

**Измерительные  
структурированные сети  
и системы**

**Руководство по проектированию,  
наладке и эксплуатации**

**2000-2- РП**

**Предварительная редакция  
№ 0.1 20.04.2015**

## **Аннотация**

Настоящий документ является руководством по проектированию, наладке и использованию измерительных, диагностических и подобных систем с использованием оборудования и изделий СИТИС:Сивионик.

Регистраторы 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](http://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 И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	4
2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СИТИС:СИВИОНИК.....	4
3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.....	8
3.1. Проектирование измерительных систем.....	8
3.2. Наладка измерительных систем.....	9
3.3. Сети интеллектуальных датчиков.....	9
3.4. Резервирование измерительных каналов.....	12
3.5. Самокалибровка измерительных систем.....	13
3.6. Самодиагностика и самолечение измерительных систем.....	17
4. СЕТИ СВЯЗИ.....	18
4.1. Сетевое взаимодействие.....	18
4.2. Проводные сети CAN.....	20
4.3. Беспроводные сети ZigBee.....	22
4.4. Сети интерфейса управления и индикации.....	23
5. ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ.....	25
6. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА.....	26
7. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	27
8. Сокращения.....	27
9. ССЫЛОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	28
10. Приложение А. РАСЧЕТ ШИНЫ CAN.....	29

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий документ предназначен для использования техническими заказчиками, проектными, монтажными и эксплуатирующими организациями и специалистами, выполняющими работы по созданию и использованию измерительных систем с применением оборудования и программного обеспечения СИТИС:Сивионик – датчиков, регистраторов, контроллеров, элементов структурированных кабельных систем, программного обеспечения.

Невыполнение требований и указаний данного документа при использовании отдельного компонента СИТИС:Сивионик в составе какой-либо измерительной, контрольной, диагностической или подобной системы, является отступлением от требований по использованию данного компонента. Данный документ является частью технической документации на все изделия СИТИС:Сивионик и должен выполняться во всех случаях использования изделий в составе каких-либо измерительных или подобных систем.

Информация о технических решениях систем, в составе которых используются изделия СИТИС:Сивионик, может быть запрошена при осуществлении технической поддержки и гарантийного обслуживания.

## 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 проверок 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 на 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 к каждому измерительному порту 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 в 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 распределенных базах данных, с размещением систем управления данными на локальных компьютерах и мобильных устройствах, серверах в локальных и распределенных сетях. Такой подход обеспечивает возможность организации «облачного» хранения и обработки данных как в сетях общего пользования, так и в защищенных корпоративных сетях

## ТУМАННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

В составе оборудования СИТИС:Сивионик предусмотрены недорогие компактные телематические регистраторы, предназначенные для распределенной 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 измерительной информации при «облачной» архитектуре вычислений на специализированном удаленном сетевом устройстве.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ

Оборудование и программное обеспечение СИТИС:Сивионик разрабатывается и производится в России и ориентировано 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 документах используются 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 компонентов зарубежного производства, их технические и метрологические характеристики представляются в соответствии с отечественной терминологией и нормативными требованиями.

## 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

### 3.1. Проектирование измерительных систем.

Как правило, измерительные системы, предназначенные для выполнения измерений в составе работ по оценке технического состояния конструкций, и особенно измерительные системы автоматических и автоматизированных станций мониторинга, являются сложными программно-техническими комплексами, неразрывно связанными с контролируемой конструкцией, подверженной длительному влиянию техногенным и естественных воздействий, и присущим им неопределённостями в определении физических и конструктивных свойств и величин воздействий.

Значительную часть измерений составляют не прямые, а косвенные и совокупные измерения.

В связи с этим при создании измерительных систем с использованием оборудования и программного обеспечения СИТИС:Сивионик, следует выбирать методики измерений, обеспечивающих достижение показателей надежности и точности измерений, исходя из решаемых задач по мониторингу технического состояния и других подобных применений.

При проектировании состава измерительных каналов, включающих датчики, регистраторы, кабельные линии, следует руководствоваться требованиями и рекомендуемыми положениями нормативных документов в области обследования и мониторинга конструкций, разработки методик измерений, определения погрешностей и неопределенностей результатов измерений.

К основным нормативным документам относятся:

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

ГОСТ 32019-2012 «Стационарные станции мониторинга»

ГОСТ 8.563-2009 Методы измерений

ГОСТ Р 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем

ГОСТ Р 8.010-2013 методика выполнения измерений

ГОСТ Р 8.736-2011 Измерения прямые многократные

ГОСТ 5725-2-2002 Точность методов измерений. Метод определения повторяемости.

ГОСТ Р 54500.1-2011-1 ч.1 Введение в руководство по неопределенности измерения

ГОСТ Р 54500.3-2011 ч.3 Руководство по выражению неопределенности измерения

МИ 222-80 Методика расчета метрологических характеристик каналов измерительных систем

МИ 23-97 Разработка и аттестация методик выполнения измерений

МИ 2083-90 Косвенные измерения

МИ 2232-2000 Оценивание погрешности при ограниченной исходной информации

МИ 2301-2000 повышение точности измерений

МИ 2439-97 Метрологические характеристики измерительных систем

МИ 2440-97 Погрешности измерительных каналов

Р 50.2.038-2004 Измерения прямые однократные

РД 50-453-84 Погрешность средств измерения в реальных условиях

РМГ 74-2004 Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений

РМГ 120-2013 Требования к выполнению калибровочных работ

При проектировании, наладке и использовании изделий СИТИС:Сивионик, следует выполнять требования технической документации системы СИТИС:Сивионик, как поставляемой в комплекте с изделием, так и размещенной на сайте CIVIONIC.RU.

При выполнении каких-либо работ, связанных с использованием нормативной и технической документации, следует использовать актуальные версии документов на дату выполнения работ (проектных, калибровочных, наладочных, ремонтных и т.п.).



При проектировании измерительных систем и соответствующих методик измерения, следует задавать проектную предельную погрешность методики измерения меньше, чем требуемая предельная погрешность для решения задачи мониторинга или диагностики. Как правило предельная неопределенность и погрешность в методике измерений должна быть в 1.5 – 3 раза меньше требуемой предельной неопределенности для оценки технического состояния.

В случае, если невозможно обеспечить ремонт или замену какого-либо компонента измерительной системы, для обеспечения надежности функционирования измерительных систем, в составе системы следует предусматривать дополнительные «избыточные» датчики, регистраторы и кабельные линии, обеспечивающие функционирование системы на допустимом уровне при вероятном повреждении отдельных компонентов при монтаже, выполнении последующих строительных работ и при эксплуатации.

### 3.2. Наладка измерительных систем.

При наладке измерительных систем как правило должна выполняться калибровка измерительных каналов.

Методика калибровки каналов измерительных систем и предельные погрешности измерений устанавливаются в проектной или технической документации на устройство измерительной системы.

