Курс лекций по дисциплине

**«Мониторинг производств нефтегазового комплекса»**

*для студентов заочно-сокращенной формы обучения*

*направления   
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»*

**Введение**

Автоматика - это отрасль науки и техники, охватывающая теорию и принципы построения средств и систем управления производственными процессами. Автоматика - является основой автоматизации. Слово «автоматика» - греческого происхождения и означает «самодействие».

Автоматизацией называют этап развития машинного производства, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций техническим устройствам.

Под управлением производственным процессом понимают такое воздействие на него, которое обеспечивает оптимальный или заданный режим работы. Управляемый производственный процесс называют объектом управления. Совокупность технических устройств, используемых для управления, и производственного персонала, принимающего в нем непосредственное участие, образует совместно с объектом управления систему управления.

Процесс управления складывается из следующих основных функций, выполняемых системой управления:

1. Получение измерительной информации о состоянии производственного процесса как объекта управления.

2. Переработка полученной информации и принятие решения о необходимом воздействии на объект для достижения целей управления.

3. Реализация принятого решения, т. е. непосредственное воздействие на производственный процесс.

Технические устройства, которые применяются в системах управления для автоматизации этих функций, называются техническими средствами автоматизации. Средства, предназначенные для получения информации о состоянии объекта управления, называются средствами измерении.

В нефтегазовой промышленности чаще всего приходится измерять значения следующих технологических параметров: давления, температуры, уровня, расхода.

Взависимости от степени участия человека - оператора в управлении различают следующие системы:

1. Ручного дистанционного управления, в которых функции переработки измерительной информации.определения необходимых управляющих воздействий и их реализации (с помощью средств дистанционного управления) выполняет человек.

2. Автоматизированные, в которых человек выполняет только часть функций системы управления.

3. Автоматические, в которых процесс управления протекает без непосредственного участия человека.

Среди автоматических систем наиболее распространены автоматические системы регулирования, которые предназначены для поддержания заданных значений технологических параметров, характеризующих состояние производственного процесса как объекта регулирования. С появлением новых технических средств автоматизации в виде управляющих вычислительных машин в практику автоматизации производственных процессов вошел принципиально новый тип систем управления -автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Под автоматизацией производственных процессов нефтяных и газовых промыслов следует понимать применение приборов, приспособлений и машин, обеспечивающих бурение, добычу, промысловый сбор, подготовку и передачи нефти и газа с промысла потребителю без непосредственного участия человека.лишь под его контролем. Автоматизация производственных процессов является высшей формой развития техники добычи нефти и газа, предусматривающая применение передовой технологии, высокопроизводительного и надежного оборудования.

1. **Первичные средства мониторинга и их характеристики**

**1.1. Основные элементы средств измерений**

Измерение, т. е. нахождение значения физической величины опытным путем, осуществляется с помощью специальных устройств - средств измерений. Основными видами средств измерений являются измерительные преобразователи и измерительные приборы.

Измерительные преобразователи (датчики) предназначены для получения сигнала измерительной информации, удобной для передачи, обработки и хранения, но не поддающейся непосредственном восприятию наблюдателем.

Измерительные приборы предназначены для получения сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

**1.2. Погрешности средств измерений**

Средства измерений могут быть с успехом использованы лишь только тогда, когда известны их метрологические свойства. Основным метрологическим свойством является погрешность.

Разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины называется абсолютной погрешностью.

Отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к истинному значению измеряемой им величины -называется относительной погрешностью.

Основной погрешностью называется погрешность средств измерений.используемых в нормальных условиях, определяемых ГОСТами или другими техническими условиями на средства измерений.

Дополнительной погрешностью называется погрешность средства измерений, вызываемая воздействием на него условий при отклонении их действительных значений от нормальных.

Класс точности средств измерений, являющийся их обобщенной метрологической характеристикой, определяется пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей. Конкретные классы точности устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений. Чем меньше число, обозначающее класс точности, тем меньше пределы допускаемых погрешностей.

Статической характеристикой средства измерений называется функциональная зависимость между выходной и входной величинами в установившихся режимах работы, т. е.

Динамической характеристикой средства измерений и их элементов называется функциональная зависимость между их выходной и входной величинами в динамических условиях преобразования, т. е. в переходных режимах, когда статические зависимости нарушаются в силу присущих всем средствам измерений инерционных свойств разного рода и вида (инерция движущихся масс, частей, теплопроводность и т. п.).

**1.3 Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)**

Государственная система промышленных приборов используется в целях наиболее экономически целесообразного решения проблемы обеспечения техническими средствами автоматических систем контроля, регулирования и управлениятехнологическими процессами для разных отраслей народного хозяйства, в том числе нефтегазодобывающей промышленности.

По роду энергии используемой для питания устройств и форм сигнала ГСП подразделяются:

1. Электрические

2. Пневматические

3. Гидравлические

4. Работающие без источников вспомогательной энергии. Унификация сигналов измерительной информации(определяемая соответствующими стандартами) обеспечивает передачу и обмен информацией, дистанционную связь между устройствами управления, передачу результатов измерений от средств получения информации к устройствам контроля и управления, а также управляющих сигналов к исполнительным механизмам в автоматических системах любой сложности.

