени файла

YYYY - условное обозначение года.

MM - условное обозначение месяца.

DD - условное обозначение дня.

N – старшая часть номера файла (0-9)

nn – средняя часть номера файла (00-99)

3.8. Описание форматов данных

3.8.1 Файл настройки

Файл настройки имеет имя «setup.txt» и расположен в корневом каталоге USB-Flash накопителя.

В файле содержатся параметры работы регистратора.

Расписания задаются в виде: время начала расписания, периодичность действия, продолжительность действия.

Пример содержимого файла:

```
Setup //тип файла
//
Systime +06:30:00 // смещение системного времени от UGT
Activ0 60 // время активности после включения регистратора
Activ 2014.01.01-00:00:00 2:00:00 0:02:00 //расписание активности
Net 2014.01.01-00:00:00 12:00:00 00:05:30 //расписание выхода регистратора на связь
Measure 2014.01.01-00:00:00 2:00:00 0:02:00 //расписание опроса регистратором датчиков

// Файл опроса по умолчанию
Default schedule.sdl.txt

// задание файла опроса по расписанию
OnSchedule schedule.sdl.txt

// время активности – от события триггера
// время связи – от конца опроса датчиков

// задание триггера по контакту. Триггер может быть не задан.
// триггер время_активности время_связи файл_опроса
Contact 30 30 scheduleC.sdl.txt

// задание триггеров по ускорению. Триггеры могут быть не заданы.
// триггер величина_триггера_в_1G время_активности время_связи файл_опроса
AccX 0.2 0 30 scheduleA.sdl.txt
AccY 0.3 0 30 scheduleA.sdl.txt
AccZ 0.3 30 30 scheduleA.sdl.txt
Acc 0.5 0 30 All // Опрашивать все датчики и сенсоры

// задание триггеров по углу. Триггеры могут быть не заданы.
// триггер величина_триггера_в_градусах время_активности время_связи файл_опроса
AngleX 0.2 30 30 // файл опроса не задан
AngleY 0.3 0 30 Def // используется файл опроса по умолчанию
AngleZ 0.3 30 30 Def // используется файл опроса по умолчанию
Acc 0.5 0 30 schedule3.sdl.txt
```

3.8.2 Файл опроса датчиков

Файлы опроса датчиков имеют расширение «sdl.txt» и расположены в корневом каталоге USB-Flash накопителя.

В файлах содержится перечень датчиков и их измеряемых величин.

```
Schedule //тип файла

// номер_датчика      тип_величины      номер_величины (сенсора)      периодичность
тип_динамического_измерения частота время_динамического_измерения (миллисекунды)
// osc – осциллограмма, frf -спектр, osf - осциллограммы и спектр
123101                // опрашиваются все сенсоры датчика
123102 2001           // опрашиваются все сенсоры с типом 2001
123456 2001 1
123457 2001 2 3
123457 3021 1 10
123458 2001 * 10      // знак * означает «все»
12459  *      * 10
345678 2010 1 10 osc 1000 1500
@ 4401 1 20           // @ - внутренний датчик регистратора
# 1000 2              // # - пауза в миллисекундах, периодичность
AllOther 2            // опросить все незаданные датчики в порядке файла топологии
# 20000 5
All 5                 // Опросить все датчики в порядке файла топологии,
периодичность
```

Периодичность - кратность выполнения опроса датчика или выполнения инструкции по расписанию: 1 – каждый период расписания, 2 каждый второй период и т.д. По умолчанию периодичность равна 1.

При опросе датчиков по триггерам периодичность не учитывается, опрос выполняется для всех заданных сенсоров, выполняются все заданные инструкции

3.8.3 Файлы физической топологии

Файлы начинаются с 5-значного номера в формате Nnnxx

Путь к файлам физической топологии соответствует шаблону

tpl\N\nn, где

N – старшая часть номера файла (0-9)

nn – средняя часть номера файла (00-99)

Мнемоника имени файла: номер_файла – серийный_номер_регистратора – дата-время.tpl.txt

Пример – 00032-12345678-140520-101230.tpl.txt

Этот файл будет располагаться в папке tpl\0\00

Пример содержимого файла:

```
//тип файла, время начала записи, название файла
Tpl 2014:05:20-10:12:30 32-12345678-140520-101230.tpl.txt
//устройство, создавшее файл - дата, серийный номер, номер пользователя
Device 2014:05:20-10:12:30 12345678 2345678
//
// порт SN_датчика uid_метки блок_памяти_метки список (тип_величины
```

номер_сенсора_величины uid);

Port 1 //разделитель

1 1234567 4101 1 1 4445h66jj76 4102 1 6yhv666 3002 1 555rvvg666678 3002 2 77097c78e4 ;

1 4534567 4101 1 1 4445h66jj79 4102 1 666lolmi6 3002 1 5567rvvg666678 3002 2 97097c78e4 ;

Port 2

2 2734567 4101 1 1 5445h66jj76 4102 1 8hvv666 3002 1 355rvvg666678 3002 2 127097c78e4 ;

2 27934567 4101 1 1 6445h66jj79 4102 1 96lolmi6 3002 1 12567rvvg666678 3002 2 21097c78e4 ;

//

Fend 2014:05:20-14:10:21 12345678 //признак успешной записи файла, дата, номер устройства

Crc 5467567456745565 // контрольная сумма

Key 1239889785458658 // зашифрованная контрольная сумма

3.8.4 Файлы данных с первичных преобразователей

Путь к файлам с данными с первичных преобразователей соответствует шаблону

msr\NN\pp, где

N – старшая часть номера файла (0-9)

pp – младшая часть номера файла (00-99)

Мнемоника имени файла: номер_файла – серийный_номер_регистратора – дата-время.расширение1.txt

Пример – 00137-12345678-140520-141018.msrx.txt

С символов «//» начинается незначащая часть данных (комментарий)

Разделителем данных является пробел.

Коды измеряемых физических и логических величин приведены в приложении Б.

Пример содержимого файла:

//тип файла, время начала записи, название файла

Measures 2014:05:20-14:10:18 32-12345678-140520-141018.msrx.txt

//устройство, создавшее файл - дата, серийный номер, номер пользователя

Device 2014:05:20-14:10:18 12345678 2345678

// время датчик список (тип_величины номер_сенсора_величины измеренная величина);

14.05.20-10.15.01-001 1234567 4101 1 0,234 4102 1 3,547 3002 1 24,56 3002 2 24,58 ;

14.05.20-10.15.01-020 2344568 4101 1 0,235 3002 1 24,59 ;

Fend 2014:05:20-14:10:21 12345678 //признак успешной записи файла, дата, номер устройства

Crc 5467567456745565 // контрольная сумма

Key 1239889785458658 // зашифрованная контрольная сумма

3.8.5 Файлы осциллограмм

Осциллограмма – это кривая, отражающая зависимость напряжения на входе АЦП регистратора от времени.

Файлы осциллограмм создаются при динамическом опросе датчиков.

Путь к файлам осциллограмм соответствует шаблону

osc\N\pp, где

N – старшая часть номера файла (0-9)

pp – средняя часть номера файла (00-99)

Мнемоника имени файла осциллограммы: номер_файла – серийный_номер_регистратора – дата-время.расширение1.txt

Пример – 00032-12345678-140520-101230.osc.txt

Содержимое файла:

В каждой строчке один отсчет АЦП. Отсчеты идут с частотой дискретизации.

Пример :

```
3394.000000
841.000000
0.000000
0.000000
0.000000
780.000000
3389.000000
3395.000000
3388.000000
```

3.8.6 Файлы спектра опроса

Спектр - это распределение амплитуд сигнала на входе АЦП регистратора по частотам.

Файлы спектра являются результатом цифровой обработки сигнала датчика, записанного в файл осциллограмм. По файлу спектра можно определить частоту собственных колебаний струны датчика, её гармоники, а также оценить отношение уровня полезного сигнала к уровню шума.

Путь к файлам спектров соответствует шаблону

frf\N\pp, где

NN – старшая часть номера файла (0-9)

pp – младшая часть номера файла (00-99)

Мнемоника имени файла спектра: номер_файла – серийный_номер_регистратора – дата-время.frf.txt

Пример – 00032-12345678-140520-101230.frf.txt

Содержимое файла:

В каждой строчке энергия соответствующего значения частоты изменения напряжения входного сигнала.

Частоты начинаются с нуля и идут с шагом = 1,953125 Гц

Пример :

```
3495962.000000
379.337097
285.372314
379.907318
241.136978
250.272995
289.492188
93.636185
158.255188
```

3.8.7 Файлы журнала работы

Путь к файлу журнала работы соответствует шаблону

log\YYYYMMDD, где

YYYY - год

MM - месяц

DD - день

Имя файла: log.txt

При включенной опции вывода информации о ходе выполнения программы в файл лога работы записываются следующие данные:

Дата, время, название задачи, информация о ходе выполнения программы.

Пример содержимого файла:

```
2014.12.14 10:43:16:006 Mgr: System Start! Soft ver. 0 Dec 14 2014 10:26:32
2014.12.14 10:43:17:287 Sensors: Read sensors start
2014.12.14 10:43:20:034 Sensors: Find sensors 1 801 4344C440000000F4 1 3002 3 285284B60400008C
3002 2 2852EAB60400003F 3002 1 289A40B704000000;
2014.12.14 10:43:21:984 Sensors: Find sensors 1 170 4328C54000000087 1 3002 1 35D8902E0000006A;
2014.12.14 10:43:29:892 Sensors: Data 801 3002 3 29.000 3002 2 29.000 3002 1 28.438;
2014.12.14 10:43:36:562 Sensors: Data f1 = -0.001852
2014.12.14 10:43:43:104 Sensors: Data f2 = 0.005561
2014.12.14 10:43:44:832 Sensors: Data 170 3002 1 33.625 8001 2 0.006;
2014.12.14 10:43:48:890 Sensors: Read sensors end
```

3.8.8 Файлы журнала ошибок

Путь к файлу журнала ошибок соответствует шаблону

err\YYYY\MM\DD, где

YYYY - год

MM - месяц

DD - день

Имя файла: err.txt

При включенной опции вывода информации об ошибках в файл лога ошибок записываются следующие данные:

Время, номер ошибки, место возникновения ошибки, описание ошибки с указанием её параметров.

Пример содержимого файла:

```
2014.05.19 12:24:32:023 1001 mgr.c 235 Ошибка открытия файла «140519-12-
12345678.log.txt»
```

3.9. Команды настройки и управления

Команды настройки и управления могут передаваться регистратору в режиме Активности от управляющего устройства через подключение к порту управления и индикации (разъем Б).

- Подключение компьютера по интерфейс RS-232 разъема «Б» с использованием адаптера #2611
- Подключение смартфона или планшета с ОС Андроид, имеющего порт USB OTG с поддержкой режима HOST, по интерфейсу RS-232 к разъему «Б» с использованием адаптера #2612, или адаптера #2611 и кабеля OTG
- Подключение любого совместимого устройства через интерфейс Bluetooth разъема «Б» с использованием адаптера #2613

При подключении по интерфейсу RS-232 может использоваться любая терминальная программа. Для выполнения команд обмена файлами (команда fls и т.п.) требуется использование программы Драйв-Терминал.

Для работы терминальной программы нужно выполнить следующие настройки виртуального COM порта:

Скорость передачи - 115200 бод

Кол-во бит данных - 8

Кол-во стоп-бит - 1

Контроль чётности - не используется

Аппаратное управление потоком данных - не используется

Данные передаются в виде текстовых строк в формате ASCII.

Строка завершается символами CR (Carriage Return) с последующим LF (Line Feed).

Символы (CR)(LF) в текстовом виде в терминальных программа обычно не отображаются.

Строка с командой представляет собой последовательность слов (подстрок), разделенных пробелами или символами табуляции.

Первое слово - номер или символьное обозначение команды или сообщения, другие слова - параметры команды или сообщения.

Обычно обозначение команды состоит из 2-3 английских символов в нижнем регистре, обозначение сообщения состоит из 2-3 английских символов в нижнем регистре и знака сообщения ">" или эха команды ":".

	Общее	
	ver	Запрос версии ПО устройства
	log	Задание вывода сообщения о работе в лог (журнал работы)
	lgt	Задания сообщений для вывода в лог
	dt	Задание даты
	tm	Задание времени
	ugt	Задание часового пояса
	ech	Задание эха ввода команд
	mem	Информация о использовании памяти
	lng	Выбор языка интерфейса
	Расписания	
	shd	Задание даты расписаний
	sht	Задание времени расписаний
	shp	Задание периода расписаний
	sha	Задание времени активности после включения питания
	Файловая система	
	cd	Задание текущей папки
	dir	Вывод содержания текущей папки
	del	Удаление файла
	mov	Перемещение файла
	copy	Копирование файла
	con	просмотр файла
	Передача файлов	
	rdt	Чтение текстового файла
	wrt	Запись текстового файла
	adt	Добавление к текстовому файлу
	rdb	Чтения бинарного файла
	wrb	Запись бинарного файла
	adb	Добавление к бинарному файлу
	eof	Задание признака конца бинарного файла
	Топология	
	tps	Вывод топологии измерительной сети
	tpw	Вывод компонентов измерительной сети (1 wire)
	Файлы измерений	
	fno	Вывод номеров последних файлов измерений
	fls	Чтения файла измерений

	flt	Чтения файла топологии
	flf	Чтение различных файлов
	Прибор	
	ins	режима работы "лабораторный прибор"
	ino	Режим вывода результатов
	chc	Выбор порта
	cht	Построить топологию устройств
	chs	Статический опрос датчиков
	chd	Динамический опрос датчиков
	chm	Управление мультиплексорами
	chp	Управление линиями питания
	P12	Управление линией питания 12 В
	P5	Управление линией питания 5 В
	chl	Считать идентификаторы компонентов (1wire)
	Измерения	
	mf	измерение частоты сигнала
	mv	измерение напряжения
	ma	Измерение тока
	mwv	Опрос струнного датчика
	Генерация	
	gfr	Генерация сигнала заданной частоты
	Коммутация	
	mpx	Управление каналами мультиплексоров
	rel	Управление каналами реле

ver - Запрос версии ПО устройства

Входные параметры: нет

Выходные параметры: версия ПО в десятичном виде и дата сборки программы.

log - Задание типов потоков вывода в журнал

Входные параметры: десятичное число - номер типа потоков логирования

1 - через отладочный интерфейс на консоль

2 – в файл log.txt

3 – одновременно на консоль и в файл log.txt

Выходные параметры: десятичное число - номер установленного типа потоков логирования.

lgt - Виды вывода сообщения в журнал

Входные параметры:

параметр 1 - значение 1-включить, 0-выключить

параметры 2,3,4,5 - десятичные числа - номер вида вывода сообщений в лог

1 – трассировка, уровень 1 (самый общий – вход в процессы и сопрограммы)

2 – трассировка, уровень 2 (подробнее – модули внутри сопрограмм)

3 – трассировка, уровень 3 (самый подробный – функции внутри модулей)

4 – ввод/вывод в файл

5 – ввод/вывод USB

8 – стек протоколов – командный уровень

9 – стек протоколов – сеансовый уровень

10 – стек протоколов – транспортный уровень

команда без параметров выводит сообщение о всех установленных видах вывода

dt - Установка даты регистратора

Входные параметры: три числа - день месяц год.

При незадаанных параметрах ничего не меняется, только отклик

tm - Установка времени регистратора

Входные параметры: три числа - часы минуты секунды.

При незадаанных параметрах ничего не меняется, только отклик

выходные - 4 числа - часы минуты секунды миллисекунды

ugt - Установка часового пояса

Входные параметры: два числа - часы минуты смещения от UGT

пример ugt -4 30

7 ech - эхо

Входные параметры - одно число, 0 - эхо команд не выводится, 1 - эхо выводится, 2 - выводится эхо с пояснениями значения параметров на выбранном языке.

shd - установка даты расписания

параметр 1 - число 0 - все расписания, 1-расписание связи, 2 - расписание опроса, 3 – расписание активности

параметры 2,3,4 - число месяц год

sht - установка времени расписания

параметр 1 - число 0 - все расписания, 1-расписание связи, 2 - расписание опроса, 3 – расписание активности

параметры 2,3,4 - час минуты секунды

shp - установка периода расписания

параметр 1 - число 0 - все расписания, 1-расписание связи, 2 - расписание опроса, 3 – расписание активности

параметр 2 - число 1 - продолжительность периода, 2 - продолжительность сеанса

параметр 3 - значение продолжительности (дни, часы, минуты, секунды)

tpw - вывод топологии 1wire (перечень УИД микросхем и заданное количество первых байт из памяти)

параметр 1 - число - номер порта, если 0 - все порты

параметр 2 - количество выводимых байт из памяти микросхемы

tps - вывод топологии измерительной сети (серийные номера, типы устройств, состав устройств)
параметр 1 - число - номер порта, если 0 - все порты

mem - вывод параметров использования памяти (установленные RAM, ROM, использовано/свободно usb flash)

lng – выбор языка интерфейса
Параметр 1 – число. 1 – английский, 2 – русский.

cd – изменение/вывод текущей дериктории

dir – список файлов/папок

rdt – чтение текстового файла. После файла передаётся признак окончания текстового файла - ASCII символ 04 – EOF.

wrt – запись текстового файла. После файла передаётся признак окончания текстового файла (ASCII символ 04 - EOF)

add – добавление текста в текстовый файл. После текста передаётся признак окончания файла (ASCII символ 04 - EOF)

eof – задание последовательности – признака окончания бинарного файла.

rdb – чтение бинарного файла. После файла передаётся признак окончания файла (по умолчанию «@##@»)

wrb – запись бинарного файла. После файла передаётся признак окончания файла (по умолчанию «@##@»)

fls No – вывод текстового файла измерений с номером No (если номер не задан, то последнего). После файла передаётся признак окончания текстового - ASCII символ 04 – EOF.

fit No – вывод текстового файла топологии с номером No (если номер не задан, то последнего). После файла передаётся признак окончания текстового - ASCII символ 04 – EOF.

fno – вывод номеров последних файлов – измерений и топологии.

27 – Задать время активности DBGU после включения питания

28 – Вкл/Выкл режима работы "лабораторный прибор"

Параметр 1 – число. 0 - обычный режим. 1 - режим "лабораторный прибор" (управление работой через команды управления)

29 – Задание режима вывода результатов работы лабораторного прибора

Параметр 1 – число.

1 - через отладочный интерфейс на консоль

2 – в файлы

3 – одновременно на консоль и в файлы

30 – Выбрать номер активного канала регистратора (для работы команд 31-40)

Параметр 1 – число. Номер канала от 1 до 4

31 – Считать идентификаторы меток

32 – Построить топологию устройств

33 – Опросить датчики

34 – Управление питанием датчика +12В

Параметр 1 – число. 0 - выкл. 1 - вкл.

35 – Управление питанием датчика +5В

Параметр 1 – число. 0 - выкл. 1 - вкл.

36 – Сгенерировать выходной сигнал переменного напряжения

Параметр 1 – число. Частота, Герц (от 100 до 4000)

Параметр 2 – число. Амплитуда, милливольт (от 0 до 10000)

Параметр 3 – число. Длительность, миллисекунд (от 0 до 10000)

37 – Определить частоту сигнала на аналоговом входе устройства

38 – Определить напряжение на аналоговом входе устройства

39 – Определить ток на аналоговом входе устройства

40 – Опросить струнный датчик, подключенный к аналоговому входу

fif Nt No – вывод файла типа Nt с номером No

Nt : 1 – измерения, 2-топология, 3-осциллограмма, 4 – спектр

3.10. Программирование регистратора

В первой версии регистратора возможность программирования не реализована.

В последующих версиях планируется реализация возможностей по программной обработке данных встроенным интерпретатором по алгоритму, написанному на языке «СИ» с использованием встроенной библиотеки функций обработки динамических данных.

Программирование позволит значительно снизить объем данных, передаваемых по каналам связи от регистратора в центр обработки данных.

Например при решении задачи контроля нарастания прочности бетона ультразвуковым методом вместо осциллограмм импульса и отклика возможно передавать только время прохождения импульса от точки установки генератора до точки установки датчиков, или значение прочности бетона, определенное по заданной градуировочной зависимости. Также возможно решение других подобных задач – определение возникновения трещин, мониторинг роста трещин в режиме реального времени и т.п.

3.11. Описание контактов разъёмов

Все разъёмы RJ45.



Разъём «А» - для подключения линии CAN и внешнего питания

Номер контакта	Наименование сигнала	Назначение
1	9-36 в	Линия питания 1
2	2,5 – 5 в	Линия питания 2
3	2,5 – 5 в	Линия питания 2. Общий провод питания
4	GRND	Общий проводник питания
5	GRND	Общий проводник питания
6	GRND CAN	Общий проводник CAN
7	H	Сигнал H шины CAN
8	L	Сигнал L шины CAN

Разъём «Б» - тип RJ45 - для подключения линии управления индикации

Номер контакта разъёма	Наименование сигнала	Назначение
1	12 в	Питание устройств
2	5 в	Питание устройств
3	5 в	Питание устройств
4	GRND	Общий проводник
5	триггер	Получение сигнала на пробуждение
6	будильник	Сигнал на пробуждение других устройств
7	Данные1	Линия данных
8	Данные2	Линия данных

Разъёмы Портов 1-4 для подключения датчиков и мультиплексоров

Номер контакта	Наименование сигнала	Назначение
1	+12V	Питание датчиков 12 Вольт, до 1,5 А
2	+5V	Питание датчиков 5 Вольт, до 1,5 А
3	1W	Интерфейс 1-wire
4	GND	Общий провод возвратного тока (сигналы 1,2,3). До 1,5 А
5	AIO	Вход/выход аналогового сигнала, до 24 В, до 1,5 А
6	GND	Общий провод возвратного тока (сигнал 5), до 1,5 А
7	Не используется	резерв
8	Не используется	резерв

3.12. Комплектация



1. регистратор, 1 шт.;

1.1 батареи питания (типоразмер AA), установленные в батарейный блок - 6 шт.

1.2 защитный чехол батарейного блока

1.3 скрутка защитного чехла

1.4 болт для присоединения монтажных скоб и ручек – 16 шт.;

2. ключ от замка-выключателя питания регистратора, 2 шт.;

3. пакеты с силикогелем, 5 грамм, 5 шт.

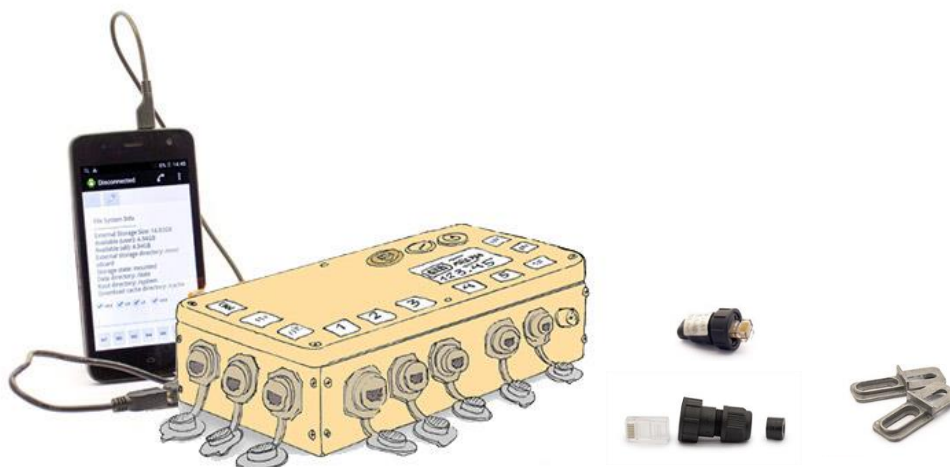
4. шпилька присоединения заземления – 2 шт

5. 6-гранный ключ для шпильки

6. паспорт устройства с гарантийным талоном, 1 шт.;

7. CD-диск с документацией и программным обеспечением , - 1 шт

3.13. Аксессуары



Адаптер USB разъема контроля и индикации - для подключения к компьютерам и мобильным устройствам.