В зависимости от назначения системы, технические и метрологические требования к датчикам, регистраторам и другим изделиям СИТИС:Сивиник в составе комплексной системы, могут отличаться от характеристик, приведенных в технической документации на соответствующие изделия и документации на соответствующий тип средства измерения при её наличии. Требуемые характеристики измерительных каналов системы могут отличаться как в сторону меньшей точности по сравнению с указанной в технической документации на изделие, так и быть более точными.

### 3.3. Сети интеллектуальных датчиков.

К каждому порту регистраторов СИТИС:Сивиник 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:

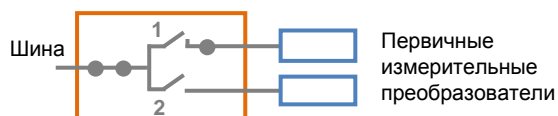
$N_p$  – количество цифровых компонентов датчика, подключенных к информационной шине в «неактивном» режиме датчика или устройства.

$N_a$  - 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  $L_p$  от типа кабеля и количества цифровых компонентов в сегменте приведена в таблице. В таблице указана рекомендуемое расстояние с учетом помех и других ухудшающих факторов, в скобках указано расчетное значение при идеальных условиях.

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					

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

Обозначения:

 - регистратор, 
  - цифровой датчик, 
  - интеллектуальный датчик с вынесенным аналоговым измерительным преобразователем, 
  - цифровой адаптер аналогового датчика, 
  - цифровой мультиплексор, устройство с подключаемыми или переключаемыми каналами, к которым возможно присоединение сегментов кабельной сети, датчиков и устройств.

На рисунке 1 Показана простейшая измерительная система с одним цифровым датчиком.

Рис.1



Рис 2. Показана простейшая измерительная система с одним цифровым адаптером и аналоговым датчиком. Расстояние кабельной линии подключения аналогового датчика к адаптеру зависит от типа датчика, и как правило может составлять несколько сотен метров.

Рис.3



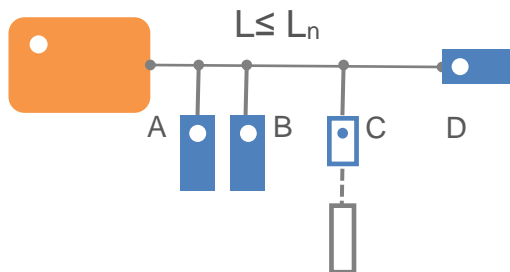
На рисунке 3 приведена более сложная измерительная система с 4 датчиками в одном сегменте кабельной сети. Расстояние  $L$  от регистратора до наиболее удаленного датчика  $D$  от максимального количества цифровых компонентов в сети при опросе (активизации) каждого датчика.

Предположим что для датчика  $A$   $N_p=2$   $N_a=2$ , для  $B$   $N_p=2$   $N_a=10$ , для  $C$   $N_p=4$   $N_a=15$ , для  $D$   $N_p=4$   $N_a=25$ .

Тогда максимальное количество цифровых компонентов, подключенных к шине будет 33, при опросе датчика  $D$ .

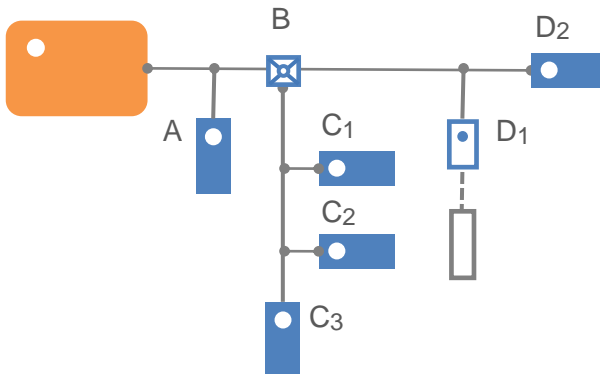
$L < L_n = L_{33} = 190$  м для кабеля «витая пара» категории 5е. Если система будет работать не в лабораторных условиях, а на строительной площадке или в условиях промышленного предприятия, рекомендуется учитывать запаса 20-30%. Тогда рекомендуемое принять максимально допустимое расстояние от регистратора до наиболее удаленного датчика составит около 150 м.

Рис.4



Схема, приведенная на рисунке 4, состоит из трех сегментов –  $A$ ,  $C$  и  $D$ . Сегменты  $C$  (датчики  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$ ) и  $D$  (датчики  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_3$ ) присоединены к информационной шине – сегменту  $A$ , с помощью мультиплексора  $B$ , который по команде регистратора может подключать присоединенные сегменты к шине. При неактивном состоянии каналы мультиплексора  $B$  находятся в нормально разомкнутом состоянии, при котором сегменты  $C$  и  $D$  к шине не присоединены.

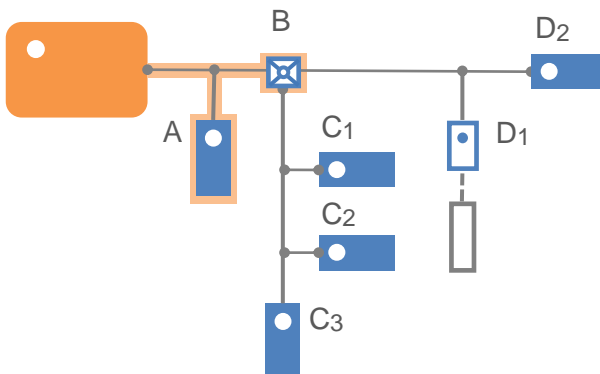
Рис.5



При активации порта регистратора, к которому присоединена показанная измерительная система, к информационной шине будут присоединены два цифровых устройства – датчик  $A$  и мультиплексор  $B$ . Эта схема показана на рисунке 5.

Предположим все цифровые устройства имеют следующее количество цифровых компонентов -  $N_p=20$ ,  $N_a=30$ . Тогда в этом состоянии к информационной шине будет максимально подключено 50 цифровых компонентов,  $N_a=30$  для датчика  $A$  и  $N_p=20$  для мультиплексора  $B$ .

Рис.6  
Состояние 1  
(начальное  
состояние)

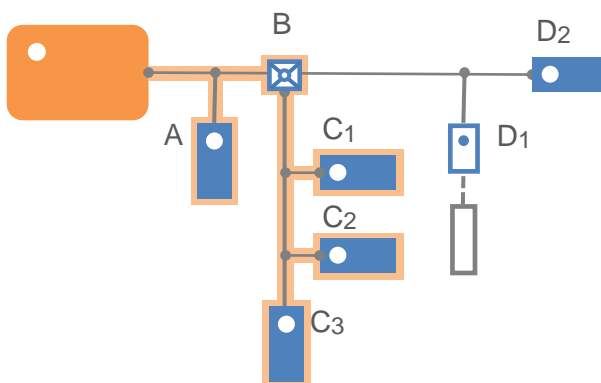


После опроса всех датчиков на информационной шине в начальном состоянии, регистратор активирует подключение первого канала мультиплексора  $B$ , и к информационной шине подключаются сегмент  $C$ . Схема

этого состояния показана на рисунке 7. В этом состоянии к информационной шине подключено 15 цифровых компонентов пяти подключенных устройств – по 20 компонентов ( $N_p=20$ ) для датчика А и двух датчиков С<sub>1</sub> и по 30 компонентов ( $N_a=30$ ) для одного С<sub>3</sub> и мультиплексора В, всего 120 компонентов.