Из электрических сигналов наибольшее распространение получили унифицированные сигналы постоянного тока и напряжения (0-5 мА: 0-20 мА. 0-10 мВ: -10...0...+10 В и др.). Пневматические сигналы связи (0.02-0.1 МПа) нашли достаточ­но широкое применение в тех производствах, где отсутствуют повышенные требования к инерционности автоматизируемых процессов и где необходимо учитывать пожаро- и взрывоопасность производств. Гидравлические сигналы характеризуются давлением рабочей жидкости 0.2-0.8 МПа.

Кпервой группе приборов и устройств ГСП относятся первичные измерительные преобразователи (датчики), измерительные приборы и устройства, которые вместе с нормирующими устройствами. Формирующимиунифицированный сигнал, образуют группу устройств получения измерительной информации. В связи с большим разнообразием контролируемых и измеряемых параметров, а также огромным количеством конструктивных исполнений измерительных устройств номенклатура средств этой группы является самой многочисленной.

Во вторую группу входят различные преобразователи сигналов и кодов, коммутаторы измерительных цепей, шифраторы и дешифраторы, согласовательные устройства, атакже устройства дистанционной передачи, телеизмерения, телесигнализации и телеуправления.

В третью группу устройств, называемую центральной частью ГСП, входят технические средства, предназначенные для формальной и содержательной обработки измерительной информации и формирования управляющих воздействий: анализаторы сигналов, функциональные и операционные преобразователи, логические устройства, запоминающие устройства, автоматические регуляторы, датчики всех типов, а также управляющие вычислительные машины и устройства, в том числе микропроцессоры, микро- и миниЭВМ и др. В функциональном отношении эта группа устройств является самой сложной, поскольку они реализуют все алгоритмы автоматического регулирования и управления: от простейших задач стабилизации до автоматизации управления предприятиями или даже целыми отраслями.

Устройства четвертой группы (исполнительные устройства) - это электрические: пневматические, гидравлические пли комбинированные исполнительные механизмы, усилители мощности, позиционеры и некоторые вспомогательные устройства к ним.а также различные регулирующие органы, которые могут в ряде случаев являться составной частью основного технологического оборудования.

Дальнейшим развитием системы ГСП являются агрегатные комплексы (АК), создаваемые на основе технических средств, входящих в отдельные функциональные группы ГСП, и предназначенные для самостоятельного применения в соответствии с их спецификой.

**2 Технические средства для мониторинга параметров**

**2.1. Измерительные преобразователи и приборы для мониторинга параметров состояния сред**

Измерительные преобразователи этой группы предназначены для получения информации о: температуре, давлении, расходе и др.

Измерение указанных параметров и представление информации об их значениях и изменениях являются абсолютно необходимыми на всех стадиях протекания любых технологических процессов. Ни один технологический процесс не может управляться ни вручную, ни автоматически без получения такой информации с помощью соответствующих технических средств измерений, основанных на использовании различных методов измерений и способов получения результатов измерений.

**Измерение температуры.** Температура является одним из важнейших параметров, характеризующих многие процессы технологии добычи нефти и газа. Для измерения температуры применяется большое количество средств измерения, называемых термометрами.

Термометры расширения. Действие термометров расширения основано на использовании зависимости удельногообъема вещества от температуры измеряемой среды, в которую оно помещено.

Жидкостные термометры. Измерение температуры жидкостными термометрами расширения основано на различии коэффициентовобъемного расширения материала оболочки термометра и жидкости, заключенной в ней. Оболочка термометров изготовляется из специальных термометрических сортов стекла с малым коэффициентом расширения. Пределы измерения стеклянных термометров от -200 до +750 СС.

Принцип действия стержневого дилатометрического термометра основан на использовании разности удлинений трубки и стержня при нагревании вследствие различия коэффициентов их линейного расширения. Движение стержня передается стрелке прибора с помощью механической передачи**.**

Биметаллические термометры. Чувствительный элемент термометра выполнен в виде спиральной или плоской пружины, состоящей из двух пластин из разных металлов, сваренных по всей длине. Внутренняя пластина имеетбольший коэффициент линейного расширения, чем внешняя, поэтомупри нагревании такая пружина раскручивается, астрелка перемещается. Биметаллическими термометрами измеряется температура в пределах от -150 до +700 °С (погрешность 1-2.5 %).

Манометрические термометры. Принцип действия этих термометров основан на использовании зависимости давления рабочего вещества при постоянном объеме от температуры. В зависимости от заполнителя (рабочего вещества) эти термометры подразделяются на газовые, жидкостные и конденсационные. Устройство всех типов манометрических термометров аналогично.

Прибор состоит из термобаллонакапиллярной трубки защищенной металлическим рукавом и манометрической части, заключенной в специальный корпус.Вся внутренняя система прибора заполняется рабочим веществом. При нагревании термобаллона увеличивается объем жидкости или повышается давление рабочего вещества внутри замкнутой термосистемы. Эти изменения воспринимаются манометрической трубкой,которая через передаточный механизм, состоящий из тяги и сектора,воздействует через зубчатое колесо на стрелку прибора.