Адаптер BlueTooth разъема контроля и индикации - для подключения к компьютерам и мобильным устройствам.

Контроллер (Планшет с ОС Андроид, экран 7 дюйма)

Контроллер (Смартфон с ОС Андроид, экран 4 дюйма)

Кабель подключения питания 5 в с разъемом USB – для питания от компьютера или зарядного устройства

Герметичные наконечники для кабелей с разъемами RJ45.;

Скоба-ручка (короткая сторона)

Скоба-ручка (длинная сторона)

Монтажные петли (комплект 2 шт).

Батарейный блок с 2 батареями AA – 2 шт, и источником бесперебойного питания на Ni-Mn аккумуляторах типоразмера AA - 4 шт

Батарейный блок с 2 батареями AA – 2 шт, и источником бесперебойного питания на Li-Ion аккумуляторах.

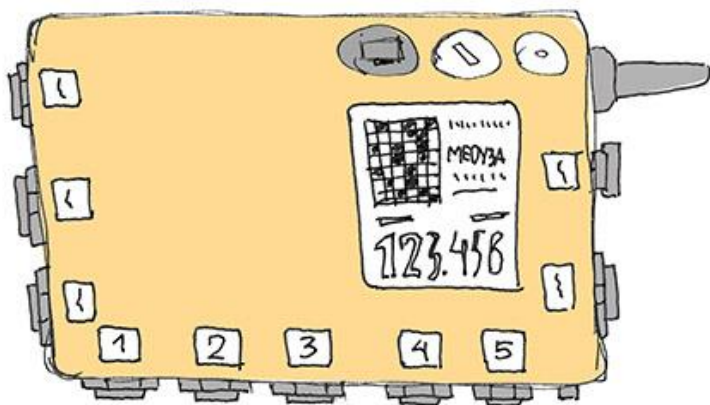
Монтажные «ушки» - 2 шт.

3.14. Конструктивное исполнение

Конструктивно регистратор выполнен в алюминиевом корпусе, предназначенном для установки непосредственно на объект мониторинга без использования дополнительной защиты в виде коммуникационного шкафа.

На лицевой поверхности корпуса регистратора расположены индикатор состояния, выключатель цепи питания и маркировка изделия. Разъемы для подключения датчиков, интерфейса связи, антенны и питания расположены по периметру корпуса.

Внешний вид регистратора с указанием расположения разъемов, мест крепления и элементов индикации приведен на рисунке.



1. разъём «А» - подключение внешнего питания и проводного интерфейса CAN
- 2 разъём «Б» - подключение линии контроля и индикации
3. антенна беспроводного интерфейса связи
- 4 выключатель цепи питания регистратора
5. серийный номер регистратора
6. машиночитаемая информация о регистраторе
6. винты крепления крышки изделия
7. разъёмы для подключения датчиков
8. место магнитного переключателя активации (геркона), установленного под крышкой
10. индикатор



1. USB-flash накопитель
2. геркон — бесконтактный магнитный выключатель, принудительно выводит регистратор из состояния сверхнизкого энергопотребления
3. кнопка очистки внутренней памяти и возврата к заводским настройкам
4. батарейный блок.
5. контрольная этикетка с серийным номером и машиночитаемым описанием
6. гарантийная наклейка № 1
7. гарантийная наклейка № 2

3.15. Опции конструктивного исполнения

По запросу возможно изготовление регистраторов в нескольких конструктивных исполнениях. Кроме основного исполнения регистратор может быть выполнен в следующих модификациях

Мобильное исполнение

Лабораторное исполнение.

Экспедиционное исполнение.

Скважинное исполнение

3.16. Алгоритм работы

Включение регистратора, или выход из сна по расписанию или по триггеру

Запуск задачи-планировщика работы регистратора.

В случае включения переход в состояние активности (обмена данными по интерфейсу контроля и индикации) на установленное время (по умолчанию 1 минута)

Проверка наличия и работоспособности внутреннего USB-flash накопителя

Если обнаружена ошибка в работе USB-flash накопителя - остановка работы, индикация ошибки (постоянный красный цвет)

Проверка наличия обновлений встроенного программного обеспечения регистратора на USB-flash накопителе

При наличии обновлений выполняется обновление встроенного ПО.

Если регистратор был включен, то читается файл расписания работы регистратора, проверяется на ошибки. Если расписание опроса накладывается на расписание связи, то расписание опроса уменьшается до начала сеанса связи, в журнал работы заносится соответствующее сообщение.

Если регистратор вышел из режима сна по таймеру, то в соответствии с расписанием из файла setup.txt запускаются задачи опроса датчиков, выхода регистратора на связь по интерфейсам и обмена данными по интерфейсу контроля и индикации.

Если регистратор вышел из режима сна по триггеру, то выполняется последовательность действий по считыванию показаний заданных датчиков, активности и связи, по информации из файла setup.txt

Обмен данными с контроллером сети выполняется по одному из двух интерфейсов связи: беспроводному ZigBee или проводному CAN.

Проверяется наличие интерфейса связи CAN, при его наличии контроллеру сети направляется запрос на обмен данными. При получении команд на обмен данными, выполняется передача данных измерений, накопленных с предыдущего успешного сеанса связи.

При отсутствии интерфейса связи CAN выполняется проверка наличия интерфейса связи Zigbee и обмен данными при его наличии. Обмен данными также начинается с запроса контроллеру сети и осуществляется по полученным командам контроллера.

При отсутствии обоих интерфейсов связи обмен данными не выполняется.

При отсутствии запланированной на текущий момент активности (связи, опроса датчиков или обмена данными по интерфейсу контроля) регистратор переходит в режим пониженного энергопотребления до начала следующего периода активности.

В запланированный период опроса датчиков регистратор последовательно определяет топологию подключенных к его портам датчиков и мультиплексоров. В случае наличия подключенных к порту мультиплексоров, регистратор последовательно поочередно подключает каждый из каналов мультиплексоров, и считывает информацию о датчиках и мультиплексорах на подключенном канале. Регистратор определяет полную топологию сети датчиков и создаёт файл топологии на USB накопителе.

Затем выполняется поочередный опрос каждого из датчиков. Для каждого типа датчика выбирается свой алгоритм опроса.

Для каждого из датчиков происходит считывание его уникального идентификатора, а также метрологически значимых данных и запись их в память на внутренний USB-Flash накопитель.

Для каждого из идентифицированных датчиков последовательно подаётся напряжение питания и происходит его опрос.

Получение измеряемых величин с цифровых датчиков происходит непосредственно через интерфейс 1-wire.

Для аналоговых датчиков с интерфейсом 0-5 В или датчиков с интерфейсом «токовая петля» получение измеряемых величин выполняется оцифровкой выходного напряжения или тока через аналоговый тракт регистратора.

Струнные датчики опрашиваются следующим образом:

Происходит накачка электромагнитной катушки переменным напряжением с частотой плавно меняющейся от 100 до 4000 Герц.

Выходной тракт отключается от катушки датчика и подключается входной тракт.

Выдерживается пауза для окончания переходных негармонических процессов.

Оцифровывается отклик струны датчика, преобразуемый электромагнитной катушкой в напряжение переменной частоты.

Над полученными данными выполняется преобразование Фурье и рассчитывается АЧХ.

Частота с максимальной амплитудой используется для повторной накачки катушки.

Вновь оцифровывается отклик струны датчика

Над полученными данными выполняется преобразование Фурье и рассчитывается АЧХ.

Частота с максимальной амплитудой записывается в файл выходных данных.

Происходит преобразование типа данных по калибровочной характеристике или градуировочной зависимости, записанной в памяти датчика, если это предусматривается типом датчика. Алгоритм преобразования данных по калибровочным и градуировочным функциям является метрологически значимой частью ПО регистратора. Калибровочным и градуировочные параметры, хранящиеся в памяти интеллектуального датчика, являются метрологически значимой частью ПО датчика.

3.17. Индикация

Индикация состояния регистратора осуществляется с помощью двухцветного светодиода на передней панели регистратора.

Мигающий зелёный индикатор – нормальная работа регистратора.

Мигающий красный индикатор – аварийная работа, требуется диагностика.

Индикатор не горит – регистратор выключен, или находится в режиме пониженного энергопотребления, или не исправен.

Индикатор постоянно горит красным цветом – аварийная остановка, требуется диагностика.

3.18. Обновление встроенного ПО

Для обновления встроенного программного обеспечения следует выполнить следующую последовательность действий:

Выключите регистратор.

Достаньте USB-Flash накопитель

Запишите в корневой каталог USB-Flash накопителя файл новой прошивки firmware.fbf.

Вставьте USB-Flash накопитель в разъем

Включите регистратор.

После включения обновление произойдёт автоматически.

Предупреждение! Не выключайте регистратор до окончания процесса обновления. Выключение питания в момент обновления может привести к выходу регистратора из строя.

3.19. Техническое обслуживание регистратора

Регистратор является обслуживаемым изделием.

Обслуживание заключается:

- в своевременной замене гальванических элементов батарейного блока после их разряда, или после истечения срока использования в соответствии с документацией на батареи. Срок использования батарей, входящих в комплект поставки, указывается в паспорте изделия. Несвоевременная замена гальванических элементов батарейного блока может привести к их разгерметизации, вытеканию электролита и повреждению регистратора

- в своевременной замене гальванического элемента питания таймера после истечения срока использования в соответствии с документацией на элемент. Срок использования элемента, входящих в комплект поставки, указывается в паспорте изделия.

- своевременной замене аккумуляторов батарейного блока (в случае батарейного блока с источником бесперебойного питания) в соответствии с техническими характеристиками используемых аккумуляторов

- замене USB-накопителя при истечении срока наработки на отказ в соответствии с документацией на накопитель, при замене на более емкий при недостаточности места, при наличии сбоев чтения-записи

- в обновлении прошивки,

- в замене электронных плат, срок службы которых меньше срока службы изделия – платы питания. Срок замены – 10 лет

Срок использования гальванических элементов, аккумуляторов, USB-flash накопителя, входящих в комплект поставки, указывается в паспорте изделия.

3.19.1 Доступ к элементам внутри корпуса

3.19.2 Замена элементов питания:

3.19.3 Замена элементов питания часов:

3.19.4 Замена платы питания

- открыть крышку
- заземлиться от статического электричества
- снять гарантийную наклейку
- снять плату 1
- снять плату 2
- на плате 2 указать дату установки
- установить плату 2
- на этикетке ? указать дату установки
- установить плату 1
- проверить работоспособность – включить/выключить
- заменить силикогель, закрыть крышку

3.20. Поверка и калибровка

Обязательная поверка регистратора выполняется при его использовании в составе измерительных систем, входящих в сферу государственного регулирования единства измерений в соответствии с статьей 1 федерального закона «Об обеспечении единства измерений». Поверка выполняется аккредитованными организациями.

Первичную поверку регистратора выполняют после выпуска из производства при поставке, для которой указана необходимость первичной поверки.

Периодическую поверку выполняют в процессе эксплуатации регистратора по истечении межповерочного интервала регистратора.

Калибровка выполняется организациями и индивидуальными предпринимателями, имеющими калибровочную службу.

Первичная калибровка выполняется при производстве регистратора.

Периодическая калибровка выполняется в процессе эксплуатации измерительной системы по истечении срока, определенного методикой измерений для измерительной системы, в которой используется регистратор

Периодическая калибровка может выполняться:

- в лабораторных условиях,
- на месте установки регистратора
- автоматически в составе измерительной системы, если в составе измерительной системы предусмотрены эталоны аналоговых сигналов – напряжения, силы тока и частоты.

Калибровку можно выполнять для отдельных измерительных каналов регистратора, используемых в измерительной системе.

Допускается выполнять калибровку в диапазоне температур, характерных для условий работы измерительной системы.

3.21. Гарантия

Гарантийный срок на регистратор составляет 3 года с даты отгрузки, если другое не указано в паспорте прибора в соответствии с договором поставки.

Средний срок службы регистратора составляет 10 лет.

В случае неисправности регистратора гарантийный ремонт производится только организацией-изготовителем или уполномоченной изготовителем организацией.

В случае возникновения неисправностей в регистратора следует обращаться в сервисную службу ООО «СИТИС» или изготовителя в соответствии с регламентом гарантийной или технической поддержки, размещенном на официальном сайте разработчика или изготовителя – www.civionic.ru

Гарантийному обслуживанию не подлежат изделия с дефектами, возникшими в результате механических повреждений, воздействию влаги, разрядов статического электричества, внешнего напряжения, вытеканию электролита из батарей, неправильной установки и нарушений условий эксплуатации.

3.22. Хранение

Регистратор должен храниться в индивидуальной упаковке в закрытом вентилируемом помещении при температуре -15 °С – +35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %. В воздухе не должно быть пыли и примесей, вызывающих коррозию и нарушение электрической изоляции.

3.23. Транспортирование

Транспортирование регистратора должно производиться в транспортной таре при температуре - 50 °С – +70 °С любым видом закрытого транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на этом виде транспорта.

Для защиты от ударов в процессе транспортировки изделие необходимо поместить в соответствующую упаковку, по возможности следует использовать специальный упаковочный ящик или ящик для переноски оборудования.

3.24. Утилизация

Утилизацию регистратора производит потребитель. В регистраторе отсутствуют компоненты, требующие специальных методов утилизации.

3.25. Возможные неисправности и методы их устранения

В ходе эксплуатации регистратора можно столкнуться со следующими отказами системы или затруднительными ситуациями.

№ строки	Описание ситуации	Возможная причина	Решение
1	1 Индикатор не горит, устройство не работает.	Отсутствует напряжение внешнего источника питания.	Проверьте напряжение на выходе внешнего источника питания. Если напряжение есть и находится в диапазоне 9 – 36 В, убедитесь, что разъем до конца установлен в ответную часть на корпусе регистратора.
2		Разряжены встроенные элементы питания.	При необходимости замените встроенные элементы питания см. «Техническое обслуживание регистратора»).
3		Регистратор находится в фазе сна.	При необходимости вывести регистратор из фазы сна выключите и снова включите регистратор.
4		Регистратор не включен.	При помощи ключа поверните выключатель цепи питания регистратора в положение «On».
5	Индикатор непрерывно горит.	Ошибка встроенного ПО.	Выключите и снова включите регистратор. Если ошибка повторяется, обратитесь в службу технической поддержки.
6	Регистратор не подключается к хост-контроллеру по беспроводному интерфейсу.	Расстояние до ближайшего хост-контроллера слишком велико.	Перенесите регистратор ближе к хост-контроллеру.
7		Высокие радиопомехи.	Радиопомехи могут быть вызваны наличием большого количества других беспроводных сетей (например, WiFi). Радиопомехи бывают разовые, в этом случае необходимо подождать и повторить попытку подключения позже.

			Если место мониторинга постоянно подвергается радиопомехам, перейдите на проводной интерфейс связи.
8		Регистратор подключился к хост-контроллеру по проводному интерфейсу CAN.	Проводной интерфейс имеет более высокий приоритет при обмене данными с хост-контроллером. При необходимости использовать только беспроводной интерфейс отключите проводной.
9	Регистратор не подключается к хост-контроллеру по проводному интерфейсу.	Обрыв сигнального кабеля.	Проверьте целостность сигнального кабеля.
10	Датчик подключен, но данные от него не поступают.	Обрыв сигнального кабеля.	Проверьте целостность сигнального кабеля.
11		Неисправность датчика.	Проверьте датчик с помощью другого регистратора, при необходимости замените датчик.
12		Датчик работает вне допустимого диапазона.	Убедитесь, что условия эксплуатации соответствуют заявленным в руководстве по эксплуатации датчика.

4. ДАТЧИКИ И ЭТАЛОНЫ

Все датчики системы "Ситис:Сивионик" содержат в своём составе уникальную цифровую метку датчика с интегрированной памятью, хранящей метрологически значимые данные, относящиеся к этому датчику.

Для построения на одном порту регистратора сети из нескольких аналоговых датчиков, а также для построения сети с произвольной топологией необходимо использовать коммутаторы системы "Ситис:Сивионик", а при подключении датчиков сторонних производителей - и преобразователи питания.

4.1. Динамические датчики

К регистратору Медуза возможно подключение широко спектра динамических датчиков для различных применений – сейсмических, вибрационных, ультразвуковых и т.п. Для датчиков с питанием, отличающимся от 12 в, следует использовать соответствующие адаптеры питания из каталога СИТИС:Сивионик.

Ниже приведены некоторые типы датчиков различных отечественных и зарубежных производителей:

Вибродатчики

Брюль и Къер (bksv.ru) – датчики **8344, 4529-B, 4507-B, 397230**

Зетлаб (zetlab.ru) – датчики **AP71, AP28**

PCB Group (pcb-group.ru) - датчики **351B41, 356B18**

Датчики других производителей

Сейсмодатчики

Зетлаб (zetlab.ru) – датчики **BC 1314, 3311**

r-sensors (r-sensors.ru) – датчики **MTSS-2003, MTSS-1003, MTSS-1001**

Датчики других производителей

Пьезодатчики

НПЦ "Кропус" (korporus.ru) - **П111-0,04-M26, П111-0,06-M26**

НПП «Интерприбо» (interpribor.ru) - **П111-0,02-И2**

Датчики других производителей

Таблица 1. Характеристики измерительных каналов регистратором медуза

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика, с	Мощность	Энергопотребление
	Измерительный канал 1-4		+/- 12В	5 мкВ	0,0001%	-30 +80			

Таблица 1. Характеристики датчиков динамических измерений с учетом измерительных возможностей регистратора Медуза.

Шум датчика - СКО измеряемой величины (силы или ускорения) относительно её математического ожидания, с учетом шума измерительного канала регистратора, при длине кабельной линии из коаксиального кабеля не более 15 м.

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика, с	Мощность	Энергопотребление
	Вибродатчики								
	Прецизионный акселерометр Type 8344	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение,	Н	+/- 2.6 g	2 mg	10%				
	Частотный диапазон, Гц		0,2 ÷ 3000						
	Шум датчика1		45 мкг						
	Количество осей		1						
	Прецизионный акселерометр Type 4529-B	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение по оси X	Н	71 g	0,05 mg	10%				
	Ускорение по оси Y	Н	71 g	0,05 mg	10%				
	Ускорение по оси Z	Н	71 g	0,05 mg	10%				
	Частотный диапазон по оси X, Гц		0,3 ÷ 12800						
	Частотный диапазон по оси Y, Гц		0,3 ÷ 6000						
	Частотный диапазон по оси Z, Гц		0,3 ÷ 6000						
	Шум датчика1, mg		x: <0.4 y: <0.2 z: <0.2						
	Количество осей		3						
	Прецизионный акселерометр Type 4507-B	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение,	Н	70 g	0,05 mg	10%				
	Частотный диапазон, Гц	Н	0,3 ÷ 8000						
	Шум датчика1		350 мкг						
	Количество осей		1						

	Прецизионный акселерометр Type 4397	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение,	Н	765 g	0,5 mg	7%				
	Частотный диапазон, Гц	Н	1 ÷ 25000						
	Шум датчика1		2.6 mg						
	Количество осей		1						
	Прецизионный акселерометр AP71	Ц1.1				-30 +80		0.04 Вт	
	Ускорение,	Н	+/- 20 g	0,5 mg					
	Частотный диапазон, Гц		1 ÷ 10000						
	Шум датчика		100 мкг						
	Количество осей		1						
	Прецизионный акселерометр AP28-100	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение,	Н	+/- 500 g	1 mg					
	Частотный диапазон, Гц		0.5 ÷ 10000						
	Шум датчика								
	Количество осей		1						
	Прецизионный акселерометр 351B41	Ц1.1				-30 +80		0.04 Вт	
	Ускорение,	Н	+/- 15 g	1 mg					
	Частотный диапазон, Гц		1 ÷ 2000						
	Шум датчика		500 мкг						
	Количество осей		1						
	Прецизионный акселерометр 356B18	Ц1.1				-30 +80		0.6 Вт	
	Ускорение по оси X	Н	+/- 5 g	0,1 mg					
	Ускорение по оси Y	Н	+/- 5 g	0,1 mg					
	Ускорение по оси Z	Н	+/- 5 g	0,1 mg					
	Частотный диапазон по всем осям, Гц		2 ÷ 3000						
	Шум датчика		50 мкг						
	Количество осей		3						
	Датчики силы								
	Прецизионный акселерометр MTSS-1043A	Ц1.1				-30 +80		0.4 Вт	
	Ускорение по оси X	Н	+/- 0.8 g	0,016 mg					
	Ускорение по оси Y	Н	+/- 0.8 g	0,016 mg					
	Ускорение по оси Z	Н	+/- 0.8 g	0,016 mg					
	Частотный диапазон по всем осям, Гц		0.1 ÷ 120						
	Шум датчика								
	Количество осей		3						
	Прецизионный велосиметр BC1314	Ц1.1				-30 +80		0.4 Вт	
	Ускорение по оси X	Н	0,25 м/с	0,00005 м/с	+/- 10%				

	Ускорение по оси Y	H	0,25 м/с	0,00005 м/с	+/- 10%				
	Ускорение по оси Z	H	0,25 м/с	0,00005 м/с	+/- 10%				
	Частотный диапазон по всем осям, Гц		10 ÷ 200						
	Шум датчика		2*10 ⁻⁶ м/с						
	Количество осей		3						
	Датчики силы								
	Датчик силы Type 8230					-30 +80		0.6 Вт	
	Сила	H	45 Н	0,05 мН					
	Диапазон, Н	H	45						
	Шум датчика		45 мкг						
	Датчик силы и ускорения Type 8001								
	Ускорение,	H	30 g	0,15 мг	7%				
	Частотный диапазон, Гц		1 ÷ 10000						
	Сила	H	3 Н	0.15мН,	7%				
	Диапазон, Н	H							
	Шум датчика		620 мкН						

Таблица 1. Характеристики измерительных каналов регистратора Медуза

	Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика, с	Мощность	Энергопотребление
	Измерительный канал 1-4	+/- 12В	5 мкВ	0,0001%	-30 +80			

4.2. Датчики статических измерений

Также в графе «интерфейс» приведена информация о составе датчика, нужная для компоновки структурированных кабельных сетей датчиков и первичных преобразователей и для расчета максимальной длины кабельной линии от регистратора до наиболее удаленного датчика в подключенном сегменте информационной шины. Информация о компоновке измерительных систем и проектировании структурированных кабельных линий приведена в разделе «Измерительные системы».

Структура обозначения информации о составе датчика в графе «Интерфейс»

Ц.М.Н.Т.С

Ц - обозначение цифровых измерительных преобразователей и компонентов (память, переключатели и т.п.)