Максимальная длина кабельной линии от наиболее удаленного датчика С<sub>3</sub> до регистратора составляет  $L < L_n = L_{120} = 150$  м при использовании кабеля «витая пара» категории 5е.

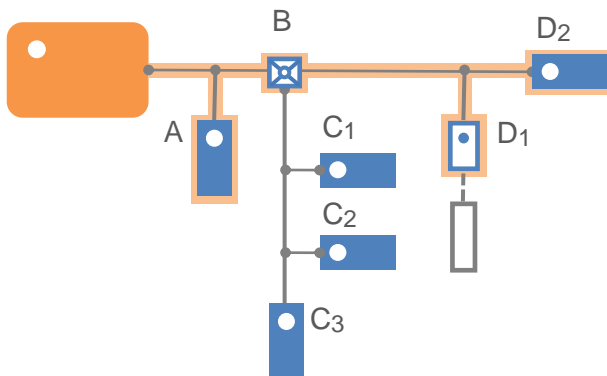
Рис.7  
Состояние 2



Далее после опроса всех датчиков на информационной шине в состоянии 2, регистратор переходит в следующее состояние (состояние 3) - отключает первый канал мультиплексора В (отсоединяет сегмент С с датчиками С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и С<sub>3</sub>) и активирует второй канал мультиплексора В – присоединяет сегмент D с датчиками D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>. и С<sub>3</sub> информационной шине подключаются сегмент С. Схема этого состояния показана на рисунке 7. В этом состоянии к информационной шине подключено 100 цифровых компонентов четырех подключенных устройств – по 30 компонентов ( $N_a=30$ ) для активного датчика и мультиплексора В и по 20 компонентов двух пассивных датчиков.

Максимальная длина кабельной линии от наиболее удаленного датчика С<sub>3</sub> до регистратора составляет  $L < L_n = L_{180} = 150$  м при использовании кабеля «витая пара» категории 5е.

Рис.7  
Состояние 3



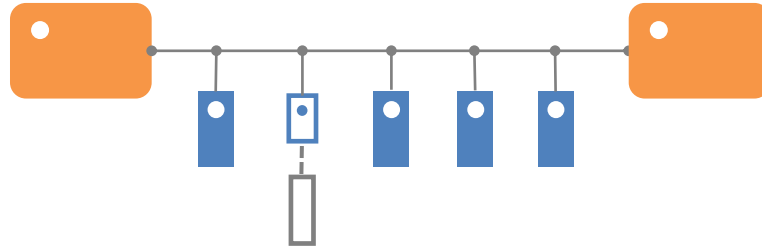
### 3.4. Резервирование измерительных каналов

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



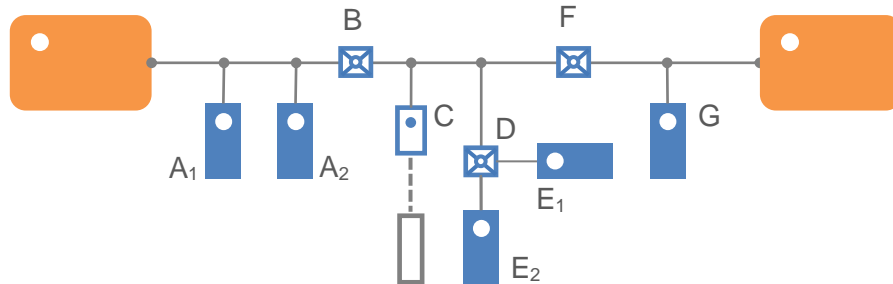
В случае выхода из строя одного регистратора или работоспособность системы не исчезнет, так как любой датчик измерительной системы может опрашиваться другим регистратором.

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 мультиплексов (рис 3) и с сегментированием мультиплексовыми (рис 4).

Рис.3

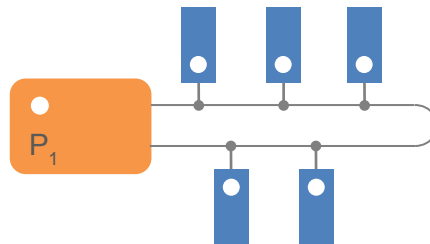
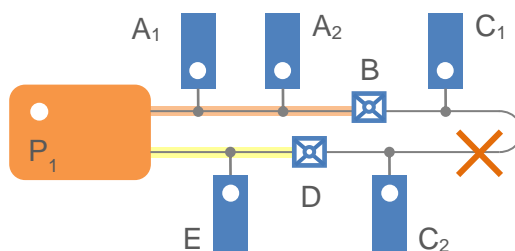


Рис.4



### 3.5. 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 находится 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:

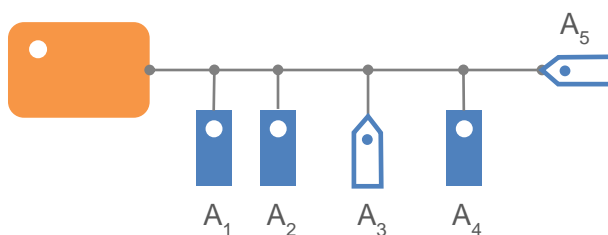
- интеллектуальные калибровочные эталоны из комплекта оборудования СИТИС:Сивионик
- регистраторы СИТИС:Сивионик
- эталоны аналоговых измерительных сигналов, подключаемые через цифровые адаптеры СИТИС:Сивионик (в том числе измерительные приборы и лабораторные инструменты).

Интеллектуальные эталоны обозначены на схемах фигурой .

На рисунке 1 приведена схема канала измерительной системы, в состав которой включены два эталона – А3 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 в качестве 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.

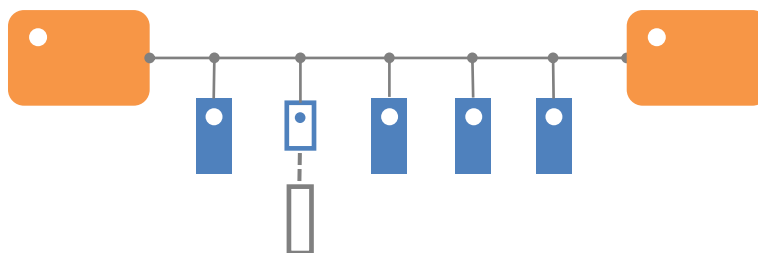
- перед окончанием межповерочного или межкалибровочного интервала системы в целом или отдельных регистраторов, при необходимости выполнить демонтаж такого регистратора и выполнить его калибровку и при необходимости поверку.