**2.2 Измерение давления**

Давление, как параметр, характеризующий состояние различных веществ.определяется отношением силы, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности, к площади этой поверхности. Под абсолютным давлением *Ра6с*подразумевается полное давление, которое отсчитывается от абсолютного нуля:

*Рабс =Pизб +Paтм*

Абсолютное давление газа меньшее атмосферного называется вакуумом(или вакуумметрическим давлением), т. е.:

*Рвак =Ратм-Ризб*

Средства измерений, предназначенные для получения измерительной информации обо всех видах давлений, называются манометрами, а манометры для измерения давления разреженного газа - вакуумметрами. Средства для измерения разности двух давлений называются дифференциальными манометрами, или дифманометрами.

Жидкостные манометры.Приборы этой группы основаны на уравновешивании измеряемого давления или разности давлений давлением столба рабочей жидкости. Они отличаются простотой устройства и эксплуатации, а также высокой точностью измерения, широко применяются в качестве лабораторных и поверочных приборов. Диапазон измерения их невелик.

**2.3 Измерение уровня**

Поплавковые уровнемеры.Существует большое разнообразие типов и модификаций поплавковых уровнемеров и сигнализаторов, различающихся по конструкции, характеру измерения (непрерывное или дискретное), пределам измерения, условиям применения, системе дистанционной передачи и т. п. Принцип их действия основан на использовании перемещения поплавка на поверхности жидкости. Это перемещение механически или с помощью системы дистанционной передачи передается к измерительной части прибора.

В поплавковом уровнемере изменение уровня жидкости определяется по положению поплавка.Движение поплавка передается с помощью троса или мерной ленты, перекинутой через ролики намерный шкив, на оси которого укреплена стрелка,показывающая по шкале уровень жидкости в резервуаре. Поплавок и трос уравновешиваются контргрузом или пружиной.

Гидростатические уровнемеры. Принцип их действия основан на измерении давления столба жидкости или выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость. В промышленности находят широкое применение буйковые и пьезометрические (барботажные) гидростатические уровнемеры.

Принцип действия буйковых уровнемеров основан на измерении выталкивающей силы, действующей на буек, который погружен в жидкость и удерживается в ней в заданном положении с помощью какой-либо внешней силы. В качестве этой силы используется упругая сила пружиныили скручивающейся торсионной трубки.

Пьезометрические гидростатические уровнемерыпредставляют собой открытую с одного конца измерительную трубку, опускаемую в резервуар с жидкостью, уровень которой измеряется. Через эту трубку продувается воздух, который барботирует через жидкость в виде пузырьков. Давление воздуха в трубке Р является мерой уровня жидкости. При этом следует учитывать влияние плотности жидкости р. так как *Р = pgH.*

**Электрические уровнемеры.** Изменение уровня в них с помощью чувствительного элемента датчика преобразуется в электрический сигнал, который измеряется каким-либо электроизмерительным прибором. При этом используются электрические свойства среды: электропроводность, диэлектрическая проницаемость и др.

**Акустические (ультразвуковые) уровнемеры.** Эти приборы основаны на свойстве звуковых колебаний отражаться от границы раздела сред с различным акустическим сопротивлением. К достоинствам ультразвуковых уровнемеров следует отнести нечувствительность их к изменению свойств измеряемой среды, большой температурный диапазон, высокую надежность.

**Радиоизотопные уровнемеры.** В этих приборах используется зависимость интенсивности потока ионизирующего излучения, падающего на приемник (детектор) излучения, от положения уровня измеряемой среды.

**2.4 Измерительные преобразователи и приборы для измерения состава и свойств сред**

В ходе переработки исходных продуктов и сырья и превращения их в готовую продукцию происходит многократное изменение их физико-химических свойств и состава. Измерение параметров, характеризующих состав и свойства продуктов, позволяет судить о режиме этих процессов непосредственно, так как именно они характеризуют качество продукции. Поэтому контроль этих параметров является обязательным, а иногда и главным элементом многих систем управления технологическими процессами производств.

**2.4.1 Измерение состава газов**

В промышленности газоанализаторы используются для анализа топочных газов при сжигании разных видов топлива, а также для контроля концентрации предельных значений в пожаро- и взрывоопасных производствах и помещениях, где возможно скопление газов. вредных для здоровья обслуживающего персонала.

В комплект газоаналитических приборов наряду с датчиком и измерителем выходных сигналов входит, как правило, ряд вспомогательных узлов, обеспечивающих нормальную работ}' устройства в целом. Основными вспомогательными узлами являются приспособления для отбора.очистки, транспортирования и подготовки к анализу проб газовой смеси.

Механические газоанализаторы. К этой группе относятся приборы, основанные на использовании различных химических реакций и связанных с ними изменений объема или давления анализируемой газовой смеси после удаления из нее анализируемого компонента с помощью специальных поглотителей.

Тепловые газоанализаторы. В газоанализаторах этого типа осуществляется измерение относительного изменения теплопроводности анализируемой газовой смеси, сравниваемой с теплопроводностью эталонной смеси известного состава.

Такое сравнение осуществляется с помощью измерительного преобразователя - мостовой электрической схемы.

Измерительный мост образован двумя одинаковыми чувствительными элементами (резисторами) и *R* выполняющими роль нагревателей и термопреобразователей сопротивления одновременно и двумя одинаковыми постоянными резисторами *R1* и *R2*. Один из чувствительных элементов *К*, помещен в рабочую камеру, через которую непрерывно протекает анализируемая газовая смесь, а второй *R*, - в закрытую сравнительную камеру, заполненную эталонным газом известного состава. Обычно температура нагрева чувствительных элементов в тер-мокондуктометрических газоанализаторах составляет 100 – 120 °С.