Н – количество цифровых компонентов, подключенных к измерительной (информационной) шине при неактивном датчике

М – максимальное количество цифровых компонентов, подключенных к измерительной (информационной) шине при активном датчике

Н – датчик использует аналоговый интерфейс – измерение напряжения

Т – датчик использует аналоговый интерфейс – измерение силы тока

С – датчик использует струнный интерфейс

Таблица 2. Датчики статических измерений

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика, с	Мощность	Энергопотребление
	Деформация								
	Универсальный струнный тензомер	Ц2.2				-30 +80	1,5	0,02 Вт	
	Относительная деформация, микрострейн	С	0 ÷ 4000	1	±15				
	Абсолютная деформация, мкм	С	0 ÷ 600	0,15	±2,5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Универсальный резистивный тензомер	Ц2.2				-30 +80	0,5	7,5 мВт	
	Относительная деформация, микрострейн	Н	0 ÷ 4000	1	±15				
	Абсолютная деформация, мкм	С	0 ÷ 600	0,15	±2,25				
	Деформация								
	Струнный трещиномер	Ц2.2				-30 ÷ +80	1,5	0,02 Вт	
	Удлинение, мм	С	0 ÷ 100	0,025	±0,5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Резистивный трещиномер	Ц2.2				-30 ÷ +80	0,5	0,02 Вт	
	Удлинение, мм	Ц	0 ÷ 20	0,025	±0,2				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Давление жидкости								
	Струнный пьезомер	Ц2.2				-30 +80	1,5	0,02 Вт	
	Давление, кПа	С	0 ÷ 300	0,075	±1,5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Струнный пьезомер	Ц2.2				-30 +80	1,5	0,02 Вт	
	Давление, кПа	С	0 ÷ 1000	0,25	±5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Давление грунта	Ц2.2							
	Струнный датчик давления					-30 ÷ +80	1,5	0,02 Вт	
	Давление, кПа	С	0 ÷ 350	0,075	1,5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	2				
	Струнный датчик давления	Ц2.2				-30 ÷ +80	1,5	0,02 Вт	
	Давление, кПа	С	0 ÷ 750	0,185	3,75				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	2				

	Деформация								
	Струнный датчик нагрузки	Ц6.6				-30 ÷ +80	4,5	0,02 Вт	
	Нагрузка, т	С	0 ÷ 100	0,05	±0,5				
	Температура, °С	Ц	-40 ÷ 85	0,1	±2				
	Температура								
#1235	Датчик температуры	Ц1.1					0,5	7,5 мВт	
	Температура, °С	Ц	+10 +85 -55 + 125	0,065	0,5 2				
#1235	Термопара	Ц2.2					0,5	7,5 мВт	
	Температура, градусы ц	Ц	-70+300						
#1235	Термопара	Ц2.2					0,5	7,5 мВт	
	Температура, градусы ц	Ц	-70+1200						
	Влажность								
	Термогигрометр	Ц2.2				-40 +80	1	0,003 Вт	
	Относительная влажность воздуха, %	Ц	0-100	1	5				
	Температура, °С	Ц	-40 + 85	0,03	2				
	Наклон								
#1236	Двухосевой инклинометр	Ц4.4 Н				-40 +80	0,5	0,004 Вт	
	Угол поворота (X), °	Н	-10 +10	0,005	0,1				
	Угол поворота (Y), °	Н	-10 +10	0,005	0,1				
	Температура, °С	Ц	-40 +85	0,06	0,5				
#1236	Двухосевой инклинометр	Ц8.8 Н				-40 +80	1	0,004 Вт	
	Угол поворота (X), °	Н	-10 +10	0,005	0,07				
	Угол поворота (Y), °	Н	-10 +10	0,005	0,07				
	Температура, °С	Ц	-40 +85	0,06	0,5				

4.3. Эталоны

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика	Мощность	Энергопотребление
	Частота								
	Эталон частоты					-30+70	2		
	Частота, Гц	А	500,750, 1250, 2500		0.0005%				
	Эталон тока и напряжения					-30+70	2		
	Ток, мА	А	5, 7,5, 10, 15		0,002				
	Напряжение, В	А	2, 2.5, 3, 4		0,002				

5. МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для построения на одном порту регистратора сети из нескольких аналоговых и/или струнных датчиков, а также для построения сети с произвольной топологией необходимо использовать мультиплексоры системы "Ситис:Сивионик". Мультиплексоры также могут использоваться для сегментирования кабельных линий для их последовательного подключения к порту регистратора, что позволяет строить устойчивые к поареджениям кабельные сети.

Мультиплексоры могут быть следующих типов:

- подключающие — присоединяющие к шине линии каналов сегментов шины и ответвлений.
- соединяющие — соединяющие две шины, с возможностью управления со стороны каждой из используемых шин.

В таблице приведены технические данные для наиболее широко используемых датчиков и компонентов СИТИС:Сивионик, используемых с регистратором Краб.

Таблица 4. Мультиплексоры

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика	Мощность	Энергопотребление
	Мультиплексоры динамических датчиков								
	Мультиплексор датчика с питанием 12-24 в	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,012	
	Подключение датчика	Ц	0/1						
	Мультиплексор датчика с питанием 24-36 в	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,012	
	Подключение датчика	Ц	0/1						
	Мультиплексор датчика с питанием 6-8 в	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,012	
	Подключение датчика	Ц	0/1						
	Мультиплексоры статических датчиков								
	Мультиплексор, 2 канала	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,012	
	Включение канала 1	Ц	0/1						
	Включение канала 2	Ц	0/1						
	Мультиплексор, 4 канала	Ц2.2				-40 +85	0,5	0,012	
	Включение канала 1	Ц	0/1						
	Включение канала 2	Ц	0/1						
	Включение канала 3	Ц	0/1						
	Включение канала 4	Ц	0/1						

Таблица 5. Исполнительные устройства

		Интерфейс	Диапазон	Чувствительность	Точность	Температура использования	Время опроса датчика	Мощность	Энергопотребление
	Реле								
#1234	Реле 2 канала, до 36 В, 1 А	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,02	Ц1.1
	Включение канала 1	Ц	1/1						
	Включение канала 2	Ц	1/1						

#1234	Реле 2 канала, до 380 В, 5 А	Ц1.1				-40 +85	0,5	0,02	Ц1.1
	Включение канала 1	Ц	1/1						
	Включение канала 2	Ц	1/1						

6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

6.1. Сети датчиков.

К каждому порту регистратора Краб и других регистраторов СИТИС:Сивионик можно подключить информационную шину датчиков, к которой подключаются интеллектуальные датчики и устройства – мультиплексоры, реле и т.п.

Каждое подключаемое к шине устройство состоит из следующих компонентов:

- встроенной памяти, в которой содержится уникальный идентификатор устройства
- встроенные контроллеры, выполняющие функции по подключению и переключению различных компонентов датчика к питанию, к информационной шине и друг к другу
- цифровые преобразователи аналогового сигнала в цифровой
- аналоговые измерительные преобразователи – первичные и промежуточные

Аналоговые измерительные преобразователи являются аналоговыми компонентами датчика.

Другие компоненты, содержащие микросхемы памяти и цифровых контроллеров, являются цифровыми компонентами.

Характеристикой датчика, нужной для компоновки топологии кабельных линий измерительных каналов, являются числа:

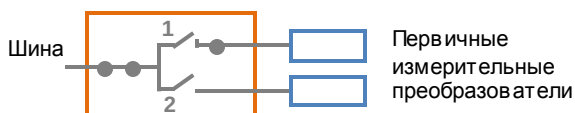
N_p – количество цифровых компонентов датчика, подключенных к информационной шине в «неактивном» режиме датчика или устройства.

N_a – максимальное количество цифровых компонентов датчика, подключенных к информационной шине в активном режиме датчика или устройства.

N_x – количество цифровых компонентов датчика, подключенных к информационной шине в режиме «х» устройства.

Пример определения количества цифровых компонентов для датчика, схема которого приведена на рисунке 0 (цифровые компоненты обозначены точками).

Рис 0.



Датчик состоит из двух первичных аналоговых преобразователей, подключаемых к измерительной шине через встроенный двухканальный мультиплексор. В измерительной цепи первого преобразователя после мультиплексора есть преобразователь с цифровым компонентом, в второй измерительной цепи цифровых компонентов между внутренним мультиплексором и первичным измерительным преобразователем нет.

В части датчика, непосредственно присоединяемой к шине, то есть между разъемом подключения и встроенным мультиплексором, используется два цифровых компонента.

Для такого датчика характеристики цифровых компонентов будут следующие:

$$N_p = 2, N_a = 3, N_1 = 3, N_2 = 2.$$

Кабельные линии, соединяющие регистратор, датчики и устройства, могут иметь сложную структуру – линейную, древовидную, ячеистую и другую подобную.

Основным ограничением, которое накладывает выбранная топология кабельных линий, является длина линии от регистратора до наиболее удаленного датчика в зависимости от типа используемого кабеля и количества цифровых компонентов датчиков в активном сегменте измерительной сети.

Активным сегментом измерительной сети называется участок сети, подключенный к информационной шине активного канала регистратора.

Приблизительная зависимость расстояния от регистратора до датчика L_n от типа кабеля и количества цифровых компонентов в сегменте приведена в таблице. В таблице указана рекомендуемое расстояние с учетом помехи других ухудшающих факторов, в скобках указано расчетное значение при идеальных условиях.

Датчики статических измерений

N	< 25	100	140	210	270	305	330	370	380
Витая пара 5е	200	180	140	100	70	50	30	10	0
Плоский телефонный кабель	50	30	15	1					

Датчики динамических измерений

Количество датчиков	1	2	3	4	5				
Витая пара 5е экранированная	12	8	5	2					
Коаксиальный кабель	15	12	9	6	3				

Возможно подключение датчиков на более длинные кабельные линии, но при этом увеличится шум измеряемых датчиком сигналов

Ниже на примерах показывается как определяется возможная длина кабельных линий от регистратора до наиболее удаленных датчиков и устройств.

Обозначения:



— регистратор,

Датчики статических измерений:



— цифровой датчик,



— интеллектуальный датчик с вынесенным аналоговым

измерительным преобразователем,  — цифровой адаптер аналогового датчика,  — цифровой мультимплексор, устройство с подключаемыми или переключаемыми каналами, к которым возможно присоединение сегментов кабельной сети, датчиков и устройств.

Датчики динамических измерений:



— генератор,



— пьезоэлектрический генератор



— приемник,



— универсальный датчик, может работать в режиме приемника и генератора,



- генератор в состоянии возбуждения сигнала,



- датчик в состоянии приема сигнала

6.2. Динамические измерения

На рисунке 1 показан регистратор Медуза с динамическими датчиками, подключенными к всем портам. Из шести портов одновременно один порт может генерировать сигнал, и 4 порта измерять сигнал. Один порт всегда не используется.

На рис. 1 генерация сигнала осуществляется при помощи пьезодатчика на высоковольтном порте. Приемниками работают датчики на портах 1,2,3,4.

На рис. 2 генерация сигнала осуществляется при помощи универсального датчика на третьем порте. Датчики на портах 1,2,4,5 регистрируют сигнал.

Рис.1

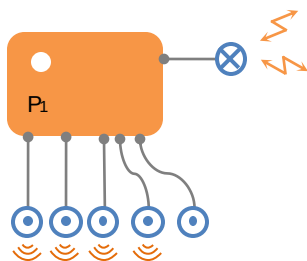
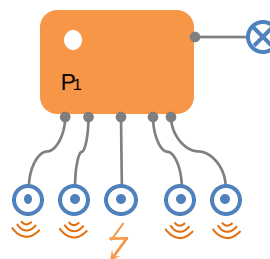
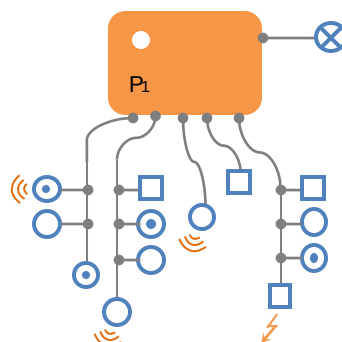


Рис.2



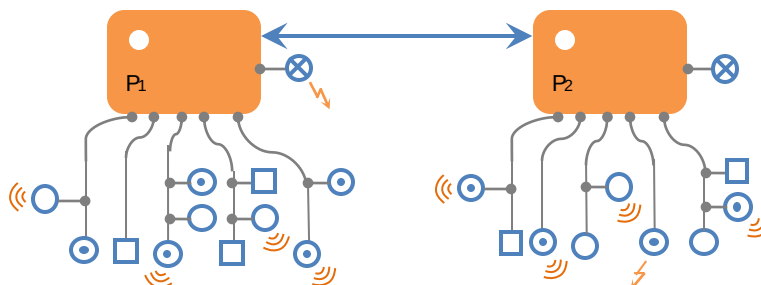
К каждому порту, кроме высоковольтного, может быть присоединена шина, к которой с использованием мультиплексоров может быть присоединено несколько датчиков. При каждом сеансе измерения к одному порту мультиплексором может быть активирован только один датчик или генератор. (рис 3)

Рис.3



Используя синхронизацию времени с помощью GPS/Глонасс или с помощью кабельного соединения по сети Ethernet, можно создавать измерительные сети с большим числом датчиков и генераторов, максимальное число датчиков и генераторов кратно количеству используемых синхронизированных регистраторов Медуза.

Рис.2



6.3. Статические измерения

6.4. Резервирование измерительных каналов

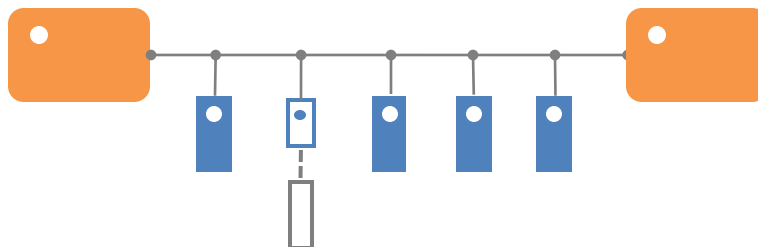
Резервирование измерительных каналов при построении измерительных систем целесообразно выполнять в следующих случаях:

- повышение надежности измерительной системы, дублирование оборудования на случай выхода из строя какого-либо регистратора или его отдельного канала
- построение систем с минимальными потерями измерительных преобразователей при повреждении отдельного сегмента измерительной сети
- повышение точности измерений в системе за счет выполнения большего числа независимых измерений
- возможность автоматической калибровки каналов регистраторов с использованием других регистраторов как калибровочных эталонов.

На рисунке 1 приведена схема простой системы с двумя регистраторами, присоединенных на противоположных концах информационной шины. Условно такую схему можно назвать «гантеля». Опрос

датчиков на шине осуществляется регистраторами последовательно в разные промежутки времени за счет настройки соответствующих расписаний опросов.

Рис.1



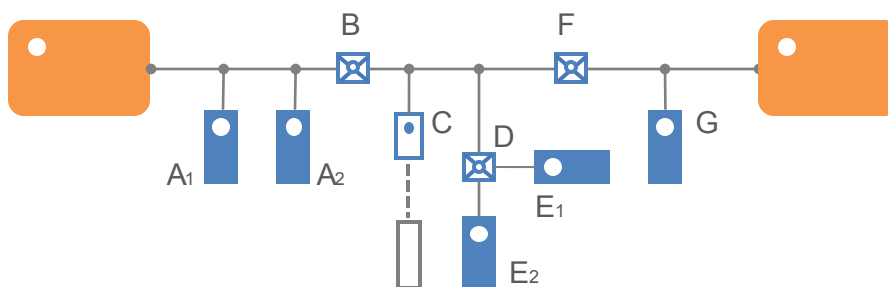
В случае выхода из строя одного регистратора или работоспособность системы не исчезнет, так как любой датчик измерительной системы может опрашиваться другим регистратором.

Автоматическая проверка состояния технических и метрологических характеристик соединительных линий и внутренних измерительных каналов регистратора может осуществляться сравнением величины сгенерированного первым регистратором сигнала с сигналом, измеренным другим регистратором на противоположном конце кабельной линии.

При последовательном считывании показаний одного датчика разными регистраторами эти измерения будут статистически независимыми, т.к. измерительный сигнал от датчика был получен и обработан различными экземплярами программного обеспечения, с использованием разных аппаратных фильтров и АЦП, с разными условиями питания датчика и регистратора.

На рисунке 2 приведен пример более сложной схемы сегментированной измерительной системы типа «гантеля», в которой каждый регистратор может последовательно или одновременно подключать несколько участков сети датчиков для выполнения измерений.

Рис.2



На рисунках 3 и 4 показаны схемы резервирования измерительных каналов с использованием одного регистратора, без мультиплексоров (рис 3) и с сегментированием мультиплексорами (рис 4).

Рис.3

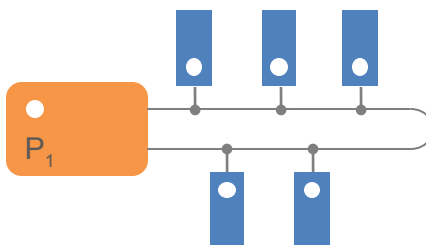
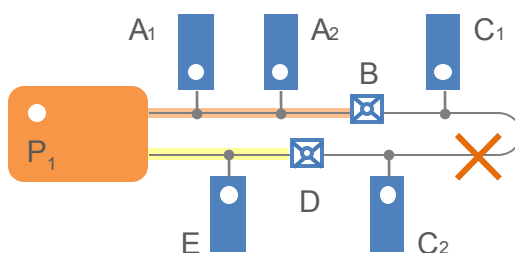


Рис.4



6.5. Самокалибровка измерительных систем.

Калибровка средств измерений, в том числе каналов автоматических измерительных систем – это комплекс действий и операций, определяющих и подтверждающих настоящие (действительные) значения метрологических характеристик и (или) пригодность средств измерений.

Пригодность средства измерений – это характеристика, определяющая соответствием метрологических характеристик средства измерения заданным (утвержденным) проектом измерительной системы или техническими требованиями.

Калибровка и определение пригодности средства измерения может осуществляться любой метрологической службой при условии, что у нее есть возможность обеспечить соответствующие условия для проведения калибровки.

Выделяют четыре метода калибровки средств измерений:

- 1) метод непосредственного сравнения с эталоном;
- 2) метод сличения;
- 3) метод прямых измерений величины;
- 4) метод косвенных измерений величины.

Метод непосредственного сличения с эталоном средства

измерений, подвергаемого калибровке, с соответствующим эталоном определенного разряда практикуется для различных средств измерений в таких сферах, как электрические измерения, магнитные измерения, определение напряжения, частоты и силы тока. Данный метод базируется на осуществлении измерений одной и той же физической величины калибруемым (поверяемым) прибором и эталонным прибором одновременно. Погрешность калибруемого (поверяемого) прибора вычисляется как разность показаний калибруемого прибора и эталонного прибора (т. е. показания эталонного прибора принимаются за настоящее значение измеряемой физической величины).

Преимущества метода непосредственного сличения с эталоном:

- 1) простота;
- 2) наглядность;
- 3) возможность автоматической калибровки (поверки);
- 4) возможность проведения калибровки с помощью ограниченного количества приборов и оборудования.

Метод сличения – осуществляется с использованием компаратора – специального прибора, посредством которого проводится сравнение показаний калибруемого (поверяемого) средства измерений и показаний эталонного средства измерений. Необходимость использования компаратора обусловливается невозможностью провести непосредственное сравнение показаний средств измерений, измеряющих одну и ту же физическую величину. Компаратором может быть средство измерения, одинаково воспринимающее сигналы эталонного средства измерения и калибруемого (поверяемого) прибора. Преимущество данного метода в последовательности во времени сравнения величин.

Метод прямых измерений величины – используется в случаях, когда есть возможность провести сравнение калибруемого средства измерения с эталонным в установленных пределах измерений. Метод прямых измерений базируется на том же принципе, что и метод непосредственного сличения. Различие между этими методами состоит в том, что при помощи метода прямых измерений осуществляется сравнение на всех числовых отметках каждого диапазона (поддиапазона).

Метод косвенных измерений – используется в случаях, когда настоящие (действительные) значения измеряемых физических величин невозможно получить посредством прямых измерений или когда косвенные измерения выше по точности, чем прямые измерения. При использовании данного метода для получения искомого значения сначала ищут значения величин, связанных с искомой величиной известной функциональной зависимостью. А затем на основании этой зависимости находят расчетным путем искомое значение. Метод косвенных измерений, как правило, используется в установках автоматизированной калибровки (поверки).

Для того чтобы передача размеров единиц измерений рабочим приборам от эталонов единиц измерений осуществлялась без больших погрешностей, составляются и применяются поверочные или калибровочные схемы.

Как правило точность эталона или эталонного средства измерения должна быть выше точности рабочего (калибруемого) средства измерения в три раза и более.

Для реализации автоматической калибровки каналов измерительных систем, в составе измерительной сети нужно предусмотреть установку интеллектуальных калибровочных эталонов. Калибровочными эталонами могут быть:

- интеллектуальные калибровочные эталоны из комплекта оборудования СИТИС:Сивионик
- регистраторы СИТИС:Сивионик
- эталоны аналоговых измерительных сигналов, подключаемые через цифровые адаптеры СИТИС:Сивионик (в том числе измерительные приборы и лабораторные инструменты).

Интеллектуальные эталоны обозначены на схемах фигурой .

На рисунке 1 приведена схема канала измерительной системы, в состав которой включены два эталона – АЗ и А5. Эталоны опрашиваются регистратором как обычные датчики. Для того, чтобы не опрашивать эталоны при каждом цикле измерений, чтобы не увеличивать объем избыточных данных в межповерочные и межкалибровочные периоды, для эталонов задается необходимая кратность опроса в файлах расписаний опросов регистраторов.

На рисунке 3 показан пример более сложной схемы с сегментированной кабельной линией и несколькими регистраторами. Калибровка разных регистраторов осуществляется от одних и тех же эталонов, регистраторы могут выступать генераторами эталонных сигналов друг для друга.

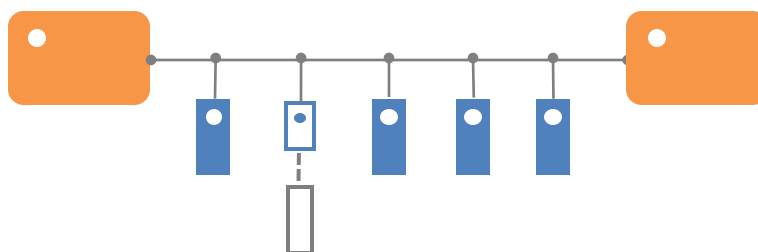
Рис.1



На схеме, показанной на рисунке 2, возможно осуществление калибровки одного из регистраторов методом сличения, где к качеству компаратора выступает сама измерительная система. При этом следует отметить на необходимость использования в качестве эталонного средства измерения с большей (как правило трехкратной) по сравнению с рабочими (калибруемыми) регистраторами. В случае если для решаемой задачи достаточно трехкратной погрешности регистратора по сравнению с метрологическими характеристиками, приведенными в технической документации, то возможно поступать следующим образом:

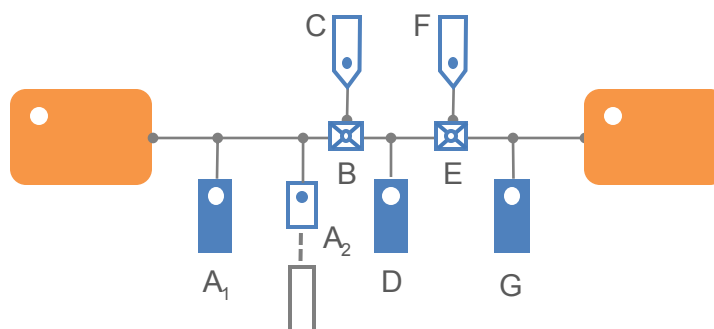
- предусмотреть в составе измерительной системы один или несколько «избыточных» регистраторов, имеющих соединение через сегменты кабельной сети к измерительным каналам других регистраторов. Место установки таких регистраторов целесообразно выбирать для удобства их демонтажа, или для удобства подключения к ним калибровочных эталонов или приборов.
- перед окончанием межповерочного или межкалибровочного интервала системы в целом или отдельных регистраторов, при необходимости выполнить демонтаж такого регистратора и выполнить его калибровку и при необходимости поверку.
- подключить регистратор после лабораторной или объектной калибровки в измерительную систему.
- выполнить необходимые измерения рабочими регистраторами и эталонным регистратором, произвести их статистическую обработку и определить метрологические характеристики каналов регистраторов и (или) каналов измерительной системы.
- в случае необходимости, ввести поправку в полученные метрологические характеристики с учетом необходимой минимальной разницы (как правило трехкратной) между точностью рабочего и эталонного приборов.

Рис.2



На рисунке 3 показан пример более сложной схемы с сегментированной кабельной линией и несколькими регистраторами. Калибровка разных регистраторов осуществляется от одних и тех же эталонов, регистраторы могут выступать генераторами эталонных сигналов друг для друга. Возможно также предусмотреть отдельные (при необходимости достаточно протяженные) аналоговые линии для подключения приборов, которые могут использоваться при калибровке в качестве эталонных сигналов или регистраторов. В данной схеме таким узлом может быть адаптер аналоговых датчиков A2.