- 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.

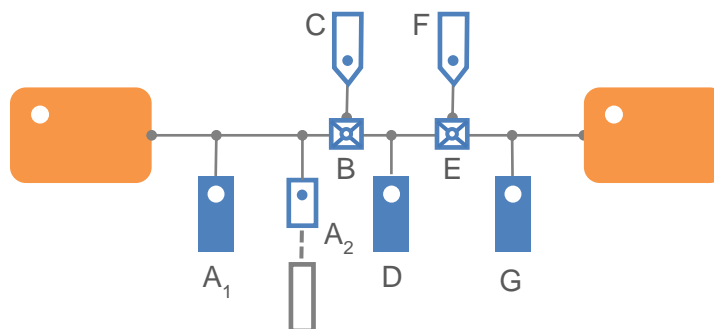
Рис.2



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



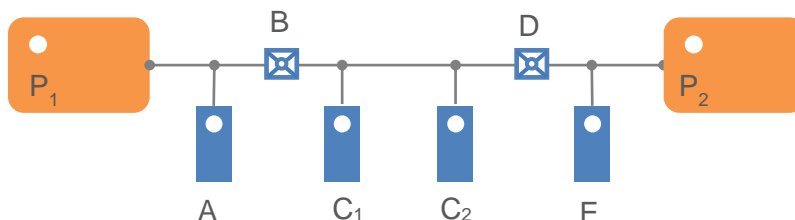


### 3.6. Самодиагностика и самолечение измерительных систем.

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.

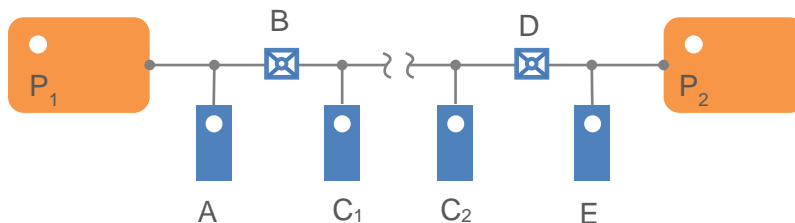
Принцип реализации этого подхода можно показать на примере измерительной системы, изображенной на рисунке 1. Система состоит из двух регистраторов, соединенных информационной шиной, разделенной на три сегмента. К шине подключено 3 датчика.

Рис.1



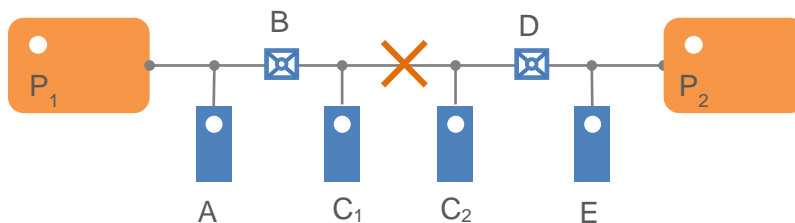
Предположим между датчиками C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> произошел разрыв кабеля без замыкания проводников. Кабельная линия разделилась на две изолированные части. При этом не произошло потери информации, поскольку все датчики доступны для опроса – датчики A и C<sub>1</sub> опрашиваются регистратором P<sub>1</sub>, датчики C<sub>2</sub> и E – регистратором P<sub>2</sub>.

Рис.2



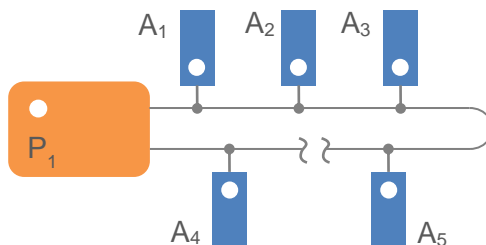
Рассмотрим другую ситуацию, когда между датчиками C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub> произошло замыкание проводников, что исключает передачу цифровых и аналоговых сигналов. В случае рассматриваемой схемы происходит потеря информации не со всех датчиков измерительного канала, а только от некоторой их части - непосредственно подключенных к поврежденному участку датчиков – датчиков C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub>. Датчик A опрашивается регистратором P<sub>1</sub>, поскольку сегмент P<sub>1</sub>-B изолирован от поврежденного сегмента B-D мультиплексором B. Аналогично датчик E опрашивается регистратором P<sub>2</sub>, поскольку сегмент P<sub>2</sub>-D изолирован от поврежденного сегмента B-D мультиплексором D.

Рис.3



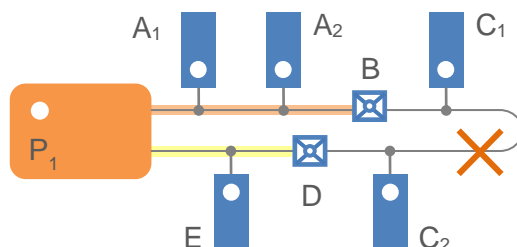
Аналогичным образом изоляция поврежденных сегментов кабельной сети может осуществляться при «закольцовке» кабельных линий на разные каналы одного регистратора, как это показано на рис 4 и 5. При закольцовке каналов (схема рис 4), в случае разрыва кабельной сети, все датчики будут доступны для опроса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

Рис.4



При сегментировании замкнутых линий мультимплексорами 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



## 4. СЕТИ СВЯЗИ

### 4.1. Сетевое взаимодействие

Все регистраторы в составе системы "Ситис:Сивioniк", 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.

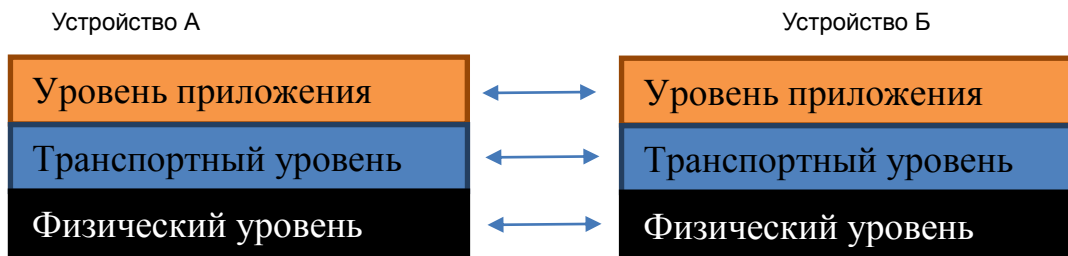


В нижней части стека находится физический уровень, который определяет тип используемого интерфейса связи. Например, для проводных интерфейсов это может быть Ethernet, CAN, 1-wire, RS-485, RS-232, UART и т.д.

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.