Если теплопроводность анализируемого и эталонного газов одинакова, нагреваемые в одинаковых условиях резисторы будут иметь одинаковую температуру и электрические сопротивления, а следовательно, мост будет находиться в равновесии. При отклонении теплопроводности анализируемой газовой смеси от этого значения мост выйдет из равновесия и в диагонали его появится напряжение разбаланса *ΔU*. которое служит мерой концентрации определяемого компонента.

**2.4.2 Измерение состава газов и жидкостей методом хроматографии**

Хроматография представляет собой физико-химический метод разделения сложных газовых или жидкостных смесей, при котором разделяемые компоненты распределяются между двумя фазами, одной из которых является движущийся поток анализируемого газа или жидкости - подвижная фаза, а второй -неподвижный сорбент с развитой поверхностью - неподвижная фаза, через которую движется анализируемый поток.

Проявительный метод хроматографического разделения по­лучил наибольшее распространение. Он состоит в том, что через неподвижный сорбент непрерывно протекает несорбирующийся поток подвижной среды, в которую периодически вводится ана­лизируемое вещество. Это вещество представляет собой смесь сорбирующихся компонентов, подлежащих определению. Порция исследуемой смеси, состоящая, например, из компонентов А, Б и В,вводится в разделительную колонку, заполненную сорбентом - неподвижной фазой, и перемещается вдоль нее с помощью потока инертного (по отношению к сорбенту и компонентам смеси) носителя. При этом будем считать, что сорбируемость компонентов смеси характеризуется рядом А> Б > В.Так как компоненты смеси имеют разную сорбируемость или растворимость, то движение их в колонке замедляется по-разному. Через некоторое время вперед уйдет компонент В, какменее сорбирующийся, за ним будет располагаться компонент Би. наконец. А,более сорбирующийся и потому движущийся медленнее других компонентов. Затем компоненты разделяются полностью, а при дальнейшем движении между их слоями оказывается слой чистого носителя. Таким образом, разделительную колонку покидают последова­тельно чистый носитель и бинарная смесь (носитель + ана­лизируемый компонент). Бинарная смесь поступает в спе­циальный анализатор-детектор, выходной сигнал которого прямо пропорционален концентрации анализируемого компонента.

Хроматографическая разделительная колонка представляет собой трубку, в которую помещают неподвижную фазу, прохождения газового потока. Важнейшей частью любого хро­матографа является детектор, предназначенный для преобразо­вания концентрации компонентов газа, выходящего из хроматографической разделительной колонки в соответствующий электрический или другого вида сигнал, удобный для дальнейшего использования в системе автоматического контроля или регулирования. От совершенства детектора во многом зависят чувствительность и точность хроматографической установки в целом. Наибольшее практическое применение в газовой хроматографии получили детекторы по теплопроводности (термокондуктометрические детекторы, или катарометры).ионизационные и пламенные. Детекторы по теплопроводности по принципу действия аналогичны соответствующим газоанализаторам, рассмотренным ранее.

**Глубинные приборы.** Они опускаются в скважину с помощью специальных лебедок на проволоке, кабеле или же с колонной труб.

В зависимости от способа регистрации показаний, эти приборы подразделяются:

1. Автономные (показания регистрируются в приборе).

2. Дистанционные (показания передаются на поверхность и регистрируются вторичными приборами).

По принципу действия глубинные приборы для регистрации давления подразделяются на следующие группы:

1. Пружинные, в которых упругим чувствительным элементом, воспринимающим давление, служит геликсная пружина. Это так называемые геликсные манометры.

2. Пружинно-поршневые, в которых элементом, воспринимающим давление, служит уплотненный поршень, соединенный с винтовой цилиндрической пружиной растяжения. Различают пружинно-поршневые манометры с вращающимися и не вращающимися поршнями.

3. Пневматические, в основе действия которых лежит принцип уравновешивания измеряемого давления сжатого газа, заполняющего измерительную камеру прибора. Это так называемые глубинные дифференциальные манометры, регистрирующие приращение давления от какого-то его начального значения.

**3 Архитектура систем мониторинга**

**3.1 Иерархия**

Предприятия переработки сырья нефтегазодобычи оснащены высокопроизводительным оборудованием и используют передовую многостадийную технологию. Для них характерны непрерывные изменения в технологии и структуре производства, широкая производственная кооперация.

Закономерным следствием этого является расширение задач и функций управления, рост технической оснащенности и численного состава управленческого персонала.

Повышение производственных показателей, сокращение по­терь сырья и повышение качества готовой продукции на дей­ствующих, проектируемых и реконструируемых предприятиях связано в первую очередь с повышением качества управления промышленными объектами, в том числе за счет создания и применения автоматизированных систем управления (АСУ).

Предприятия переработки сырья нефтегазодобычи обладают специфическими особенностями, которые определяют актуальность внедрения на них АСУ: преобладание непрерывных ТП: необходимость строгого соблюдения технологии и параметров ТП для повышения качества продукции: внедрение сложных физико-химических методов обработки сырья.

В соответствии с государственным стандартом АСУ – человеко-машинная система. Обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в разных сферах человеческой деятельности. Процесс оптимизации предполагает организацию такого управления, которое обеспечивало бы максимальное или минимальное значение критерия, характеризующего качество управления. Ввиду того что термин «управление» используется в широком смысле. АСУ могут различаться по типу объектов управления, характеру и объемам решаемых задач, критерию управления. На рис.3.1 представлена иерархия АСУ.