Рис.3

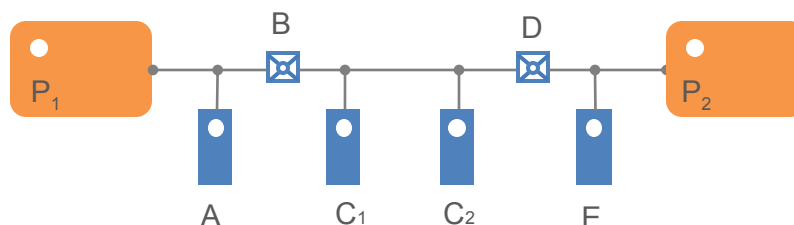


6.6. Самодиагностика и самолечение измерительных систем.

Самодиагностика и самолечение поврежденных кабельных линий каналов измерительных систем основано на последовательном подключении сегментов с проверкой их топологии, и с последующей проверкой работоспособности датчиков и устройств, подключенных к сегменту.

Принцип реализации этого подхода можно показать на примере измерительной системы, изображенной на рисунке 1. Система состоит из двух регистраторов, соединенных информационной шиной, разделенной на три сегмента. К шине подключено 3 датчика.

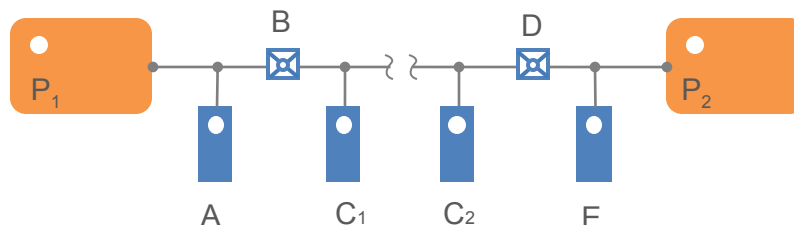
Рис.1



1.

Предположим между датчиками C1 и C2 произошел разрыв кабеля без замыкания проводников. Кабельная линия разделилась на две изолированные части. При этом не произошло потери информации, поскольку все датчики доступны для опроса – датчики A и C1 опрашиваются регистратором P1, датчики C2 и E – регистратором P2.

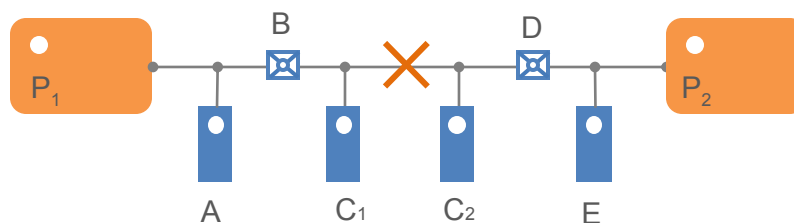
Рис.2



Рассмотрим другую ситуацию, когда между датчиками C1 и C2 произошло замыкание проводников, что исключает передачу цифровых и аналоговых сигналов. В случае рассматриваемой схемы происходит потеря информации не со всех датчиков измерительного канала, а только от некоторой их части – непосредственно подключенных к поврежденному участку датчиков – датчиков C1 и C2. Датчик A опрашивается регистратором

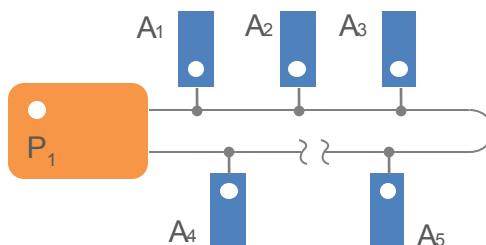
P1, поскольку сегмент P1-B изолирован от поврежденного сегмента B-D мультиплексором B. Аналогично датчик E опрашивается регистратором P2, поскольку сегмент P2-D изолирован от поврежденного сегмента B-D мультиплексором D.

Рис.3



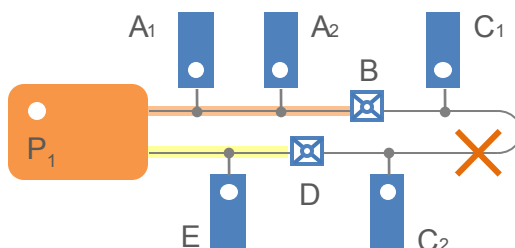
Аналогичным образом изоляция поврежденных сегментов кабельной сети может осуществляться при «закольцовке» кабельных линий на разные каналы одного регистратора, как это показано на рис 4 и 5. При закольцовке каналов (схема рис 4), в случае разрыва кабельной сети, все датчики будут доступны для опроса или по одному каналу, или по другому.

Рис.4



При сегментировании закольцованных линий мультиплексорами также будет обеспечена частичная работоспособность измерительной сети и при замыкании проводников кабеля. Например, при замыкании кабеля как показано на схеме на рис 5, для опроса будут доступны участки измерительной сети – сегменты P1-B и P1-D

Рис.5



7. СЕТИ СВЯЗИ

7.1. Сетевое взаимодействие

Все регистраторы в составе системы "Ситис:Сивионик", можно объединить в проводную, беспроводную или гибридную сеть. Объединение в сеть подразумевает взаимодействие нескольких устройств, по заранее оговоренным алгоритмам и протоколам связи, с целью передачи накопленных данных, управления или информирования о произошедших или действующих событиях.

Взаимодействие в сети определяется иерархией в формате стека протоколов упрощенная структура которого приведена на рисунке.

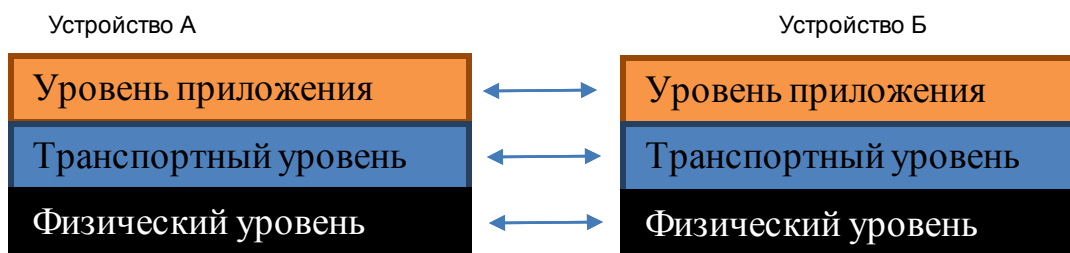


В нижней части стека находится физический уровень, который определяет тип используемого интерфейса связи. Например, для проводных интерфейсов это может быть Ethernet, CAN, 1-wire, RS-485, RS-232, UART и т.д.

Поверх физического уровня существует транспортный уровень, определяющий структуру пакетов, на которые делятся передаваемые данные, описывающий функции адресации и контроля целостности, а также алгоритмы формирования сети.

Верхним уровнем, является уровень приложения, отвечающий за реализацию функций приема/передачи данных, функций управления устройствами и контроля их состояния.

Взаимодействие двух или более устройств в составе сети с использованием стека протоколов, подразумевает взаимодействие аппаратных или программных компонентов устройства одного уровня стека, с аппаратными или программными компонентами другого устройства, находящимися на том же уровне.

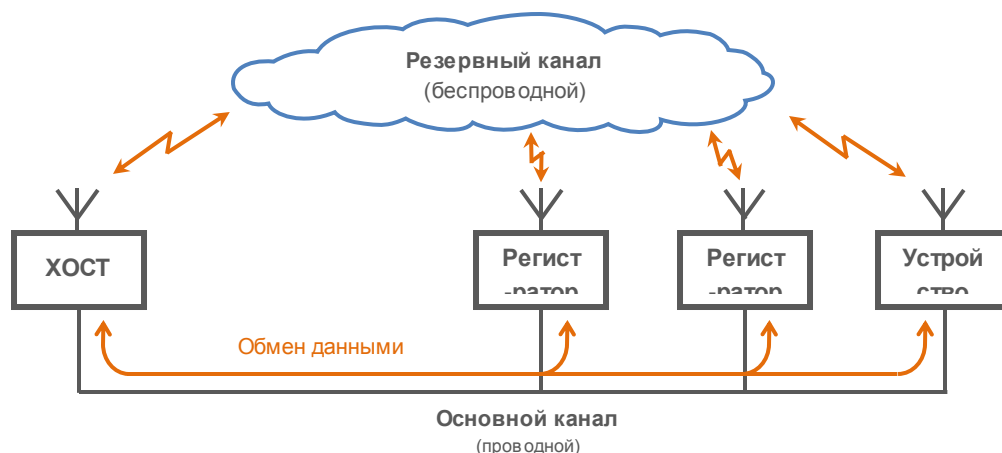


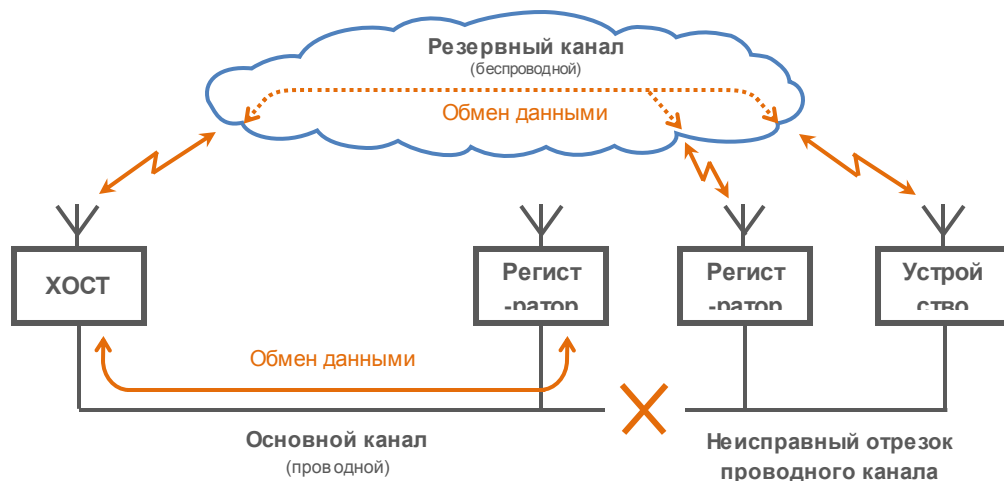
Задача объединения группы устройств Сивионик в сеть состоит в необходимости дистанционного сбора информации с этих устройств, а также выполнения функций по управлению этими устройствами, наряду с дистанционным контролем их состояния. Таким образом структура сети является древовидной и иерархической, корневым элементом которой является сетевой контроллер, а конечными элементами являются телематические контроллеры и другие устройства системы.

Роль сетевого контроллера может выполнять персональный компьютер с установленным программным обеспечением Драйв:Хост или специализированное телематическое устройство. Контроллер является координатором сети (устройством, отвечающим за формирование сети на транспортный уровень), а также за выполнение функций сбора данных и управления телематическими устройствами (уровень управления измерительной системой и, возможно, системами контроля, управления и диспетчеризации).

Таким образом с точки зрения взаимодействия сети "СИТИС:Сивионик" относятся к виду «клиент-сервер», в которых роль сервера выполняют телематические контроллеры, предоставляющие свои ресурсы данных и управления к дистанционному доступу через подключенную сеть, а роль клиента хост-контроллер, формирующий запросы на получения этих данных и команды управления.

Иерархическое построение сети с единственным координатором не является надежным в связи с тем, что неработоспособность координатора или его части (программного или аппаратного узла) может привести к неработоспособности всей сети. Поэтому система "СИТИС:Сивионик" предоставляет механизмы как резервирования функции координатора сети, в которой может существовать N количество координаторов (хост-контроллеров) работающих в режиме горячего резерва, а так же функции резервирования/дублирования сетей. В режиме резервирования сети обмен может производиться по проводной сети, а в случае её обрыва, продолжен по беспроводному интерфейсу. Для ответственных применений обмен информацией может быть дублирован по всем доступным сетевым интерфейсам.



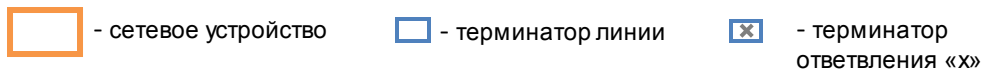


Выбор режима работы сети, её тип, уровень резервирования или дублирования, должен быть определен на этапе проектирования системы мониторинга, исходя из требований по обеспечению надежности и экономической целесообразности.

7.2. Проводные сети CAN

Регистратор Краб снабжен проводным интерфейсом CAN. Интерфейс CAN на физическом уровне представляет собой дифференциальную двухпроводную шину, топология построения и электрические характеристики которой должны соответствовать стандарту ISO 11898.

Обозначения:

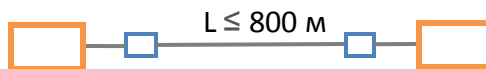


Простейшая сеть, соединяющая два устройства, показана на рисунке 1. Сеть состоит из двух сетевых устройств, соединенных кабельной линией. На концах кабельной линии непосредственно рядом с устройствами, устанавливаются терминаторы – специальные узлы с терминирующими резисторами. Для кабеля типа «витая пара» категории 5 сопротивление терминатора должно быть равно 120 Ом.

Максимальное расстояние связи между двумя устройствами, по интерфейсу CAN, определяется количеством подключаемых узлов, типом используемого кабеля, уровнем рассогласования линии и скоростью передачи данных. В общем случае для двух устройств, соединенных кабелем витая пара категории 5, максимальная длина линии в зависимости от скорости передачи представлена в таблице:

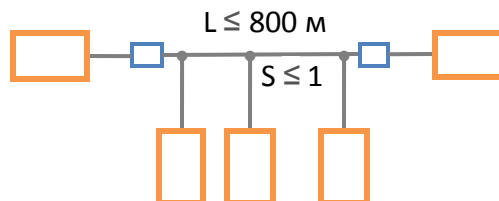
1 Мбит/с	25 м
500 Кбит/с	100 м
250 Кбит/с	250 м
125 Кбит/с	500 м
50 Кбит/с	1000 м
10 Кбит/с	5000 м

Рис.1



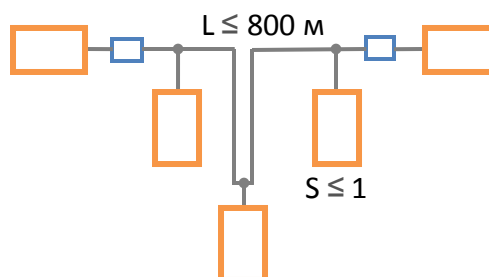
На рисунке 2 показана простая сеть, объединяющая более двух узлов. При длине ответвлений – «стабов», не более одного метра, и количестве сетевых устройств не более пяти, в сети также предусматривается два терминатора у наиболее удаленных узлов.

Рис.2



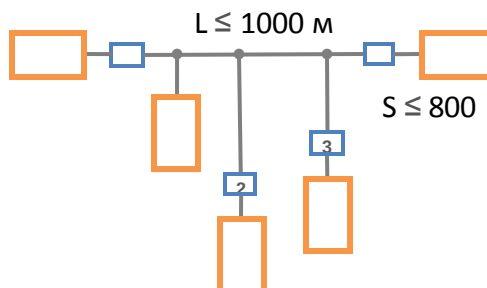
Чтобы выполнить отвод сетевого устройства от трассы кабельной магистрали на расстоянии более одного метра, возможно выполнение петли магистрального кабеля, как показано на рисунке 3.

Рис.3



В случае, когда длина ответвлений превышает один метр, и количество устройств более 5, требуется подбор и установка на ответвлениях терминаторов, с подбором сопротивления терминирующих резисторов в зависимости от топологии сети. Наличие, количество и общая длина ответвлений (stub) от основной шины (при соединении более чем двух приемопередатчиков), увеличение количества приемопередатчиков, наличие повторителей, наличие гальванической изоляции, расположение кабеля вблизи источников электромагнитных помех – всё это оказывает влияние на максимальную длину шины.

Рис.4

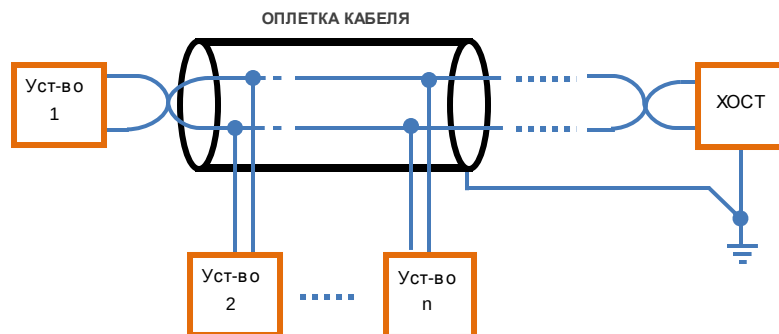


При проектировании системы на базе проводного интерфейса CAN следует производить электротехнические расчеты (падения напряжения на кабеле, задержки распространения сигнала и т.п.) в соответствии со стандартом ISO 11898. Упрощенная методика расчета кабельных сетей шины CAN приведена в приложении В.

Для оперативного использования оборудования (без проведения расчетов), оценочное количество устройств на шине и ее предельная длина не должны превышать следующих значений (для номинальной скорости 50 кбит/сек, при условии использования кабеля витая пара категории 5):

Количество подключенных устройств	Общая максимальная длина шины вместе с ответвлениями
<5	800
<10	700
<20	600
<50	400

Для увеличения помехозащищенности шины рекомендуется использовать экранированный кабель. При этом экранирующая оплетка кабеля должна быть присоединена к шине заземления здания (объекта мониторинга) только со стороны координатора сети. Электрические параметры и топология заземления должны соответствовать требованиям «Правилам устройства электроустановок» в 7й или более поздней редакции.



7.3. Беспроводные сети ZigBee

Регистратор содержит, наряду с проводным интерфейсом, беспроводной интерфейс связи. Наличие беспроводного интерфейса обеспечивает автономность использования регистратора, что немаловажно на этапе строительства или отсутствия возможности подвода внешнего напряжения (например, подвижные объекты или конструкции в процессе перевозки или монтажа).

В качестве беспроводного интерфейса используется стандарт IEEE802.15.4 (ZigBee). Данный протокол дает возможность в построении сетей со структурой типа «точка-точка», «звезда» и ячеистой топологией с использованием ретрансляции и маршрутизации сообщений.

Основой сети является координатор, выполняющий функции формирования и поддержки сети. В «СИТИС: Сивиник» роль координатора играет хост-контроллер. Регистраторы и другие устройства являются узлами сети и могут исполнять роль, как конечных точек, так и роль маршрутизаторов. Работая в режиме маршрутизации, регистратор обеспечивает ретрансляцию пакетов, поступающих от другого узла, в направлении координатора или наоборот. Таким образом, возможно построение сети по топологии «цепь», увеличивающую предельную дальность связи до значения, определяемого максимально допустимым количеством маршрутизаторов в цепи.

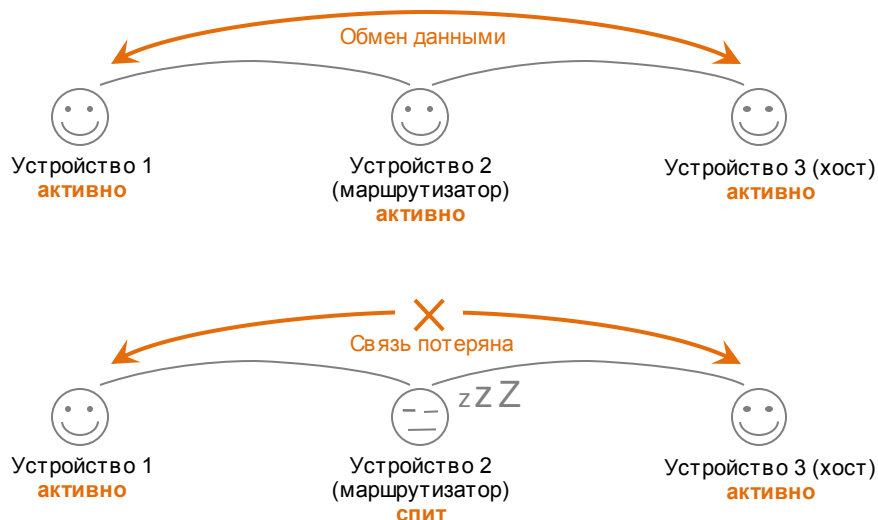
Функция маршрутизации включается автоматически и не требует дополнительных действий со стороны оператора системы или ПО.

Краткое описание различных вариантов топологий беспроводной сети представлено в следующей таблице.

Описание	Применение	Достоинства	Недостатки
Топология «звезда»	Применяется для небольших объектов, где все точки расположены внутри зоны покрытия координатора сети.	Радиосвязь не зависит от исправности отдельных узлов, кроме координатора.	Ограниченный радиус действия. Большое количество одновременно работающих передатчиков снижают общую скорость передачи в сети.
Топология «цепь»	Применяется для связи с удаленными объектами, где невозможно обеспечить гарантированную связь между координатором сети и самой дальней точкой.	Дальность ограничена только допустимым количеством повторителей (роутеров).	Отказ одного узла в цепочке приводит к невозможности доступа к узлам, расположенным за ним.
Ячеистая топология	Применяется для объектов с разветвленной структурой, где радиосигнал может распространяться несколькими путями.	Множественность путей доставки обеспечивает высокую надежность.	Большое количество одновременно работающих передатчиков, снижают общую скорость передачи в сети.

При повышенных требованиях к надежности средств мониторинга, в частности, для оперативного контроля состояния исследуемого объекта, рекомендуется избегать топологии типа «цепь», установкой дополнительных узлов (регистраторов или специализированных устройств-повторителей).

При проектировании системы следует обратить внимание на установку расписания работы узлов сети, в частности узлов, выполняющих функцию маршрутизации. Если в процессе обмена хост-контроллера с конечным устройством через устройство, являющееся маршрутизатором, расписание маршрутизатора будет настроено неверно, и он уснет, то связь с конечным устройством будет потеряна, и оно может не успеть передать все данные за текущий сеанс связи.



Влияние WiFi.

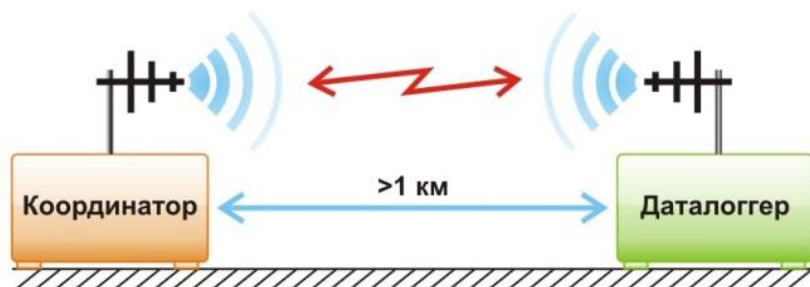
Так как частотный диапазон Zigbee пересекается с частотным диапазоном WiFi 2.5 ГГц, в условиях большого числа (более 10) близкорасположенных беспроводных сетей стандарта WiFi работа беспроводного интерфейса Zigbee может быть затруднена, а в ряде случаев невозможна. В данном случае рекомендуется использовать проводной интерфейс связи.

Применение внешних антенн.

Если регистратор расположен в месте, закрытом от радиосигнала основной сети, рекомендуется использовать внешнюю антенну, установленную в месте, обеспечивающем гарантированный прием радиосигнала от координатора или другого регистратора (маршрутизатора), находящегося в зоне доступности от координатора.



При размещении регистратора на значительном удалении от координатора сети и одновременной невозможности установки между ними дополнительных ретрансляторов рекомендуется использовать направленные антенны на частотный диапазон 2.5 ГГц, а также усилители сигнала.



7.4. Сети интерфейса управления и индикации

К разъему Б регистратора возможно подключение внешних управляющих устройств с обменом командами и данными по последовательному интерфейсу.