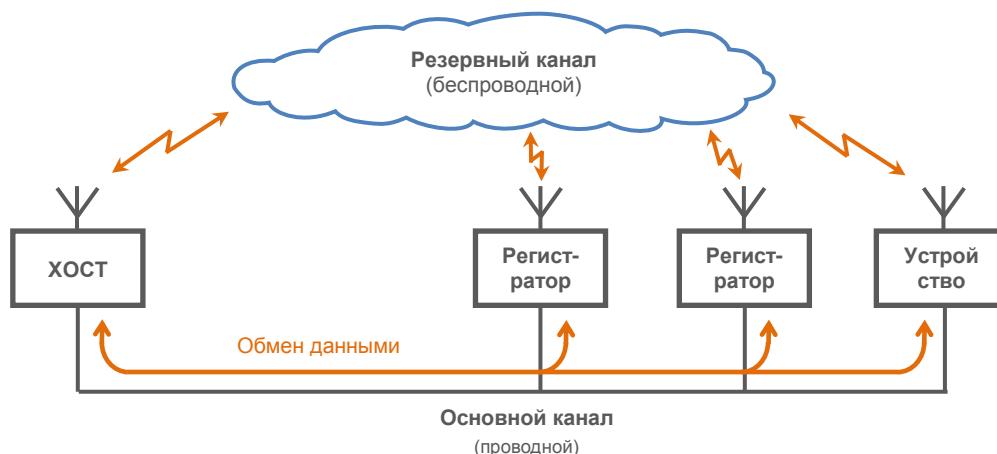


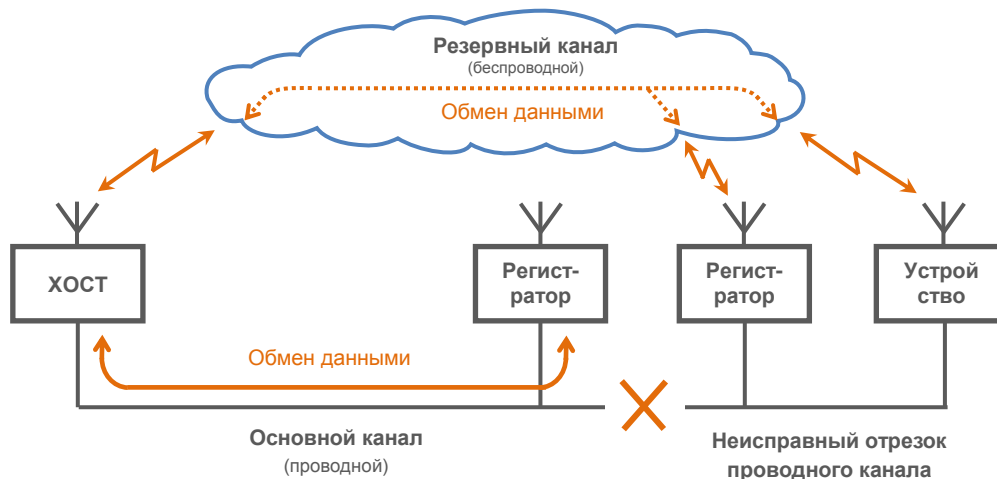
Задача объединения группы устройств Сивионик в сеть состоит в необходимости дистанционного сбора информации с этих устройств, а также выполнения функций по управлению этими устройствами, наряду с дистанционным контролем их состояния. Таким образом структура сети является древовидной и иерархической, 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.



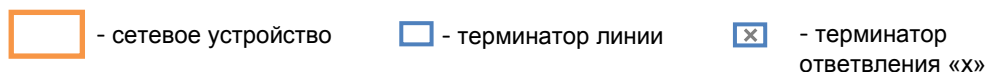


Выбор режима работы сети, её тип, уровень резервирования или дублирования, должен быть определен на этапе проектирования системы мониторинга, исходя из требований по обеспечению надежности и экономической целесообразности.

## 4.2. 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:

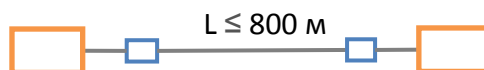


Простейшая сеть, соединяющая два устройства, показана на рисунке 1. Сеть состоит из двух сетевых устройств, соединенных кабельной линией. На концах кабельной линии непосредственно рядом с устройствами, устанавливаются терминаторы – специальные узлы с терминирующими резисторами. Для кабеля типа «витая 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:

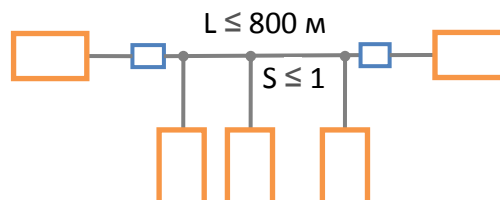
1 Мбит/с	25 м
500 Кбит/с	100 м
250 Кбит/с	250 м
125 Кбит/с	500 м
50 Кбит/с	1000 м
10 Кбит/с	5000 м

Рис.1



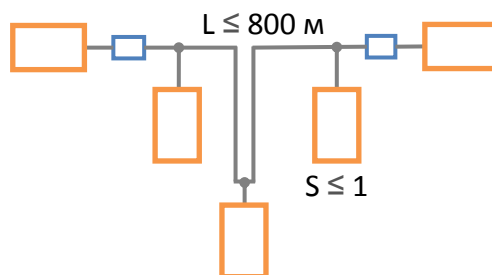
На рисунке 2 показана простая сеть, объединяющая более двух узлов. При длине ответвлений – «стабов», не более одного метра, и количестве сетевых устройств не более пяти, в сети также предусматривается два терминатора у наиболее удаленных узлов.

Рис.2



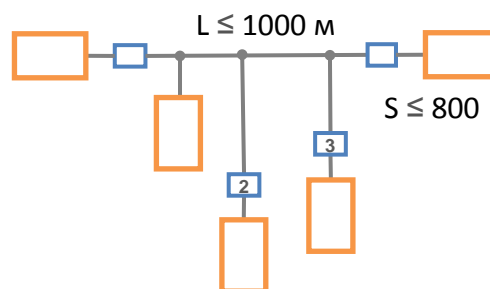
Чтобы выполнить отвод сетевого устройства от трассы кабельной магистрали на расстоянии более одного метра, возможно выполнение петли магистрального кабеля, как показано на рисунке 3.

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

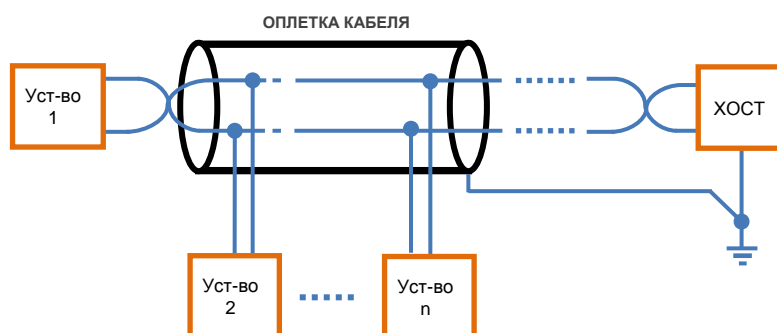


При проектировании системы на базе проводного интерфейса CAN следует производить электротехнические расчеты (падения напряжения на кабеле, задержки распространения сигнала и т.п.) в соответствии со стандартом ISO 11898. Упрощенная методика расчета кабельных сетей шины CAN приведена в приложении В.