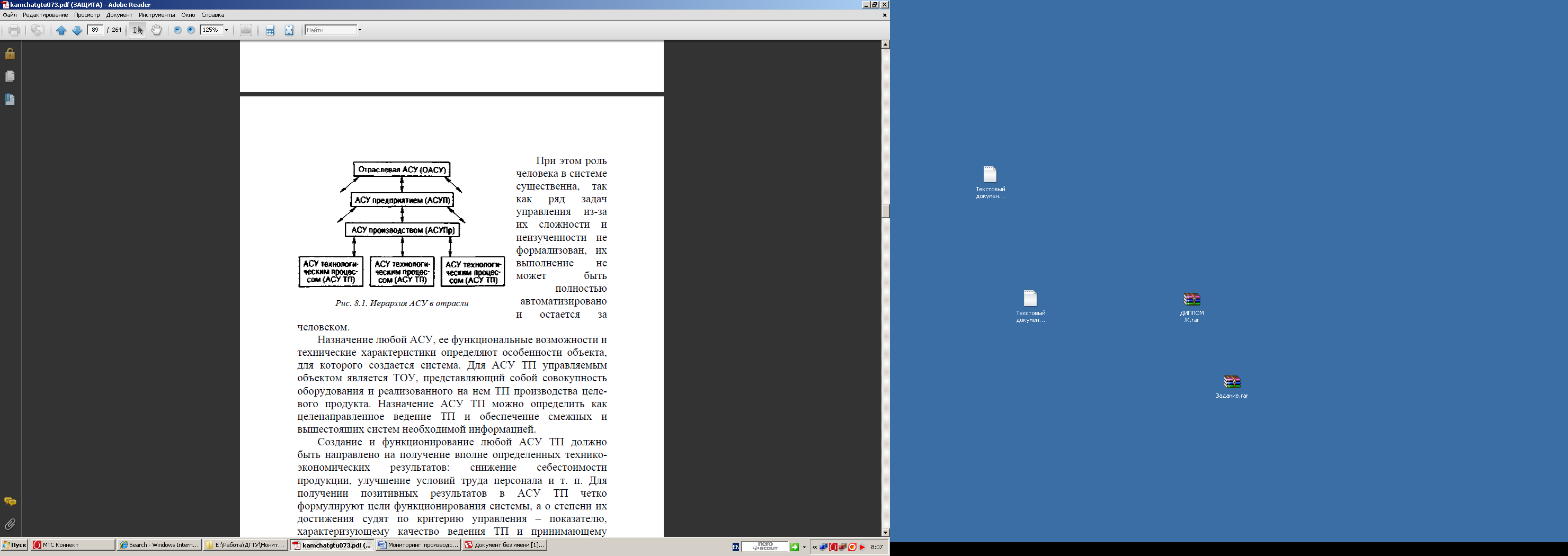


Рис. 3.1. Иерархия АСУ

Независимо от типа объекта управления АСУ реализуют та­кой автоматизированный процесс сбора и переработки информации, который необходим для принятия решений по управлению.

При этом роль человека в системе существенна, так как ряд задач управления из-за их сложности и не изученности не формализован, их выполнение не может быть полностью автоматизировано и остается за человеком.

Назначение любой АСУ ее функциональные возможности и технические характеристики определяют особенности объекта, для которого создается система. Для АСУ ТП управляемым объектом является ТОУ. представляющий собой совокупность оборудования и реализованного на нем ТП производства целе­вого продукта. Назначение АСУ ТП можно определить как целенаправленное ведение ТП и обеспечение смежных и вышестоящих систем необходимой информацией.

Создание и функционирование любой АСУ ТП должно быть направлено на получение вполне определенных технико-экономических результатов: снижение себестоимости продукции, улучшение условий труда персонала и т. п. Для получении позитивных результатов в АСУ ТП четко формулируют цели функционирования системы, а о степени их достижения судят по критерию управления - показателю, характеризующему качество ведения ТП и принимающем числовые значения в зависимости от вырабатываемых системой управляющих воздействий. Наибольшее распространение в АСУ ТП получили критерии технологического (производительность оборудования, потери сырья) или технико-экономического (себестоимость продукта, прибыль) характера.

Современные АСУ ТП очень разнообразны и различаются по степени автоматизации управления объектом, применяемым техническим средствам и многим другим признакам и характеристикам. Более высоким уровнем в иерархии АСУ являются АСУ производством (АСУ Пр) и предприятием (АСУП). Эти системы предназначены для решения основных задач управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия в целом или его составных частей (например, цехов) на основе применения экономико-математических методов и средств ВТ.

В АСУП в качестве источника информации используются различные формы документооборота. Распространенным критерием управления для этих систем является прибыль предприятия за планируемый период. Максимизация этого критерия должна выполняться при учете остальных показателей в виде ограничений.