Подключение может использоваться:

- для настройки прибора перед монтажом вычислительной сети
- для наладки установленного прибора
- для однократного считывания результатов измерений и показаний датчиков
- для регулярного автоматического однократного считывания результатов измерений и показаний датчиков, их обработки и передачи по сетевым интерфейсам подключенного устройства, передаче управляющей информации регистратору.

Обмен командами может осуществляться с помощью использования любой терминальной программы. Для обмена файлами данных нужно использовать программу Драйв:Терминал или другое специализированное программное обеспечение СИТИС:Сивионик.

Максимальная длина кабеля для последовательного интерфейса составляет один метр. Для присоединения к устройству должен быть использован адаптер соответствующего интерфейса.

Типовым является использование адаптеров USB для соединения с компьютером (рис 1) и адаптера USB OTG для соединения с мобильными устройствами, поддерживающими этот режим соединения и драйвер последовательной передачи данных (рис 2). (Большинство планшетов на ОС Андроид поддерживают такой режим)

Рис.1

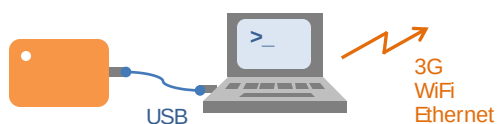
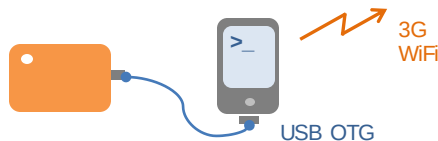


Рис.2



При использовании адаптеров с радиоинтерфейсами Bluetooth и WiFi возможно присоединение практически к любому устройству, поддерживающему эти протоколы связи, однако требуется специальное программное обеспечение для передачи команд и данных. Для устройств на Windows, Linux и Android можно использовать программу Драйв:Терминал. (рис 3 и 4)

Рис.3

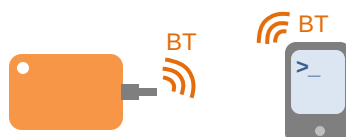


Рис.4



Для значительного удаления управляющего устройства от регистратора возможно использование адаптеров Ethernet, RS485 и CAN. (рис 5, 6, 7)

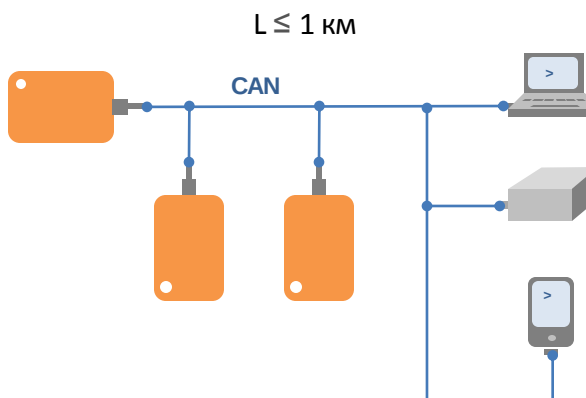
Рис.5



Рис.6



Рис.7



8. ПИТАНИЕ

В регистраторе предусмотрено несколько линий питания, позволяющих выполнение «горячего» подключения и переключения питания без остановки работы прибора.

Внутренне питание – от батарейного блока. Источник питания от 2, 4 или 6 батареек или аккумуляторов типа АА.

Внешнее питание 1, 9-36 вольт, ориентированное на использование промышленных и автомобильных источников питания, 12-вольтовых аккумуляторных батарей.

Внешнее питание 2, 2,5-5 вольт, ориентированное на использование блоков питания для мобильных и компьютерных устройств, аккумуляторов и блоков батарей.

Потребление энергии осуществляется в следующем приоритетном порядке:

Внешнее питание 1 (наименьший приоритет)

Внешнее питание 2

Внутреннее питание (наивысший приоритет)

То есть если есть внешнее питание 1, то не используются источники внешнего питания 2 и внутреннего питания.

Ниже приведены типоразмеры распространенных компактных источников тока:

цилиндрических батарей и аккумуляторов:

Типоразмер	Диаметр,мм	Высота, мм	Объем, см³
AAA	10,5	44,5	3,9
AA	14,5	50,5	8,3
A	17	50	11,3
B	21,6	60	22
C	26,2	50	27
D	34,2	61,5	56,5
CR2	15,1	26,7	4,8
CR123	17	34,5	7,8
14500	14	50	7,7
18650	18	65	16,5
26650	26	65	34,5

Дисковые батареи

Типоразмер	Диаметр,мм	Высота, мм	Объем, см³
CR1216	12,5	1,6	0,2
CR1220	12,5	2	0,2
CR1620	16	2	0,4
CR2016	20	1,6	0,5
CR2032	20	3,2	1
CR2450	24,5	5	2,4
PR70	5,9	3,6	0,28
LR44	11,6	5,4	0,57
SR41	7,6	3,6	0,16

Прямоугольные батареи

Тип	Размер, мм	Объем, см³
PP3 «Крона»	48,5x26,5x17,5	22,5

Примерная сравнительные характеристики различных источников

(OEM - обозначение производителя, выпускающего продукцию для сторонней торговой марки, например для IKEA Космос Навигатор и т. п.)

	Плотность энергии, Втч/см³	Плотность энергии, Втч/кг	Саморазряд в год	Емкость -20 - 10	Емкость -10-0	Емкость 0-10	Емкость при 20 град	Емкость +30 +40
Батареи								
Солевые батареи	0,04-0,21	17	0%	0%	25%	75%	100%	100%
Алкалиновые (щелочные) батареи	0,05-0,24	150	10%	15%	40%	60%	100%	100%
Литиевые батареи	0,25-0,58	167	2%	60%	85%	95%	100%	100%
Аккумуляторы								
Свинцовые (Pb)	0,02	30-35	36-100%	50%	70%	80%	100%	100%
Литий-ионные (Li-ion)	40-400	100-150	36%	60%	85%	92%	100%	100%
Литий-полимерные (Li-pol)	43-140	150-200	60%	60%	75%	87%	100%	100%
Никелькадмиевые(NiCd)	0,16-0,22	40-60	100%	75%	85%	95%	100%	100%
Никельмарганцевые(NiMn)	0,35-0,39	60-80	100%	65%	80%	95%	100%	95%

№	Вид	Вес	Номинальное напряжение	Рабочее напряжение	Плотность энергии, Втч/см³	Номинальная Емкость мАч	Номинальная Емкость при 20°, мВтч
1	AAA						
1.1	<u>Алкалиновая (щелочная) батарея</u>			0,9-1,7			
1.1.1	OEM	12г	1,6		0,14	500-600	550
1.1.2	GP Ultra, Flex Power	12г	1,6		0,17	600-700	660
1.1.3	Duracell Turbo Max, Energizer Maximum	12г	1,6		0,2	900-1000	800
1.2	<u>Литиевые батареи</u>			1,5-3,5			
1.2.1	Ansmann Lithium		1,8		0,26	940	1000
1.2.2	Varta Lithium Professional	8г	1,8		0,28	1050	1100
2	AA						
2.1	<u>Алкалиновая (щелочная) батарея</u>		1,5	0,9-1,7	0,22	1000-2980	1850
2.1.1	OEM	23г	1,5		0,2	1600-1700	1730
2.1.2	GP Ultra Plus, Varta Max Tech	23г	1,5		0,22	1700-1800	1830
2.1.3	Energizer Maximum, Duracell Turbo Max	24г	1,5		0,24	1800-2000	1960
2.2	<u>Литиевые батареи</u>		1,8	1,5-3,5	0,42	2000-3000	3500
2.2.1	Ansmann Lithium	14,5г	1,8		0,4	2500-2700	3330
2.2.2	GP Lithium, Varta Lithium Professional	15г	1,8		0,43	2700-2900	3600
2.2.3	Energizer Ultimate Lithium	15г	1,8		0,45	2900-3000	3750
2.3	<u>Солевая батарея</u>		1,6	1,3-1,9	0,03	100-350	250
2.3.1	OEM	15г	1,6		0,02	100-200	160

2.3.2	Трофи	15г	1,6		0,02	200-300	200
2.3.3	Navigator	15г	1,6		0,04	300-350	320
2.3	Аккумуляторы Ni Cd	21г	1,25		0,22	300-500	1750
2.3.1	GP 100AAKC	27г	1,2		0,16	1000	1250
2.4	Аккумуляторы Ni MH	27г	1,25		0,38	600-1250	1100
2.4.1	Sanyo HR3U	27г	1,2		0,38	2700	3000
3	B						
3.1	Алкалиновая (щелочная) батарея						
3.1.1	OEM		1,5		0,05	800	1200
4	C						
4.1	Солевая батарея		1,5				
4.1.1	OEM	37г	1,5	1,3-1,9	0,12	1750	2600
4.2	Алкалиновая (щелочная) батарея	38г	1,5	0,9-1,7	0,1	3000-8200	7500
4.2.1	Duracell	48г	1,5			7800	11700
5	D						
5.1	Солевая батарея	66г	1,5	1,3-1,9	0,26	4000	6000
5.2	Алкалиновая (щелочная) батарея	120г	1,5	0,9-1,7	0,15	5500-16000	15000
6	CR2						
6.1	Литиевая батарея	11г	3		0,5	750-850	2400
7	CR123						
7.1	Литиевая батарея		3		0,58	1500	4500
7.1.1	OEM	24г	2,3		0,22	500-1000	1700
7.1.2	PowerPlus, GP, Varta, Ansmann	25г	2,4		0,33	1000-1250	2600
7.1.3	Duracell, Sony, Kodak, Energizer	25г	2,4		0,38	1250-1300	3000
8	Батарея PP3 «Крона»	53г	9		0,25	630	5,6
8.1	GP Super	50г	9		0,22	550	4900
9	Аккумуляторы Li Ion		3,6	2,5-8,1			2500
9.1	Fly BL7403	30 г	3,7		400	1300	1800
9.2	Nikon EN-EL14a, Sony NP-BX1, Canon LP-E6	152г	7,2		44	1000-2000	2000
9.3	Acme-Power Casio NP-100	135г	7,4		300	1800	5000
10	Аккумуляторы Li pol		3,6	2,5-8,1			4500
10.1	Power Plus 103048	29г	3,7		140	1500	2000
10.2	STL Lipo battery (137x45x26,5)	290г	7,4		43	6500	7000
11	Автомобильный аккумулятор					35000-225000	
11.1	Feon Asia (187x127x227)	16 кг	12		0,01	55000	75000
11.2	6СТ-60Ач (242x175x190)	15,2кг	12		0,012	60000	100000
11.3	6СТ-225А\ч (518x240x242)	60 кг	12		0,008	225000	256000
12	Мотоциклетный аккумулятор						
12.1	Unibat YB4L-B (120x70x92)	1,26 кг	12		0,01	4000	8000
12.2	Yuasa YB12B-B2 (160x90x130)	3,2 кг	12		0,008	12000	16000
12.3	Unibat YTX24HL-BS (205x87x162)	6,48 кг	12		0,009	21000	25000

9. ВРЕМЯ АВТОНОМНОЙ РАБОТЫ

Время автономной работы регистратора от аккумуляторов или батарей определяется отношением емкости батарей при температуре использования и энергией, потребляемой регистратором за цикл, включающий в себя период «сна» и сеансы опроса датчиков, связи и активности.

$T_{сп} = 0,001$ Вт - энергопотребление во время «сна» - режима сверхнизкого потребления

$T_{од} = 1$ Вт - энергопотребление во время опроса датчиков на работу измерительного канала регистратора и управление мультиплексорами

$T_{пд}$ - энергопотребление во время опроса датчиков на питание, составляет сумму энергопотребления цифровых и аналоговых компонентов датчиков, приводится в технической документации на датчики

$T_a = 0,6$ Вт - энергопотребление регистратора во время сеанса активности для связи с внешними устройствами

$T_{ап}$ - энергопотребление адаптеров и внешних управляющих устройств во время сеанса активности

$T_c = 0,6$ Вт – энергопотребление во время сеанса связи на передачу данных по проводным и беспроводным интерфейсам.

Также следует учитывать коэффициент преобразования напряжения $K_p = 0,8-0,9$ и влияние низких и высоких температур на емкость аккумуляторов и батарей.

10. ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Телематические измерительные системы обеспечивать следующие функции и свойства:

- возможность автономной работы в течение достаточно длительного времени
- передача измеренных данных и диагностической информации о своем состоянии в удаленный центр обработки данных
- возможность активации при наступлении одного из заданных состояний или событий

Для работы в составе телематических измерительных систем в регистраторе Краб предусмотрены следующие функции:

- режим пониженного энергопотребления
- беспроводные и проводные интерфейсы связи
- встроенные триггеры для выхода из режима пониженного энергопотребления
- разъем проводной линии для подключения удаленных триггеров
- проводная линия для пробуждения удаленных устройств

В составе комплекта СИТИС:Сивионик также есть специализированные компактные устройства – триггер-регистраторы, совмещающие функции триггера активации и аварийного регистратора, и предназначенные для размещения на объекте контроля или мониторинга, «пробуждающие» телематическую измерительную систему, измеряющие и записывающие некоторые характеристики воздействия вовремя «пробуждения» измерительной системы, когда она ещё не готова к работе.

Примеры использования телематических регистраторов СИТИС:Сивионик с удаленными триггерами приведены на рис 1 и 2.

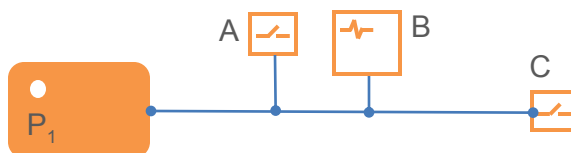
Обозначения:  — переключатель «сухой контакт»,  — динамический триггер-регистратор.

На рисунке 1 показан регистратор, к разъему внешних триггеров которого подключена кабельная линия с установленными на ней двумя переключателями и одним триггер-регистратором.

Предположим вся система смонтирована на каком-то удаленном сооружении, таком как мост или башенная опора линии электропередач. Активация измерительной системы может происходить:

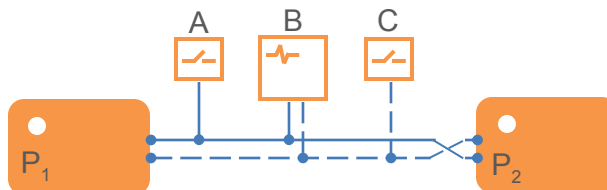
- при ударе, землетрясении и другом подобном динамическом воздействии – по датчикам ускорения в регистраторе или триггер-регистраторе.
- при попытке демонтировать оборудование – по датчику угла в регистраторе или триггер-регистраторе, по замыканию контактов переключателей на защитном ограждении

Рис.1



На рисунке 2 показан пример схемы с двумя регистраторами, каждый из которых может пробуждать другое устройство - к разъему внешних триггеров одного регистратора подключена линия пробуждения другого, и наоборот. Переключатели с замыкающими контактами устанавливаются на линию только одного регистратора, триггер-регистратор может пробуждать любой из регистраторов P1 и P2 по заданным значениям триггеров..

Рис.2



11. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Регистратор Краб предназначен для использования в составе измерительных систем, работающих совместно с автоматическими или автоматизированными станциями мониторинга и технической диагностики, по ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и другим нормативным и методическим документам.

Роль и место регистратора и сопутствующего программного обеспечения в последовательности обработки данных от измерения физических величин до принятия решения о возможности эксплуатации и/или необходимости выполнения обследования конструкции, приведены на ниже:

1. Измерения – получение «сырых» данных
 - 1.1. Статические измерения (частота измерений – 1 секунда и реже)
 - 1.1.1. статические воздействия установившиеся напряженно-деформированного состояния
 - 1.1.2. геодезические измерения
 - 1.2. Квазидинамические измерения – частота измерений от 1 до 1000 раз в секунду
 - 1.2.1. Воздействия при переходных процессах
 - 1.2.2. Изменения напряженно-деформированного состояния при переходных процессах
 - 1.3. Динамические измерения – частота измерений – более 100 измерений в секунду [**Регистратор Медуза**]
 - 1.3.1. Динамические воздействия (вибрация и т.п.)
 - 1.3.2. Динамические характеристики конструкции (колебания, упругие волны и т.п.)
2. Накопление, передача и распределение данных
 - 2.1. «Черный ящик» (аварийный регистратор) [**Регистратор Медуза**]
 - 2.2. Передача данных [**Регистратор Медуза**]
 - 2.3. Базы данных
 - 2.3.1. Локальные базы данных
 - 2.3.2. Распределенные базы данных
3. Предобработка измеренных данных [**ПО Драйв:Преобразователь**]
 - 3.1. Чистка данных
 - 3.1.1. Фильтрация (удаление шума)
 - 3.1.2. Сглаживание
 - 3.1.3. Удаление выбросов
 - 3.1.4. Лечение данных при их частичной потере
 - 3.2. Сжатие данных
 - 3.3. Синтез данных (data fusion)
 - 3.4. Нормализация данных
4. Извлечение свойств из данных.
 - 4.1. Определение значения свойства на основании данных измерений [**ПО Драйв:Преобразователь**]
 - 4.2. Присвоение метки класса вектору измерений (при распознавании образов)
5. Постобработка [**ПО Драйв:Преобразователь**]
 - 5.1. Чистка свойств
 - 5.2. Сжатие свойств
 - 5.3. Синтез свойств
 - 5.4. Нормализация
 - 5.4.1. Использование результатов ранее выполненного моделирования [**ПО Драйв:Преобразователь**]
 - 5.4.2. Физическое моделирование
 - 5.4.3. Логическое моделирование (агентские системы)
6. Распознавание образов – например распознавания образа наличия повреждения в конструкции
 - 6.1. Информационное моделирование (Data-based modelling)
 - 6.1.1. Выявление новшеств (Novelty detection)
 - 6.1.2. Классификация
 - 6.1.3. Регрессия
 - 6.2. эмпирический, экспертный, автоматизированный
 - 6.3. синтез моделей (models fusion)
7. Принятие решения
 - 7.1. Автоматическое принятие решение
 - 7.1.1. Эмпирические алгоритмы [**ПО Драйв:Сервер**]
 - 7.1.2. Моделирование отказа
 - 7.2. Экспертное решение
 - 7.2.1. Интерполяция и аппроксимация данных [**ПО Драйв:Репортер**]
 - 7.2.2. Визуализация данных [**ПО Драйв:Окно**]
 - 7.3. Синтез решений

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для настройки регистратора и его использования в качестве лабораторного измерительного прибора не требуется специального программного обеспечения. Задавать регистратору команды управления и считывать измеренные показания датчиков возможно при использовании обычных программ для последовательного обмена данными – программы «Terminal» и подобные.

Для расширенной работы с регистратором и передаче файлов данных на регистратор целесообразно использовать программу «Драйв:Терминал», входящую в комплект поставки регистратора. Программа поддерживает макросы команд и позволяет в цикле выполнять задачи обмена данными и их обработки с помощью скриптов на языке JavaScript.

13. ПРИМЕРЫ КОМПОНОВКИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Пример 1.

Пример 2.

14. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

14.1. Метрология

6) единица величины - фиксированное значение величины, которое принято за единицу данной величины и применяется для количественного выражения однородных с ней величин;

7) единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы;

8) измерение - совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины;

9) испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа - работы по определению метрологических и технических характеристик однотипных стандартных образцов или средств измерений;

10) калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений;

11) методика (метод) измерений - совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности;

12) метрологическая служба - юридическое лицо, подразделение юридического лица или объединение юридических лиц, либо работник (работники) юридического лица, либо индивидуальный предприниматель, либо подведомственная организация федерального органа исполнительной власти, его подразделение или должностное лицо, выполняющие работы и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений и действующие на основании положения о метрологической службе;

13) метрологическая экспертиза - анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе.

14) метрологические требования - требования к влияющим на результат и показатели точности измерений характеристикам (параметрам) измерений, эталонов единиц величин, стандартных образцов, средств измерений, а также к условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены;

15.1) первичная референтная методика (метод) измерений - референтная методика (метод) измерений, позволяющая получать результаты измерений без их прослеживаемости.

16) передача единицы величины - приведение единицы величины, хранимой эталоном единицы величины или средством измерений, к единице величины, воспроизводимой или хранимой эталоном данной единицы величины или стандартным образцом, имеющим более высокие показатели точности;

17) поверка средств измерений (далее также - поверка) - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям;

18) прослеживаемость - свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, поверки, калибровки средств измерений;

19) прямое измерение - измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений;

19.1) референтная методика (метод) измерений - аттестованная методика (метод) измерений, используемая для оценки правильности результатов измерений, полученных с использованием других методик (методов) измерений одних и тех же величин;

20) сличение эталонов единиц величин - совокупность операций, устанавливающих соотношение между единицами величин, воспроизводимых эталонами единиц величин одного уровня точности и в одинаковых условиях;

21) средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений;

22) стандартный образец - образец вещества (материала) с установленными по результатам испытаний значениями одной и более величин, характеризующих состав или свойство этого вещества (материала);

23) технические системы и устройства с измерительными функциями - технические системы и устройства, которые наряду с их основными функциями выполняют измерительные функции;

24) технические требования к средствам измерений - требования, которые определяют особенности конструкции средств измерений (без ограничения их технического совершенствования) в целях сохранения их метрологических характеристик в процессе эксплуатации средств измерений, достижения достоверности результата измерений, предотвращения несанкционированных настройки и вмешательства, а также требования, обеспечивающие безопасность и электромагнитную совместимость средств измерений;

25) тип средств измерений - совокупность средств измерений, предназначенных для измерений одних и тех же величин, выраженных в одних и тех же единицах величин, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации;

26) тип стандартных образцов - совокупность стандартных образцов одного и того же назначения, изготавливаемых из одного и того же вещества (материала) по одной и той же технической документации;

27) утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений - документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа стандартных образцов или типа средств измерений метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа;

28.1) шкала величины (шкала измерений) - упорядоченный набор значений величины;

29) эталон единицы величины - техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины.

Физические величины

физическая величина - Одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. [РМГ 29]

единица измерения физической величины - Физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин [РМГ 29]

измеряемая физическая величина - Физическая величина, подлежащая измерению, измеряемая или измеренная в соответствии с основной целью измерительной задачи [РМГ 29]

влияющая физическая величина - Физическая величина, оказывающая влияние на размер измеряемой величины и (или) результат измерений [РМГ 29]

Измерение

измерение физической величины - Совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины. [РМГ 29]

8.2 неисправленный результат измерения - Значение величины, полученное при измерении до введения в него поправок, учитывающих систематические погрешности

8.3 исправленный результат измерения - Полученное при измерении значение величины и уточненное путем введения в него необходимых поправок на действие систематических погрешностей

однократное измерение - Измерение, выполненное один раз. [РМГ 29 5.4]

многократное измерение - Измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений [РМГ 29 5.5]

статическое измерение - Измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения. [РМГ 29 5.6]

динамическое измерение - Измерение изменяющейся по размеру физической величины. [РМГ 29 5.7]

абсолютное измерение - Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. [РМГ 29 5.8]

относительное измерение - Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. [РМГ 29 5.9]

прямое измерение - Измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно. [РМГ 29 5.10]

косвенное измерение - Определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. [РМГ 29 5.11]

совокупные измерения - Проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях. [РМГ 29 5.12]

средства измерений

средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. [РМГ 29] Виды средств измерений - Измерительный прибор, Измерительный канал измерительной системы, измерительная система

тип средства измерений - Совокупность средств измерений одного и того же назначения, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации. Средства измерений одного типа могут иметь различные модификации (например, отличаться по диапазону измерений) [РМГ 29]

вид средства измерений - Совокупность средств измерений, предназначенных для измерений данной физической величины. [РМГ 29]

мера физической величины - средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью. [РМГ 29]

измерительный прибор - средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне [РМГ 29].

По способу индикации значений измеряемой величины измерительные приборы разделяют на *показывающие* и *регистрирующие*.