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 «Правил устройства электроустановок» в 7й или более поздней редакции.



### 4.3. Беспроводные сети ZigBee

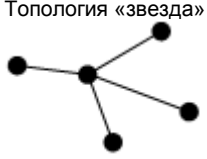
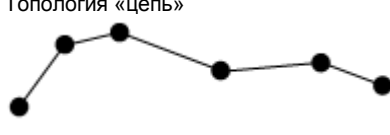

Регистратор содержит, наряду с проводным интерфейсом, беспроводной интерфейс связи. Наличие беспроводного интерфейса обеспечивает автономность использования регистратора, что немаловажно на этапе строительства или отсутствия возможности подвода внешнего напряжения (например, подвижные объекты или конструкции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

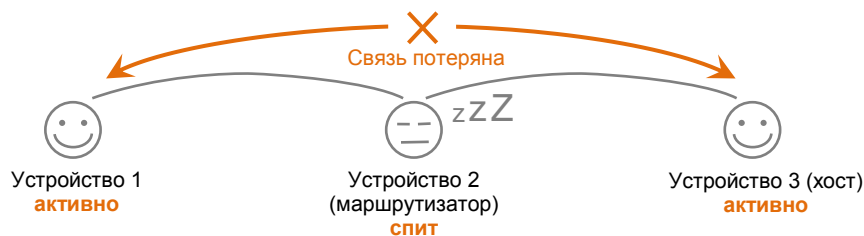
Краткое описание различных вариантов топологий беспроводной сети представлено в следующей таблице.

Описание	Применение	Достоинства	Недостатки
<p>Топология «звезда»</p> 	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.
<p>Топология «цепь»</p> 	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.
<p>Ячеистая топология</p> 	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.

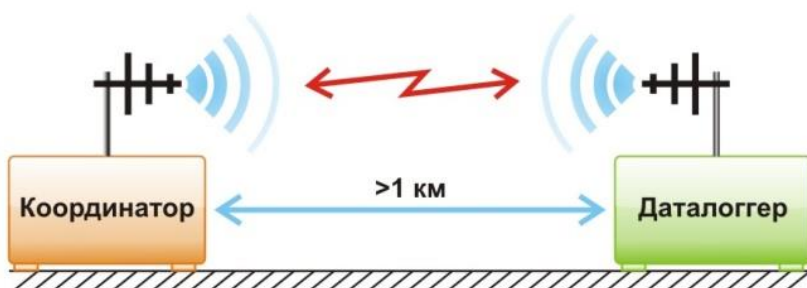
Так как частотный диапазон Zigbee пересекается с частотным диапазоном WiFi 2.5ГГц, в условиях большого числа (более 10) близкорасположенных беспроводных сетей стандарта WiFi работа беспроводного интерфейса Zigbee может быть затруднена, а в ряде случаев невозможна. В данном случае рекомендуется использовать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



## 4.4. 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.

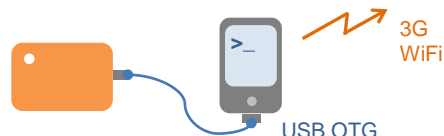
Максимальная длина кабеля для последовательного интерфейса составляет один метр. Для присоединения к устройству должен быть использован адаптер соответствующего интерфейса.

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 радиointерфейсами 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

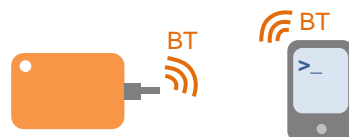


Рис.4



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

Рис.5



Рис.6

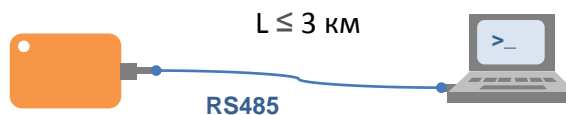
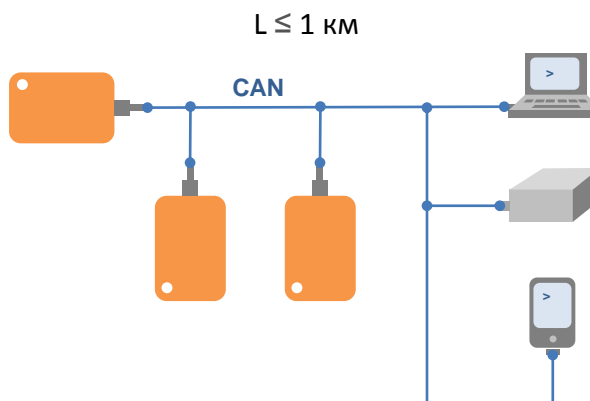




Рис.7



## 5. ТЕЛЕМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Телематические измерительные системы должны 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.

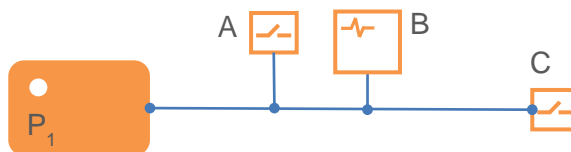
Обозначения:  - переключатель «сухой контакт»,  - динамический триггер-регистратор.

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:

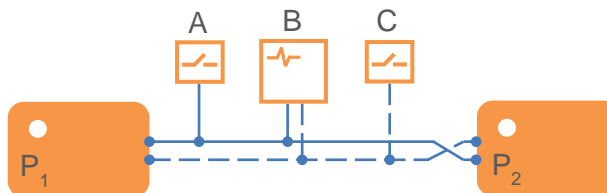
- при ударе, землетрясении и другом подобном динамическом воздействии – по датчикам ускорения в регистраторе или триггер-регистраторе.
- при попытке демонтировать оборудование – по датчику угла в регистраторе или триггер-регистраторе, по замыканию контактов переключателей на защитном ограждении

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



## 6. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Оборудование СИТИС:Сивионик 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.