Системы, действующие в рамках одного предприятия (АСУ ТП и АСУП) являются самостоятельными, но взаимосвязанными. При наличии АСУ на предприятии АСУ ТП получает от системы верхнего уровня задания и ограничения (номенклатуру и объем выпускаемой продукции, заданные значения технико-экономических показателей и пр.) и осуществляет подготовку и передачу на верхний уровень информации о ходе процесса, состоянии оборудования, основных показателях выпускаемой продукции. Органичное объединение нескольких АСУ ТП между собой или с АСУП осуществляемое в целях повышения экономической и технической эффективности их функционирования, приводит к появлению на предприятиях интегрированных АСУ (ПАСУ), в которых совмещено решение организационно-экономических задач и оперативное управление ТП. Верхним уровнем управле­ния является отраслевая АСУ (ОАСУ).

**3.2 Структурные схемы систем мониторинга**

Организация управления в АСУ ТП связана с необходимостью получения информации о ходе ТП и определения оптимального режима функционирования объекта, с реализацией найденных оптимальных управляющих воздействий на ТОУ. Содержание основных этапов в реализации управления на ТОУ показано на рис. 3.2.

Сложность управления ТОУ определяется большой размерностью вектора информации (характеризующей текущее состояние ТОУ), разными методами ее обработки и формами использования полученных результатов. Обеспечение оптимального хода процесса в АСУ ТП возможно за счет реализации в этих системах множества взаимосвязанных операций: сбора, хранения, анализа и переработки информации о ТОУ; показания, регистрации или индикации одних переменных и регулирования других, реализации набора определенных решений по управлению *(U).* Выполнение перечисленных операций называется функционированием системы, т.е. выполнением ею установленных функций.



Рис.3.2. Основные этапы реализации управления

По сравнению с АСР любая АСУ ТП является многофункциональной системой. Различают внешние и внутренние функции АСУ. Внешними являются функции, определяемые назначением системы, внутренними – служебные функции, обеспечивающие качественное выполнение основных, внешних функций. Внешние функции АСУ ТП разделяют на информационные и управляющие. К информационным относятся такие функции АСУ ТП, результатом выполнения которых является представление оператору ТП или внешним потребителям информации о ходе управляемого процесса. Характерными информационными функциями АСУ ТП являются следующие: контроль текущих значений основных параметров процесса; проверка соответствия параметров процесса допустимым значениям и информирование персонала о возникновении несоответствия; измерение или регистрация параметров по вызову оператора; вычисление некоторых параметров или комплексных показателей, не поддающихся непосредственному измерению (например, показателей, характеризующих качество готовой продукции); вычисление технико-экономических показателей работы ТОУ и др.

Управляющие функции АСУ ТП включают мероприятия по выработке и реализации управляющих воздействий на ТОУ. К основным управляющим относятся следующие функции:

– стабилизация параметров ТП на значениях, определяемых технологическим регламентом; программное управление позаданным программам, в том числе пуск и остановка отдельных машин и аппаратов;

– логическое управление в типовых ситуациях, определение «узкого места» и согласование нагрузок последовательно работающих аппаратов;

– формирование и реализация управляющих воздействий, обеспечивающих достижение режима, оптимального по технологическому или технико-экономическому критерию.

Современные АСУ согласно государственному стандарту включают оперативный персонал, организационное, информационное, программное и техническое обеспечение. Все компоненты системы находятся в постоянном взаимодействии.

Рассматривая АСУТП как разновидность системы по преобразованию входной информации в выходную, следует выделить два основных компонента человеко-машинной системы: оперативный персонал и техническое обеспечение.



Рис.3.3

Именно они осуществляют сбор информации об объекте управления, обрабатывают и анализируют ее, формируют управляющие воздействия и реализуют их, определяют выходную информацию системы. Для того чтобы оперативный персонал и техническое обеспечение (комплекс технических средств) могли функционировать в соответствии с принятыми критериями, их необходимо обеспечить соответствующими инструкциями и правилами. Для оперативного персонала эту задачу выполняет организационное обеспечение, для технических средств – программное. Взаимодействие компонентов внутри системы и взаимодействие ее с внешней средой носят информационный характер, так как сводятся к приему и передаче информации в виде разных сигналов, данных, сообщений, текстов и т. п. Такой информационный обмен требует определенных соглашений о принятых формах, смысле и содержании информационных элементов. Совокупность этих соглашений образует еще один компонент системы – информационное обеспечение. Рассмотрим компоненты системы.

Оперативный персонал.К нему относятся операторы-технологи автоматизированного технологического комплекса (АТК) и персонал, обеспечивающий функционирование системы. Оперативный персонал может работать в контуре управления, используя информацию и рекомендации, подготовленные комплексом технических средств (КТС). Последний вариант характерен для более совершенных АСУ ТП, так как за человеком оставлены лишь функции контроля за работой системы, изменения режимов ее работы, вмешательства в случае аварийных ситуаций.

Организационное обеспечение.Этот вид обеспечения включает описание функциональной, технической и организационной структур системы, инструкции и регламенты для работы оперативного персонала системы. Организационное обеспечение за счет правил, предписаний и инструкций должно организовывать четкое взаимодействие оперативного персонала и КТС системы.

Информационное обеспечение.Этот вид обеспечения представляет собой совокупность системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации, сигналов, характеризующих состояние АТК, и документов, необходимых для выполнения функций АСУ ТП. Информация, вводимая в систему автоматически от датчиков и вручную оперативным персоналом с терминалов, подлежит классификации, т. е. систематизации и распределению ее по классификационным группам в соответствии с определенными правилами. Следующей задачей обработки информации является кодирование, т. е. приведение в соответствие каждому информационному сообщению кода – совокупности цифр, букв или цифро-буквенных символов. Цель кодирования – представление информации в сжатой и удобной для обработки форме.