измерительный преобразователь - техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. [РМГ 29]

первичный измерительный преобразователь - измерительный преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина. [РМГ 29]

чувствительный элемент средства измерений - Часть измерительного преобразователя воспринимающая входной измерительный сигнал [РМГ 29]

Датчик - Конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь, преобразующий воздействие измеряемой физической величины в измерительные сигналы. [РМГ 29]

Генераторный преобразователь -техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измерительного сигнала или величины, удобной для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи, в другую величину.

Исполнительное устройство (актуатор) – генераторный преобразователь, предназначенный, как правило, для механических перемещений

Генератор - Конструктивно обособленный первичный генераторный преобразователь, к которому поступают измерительные сигналы.

индикатор - техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой - либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения. [РМГ 29]

Метрологические характеристики

метрологическая характеристика средства измерений - Характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность. Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики. Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называют нормируемыми метрологическими характеристиками, а определяемые экспериментально - действительными метрологическими характеристиками [РМГ 29]

Номенклатура метрологических характеристик [по ГОСТ 8.009] (характеристики определяются по ГОСТ 2.508)

Измерительная система

измерительная цепь - Совокупность элементов средств измерений, образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода. [РМГ 29] (измерительная цепь может оканчиваться измерительным прибором.

измерительный канал - Измерительная цепь измерительной системы [РМГ 29]

измерительное устройство - Часть измерительного прибора, установки или системы, связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение. [РМГ 29]

Измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов, используемых в различных целях. [РМГ 29] ...(измерительная система является средством измерения)

измерительная система (ИС) - Совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое, предназначенная для: - получения информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин, характеризующих это состояние;

- машинной обработки результатов измерений;
- регистрации и индикации результатов измерений и результатов их машинной обработки;
- преобразования этих данных в выходные сигналы системы в разных целях.

ИС являются средствами измерений. [ГОСТ 8.596 3.1]

измерительный канал измерительной системы - Конструктивно или функционально выделяемая часть ИС, выполняющая законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерений, выражаемого числом или соответствующим ему кодом, или до получения аналогового сигнала, один из параметров которого — функция измеряемой величины. [ГОСТ 8.596 3.2]

простой измерительный канал – измерительный канал с реализацией прямого метода измерений путем последовательных измерительных преобразований. [ГОСТ 8.596 3.2]

Сложный измерительный канал - совокупность нескольких простых измерительных каналов (первичная часть), сигналы с выхода которых используются для получения результата косвенных, совокупных или совместных измерений или для получения пропорционального ему сигнала во сложного измерительного канала ИС (вторичная часть). [ГОСТ 8.596 3.2]

компонент измерительной системы - Входящее в состав ИС техническое устройство, выполняющее одну из функций, предусмотренных процессом измерений. Компоненты подразделяют на измерительные, связующие, вычислительные, комплексные и вспомогательные. [ГОСТ 8.596 3.3]

измерительный компонент измерительной системы - Средство измерений, для которого отдельно нормированы метрологические характеристики, например измерительный прибор, измерительный преобразователь (первичный, включая устройства для передачи воздействия измеряемой величины на чувствительный элемент; промежуточный, в том числе модуль аналогового ввода-вывода, измерительный коммутатор, искробезопасный барьер, аналоговый фильтр и т. п.), мера. К измерительным компонентам относят и так называемые аналоговые «вычислительные» устройства, выполняющие по существу не вычисления (операции над числами), а измерительные преобразования. Такие устройства относят к группе аналоговых функциональных преобразователей или приборов с одним или несколькими входами. [ГОСТ 8.596 3.3.1]

связующий компонент измерительной системы - Техническое устройство или часть окружающей среды, предназначенное или используемое для передачи с минимально возможными искажениями сигналов, несущих информацию об измеряемой величине от одного компонента ИС к другому (проводная линия связи, радиоканал, телефонная линия связи, высоковольтная линия электропередачи с соответствующей каналобразующей аппаратурой, а также переходные устройства — клеммные колодки, кабельные разъемы и т. п.) [ГОСТ 8.596 3.3.1]

вычислительный компонент измерительной системы - Цифровое вычислительное устройство (или его часть) с программным обеспечением, выполняющее вычисления результатов прямых, косвенных, совместных или совокупных измерений (выражаемых числом или соответствующим ему кодом) по результатам первичных измерительных преобразований в ИС, а также логические операции и управление работой ИС. Вычислительный компонент может входить в состав измерительного компонента, метрологические характеристики которого нормированы с учетом программы, реализуемой вычислительным компонентом [ГОСТ 8.596 3.3.3]

комплексный компонент измерительной системы (измерительно-вычислительный комплекс): - онструктивно объединенная или территориально локализованная совокупность компонентов, составляющая часть ИС, завершающая, как правило, измерительные преобразования, вычислительные и логические операции, предусмотренные процессом измерений и алгоритмами обработки результатов измерений в иных целях, а также выработки выходных сигналов системы. Комплексный компонент ИС — это вторичная часть ИС, воспринимающая, как правило, сигналы от первичных измерительных преобразователей. Примерами комплексных компонентов ИС могут служить контроллеры, программно-технические комплексы, блоки удаленного ввода-вывода и т. п. Комплексный компонент ИС, а также некоторые измерительные и связующие компоненты ИС могут представлять собой многоканальные устройства [ГОСТ 8.596 3.3.4]

вспомогательный компонент измерительной системы - Техническое устройство (блок питания, система вентиляции, устройства, обеспечивающие удобство управления и эксплуатации ИС и т. п.), обеспечивающее нормальное функционирование ИС, но не участвующее непосредственно в измерительных преобразованиях [ГОСТ 8.596 3.3.5]

Поверка и калибровка

эталон (эталон единицы физической величины) - Средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке (кем?). [РМГ 29]

эталон - реализация определения данной величины с установленным значением величины и связанной с ним неопределенностью измерений, используемая в качестве основы для сравнения [JCGM 200]

поверка средств измерений Установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям. [РМГ 29]

2 Поверке подвергают средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору. 3 При поверке используют эталон. Поверку проводят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами по поверке. Поверку проводят специально обученные специалисты, аттестованные в качестве поверителей органами Государственной метрологической службы. 4 Результаты поверки средств измерений, признанных годными к применению, оформляют выдачей свидетельства о поверке, нанесением поверительного клейма или иными способами, установленными нормативными документами по поверке. 5 Другими официально уполномоченными органами, которым может быть предоставлено право проведения поверки, являются аккредитованные метрологические службы

юридических лиц. Аккредитация на право поверки средств измерений проводится уполномоченным на то государственным органом управления

Калибровка средства измерений - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору.[ПР 50.2.016 1.1]

градуировка средств измерений - Определение градуировочной характеристики средства измерений [РМГ 29]

градуировочная характеристика средства измерения - Зависимость между значениями величин на входе и выходе средства измерений, полученная экспериментально. Градуированная характеристика может быть выражена в виде формулы, графика или таблицы [РМГ 29]

Погрешности измерений

погрешность измерения- Отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. [РМГ 29]

систематическая погрешность измерения- Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины. [РМГ 29]

поправка - Значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности. [РМГ 29 9.17]

инструментальная погрешность измерения - Составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений [РМГ 29]

погрешность метода измерений - Составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений. [РМГ 29]

неопределенность измерений- Параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые можно приписать измеряемой величине. Параметром может быть стандартное отклонение (или число, кратное ему) или половина интервала, имеющего указанный доверительный уровень. Неопределенность состоит (в основном) из многих составляющих. Некоторые из этих составляющих могут быть оценены экспериментальными стандартными отклонениями в статистически распределенной серии результатов измерений. Другие составляющие, которые также могут быть оценены стандартными отклонениями, базируются, на данных эксперимента или другой информации [РМГ 29]

наблюдаемое значение (observed value) – значение характеристики, полученное в результате единичного наблюдения [ГОСТ Р ИСО 5725-1 3.1, ИСО 3534-1]

результат измерения (test result) – значение характеристики, полученное в результате выполнения регламентированного метода измерений [ГОСТ Р ИСО 5725-1 3.2]. Результат измерений может быть представлен как результат, рассчитанный из нескольких наблюдаемых значений. В простейшем случае результат измерений является собственно наблюдаемым значением. [ИСО 3534-1]

выброс (outlier) - элемент совокупности значений, который не совместим с остальными значениями совокупности. [ГОСТ Р ИСО 5725-1 3.21]. Статистические критерии выбросов приведены в ГОСТ Р ИСО 5725-2 7.3.2.

Погрешности средств измерений

точностные характеристики средства измерений - Совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на погрешность измерения. Примечание - К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, порог чувствительности, дрейф нуля и др. [РМГ 29]

погрешность средства измерений – погрешность измерения, выполняемого средством измерения. [РМГ 29]

систематическая погрешность средства измерений- Составляющая погрешности средства измерений, принимаемая за постоянную или закономерно изменяющуюся. Систематическая погрешность данного средства измерений, как правило, будет отличаться от систематической погрешности другого экземпляра средства измерений этого же типа, вследствие чего для группы однотипных средств измерений систематическая погрешность может иногда рассматриваться как случайная погрешность [РМГ 29]

случайная погрешность средства измерений-Составляющая погрешности средства измерений, изменяющаяся случайным образом [РМГ 29]

абсолютная погрешность средства измерений- Погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины [РМГ 29]

относительная погрешность средства измерений - относительная погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины [РМГ 29]

приведенная погрешность средства измерений - Относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. [РМГ 29]

Примечания 1 Условно принятое значение величины называют нормирующим значением. Часто за нормирующее значение принимают верхний предел измерений.

основная погрешность средства измерений - Погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях [РМГ 29]

дополнительная погрешность средства измерений - Составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений [РМГ 29]

стабильность средства измерений - Качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени метрологических характеристик. В качестве количественной оценки стабильности служит нестабильность средства измерений [РМГ 29]

нестабильность средства измерений - Изменение метрологических характеристик средства измерений за установленный интервал времени. Обычно нестабильность устанавливается за год. Нестабильность определяют на основании длительных исследований средства измерений, при этом полезны периодические сравнения с более стабильными средствами измерений. [РМГ 29]

точность средства измерений- Характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю. Примечание - Считается, что чем меньше погрешность, тем точнее средство измерений [РМГ 29]

точностные характеристики средства измерений - совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на погрешность измерения. Примечание - К точностным характеристикам относят погрешность средства измерений, нестабильность, порог чувствительности, дрейф нуля и др. [РМГ 29]

Условия измерений

нормальные условия измерений - условия измерения, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или по их поверке (калибровке). [РМГ 29]

нормальное значение влияющей величины- Значение влияющей величины, установленное в качестве номинального. На нормальное значение, к которому приводятся результаты многих измерений, выполненные в разных условиях, обычно рассчитана основная погрешность средств измерений [РМГ 29]

нормальная область значений влияющей величины Область значений влияющей величины, в пределах которой изменением результата измерений под ее воздействием можно пренебречь в соответствии с установленными нормами точности. [РМГ 29]

рабочая область значений влияющей величины - Область значений влияющей величины, в пределах которой нормируют дополнительную погрешность или изменение показаний средства измерений [РМГ 29]

рабочие условия измерений - Условия измерений, при которых значения влияющих величин находятся в пределах рабочих областей. [РМГ 29]

чувствительность средства измерений - Свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины. Различают абсолютную и относительную чувствительность. Абсолютную чувствительность определяют по формуле $S = \Delta I / \Delta x$, относительную чувствительность - по формуле $S_0 = I / \Delta x / c$, где I - изменение сигнала на выходе, x - измеряемая величина, x - изменение измеряемой величины [РМГ 29]

порог чувствительности средства измерений - Характеристика средства измерений в виде наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством. [РМГ 29]

разрешение средства измерений - Характеристика средства измерений, выражаемая наименьшим интервалом времени между отдельными импульсами или наименьшим расстоянием между объектами, которые фиксируются прибором раздельно. Исходя из указанного определения, различают временное разрешение и пространственное разрешение [РМГ 29]

дрейф показаний средства измерений - изменение показаний средства измерений во времени, обусловленное изменением влияющих величин или других факторов. [РМГ 29]

зона нечувствительности средства измерений - Диапазон значений измеряемой величины, в пределах которого ее изменения не вызывают выходного сигнала средства измерений. [РМГ 29]

Программное обеспечение средств измерений

Программное обеспечение средств измерений - Программы (совокупность программ), предназначенные для использования в средствах измерений и реализующие, в том числе, сбор, передачу, обработку, хранение и представление измерительной информации, а также программные модули и компоненты, необходимые для функционирования этих программ. [ГОСТ 8.654]

данные: Информация, представленная в виде, пригодном для передачи, интерпретации или обработки. Применительно к средствам измерений данные, как правило, представляют собой результаты измерений и/или результаты обработки измерительной информации. [ГОСТ 8.654]

метрологически значимое программное обеспечение - Программы и программные модули, выполняющие функции сбора, передачи, обработки, хранения и представления измерительной информации, а также параметры, характеризующие тип средства измерений и внесенные в программное обеспечение [ГОСТ 8.654]

разделение - Выделение в программном обеспечении метрологически значимой и незначимой частей. [ГОСТ 8.654]

интерфейс - Общая граница между двумя блоками (функциональными единицами), характеризующимися различными функциями, физическими соединениями и обменом сигналами. [ГОСТ 8.654]

защищенный интерфейс - Интерфейс, через который может быть передан или изменен только определенный набор параметров и данных, и невозможно ввести в программное обеспечение данные, которые могут быть ошибочно приняты за результат измерения, а также команды, которые могут быть использованы для искажения отображаемых, обработанных и сохраненных результатов измерения или других данных, или для несанкционированного изменения настроек программного обеспечения. [ГОСТ 8.654]

идентификация программного обеспечения - Проверка и подтверждение подлинности и целостности программного обеспечения, выраженное в символах (буквах, цифрах), однозначно связанных с программным обеспечением (например, контрольная сумма). [ГОСТ 8.654]

интегрированная память - Запоминающее устройство, являющееся частью средства измерений. [ГОСТ 8.654]

интерфейс пользователя - Интерфейс, обеспечивающий прохождение обрабатываемой информации (данных) между пользователем и средствами измерений или между пользователем и аппаратными или программными компонентами средств измерений. [ГОСТ 8.654]

интерфейс связи - Электронное, оптическое, радио- или другое техническое устройство, позволяющее обрабатываемой информации (данным) автоматически проходить между компонентами средств измерений. [ГОСТ 8.654]

подлинность [аутентичность] программного обеспечения и данных: Состояние программного обеспечения и данных, характеризующееся их идентичностью приписанным признакам (характеристикам) [ГОСТ 8.654]

целостность программного обеспечения и данных - Состояние программного обеспечения и данных, характеризующееся отсутствием изменений преднамеренного или случайного характера [ГОСТ 8.654]

14.2. Оборудование

CAN (англ. Controller Area Network — сеть контроллеров) — стандарт промышленной сети, ориентированный, прежде всего, на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков.

IEEE 802.15.4 — стандарт, который определяет физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости.

IEEE 1451 — семейство стандартов, описывающих устройство и принцип работы интеллектуальных преобразователей (smart transducers) с интегрированной памятью.

TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) — формат информации, размещаемой в интегрированной памяти интеллектуальных датчиков по стандарту IEEE 1451.

USB (англ. Universal Serial Bus — «универсальная последовательная шина») — последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике.

WiFi (англ. Wireless Fidelity) — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE802.11.

ZigBee — название набора сетевых протоколов верхнего уровня, использующих маленькие, маломощные радиопередатчики, основанные на стандарте IEEE802.15.4.

активность — режим работы регистратора в котором он обрабатывает команды, переданные через отладочный интерфейс DBGU.

включение — начало работы регистратора, связанное с включением питания периода активности.

регистратор — см. регистратор.

интеллектуальный датчик — датчик с интегрированной памятью, в которой содержатся данные для идентификации датчика и метрологически значимые данные

коммутатор — электронное устройство, позволяющее регистратору подключать к сети и отключать от неё датчики в процессе работы.

лог — электронный журнал в виде набора файлов, в который записываются системные сообщения информационного характера о ходе выполнения программы и возникающих ошибках.

мониторинг — процесс периодического, систематического или непрерывного сбора информации о параметрах сложного объекта или деятельности для определения тенденций изменения параметров.

опрос — режим работы регистратора, в котором он опрашивает подключенные к нему датчики.

осциллограмма — кривая, отражающая зависимость напряжения на входе АЦП регистратора от времени.

ПК — персональный компьютер.

ПО (программное обеспечение) — совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ (ГОСТ 19781-90).

пробуждение — начало работы регистратора, связанное с наступлением периода активности и выходом из режима сна.

расписание внешнее — график активности регистратора, выполнения задач опроса датчиков и передачи данных, задаваемый пользователем и хранящийся в виде файла на USB-Flash накопителе.

режим сна — время, в течение которого регистратор находится в состоянии сверхнизкого энергопотребления и не осуществляет измерения, обработку и передачу данных.

ретранслятор — оборудование связи, которое соединяет два или более радиопередатчиков, удалённых друг от друга на большие расстояния.

регистратор — прибор для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков или других технических средств.

связь — режим работы регистратора, в котором он передаёт полученные с датчиков данные на удалённый контроллер.

сеть — система связи компьютеров и/или другого оборудования. Для передачи информации могут быть использованы различные физические явления, как правило — различные виды электрических сигналов, световых сигналов или электромагнитного излучения.

сон — см. режим сна.

спектр — распределение амплитуд сигнала на входе АЦП регистратора по частотам.

терминатор — согласованная нагрузка (обычно резистор) на конце длинной линии, сопротивление которого равно волновому сопротивлению данной линии.

хост-контроллер — любое устройство, предоставляющее сервисы формата «клиент-сервер» в режиме сервера по каким-либо интерфейсам связи и уникально определённое на этих интерфейсах.

хост — см. хост-контроллер.

шина заземления — проводящая часть или совокупность соединённых между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду.

шина CAN — набор проводников (кабелей) для передачи данных между функциональными блоками по стандарту CAN.

ARM (сокращение от Advanced RISC Machines) — 32-битная микропроцессорная архитектура с сокращённым набором команд, разрабатываемая компанией ARM Limited.

CAN (англ. Controller Area Network — сеть контроллеров) — стандарт промышленной сети, ориентированный, прежде всего, на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков.

DIN-рейка — крепежный элемент, представляющий собой металлический профиль, применяемый в электротехнической промышленности. Используется для крепления различного модульного оборудования в электрических щитах.

FAT32 (от англ. File Allocation Table — «таблица размещения файлов») — файловая система, разработанная компанией Microsoft, разновидность FAT.

IEEE 802.11 — набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 2,4; 3,6 и 5 ГГц.

IEEE802.15.4 — стандарт, который определяет физический слой и управление доступом к среде для беспроводных персональных сетей с низким уровнем скорости.

microSD — миниатюрная версия карты памяти формата SD.

SD (от англ. Secure Digital Memory Card) — формат карты флеш-памяти, разработанный для использования в основном в портативных устройствах.

UART (англ. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) — узел вычислительных устройств, предназначенный для связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует заданный набор данных в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по однопроводной цифровой линии другому аналогичному устройству.

USB (англ. Universal Serial Bus — «универсальная последовательная шина») — последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике.

VW (анг. Vibrating Wire) — см. струнный датчик. Сокращение применяется для обозначения датчиков с данным видом интерфейса или характеристик регистратора относящихся к данному интерфейсу.

WDT (англ. Watchdog timer) — аппаратно реализованная схема контроля зависания системы. Представляет собой таймер, который периодически сбрасывается контролируемой системой. Если сброс не произошел в течение некоторого интервала времени, происходит принудительная перезагрузка системы.

WiFi (англ. Wireless Fidelity) — торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта IEEE 802.11.

ZigBee — название набора сетевых протоколов верхнего уровня, использующих маленькие, маломощные радиопередатчики, основанные на стандарте IEEE802.15.4.

АЦП — аналого-цифровой преобразователь. Устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал).

БПФ — быстрое преобразование Фурье. Алгоритм цифровой обработки сигналов, связанный с определением частотных составляющих дискретного (оцифрованного) сигнала.

ГОСТ — межгосударственный стандарт.

зона покрытия — область пространства, внутри которой обеспечивается устойчивый приём радиосигнала заданного передатчика.

кабельная гильза — устройство, предназначенное для механического объединения отдельных жил провода с целью их последующей фиксации в разъемах клеммного типа.

коммуникационный шкаф — механическая конструкция, предназначенная для удобного, компактного, технологичного и безопасного крепления электротехнического, измерительного и телекоммуникационного оборудования, обеспечивающая заданный уровень защиты от внешних факторов.

координатор сети — сетевое устройство, осуществляющее глобальную координацию, организацию и установку параметров сети.

корневой каталог — каталог, прямо или косвенно включающий в себя все прочие каталоги и файлы файловой системы.

Маршрутизатор — сетевое устройство, пересылающее пакеты данных между различными сегментами сети и принимающее решения на основании информации о топологии сети и определённых правил, заданных администратором.

мониторинг — процесс периодического, систематического или непрерывного сбора информации о параметрах сложного объекта или деятельности для определения тенденций изменения параметров.

период опроса — интервал времени, определяющий моменты перехода регистратора из фазы сна к активной фазе, начиная со времени начала опроса.

ПК — персональный компьютер.

ПО (программное обеспечение) — совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ (ГОСТ 19781-90).

поверка (в отношении средств измерения) — совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия характеристик средства измерения установленным требованиям.

расширение файла — последовательность символов, добавляемых к имени файла и предназначенных для идентификации типа (формата) файла. Это один из распространённых способов, с помощью которых пользователь или программное обеспечение компьютера может определить тип данных, хранящихся в файле.

реальное время — режим работы автоматизированной системы обработки информации и управления, при котором учитываются ограничения на временные характеристики функционирования.

регистрации в сети — процедура обмена узла с координатором сети, в рамках которой происходит проверка реквизитов (типа, UID и серийного номера) узла, с целью передачи ему команды о разрешении или отказе от дальнейшего взаимодействия с координатором (хост-контроллером).

ретранслятор — оборудование связи, которое соединяет два или более радиопередатчика, удалённых друг от друга на большие расстояния.

регистратор — прибор для автоматической записи на носитель информации данных, поступающих с датчиков или других технических средств.

РЭ — руководство по эксплуатации.

струнный датчик — измерительный преобразователь давления, перемещений, расхода, усилия и т. п. в электрический сигнал (ток, напряжение, частоту). Чувствительный элемент струнного датчика — натянутая вольфрамовая или стальная струна (несколько струн). Действие основано на зависимости собственной частоты колебаний струны F_0 от её длины l массы m и силы натяжения F (либо механического напряжения s или удлинения).

сон — см. фаза сна.

СУБД (система управления базами данных) — совокупность программных и лингвистических средств общего или специального назначения, обеспечивающих управление созданием и использованием баз данных.

тайм-аут активности — время, определяющее величину паузы в обмене между регистратором и хост-контроллером, после наступления, которого регистратор переходит из активной фазы в фазу сна.

тег — цифровой или цифро-буквенный идентификатор, предназначенный для категоризации какой либо информации (в частности параметров работы устройства).

терминатор — согласованная нагрузка (обычно резистор) на конце длинной линии, сопротивление которого равно волновому сопротивлению данной линии.

типоразмер AA — типоразмер гальванического элемента питания. Представляет собой цилиндр, диаметром 13,5–14,5 мм. Длина элемента вместе с контактным выступом положительного полюса составляет 50,5 мм. Цилиндрическая часть покрыта изолированной оболочкой. Выводы располагаются на противоположных торцах цилиндра. Положительный вывод представляет собой выступ диаметром 5,5 мм и высотой не менее 1 мм. Отрицательный вывод представляет собой плоскую или рельефную контактную площадку диаметром не менее 7 мм.

топология — способ описания конфигурации сети, схема расположения и соединения сетевых устройств.