Примерный состав процедур для выполнения мониторинга технического состояния 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 воздействий
    - 1.1.2. установившиеся напряженно-деформированного состояния
    - 1.1.3. геодезические измерения
 Квазидинамические измерения – частота измерений от 1 до 1000 раз в секунду
    - 1.1.4. Воздействия при переходных процессах
    - 1.1.5. Изменения напряженно-деформированного состояния при переходных процессах
  - 1.2. Динамические измерения – частота измерений – более 100 измерений в секунду
    - 1.2.1. Динамические воздействия (вибрация и т.п.)
    - 1.2.2. Динамические характеристики конструкции (колебания, упругие волны и т.п.)
2. Накопление, передача и распределение данных
  - 2.1. «Черный ящик» (аварийный регистратор)
  - 2.2. Передача данных
  - 2.3. Базы данных
    - 2.3.1. Локальные базы данных
    - 2.3.2. Распределенные базы данных
3. Предобработка измеренных данных
  - 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
  - 4.2. Присвоение метки класса вектору измерений (при распознавании образов)
- 5. Постобработка
  - 5.1. Чистка свойств
  - 5.2. Сжатие свойств
  - 5.3. Синтез свойств
  - 5.4. Нормализация
    - 5.4.1. Использование результатов ранее выполненного моделирования
    - 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
    - 7.1.2. Моделирование отказа
  - 7.2. Экспертное решение
    - 7.2.1. Интерполяция и аппроксимация данных
    - 7.2.2. Визуализация данных
  - 7.3. Синтез решений

## 7. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины и определения, используемые в настоящем документе, и в другой документации системы СИТИС:Сивионик, её изделий и компонентов, приведены в отдельном документе 2000-1-РЭ «Термины и определения»

## 8. 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.  
КСС – структурированные кабельные сети

## 9. 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)

## 10. Приложение А. 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 линии 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

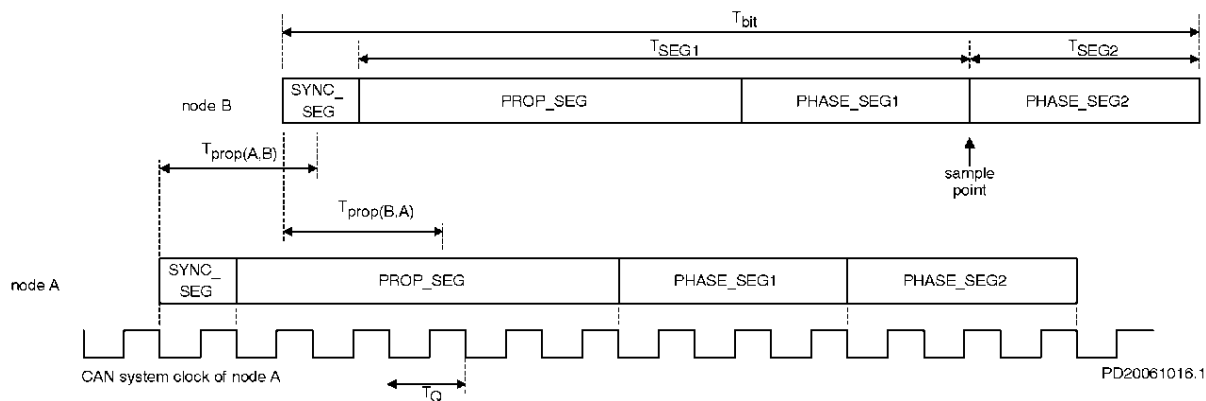
Этот пункт дает сокращенное определение параметров, связанных с битовой синхронизации может быть, который будет использоваться позже в связи с аспектами топологии шины.

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 часы 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 закреплен 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 PROSEG, 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 наилучших условиях, путем изменения длительности PHASE\_SEG1 и PHASE\_SEG2, точка выборки может прийти в начале сразу после Prop\_Seg части битового периода.

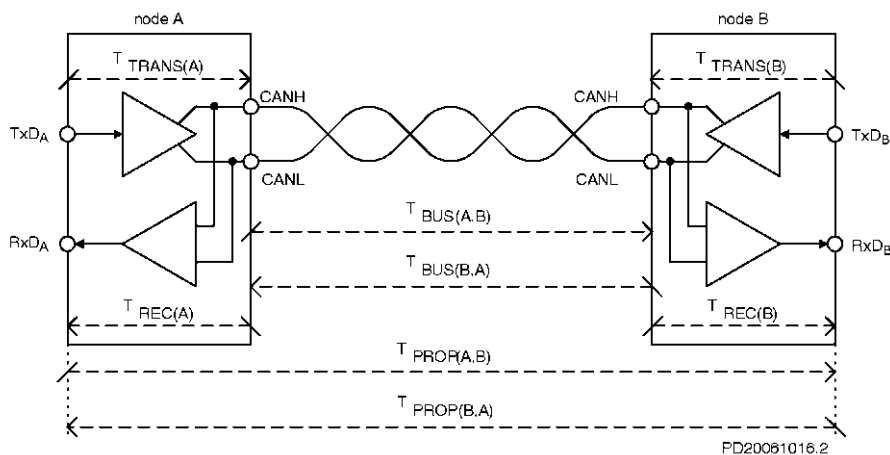
### Максимальная длина шины в функции максимальной задержки линии шины

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
<sup>1</sup> pd(rec-dom)	Задержка на распространение TxD to RxD		70	230	ns
<sup>1</sup> 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.

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

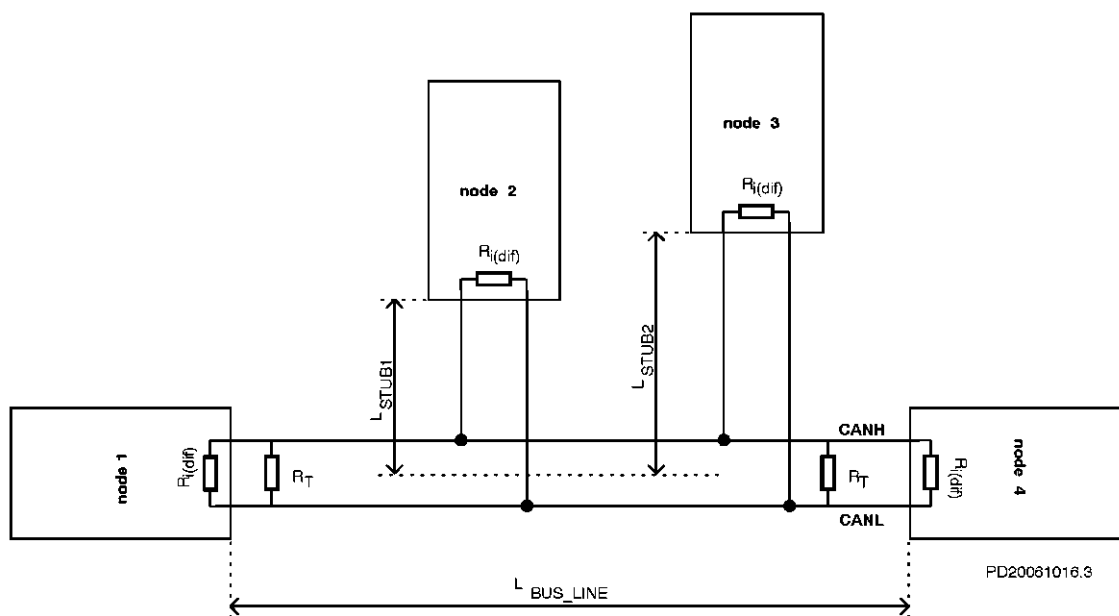
Тогда:

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

Максимально допустимая расстояние между любыми двумя узлами L<sub>BUS\_MAX\_DEL</sub> 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<sub>STUB\_MAX</sub> это максимальная длина одного несогласованного заглушки.