Для реализации функции управления оперативный персонал или КТС получают сигналы из информационной базы. Выходная информация системы выводится через печатающее устройство на мнемосхемы или экраны видеотерминалов – алфавитно-цифровых или графических. Для АСУ ТП нефтегазового производства основными формами выходных документов являются «Режимный лист», «Оперативный рапорт работы за смену», «Оперативный рапорт работы за сутки», «Сводные показатели работы предприятия». В каждом из перечисленных документов информация выдается в определенных форме, последовательности и объеме в соответствии с заранее запрограммированным документом.

Программное обеспечение.Оно представляет собой совокупность программ для реализации на ЭВМ целей и задач системы, обеспечивающих функционирование КТС.

Программное обеспечение (ПО) создается на основе использования разных математических методов, моделей и алгоритмов для обработки информации с использованием средств ВТ.

Программное обеспечение включает общее программное обеспечение (системное), поставляемое со средствами ВТ, и специальное. Отдельно выделяют ПО обработки данных. В задачи общего ПО входит обеспечение универсальности применения ЭВМ, высокой производительности ее, адаптивности к изменениям аппаратурных средств и введению новых программ. Специальное программное обеспечение реализует функции конкретной системы.

В настоящее время ПО разрабатывают в виде отдельных, функционально законченных элементов – программных модулей(ПМ). Компоновка ПМ позволяет собрать ПО конкретных систем управления. Модульную структуру ПО АСУ ТП можно проиллюстрировать реализацией информационной функции любой системы, в которую в общем случае входят четыре основных блока:

– сбор и обработка информации от датчиков, установленных на ТОУ;

– ввод информации от устройств ручного ввода;

– расчет технико-экономических показателей системы;

– представление информации оперативному персоналу.

В свою очередь, блоки состоят из модулей. Например, блоксбора и обработки информации состоит из модулей опроса датчиков, фильтрации сигналов, масштабирования, усреднения и др. Каждый ПМ является описанием логически законченной операции и составной частью пакета программных модулей. В отрасли ведутся работы по организации библиотеки программных модулей, что создаст предпосылки для индустриализации процесса создания программного обеспечения.

Техническое обеспечение.Этот вид обеспечения является совокупностью средств, связанных между собой единством поставленной задачи (автоматизации регистрации, передачи, обработки и отражения информации) и объединенных в единую технологическую цепочку. Комплекс технических средств является материальной основой АСУ ТП. Его состав и структура зависят от объекта управления, перечня автоматизируемых функций и характера задач, решаемых в системе.

В общем случае для реализации информационных и управляющих функций АСУ ТП должна содержать следующие технические средства: ВК и устройства связи с объектом (УСО) – совокупность устройств для получения и преобразования сигналов контроля и управления, коммутации каналов передачи сигналов; традиционные устройства автоматизации – датчики, преобразователи, вторичные приборы, автоматические регуляторы; устройства связи оперативного персонала с техническими средствами АТК – пульты управления, средства отображения информации, средства ручного ввода информации пр.

Технические средства, используемые для построения системы, должны отвечать следующим требованиям: быть серийной продукцией приборостроительной и других отраслей промышленности; иметь блочно-модульный принцип построения и унифицированные связи между отдельными устройствами; обеспечивать реализацию возможно большего числа функций при наличии полного набора устройств; иметь высокие показатели надежности.

Основой КТС является ВК, представляющий собой набор вычислительных средств, реализующих вычислительный процесс. В настоящее время широко используют управляющие вычислительные комплексы (УВК), построенные на базе системы малых электронных вычислительных машин (CM-ЭВМ).

**3.2.1 Схемы автоматизации технологических процессов**

Схемы автоматизации технологических процессов (СА ТП) являются основным техническим документом, определяющим оснащение объекта управления средствами автоматизации. При разработке СА ТП решают следующие задачи: получение информации о состоянии ТОУ: контроль, измерение, регистрация и сигнализация параметров процесса и состояния оборудования: регулирование технологических параметров процесса: управление оборудованием: размещение средств автоматизации на щитах, пультах и технологическом оборудовании.

Задачи автоматизации решаются с использованием техни­ческих средств, включающих отборные устройства, средства получения первичной информации, средства преобразования и переработки информации, средства представления и выдачи

При разработке СА ТП следует руководствоваться следую­щими принципами:

1) при выборе технических средств автоматизации необходимо учитывать характер ТП. условия пожаро- и взрывоопасности процесса, токсичность и агрессивность окружающей среды: параметры и физико-химические свойства измеряемой среды: дальность передачи сигналов информации от места установки измерительных преобразователей до пунктов контроля и управления: требования к системе управления по надежности, точности и быстродействию:

2) СА ТП должны строиться на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и ВТ: при этом желательно использовать унифицированные системы ГСП. характеризуемые простотой сочетания, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах и пультах управления:

3) в случаях, когда системы автоматизации не могут быть построены на базе только серийной аппаратуры, в процессе проектирования выдаются технические задания на разработку новых средств автоматизации (например, датчиков анализа ка­чества нефтегазовых сред):

4) выбор средств автоматизации использующих вспомогательную энергию (электрическую или пневматическую), определяется условиями пожаро и взрывоопасности автоматизируемого объекта, требованиями к быстродействию и дальности передачи сигналов информации и управления.