УЗИП (устройство защиты от импульсных перенапряжений) — специальное устройство, предназначенное для защиты входных измерительных, сетевых или питающих цепей радиоаппаратуры от влияния паразитных электромагнитных импульсов не большой энергии.

узел сети — устройство, являющееся составной частью компьютерной сети, выполняющее функции приёма или передачи информационных сообщений данной сети.

UID (уникальный идентификатор) — цифровой или цифробуквенный код (подпись), однозначно определяющий принадлежность информации какому-либо устройству.

фаза сна — время, в течение которого регистратор находится в состоянии сверхнизкого энергопотребления и не доступен ни по одному из интерфейсов связи.

файл — поименованная последовательность байтов. Объект файловой системы.

формирование сети — процедура, выполняемая координатором сети, предшествующая дальнейшему обмену устройств в рамках этой сети. Формирование беспроводной сети подразумевает именование сети (с помощью идентификатора) и привязки его к определенному частотному диапазону (каналу).

ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь) — устройство для преобразования цифрового (обычно двоичного) кода в аналоговый сигнал (ток, напряжение или заряд).

цикл опроса — часть алгоритма работы регистратора, связанная с периодическим опросом состояния, подключенных к нему датчиков.

шестнадцатеричный формат — позиционная система счисления по целочисленному основанию 16. Обычно в качестве шестнадцатеричных цифр используются десятичные цифры от 0 до 9 и латинские буквы от А до F.

шина заземления — проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду.

шлицевая отвертка — отвертка для крепёжных изделий с прямым шлицем (в разговорной речи — плоская). Рабочий конец отвертки представлен в виде пластинки.

штрихкодová маркировка — это последовательность чёрных и белых полос, представляющая некоторую информацию в удобном для считывания техническими средствами виде. Различают линейные и двумерные кодовые последовательности. Регистратор «Игла» промаркирован с помощью линейной штрихкодовой последовательности в соответствии со стандартом EAN-13.

14.3. Сети

сеть — система связи компьютеров и/или другого оборудования. Для передачи информации могут быть использованы различные физические явления, как правило — различные виды электрических сигналов, световых сигналов или электромагнитного излучения.

ячеистая топология — полносвязная топология компьютерной сети, в которой каждый узел сети соединяется с несколькими другими узлами этой же сети. Характеризуется высокой отказоустойчивостью, сложностью настройки. Каждый узел имеет множество возможных путей соединения с другими узлами. Обычно выход из строя одного узла не приведёт к потере соединения между другими.

14.4. Сокращения

ИС – измерительная система
СИ – средство измерения
ИК – измерительный канал
ИП – измерительный преобразователь
ПИП – первичный измерительный преобразователь
МХ – метрологические характеристики
ПО – программное обеспечение
ФП – функция преобразования
АЦП – аналогово-цифровой преобразователь
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь
МИ — методика испытания.
ТУ - технические условия;
ЭРИ - электрорадиоизделия;
КД – конструкторская документация;
ТК - технический контроль;
СКО - среднее квадратическое отклонение.
СКС – структурированные кабельные сети

15. ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Закон «Об обеспечении единства измерений», ФЗ-102, от 11.6.2008
РМГ 29-99 Метрология. Основные термины и определения
JCGM 200-2008 Международный словарь по метрологии
ГОСТ 8.654-2009 требование к ПО средств измерений
WELMEC 7.2
OIDML D 31

МИ 3286 – 2010 Проверка защиты программного обеспечения и определения её уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа

МИ 2439-97 Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля.

ГОСТ 8.009-84 Нормируемые метрологические характеристики средств измерений и точностные оценки средств автоматизации ГСП. Методы оценки и контроля.

ГОСТ Р 8.563-86 Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений

ГОСТ 8.508-84 Метрологические характеристики и точность средств измерения.

ГОСТ 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем

ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность методов и результатов измерений. Основные положения и определения

ГОСТ Р 50779.10-2000 ИСО 3534-1-93 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения

ПР 50.2.016-94 Требования к выполнению калибровочных работ.

ГОСТ Р 8.654 – 2009

МИ 2174-91

МИ 2955-2005

Р 50.2.077-2014

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ПОТ Р М-016-2001 Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»

Стандарт CAN 2.0B

Стандарт Zigbee (IEEE 802.15.4)

IEEE 1451 (TEDS)

16. Приложение А. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ

16.1. А.1 Общие указания

А.1.1 В данном приложении приводится рекомендуемая методика калибровки регистратора и его отдельных измерительных каналов.

А.1.2 Организациями, использующими регистратор как отдельный измерительный прибор или в составе измерительных систем, могут использоваться другие методики калибровки, с использованием других возможных схем калибровки, в зависимости от требований, предъявляемых к измерительной системе и результатам измерений.

А.1.3 Может выполняться калибровка регистратора, так и отдельных измерительных каналов регистратора. Межкалибровочный интервал (максимальный период времени между калибровками) для регистратора и отдельных каналов регистратора изготовителем не установлен.

Требуемый межкалибровочный интервал определяется при использовании регистратора проектировщиком при разработке проекта измерительной системы, или метрологической службой организации, использующий регистратор как отдельный прибор или в составе измерительных систем.

При применении регистратора как средства измерения в сфере государственного регулирования единства измерений, регистратор должен подвергаться поверке в установленном порядке – в соответствии с метрологической документацией утвержденного типа средства измерения, или в соответствии с документацией и техническими требованиями на измерительную систему.

Межповерочный интервал принимается в соответствии с документацией на утверждение типа средства измерения.

Калибровка может быть выполнена

- в форме лабораторной калибровки
- в форме объектной калибровки
- в смешанной форме

Лабораторная калибровка – калибровка регистратора или его отдельных каналов в калибровочной лаборатории. При необходимости требуется демонтаж и отсоединения регистратора и других компонентов измерительной системы.

Объектная калибровка – калибровка регистратора или его отдельных каналов, без демонтажа и отсоединения регистратора и других компонентов измерительной системы.

16.2. А.2 Лабораторная калибровка

А.2.1 СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ

А.2.1.1 При проведении калибровки должны быть применены средства измерений и вспомогательные средства калибровки с метрологическими и основными техническими характеристиками, указанными в таблице А.1.

Таблица А.1

Наименование операции	Тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики
Внешний осмотр	—
Определение основной погрешности и вариации показаний частоты	Частотомер с диапазоном измерений не менее 100 – 70000 Гц, ценой деления не более 0,0002 Гц и абсолютной погрешностью не более 0,02 Гц.
Определение основной погрешности и вариации показаний напряжения	Вольтметр с диапазоном измерений не менее 0 – 5 В, ценой деления не более 0,0002 В и абсолютной погрешностью не более 0,0002 В.
Определение основной погрешности и вариации показаний тока	Амперметр с диапазоном измерений не менее 4 – 20 мА, ценой деления не более 0,001 мА и абсолютной погрешностью не более 0,002 мА.

Наименование операции	Тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики
Определение основной погрешности показаний времени	Хронометр с диапазоном измерений не менее суток, ценой деления не более 1 сек и погрешностью не более 1 сек/сутки.
Определение основной погрешности и вариации показаний угла наклона	Угломер с диапазоном измерений 360 градусов, ценой деления не более 0,01 градуса и абсолютной погрешностью не более 0,1 градуса.
Определение основной погрешности показаний ускорения	Акселерометр с диапазоном измерений $\pm 1 \text{ G}$, ценой деления не более 0,001G и абсолютной погрешностью не более 0,02G.

A2.1.2 Допускается применение средств калибровки, отличающихся от приведенных в таблице A.1 по точности и(или) по диапазону измерений.

A2.1.3 При применении средств измерений, отличающихся от указанной в таблице:

- результат калибровки ограничивается (не может быть больше) диапазоном использованного средства измерения
- результат определения погрешности ограничивается (не может быть меньше) трехкратной погрешности использованного средства измерения.

A.2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении калибровки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.003, «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», ПОТ Р М-016-2001, а также требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на измерительные комплексы, и требования безопасности, действующие на месте эксплуатации измерительного комплекса.

A.2.3 УСЛОВИЯ КАЛИБРОВКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

A2.3.1 При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающей среды	от -35 до 40 °С;
относительная влажность	от 0 до 90 %;
атмосферное давление	от 80 до 110 кПа.

Изменение температуры за время калибровки - не более $\pm 2^\circ\text{C}$.

До начала калибровки поверяемый комплекс выдерживают в указанных условиях не менее 1 часа.

A.2.4 ВНЕШНИЙ ОСМОТР РЕГИСТРАТОРА

При внешнем осмотре убеждаются, что маркировка регистратора содержит следующую информацию:

- наименование и тип регистратора;
- заводской номер на крышке корпуса
- заводской номер на боковой поверхности корпуса
- заводской номер внутри корпуса
- наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
- наличие паспорта на регистратор
- соответствие информации на регистраторе и в паспорте регистратора;

A.2.5 КАЛИБРОВКА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ

A2.5.1 При калибровке определяется основная погрешность и вариации показаний регистратора

A2.5.2 Регистратор подключают к источнику переменного тока, обеспечивающему возможность регулировки выходного напряжения и частоты в пределах, необходимых для поверки частотомера, и имеющего синусоидальную форму кривой тока. Для визуального контроля формы кривой используют осциллограф.

Значение выходного напряжения устанавливают равным номинальному значению напряжения регистратора и контролируют в процессе поверки по вольтметру. Изменение частоты источника переменного тока устанавливают на поверяемой отметке, а действительное значение частоты отсчитывают по эталонному частотомеру, подключенного параллельно поверяемому регистратору. Если в качестве источника переменного тока используют низкочастотный измерительный генератор сигналов по НТД с усилителем мощности, допускается по шкале генератора, если используется прецизионный генератор, имеющий погрешность установки частоты не более $1 \cdot 10^{-1}$, включать его в режиме измерения периода. При этом действительное значение измеряемой частоты f в Гц определяют по формуле

$$f = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

Где T – измеряемый период, с.

А6.2 Погрешности измерения и вариации определяют дважды: при подходе к поверяемой точке со стороны увеличения и со стороны уменьшения частоты.

А6.3 Основную погрешность и вариацию показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением измеряемой частоты.

А6.4 Основную абсолютную погрешность $\Delta f_{\text{пвх}}$, Гц определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемой частоты и рассчитывают по формуле

$$\Delta f_{\text{пвх}} = f_{\text{ок}} - f_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $f_{\text{ок}}$ – показания регистратора, Гц;

$f_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой частоты.

6.3.2.5 Основную относительную погрешность δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta f_{\text{max}}}{f} \cdot 100, \quad (3)$$

где $f_{\text{пвх}}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между показаниями поверяемого регистратора и действительным значением измеряемой частоты, Гц;

f – значение измеряемой частоты.

6.3.2.6 Вариацию частоты b , Гц, определяют по формуле

$$b = f_1 - f_2, \quad (4)$$

где f_1 и f_2 действительные значения измеряемой частоты, соответствующее одному и тому же показанию регистратора при плавном увеличении и уменьшении показаний частоты.

Допускается определять вариацию в процессе определения основной погрешности.

А6 КАЛИБРОВКА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

При калибровке определяется основная погрешность и вариации показаний регистратора

Регистратор подключается к источнику постоянного напряжения, обеспечивающему возможность регулировки выходного напряжения в пределах, необходимых для поверки регистратора. Напряжение источника устанавливают на поверяемой отметке, а действительное значение напряжения отсчитывают по эталонному вольтметру, подключенному параллельно поверяемому регистратору.

Погрешности измерения и вариации определяют дважды: при подходе к поверяемой точке со стороны увеличения и со стороны уменьшения напряжения.

Основную погрешность и вариацию показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением измеряемого напряжения.

Основную абсолютную погрешность $\Delta U_{\text{пвх}}$, В, определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемого напряжения и рассчитывают по формуле

$$\Delta U_{\text{пвх}} = U_{\text{ок}} - U_{\text{д}}$$

где $U_{\text{ок}}$ – показания регистратора, В;

$U_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемого напряжения.

Основную относительную погрешность δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta U_{\max}}{U} \cdot 100 ,$$

где $\Delta U_{\max}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между показаниями поверяемого регистратора и действительным значением измеряемого напряжения, В;

U - значение измеряемого напряжения.

Вариацию напряжения b , В, определяют по формуле

$$b = U_1 - U_2$$

где U_1 и U_2 действительные значения измеряемого напряжения, соответствующие одному и тому же показанию регистратора при плавном увеличении и уменьшении показаний напряжения.

Допускается определять вариацию в процессе определения основной погрешности.

А.6 КАЛИБРОВКА КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ТОКА

При калибровке определяется основная погрешность и вариации показаний регистратора

Регистратор подключается к источнику постоянного тока, обеспечивающему возможность регулировки выходного тока в пределах, необходимых для поверки регистратора. Ток источника устанавливают на поверяемой отметке, а действительное значение тока отсчитывают по эталонному амперметру, подключенному последовательно с поверяемым регистратором.

Погрешности измерения и вариации определяют дважды: при подходе к поверяемой точке со стороны увеличения и со стороны уменьшения тока.

Основную погрешность и вариацию показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением измеряемого тока.

Основную абсолютную погрешность $\Delta I_{\max}$, А, определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемого тока и рассчитывают по формуле

$$\Delta I_{\max} = I_{OK} - I_{\delta}$$

где I_{OK} – показания регистратора, А;

I_{δ} – действительное значение измеряемого напряжения.

Основную относительную погрешность δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta I_{\max}}{I} \cdot 100 ,$$

где $\Delta I_{\max}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между показаниями поверяемого регистратора и действительным значением измеряемого тока, А;

I - значение измеряемого тока.

Вариацию тока b , А, определяют по формуле

$$b = I_1 - I_2$$

где I_1 и I_2 действительные значения измеряемого тока, соответствующие одному и тому же показанию регистратора при плавном увеличении и уменьшении показаний тока.

Допускается определять вариацию в процессе определения основной погрешности.

А.6 КАЛИБРОВКА ЧАСОВ

При калибровке часов определяется основная погрешность

Для определения действительного значения времени используют эталонный хронометр.

Основную погрешность и вариацию показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением времени.

Основную абсолютную погрешность $\Delta t_{\text{пвх}}$, с, определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемого времени и рассчитывают по формуле

$$\Delta t_{\text{пвх}} = t_{\text{ОК}} - t_{\text{д}}$$

где $t_{\text{ОК}}$ – показания регистратора, с;

$t_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемого напряжения.

А.6 КАЛИБРОВКА ДАТЧИКА НАКЛОНА

При калибровке определяется основная погрешность и вариации показаний регистратора

Поверку проводят отдельно для каждой оси регистратора и для комплексного угла.

Регистратор фиксируется на стенде, обеспечивающем возможность регулировки угла наклона в пределах необходимых для поверки регистратора. Угол устанавливают на поверяемой отметке, а действительное значение угла отсчитывают по эталонному угломеру, установленному на том же стенде.

Погрешности измерения и вариации определяют дважды: при подходе к поверяемой точке со стороны увеличения и со стороны уменьшения угла.

Основную погрешность и вариацию показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением измеряемого угла.

Основную абсолютную погрешность $\Delta \alpha_{\text{пвх}}$, °, определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемого угла и рассчитывают по формуле

$$\Delta \alpha_{\text{пвх}} = \alpha_{\text{ОК}} - \alpha_{\text{д}}$$

где $\alpha_{\text{ОК}}$ – показания регистратора, °;

$\alpha_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемого угла.

Основную относительную погрешность δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta \alpha_{\text{пвх}}}{\alpha} \cdot 100,$$

где $\Delta \alpha_{\text{пвх}}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между показаниями поверяемого регистратора и действительным значением измеряемого угла, °;

α – значение измеряемого угла.

Вариацию угла b , °, определяют по формуле

$$b = \alpha_1 - \alpha_2$$

где α_1 и α_2 действительные значения измеряемого угла, соответствующие одному и тому же показанию регистратора при плавном увеличении и уменьшении угла.

Допускается определять вариацию в процессе определения основной погрешности.

А.6 КАЛИБРОВКА АКСЕЛЕРОМЕТРА

При калибровке определяется основная погрешность и вариации показаний регистратора

Поверку проводят отдельно для каждой оси регистратора и для комплексного ускорения.

Регистратор фиксируется на стенде, обеспечивающем его неподвижность, необходимую для поверки. Действительное значение ускорения отсчитывают по эталонному акселерометру, установленному на том же стенде.

Основную погрешность показаний определяют сравнением показаний регистратора с действительным значением измеряемого ускорения.

Основную абсолютную погрешность $\Delta a_{\text{пвх}}$, определяют как максимальную разность между показаниями регистратора и действительным значением измеряемого ускорения и рассчитывают по формуле

$$\Delta a_{\text{пвх}} = a_{\text{ок}} - a_{\text{д}}$$

где $a_{\text{ок}}$ – показания регистратора, °;

$a_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемого ускорения.

Основную относительную погрешность δ , %, определяют по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta a_{\text{пвх}}}{a} \cdot 100,$$

где $\Delta a_{\text{пвх}}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между показаниями поверяемого регистратора и действительным значением ускорения;

a – значение измеряемого ускорения.

А5 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты калибровки вносятся в паспорт вместе с оформленным свидетельством о калибровке.

В паспорте и в свидетельстве о калибровке указывается название, тип, диапазон и точность измерений использованного измерительного оборудования и результаты калибровки

16.3. А.3 Объектная калибровка

А.3.1 СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ

А.3.1.1 При проведении калибровки должны быть применены средства измерений и вспомогательные средства калибровки с метрологическими и основными техническими характеристиками, указанными в таблице А.1.

А.2.1.2 Допускается применение средств калибровки, отличающихся от приведенных в таблице А.1 по точности и(или) по диапазону измерений.

А.2.1.3 При применении средств измерений, отличающихся от указанной в таблице:

- результат калибровки ограничивается (не может быть больше) диапазоном использованного средства измерения

- результат определения погрешности ограничивается (не может быть меньше) трехкратной погрешности использованного средства измерения.

А.3.2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении калибровки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.003, «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», ПОТ Р М-016-2001, а также требования безопасности указанные в эксплуатационной документации на измерительные комплексы, и требования безопасности, действующие на месте эксплуатации измерительного комплекса.

А.3.3 УСЛОВИЯ КАЛИБРОВКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

А.2.3.1 При проведении калибровки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающей среды от -35 до 40 °С;

относительная влажность от 0 до 90 %;

атмосферное давление от 80 до 110 кПа.

Изменение температуры за время калибровки - не более ± 2 °С.

Изменение температуры в течение 1 часа до начала калибровки – не более ± 5 °С.

А.3 Калибровка может выполнена следующими методами:

- 1) метод непосредственного сравнения с эталоном;
- 2) метод сличения;

А.4 Метод сравнения с эталоном

В методе сравнения с эталоном в составе измерительной системы предусматривается:

- установка эталонов в составе системы
- места подключения к кабельным линиям эталонов и эталонных средств измерения

С использованием эталонов или подключенных средств измерения выполняются процедуры определения погрешности и её вариации в соответствии с методикой лабораторной калибровки

А.4 Метод сличения

В методе сравнения с эталоном в составе измерительной системы предусматривается:

- установка эталонных регистраторов
- места подключения к кабельным линиям эталонных регистраторов и эталонных средств измерения

С использованием эталонных регистраторов или подключенных эталонных средств измерения выполняются измерения одних и тех же величин с помощью эталонных и калибруемых регистраторов, и сличение этих величин.

Процедуры определения погрешности и её вариации сличенных величин выполняют в соответствии с методикой лабораторной калибровки

16.4. А.4 Поверка регистратора

А.4.1 Поверка регистратора выполняется в случае, если регистратор подлежит поверке в обязательном порядке, или на добровольной основе.

А.4.2 При поверке используются результаты калибровки, выполненные по указанной в настоящем приложении методике, или другой методике в соответствии с методикой поверки,

А.4.3 Положительные результаты поверки вносятся в паспорт вместе с оформленным свидетельством о поверке и с оттиском поверительного клейма.

17. Приложение Б. КОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ И ЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- 1001 – логическое состояние, да/нет
- 1002 – логическое состояние, подключена/не подключена к датчику шина меток преобразователей
- 1003 – дискретное нумерованное состояние (0, 1, 2, 3 ...)
- 1004 – состояние реле – разомкнуто/замкнуто

- 1101 – информация (данные) произвольной структуры, последовательность битов
- 1201 – безразмерная величина

- 2001 – глобальное время (UGT), секунды
- 2101 – местное астрономическое время, секунды
- 2201 – местное время (декретное, с учетом летнего/зимнего), секунды
- 2301 – системное время, секунды
- 2401 – время прибора, секунды
- 2501 – время моделируемого процесса, секунды
- 2601 – смещение времени, секунды (например, разница между глобальным и местным временем)

- 3001 – температура, кельвины
- 3002 – температура, градусы цельсия

- 4001 – длина, м
- 4002 – длина, мм
- 4010 – сферическая координата, градус
- 4101 – перемещение, мм
- 4102 – перемещение, микроны
- 4201 – деформация, микрострейн
- 4301 – плоский угол, градусы
- 4401 – угловое перемещение, градусы
- 4501 – угловая деформация, ?
- 4601 – скорость, м/с
- 4701 – ускорение, м/с²
- 4801 – угловая скорость, радиан/с
- 4901 – угловое ускорение, радиан/с²

- 5001 – масса, г
- 5101 – сила, ньютоны
- 5102 – сила, КН
- 5103 – сила, ТС
- 5201 – давление, Па
- 5301 – напряжение – МПа
- 5401 – момент, Н*М
- 5402 – момент, КН*М
- 5403 – момент, ТС*М

- 6001 – сила электрического тока, А
- 6002 – сила электрического тока, мА
- 6101 – разность потенциалов (электрическое напряжение), вольт

6201 – электрическое сопротивление, Ом

6301 – магнитная индукция, Тесла

6302 – магнитная индукция, микроТесла

7001 – сила света, кандела

7010 – освещенность, люкс

7101 – плотность потока энергии, Вт/м²

7111 – UV индекс

8001 – частота, герц

8101 – влажность, проценты

18. Приложение В. РАСЧЕТ ШИНЫ CAN

Топология шины CAN (локальной сети контроллеров) определяется числом узлов, максимальная допустимая длина шины и максимально допустимой длины незавершенного шлейфа, связанных с основной линией шины. Эти параметры топологии, в основном, определяется по формуле:

1. Задержка линии и задержка шлейфа узлов (задержка цикла является суммой задержки приемника, передатчика задержки и задержки линий интерфейса между приемопередатчиком и контроллером CAN)
2. Падение амплитуды сигнала из-за отсутствия нулевого сопротивления шины проволоки и конечной входное сопротивление узлов
3. Различия частоты генератора между узлами

Это примечание к применению рассматривается пунктами 1 и 2, в то время как пункт 3 - отклонение частоты генератора - не считается.

После определения тактовой синхронизации CAN, связанные с условиями и параметрами в "Определение CAN тактовой синхронизации" раздел, приложение к сведению ответы на следующие вопросы в виде отдельных глав:

1. Что такое максимальная длина шины, если немного временные параметры известны?
2. Что такое максимальная длина незавершенного шлейфа, если немного временные параметры известны?
3. Что такое максимальная длина шины для заданного числа узлов, которые до сих пор гарантирует достаточную амплитуду сигнала?
4. Что такое максимальное количество узлов, которые могут управляться с учетом МОЖЕТ приемопередатчик?

ПРИМЕЧАНИЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Хотя эти точки анализировали отдельно, все они должны быть рассмотрены и в результате условия должны быть выполнены одновременно для достижения правильной топологии шины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ CAN

Определение параметров

Этот пункт дает сокращенное определение параметров, связанных с битовой синхронизации может быть, который будет использоваться позже в связи с аспектами топологии шины.