L<sub>STUB TOT MAX</sub> это общая длина всех незавершенных шлейфов в шине.

T<sub>PROP SEG</sub> это продолжительность PROPSEG части немного времени (см «Определение CAN тактовой синхронизации" в разделе и на рисунке 1).

T<sub>PROP (BUS)</sub> это задержка распространения линии шины на единицу длины.

Кроме того, сумма всей длине шлейфа должна быть вычтена из максимальной длины шины L<sub>BUS\_MAX\_DEL</sub> рассчитанной по максимально допустимой задержке распространения (см. раздел «Определение время передачи бита CAN»). В примере, показанном на рисунке 3, сумма (L<sub>STUB1</sub> + L<sub>STUB2</sub> + L<sub>BUS\_LINE</sub>) должна быть меньше, чем L<sub>BUS\_MAX\_DEL</sub>.



## Пример

Дано:

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

Обозначение	Параметр	Условия	Min	Max	Ед.изм-я
tpd(rec-dom)	Задержка на распространение TxD to RxD		70	230	ns
tpd(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, главным линия шины может быть макс. Долго 39 м (61 м - 22 м, смотри пример в разделе "Максимальная длина незавершенного шлейфа " для расчета LBUS\_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  $R_{i(diff)}$ , отлична от нуля сопротивление проводов представлена резисторов  $R_W$ . Дифференциальное напряжение управляется передающего узла обозначается  $V_{o(diff)}$ , принимающий узел может видеть дифференциальное напряжение  $V_{i(diff)}$  на его входе.

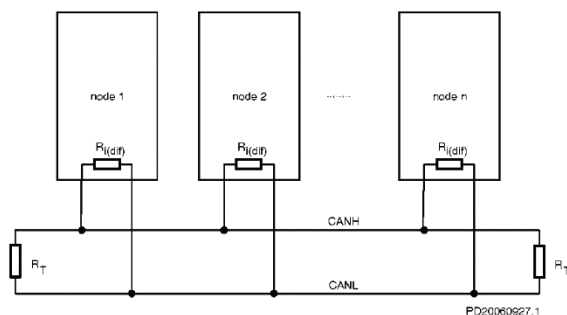
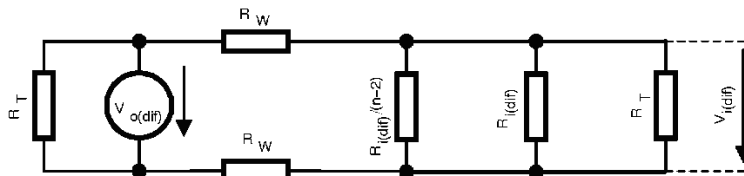


Рисунок 4. Базовая топология шины CAN



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  $n_{NODES}$ .

При указанных выше условиях, дифференциальное напряжение достигнет своего минимума:

$$V_{i(diff\_MIN)} = \frac{V_{o(diff\_MIN)}}{1 + 2 \cdot R_{W\_MAX} \cdot \left( \frac{1}{R_{T\_MIN}} + \frac{n_{NODES} - 1}{R_{i(diff\_MIN)}} \right)}$$

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:

$$L_{BUS\_MAX\_DROP} = \frac{1}{2 \cdot R_{W\_MAX}} \times \left[ \frac{V_{o(diff\_MIN)}}{V_{i(diff\_MAX)} + k \cdot (V_{o(diff\_MIN)} - V_{i(diff\_TH\_MAX)})} - 1 \right] \times \frac{R_{T\_MIN} \cdot R_{i(diff\_MIN)}}{R_{i(diff\_MIN)} + (n_{NODES} - 1) \cdot R_{T\_MIN}}$$

#### Пример

Дано:

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

Обозначение	Параметр	Условия	Мин	Тип	Макс	Ед.изм-я
$V_{o(dif)}$ (bus_dom)	Дифференциальное выходное напряжение шины ( $V_{CANH} - V_{CANL}$ )	$V_{xD} = 0V$ ; доминант; $42.5Q < RLT < 60Q$	1.5	2.25	3.0	V
$V_{ihom(dif)}$ (th)	Дифференциальное напряжение порога ресивера для высокого общего режима (см. Рисунок 5)	$-35V < V_{CANL} < +35V$ ; $-35V < V_{CANH} < +35V$ ;	0.40	0.7	1.00	v
$R_{i(dif)}$	Дифференциальное входное сопротивление		25	50	75	Q

Из приведенной выше таблицы, следующие вклады в расчетах будут извлечены:

Минимальное дифференциальное выходное напряжение  $V_{i(dif\_MAX)}$ : 1.00 V

Максимальный доминирующий порог приемника  $R_{i(dif\_MIN)}$ : 25000 Q

Минимальное дифференциальное входное сопротивление приемника  $R_{i(dif\_min)}$ : 25000 Q

Остальные входы для расчетов являются: Максимальное удельное сопротивление шины  $Q_{w\ max}$ : 0.0346 Q / м

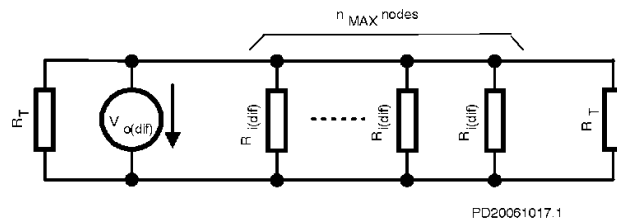
Минимальное значение резистора прекращения  $R_T\ min$ : 95 Q Количество узлов  $n_{NODES}$ : 60 Коэффициент безопасности маржа к: 0

Тогда:

Максимальная длина линии шины по отношению к падению напряжения  $L_{BUS\_MAX\_DROP}$ : 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:

$$R_L = \frac{R_{T\_MIN} \times R_{i(dif\_MIN)}}{(n_{MAX} - 1) \times R_{T\_MIN} + 2 \cdot R_{i(dif\_MIN)}}$$

Где:

$R_{T\_MIN}$  минимальное сопротивление прекращения.

$R_{i(dif\_MIN)}$  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:

$$n_{MAX} = 1 + R_{i(dif\_MIN)} \times \left( \frac{1}{R_{L\_MIN}} - \frac{2}{R_{T\_MIN}} \right)$$

### Пример

Дано:

Сетевые адаптеры будут использоваться со следующими соответствующими параметрами:

Обозначение	Параметр	Условия	Min	Тип	Max	Ед. изм-я
Vo(dif) (bus_dom)	Дифференциальное выходное напряжение шины ( $V_{CANH} - V_{CANL}$ )	$V_{xD} = 0V$ ; доминант; $42.5 Q < RLT < 60 Q$	1.5	2.25	3.0	V
Ri(dif)	Дифференциальное входное сопротивление		25	50	75	Q

Из приведенной выше таблицы, следующие вклады в расчетах будут извлечены:

Минимальное дифференциальное входное сопротивление приемника  $R_i$  (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