Система CAN BUS использует номинальный битрейт f_{nbr} (в битах в секунду), который является однородным по всей сети. Для каждого бита соответствует интервал времени:

$$T_{bit} = \frac{1}{f_{nbr}}$$

Как определено в деталях в [1], каждый узел в сети CAN должен выполнять часто "жесткая синхронизация" и "повторная синхронизация" для того, чтобы обеспечить правильную обработку данных в соответствии с протоколом CAN. Для синхронизации, контроллер CAN касается каждого бита период, как раскалывается на несколько сегментов, как показано на рисунке 1.

Время в CAN узле называется часами системы CAN, период, который называется "квант времени" TQ. ISO МОЖЕТ норме [1] требует, чтобы каждый бит период делится на 8-25 квантов времени, т.е., что система может часы 8-25 раз быстрее, чем номинальной скорости передачи. Система может часами управляет тактовой синхронизации и отбор проб состояния шины. Система может часы происходит от узла гетеродина с помощью делителя. Выбор частоты гетеродина и квантовой временной стоимости, полученной от местного генератора задача проектирования системы CAN.

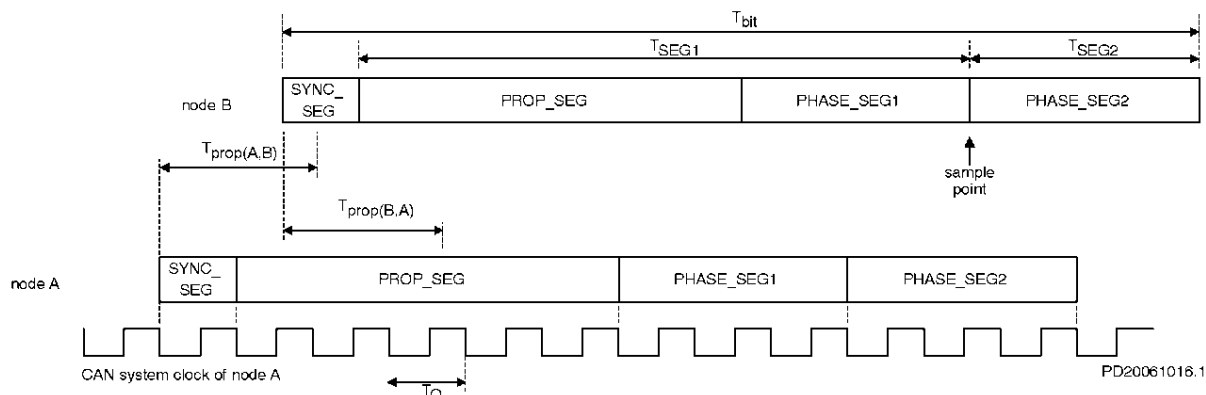


Рисунок 1. Тактовая синхронизация CAN

Каждый бит период начинается с SYNCSEG, продолжительность которого закреплена на один период системы можно часами. Передающий узел начинает управлять шиной в начале SYNCSEG, тогда как правильно синхронизированный принимающий узел ожидает каждое ребро на шине, поступающего во SYNC_SEG.

Немного период продолжается с PROPSEG, в срок, установленный спроектированная система на 1-8 квантов времени. Это минимальное время приемник будет ждать, прежде чем принимать действительное значение отсчета шины. Следующие сегменты PHASESEG1 и PHASESEG2 периоды времени, которые адаптированы во время "восстановления синхронизации" для того, чтобы переместить "контрольную точку". Максимально допустимое одноразовое изменение PHASESEG1 или PHASESEG2 называют SJW, или "синхронизации ширины скачка".

Некоторые определения или пакеты программного обеспечения могут использовать альтернативный набор терминов, разделив бит период до SYNCSEG, SEG1 и SEG2 (рисунок 1), где:

$$T_{SEG1} = T_{PROP_SEG} + T_{PHASE_SEG1}$$

$$T_{SEG2} = T_{PHASE_SEG2}$$

Тем не менее, тайминг CAN может оставаться идентичным, так как эти определения являются чисто формальными.

Состояние шины обнаружены в «точке образца» принято принимающим узлом как логическое значение действителен только для текущего периода бит. В соответствии с наихудших условиях, путем изменения длительности PHASE_SEG1 и PHASE_SEG2, точка выборки может прийти в начале сразу после Prop_Seg части битового периода.

Максимальная длина шины в функции максимальной задержки линии шины

Чтобы определить допустимую максимальную задержку линии, узел отношение на рис 1 должен быть рассмотрен. В поле "признать", передающий узел (узел) передает рецессивный бит, но ожидает доминирующим немного, передаваемых другими узлами (Node B на рисунке). Для поля "признать", чтобы быть правильно получено, узел должен попробовать "доминирующей" в его точке образца.

Как пояснили в "Определение бит может Timing" в разделе, точка отбора проб может прибыть уже в сразу после периода Prop_Seg, который в результате должен вместить всех задержек распространения между узлом A и узлом B:

$$T_{PROP_SEG} \geq T_{PROP(A,B)} + T_{PROP(B,A)}$$

Задержки распространения являются всего задержки между контроллером CAN интерфейса узла A (ПИИ TxDA и RxDA) и CAN контроллера интерфейса Node B (контакты TxDB и RxDB) и их компоненты показаны на рисунке 2.

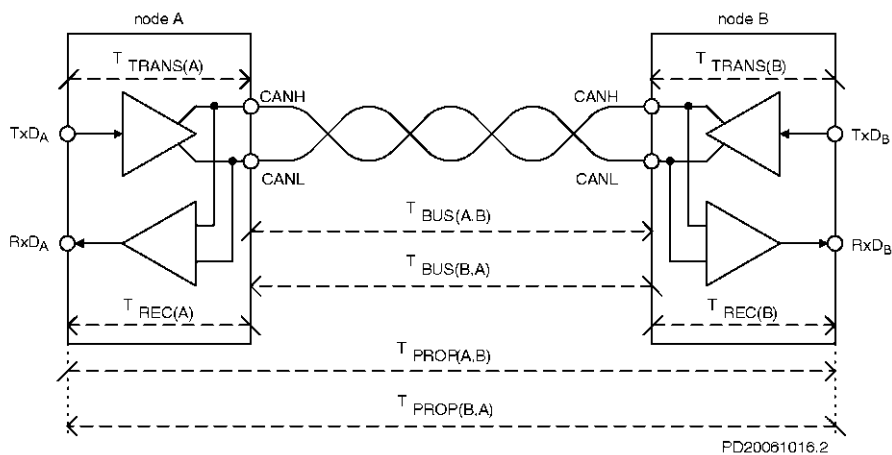


Рисунок 2. Компоненты задержки шины CAN

Задержки могут быть выражены следующим образом:

$$T_{PROP(A,B)} = T_{TRANS(A)} + T_{BUS(A,B)} + T_{REC(B)}$$

$$T_{PROP(B,A)} = T_{TRANS(B)} + T_{BUS(B,A)} + T_{REC(A)}$$

Где:

$T_{BUS}(X, Y)$ это запаздывание линия шины от узла X к узлу Y

$T_{trans}(X)$ и $T_{REC}(X)$ задержки узла X передатчика и приемника частей, соответственно.

Сумма $T_{trans}(X)$ и $T_{REC}(X)$ можно найти в спецификации CAN трансиверов, как "задержка распространения TxD к RxD».

Линия шины ограничивается по следующей формуле:

$$L_{BUS_MAX_DEL} = \frac{\left(\frac{T_{PROP_SEG}}{2} - T_{PROP(RxD, TxD)} \right)}{T_{PROP(BUS)}}$$

Где:

$L_{BUS_MAX_DEL}$ является крупнейшим допустимое расстояние между любыми двумя узлами.

T_{PROP_SEG} есть длина PROPSEG части одного битового периода.

$T_{PROP}(RxD, TxD)$ является задержка распространения TxD, чтобы RxD используемого CAN трансивера.

$T_{PROP}(BUS)$ является задержкой линии шины на единицу длины.

Пример

Дано:

ТРАНСИВЕРЫ БУДУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ СО СЛЕДУЮЩИМИ СООТВЕТСТВУЮЩИМИ ПАРАМЕТРАМИ:

Обозначение	Параметр	Условия	Min	Max	Ед.изм-я
$^{pd}(rec-dom)$	Задержка на распрост ранение TxD to RxD		70	230	ns
$^{pd}(dom-rec)$	Задержка на распрост ранение TxD to RxD		100	245	ns

Задержка трансивер немного отличается для противоположных краев (рецессивный по отношению к доминирующей VS. доминирующей рецессивный). Для анализа в худшем случае, мы будем принимать 245 нс.

Шина имеет задержку 5 нс на 1 м длины

Скорость передачи битов 500 кбит требуется, в результате чего один битового периода 2 мс

Контроллер CAN настроен, чтобы иметь PROPSEG, равную 1100 нс

Тогда:

Максимально допустимая задержка линии шины $(1100 \text{ нс} / 2 - 245 \text{ нс}) = 305 \text{ нс}$.

Максимально допустимая расстояние между любыми двумя узлами LBUS_MAX_DEL составляет 61 м (= 305 нс / 5 нс).

Максимальная длина незавершенного шлейфа

Шина CAN предназначена, чтобы быть как можно ближе к одной строчной структуры. Тем не менее, отклонение от этой базовой топологии должны быть приняты во внимание - например, для временного подключения диагностического оборудования или для подключения узлов короткими незавершенными кабелями. Во всех этих случае, сигнал отражения будет происходить в шине из-за существования незавершенных шлейфов. Пример CAN шине с незавершенными шлейфами можно увидеть на рисунке 3.

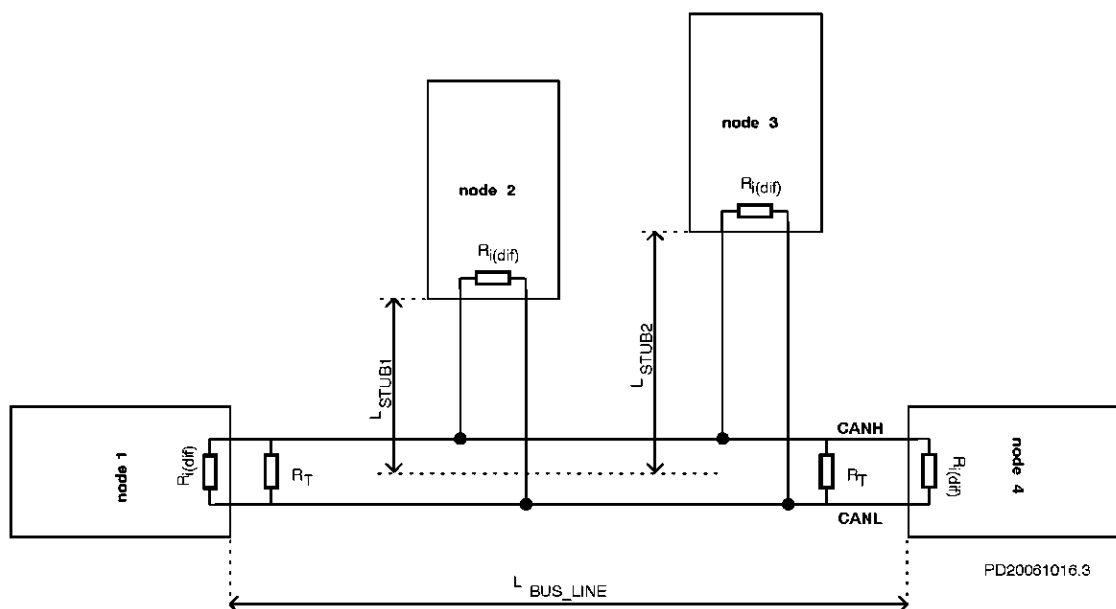


Рисунок 3. Шина CAN с незавершенными шлейфами

Хотя отраженные сигналы исчезнет, как только они достигают прекращения в шине, и, хотя протокол может является надежным, верхний предел должен быть установлен на разрешенной длине незавершенного шлейфа, а также к совокупной длины штыри.

Могут быть использованы несколько общих правил:

$$L_{STUB_MAX} < \frac{T_{PROP_SEG}}{50 \cdot T_{PROP(BUS)}}$$

И

$$L_{STUB_TOT_MAX} < \frac{T_{PROP_SEG}}{10 \cdot T_{PROP(BUS)}}$$

Где:

L_{STUB_MAX} это максимальная длина одного несогласованного заглушки.

$L_{STUB_TOT_MAX}$ это общая длина всех незавершенных шлейфов в шине.

T_{PROP_SEG} это продолжительность PROPSEG части немного времени (см «Определение CAN тактовой синхронизации" в разделе и на рисунке 1).

$T_{PROP(BUS)}$ это задержка распространения линии шины на единицу длины.

Кроме того, сумма всей длине шлейфа должна быть вычтена из максимальной длины шины LBUS_MAX_DEL рассчитанной по максимально допустимой задержке распространения (см. раздел «Определение время передачи бита CAN»). В примере, показанном на рисунке 3, сумма ($L_{STUB1} + L_{STUB2} + L_{BUS_LINE}$) должна быть меньше, чем $L_{BUS_MAX_DEL}$.

Пример

Дано:

AMIS-42665 трансиверы будут использоваться со следующими соответствующими параметрами (выписка из техпаспорта):

Обозначение	Параметр	Условия	Min	Max	Ед.изм-я
pd(rec-dom)	Задержка на распространение TxD to RxD		70	230	ns
pd(dom-rec)	Задержка на распространение TxD to RxD		100	245	ns

Задержка трансивер немного отличается для противоположных краев (рецессивный по отношению к доминирующей VS. доминирующей рецессивный). Для анализа в худшем случае, мы будем принимать 245 нс.

Другие параметры:

Шина имеет задержку 5 нс на 1 м длины

Скорость передачи битов 500 кбит требуется, в результате чего один битового периода 2 мс

Контроллер CAN настроен, чтобы иметь Prop_Seg, равную 1100 нс

Тогда:

Максимально допустимая длина шлейфа LSTUB_MAX 4,4 м (1100 нс / 5 нс / 50)

Максимально допустимая общая длина заглушки LSTUB_TOT_MAX составляет 22 м (1100 нс / 5 нс / 10)

Если полная общая длина шлейфов используется, главной линией шины может быть макс. Долго 39 м (61 м - 22 м, смотри пример в разделе "Максимальная длина незавершенного шлейфа" для расчета LSTUB_TOT_MAX)

Максимальная длина линии шины в функции от требуемой амплитуды сигнала

Другим ограничением на топологию шины определяется амплитудой напряжения на шине, необходимой для правильного приема состояния шины. Категории бит сигнализирует каждого конкретного узла шины должны быть правильно определены как доминирующие на всех других узлов. Амплитуда сигнала уменьшается напряжение падает вдоль линии шины, как шина загружается шины окончаний и конечных входных сопротивлений узлов. Целостность сигнала рецессивного состояния не зависит от этих капель, как это определено в резисторов, как правило нулевой дифференциального напряжения.

Для анализа влияния падения напряжения, шинная топология с n узлов, показанных на рисунке 4 будут рассмотрены. Представление худшем случае показана на рисунке 5. Передающий узел, вместе с его резистор R_T , помещают на одной стороне шины, в то время как все другие узлы и второй резистор расположены на противоположной стороне шины линия. Каждый узел загружает шину с его входное сопротивление дифференциального режима $R_i(\text{diff})$, отлична от нуля сопротивление проводов представлена резисторов R_W . Дифференциальное напряжение управляется передающего узла обозначается $V_o(\text{diff})$, принимающий узел может видеть дифференциальное напряжение $V_i(\text{diff})$ на его входе.

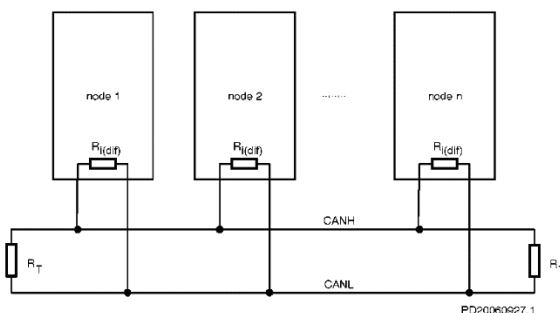
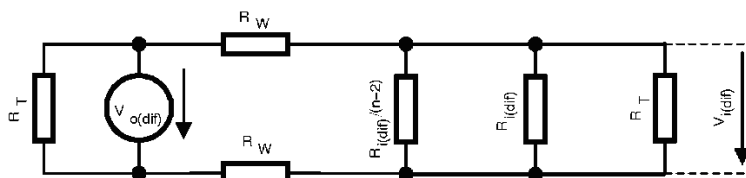


Рисунок 4. Базовая топология шины CAN



PD20060927.2

Рисунок 5. Электрическое представление шины CAN из рисунка 4

Для правильного обнаружения доминантного состояния, минимальное дифференциальное напряжение $V_{i(diff_MIN_REQ)}$ требуется на входе приемного узла. Этот минимальный задается порогом ресивера и заданным пользователем запасом прочности:

$$V_{i(diff_MIN_REQ)} = V_{i(diff_TH)} + k \cdot (V_{o(diff)} - V_{i(diff_TH)})$$

Где:

$V_{i(diff_MIN_REQ)}$ — минимально необходимое доминирующее дифференциальное напряжение в любом принимающем узле

$V_{i(diff_TH)}$ — уровень порога ресивера

$V_{o(diff)}$ — доминирующее дифференциальное напряжение, управляемое передающим узлом

k — коэффициент необязательного "запаса", его значение варьируется от 0 до 1.

Максимальная длина провода в соотношении с падением напряжения может быть далее определена с помощью рисунка 5 с учетом следующего наихудшего случая:

Минимальное дифференциальное напряжение $V_{o(diff_MIN)}$ приводится в передающем узле.

Максимальная порог приемник $V_{i(diff_MAX)}$.

Максимальное значение сопротивления шины R_{W_MAX} встречается.

Минимальные резисторы R_{T_MIN} размещены в шине. Узлы загружаются в шину с их минимальным сопротивлением дифференциального входного $R_{i(diff_MIN)}$. Количество узлов, подключенных к шине $nNODES$.

При указанных выше условиях, дифференциальное напряжение достигнет своего минимума:

$$V_{i(diff_MIN)} = \frac{V_{o(diff_MIN)}}{1 + 2 \cdot R_{W_MAX} \cdot \left(\frac{1}{R_{T_MIN}} + \frac{nNODES - 1}{R_{i(diff_MIN)}} \right)}$$

Это худший случай дифференциальное напряжение должно быть выше, чем требуемый минимум $V_{i(diff_MIN_REQ)}$, определенной выше. Известно, что сопротивление кабеля R_W пропорциональна его длине L с отношением R_W , представляющего удельное сопротивление, оба уравнения могут быть объединены с образованием:

$$L_{BUS_MAX_DROP} = \frac{1}{2 \cdot \rho_{W_MAX}} \times \left[\frac{V_{o(diff_MIN)}}{V_{i(diff_MAX)} + k \cdot (V_{o(diff_MIN)} - V_{i(diff_TH_MAX)})} - 1 \right] \times \frac{R_{T_MIN} \cdot R_{i(diff_MIN)}}{R_{i(diff_MIN)} + (nNODES - 1) \cdot R_{T_MIN}}$$

Пример

Дано:

AMIS-42665 приемопередатчики будут использоваться со следующими соответствующими параметрами (выписка из техпаспорта)

Обозначение	Параметр	Условия	Мин	Тип	Макс	Ед.изм-я
$V_{o(diff)} (bus_dom)$	Дифференциальное выходное напряжение шины (V_{CANH} - V_{CANL})	$V_{KD} = 0V$; доминант; $42.5Q < R_{LT} < 60Q$	1.5	2.25	3.0	V
$V_{thcm(diff)} (th)$	Дифференциальное напряжение порога ресивера для высокого общего режима (см. Рисунок 5)	$-35V < V_{CANL} < +35V$; $-35V < V_{CANH} < +35V$;	0.40	0.7	1.0 0	v
$R_i(diff)$	Дифференциальное входное сопротивление		25	50	75	Q

Из приведенной выше таблицы, следующие вклады в расчетах будут извлечены:

Минимальное дифференциальное выходное напряжение $V_{i(diff_MAX)}$: 1.00 V

Максимальный доминирующий порог приемника $R_{i(diff_MIN)}$: 25000 Q

Минимальное дифференциальное входное сопротивление приемника $R_{i(diff_min)}$: 25000 Q

Остальные входы для расчетов являются: Максимальное удельное сопротивление шины Q_w max: 0.0346 Q / м

Минимальное значение резистора прекращения R_{t_min} : 95 Q Количество узлов nNODES: 60 Коэффициент безопасности маржа к: 0

Тогда:

Максимальная длина линии шины по отношению к падению напряжению $L_{BUS_MAX_DROP}$: 560 м.

Максимальное число узлов в функции нагрузочной способности передатчика

Максимальное число узлов ограничивается приводной возможностью передатчика CAN. Это обычно определяется минимально допустимого сопротивления нагрузки R_{L_min} . Нагрузка передатчика в шине CAN состоит из резисторов и параллельной комбинации дифференциальных входных сопротивлений всех узлов – см. рис 6.

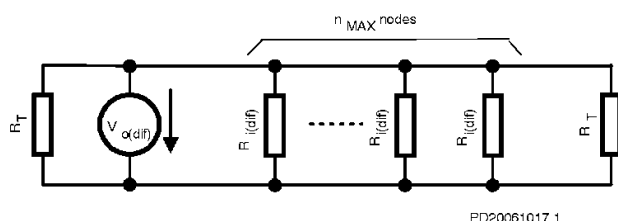


Рисунок 6. Электрическое представление шины CAN для расчета максимального числа узлов

Передатчик затем загружают сопротивление R_L , рассчитывается по формуле:

$$R_L = \frac{R_{T_MIN} \times R_{i(diff_MIN)}}{(n_{MAX} - 1) \times R_{T_MIN} + 2 \cdot R_{i(diff_MIN)}}$$

Где:

R_{T_MIN} МИНИМАЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРЕКРАЩЕНИЕ.

$R_{i(diff_MIN)}$ МИНИМАЛЬНЫЙ ПЕРЕПАД ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОДНОГО УЗЛА.

n_{MAX} ЭТО КОЛИЧЕСТВО УЗЛОВ, ПОДКЛЮЧЕННЫХ К ШИНЕ.

В РЕЗУЛЬТАТЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ R_L ДОЛЖНО ОСТАВАТЬСЯ ВЫШЕ УСТАНОВЛЕННОГО МИНИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ R_{L_MIN} , ПРИВОДЯ К СЛЕДУЮЩЕЙ ПРЕДЕЛА ДЛЯ КОЛИЧЕСТВА УЗЛОВ:

$$n_{MAX} = 1 + R_{i(diff_MIN)} \times \left(\frac{1}{R_{L_MIN}} - \frac{2}{R_{T_MIN}} \right)$$

Пример

Дано:

Сетевые адаптеры будут использоваться со следующими соответствующими параметрами:

Обозначение	Параметр	Условия	Min	Тип	Max	Ед. изм-я
$V_o(diff)$ (bus_dom)	Дифференциальное выходное напряжение шины ($V_{CANH} - V_{CANL}$)	$V_{ID} = 0V$; доминант; 42.5 Q < R_{LT} < 60 Q	1.5	2.25	3.0	V
$R_i(diff)$	Дифференциальное входное сопротивление		25	50	75	Q

Из приведенной выше таблицы, следующие вклады в расчетах будут извлечены:

Минимальное дифференциальное входное сопротивление приемника $R_i(\text{diff})_{\min}$: 25000 В.

Минимальная допустимая нагрузка, будут обусловлены передатчика $R_L \min$: 42.5 Q (см. «Условия» столбец в таблице выше).

Оставшийся вход для расчета: Минимальный резистор $R_t \min$: 95 Q

Тогда:

Максимально допустимое количество узлов $N_{\max}$ подключен к шине CAN 62.

Литература

[1] ISO11898/1 - Road vehicles - Controller area network (CAN) - Part 1: Data link layer and physical signaling