5) количество приборов, аппаратуры сигнализации иуправления устанавливаемых на диспетчерских щитах и пультах, должно быть ограничено. Избыток аппаратуры отвлекает внимание обслуживающего персонала от основных средств автомати­зации, определяющих ход ТП. усложняет эксплуатацию установки, увеличивает ее стоимость:

б) в процессе разработки СА ТП нужно учитывать возмож­ность наращивания функций управления в системе.

В верхней части чертежа СА изображают технологическую схему, которая должна давать представление о принципе работы ТОУ. На технологическом оборудовании показывают отборные устройства, датчики, регулирующую и запорную арматуру, определяя тем самым относительное расположение мест отбора измерительных сигналов и подачи команд управления. Приборы и средства автоматизации на СА изображают в соответствии с ГОСТ 21.404-85. Стандарт устанавливает два метода построения условных обозначений приборов и средств автоматизации: упрощенный и развернутый.

При упрощенном методе построения приборы и средства ав­томатизации, осуществляющие сложные функции, например контроль, регулирование и сигнализацию, и выполненные в виде отдельных блоков, изображают одним условным обозначением. Устройства, выполняющие вспомогательные функции (фильтры, редукторы, усилители, источники питания, монтажные элементы и пр.) не изображают. При развернутом методе построения каждый прибор или блок изображают отдельным условным обозначением.

**4 Средства коммуникации систем мониторинга**

**4.1 Интерфейсы. Основы организации. Классификация.**

Для описания совокупности схемотехнических средств и функций, обеспечивающих непосредственное взаимодействие составных элементов систем мониторинга (СМ), используются понятия “интерфейс” и “протокол”.

***Стандартный интерфейс*** – совокупность унифицированных технических, программных и конструктивных средств, необходимых для взаимодействия различных функциональных элементов в системах обработки информации (СОИ) в условиях, предписанных стандартом и призванных обеспечить информационную, электрическую и конструктивную совместимости указанных элементов.

***Протоколы*** – строго заданная процедура или совокупность правил, определяющая способ выполнения определенного класса функций соответствующей СМ.

Основное назначение интерфейсов и протоколов состоит в унификации внутрисистемных и межсистемных связей с целью эффективной реализации современных методов проектирования МПС. Основная функция интерфейсов и протоколов это обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости элементов МПС.

***Информационная совместимость*** – согласованность действий функциональных элементов в соответствии с определёнными логическими условиями. Логические условия определяют: структуру и состав унифицированного набора шин, способ кодирования и форматы команд и данных, адресную информацию и временные соотношения между управляющими сигналами. Логические условия информационной совместимости определяют функциональную и структурную организацию интерфейса.

***Электрическая совместимость*** – согласование статических и динамических характеристик электрических сигналов в системе шин с учетом пространственного размещения устройств интерфейса и технической реализации приемопередающих элементов (ППЭ). Условия электрической совместимости интерфейса влияют на такие показатели интерфейса, как скорость обмена данными, предельно допустимое число подключенных устройств, их конфигурацию и расстояние между устройствами, помехозащищённость.

***Конструктивная совместимость***– согласованность конструктивных элементов интерфейса, предназначенных для обеспечения механического

контакта соединений и механической замены схемных элементов, блоков и устройств.

Условия конструктивной совместимости определяют: типы соединительных элементов (разъем, штекер и распределение линий связи внутри соединительного элемента); конструкцию платы, каркаса, стойки, конструкцию кабельного соединения.

Условия конструктивной совместимости в рекомендациях стандартных интерфейсов не всегда определяются полностью, а в некоторых могут отсутствовать или иметь несколько вариантов использования (разъемов, типов кабеля и т.д.).

**4.1.1 Принципы организации интерфейсов.**

***Линии интерфейсов*** – электрические цепи, являющиеся составными физическими связями интерфейса.

***Шина*** – совокупность линий, сгруппированных по функциональному назначению.

***Магистраль*** – совокупность всех линий интерфейса. Выделяются две магистрали: информационного канала и управления информационным каналом. По информационной магистрали передаются коды адресов, команд, данных, состояния.

В состав информационной магистрали интерфейса могут входить следующие шины.

***Шина адреса*** – предназначена для выборки в магистрали узлов устройства, ячеек памяти и т.д. Для логической адресации в основном используется двоичный код. В некоторых интерфейсах применяется позиционное кодирование, при котором каждой позиции (месту) для выборки выделяется отдельная линия.

***Шина команд*** – используется для управления операциями на магистрали. В стандарте на интерфейс регламентируется минимально необходимый набор команд, иногда часть кодов команд резервируется для дальнейшего расширения. По функциональному назначению различают следующие виды команд: адресации, управления обменом информацией, изменения режима работы.

***Шина данных*** – используется для передачи данных в виде двоичных кодов. Как правило, в параллельных интерфейсах данные кратны байту (8, 16, 24, 32 разрядов), в некоторых интерфейсах байты сопровождаются битами четности (паритета).

***Шина состояния*** – используется для передачи сообщений, описывающих результат выполнения операции на интерфейсе или состояния устройств сопряжения. Коды формируются в ответ на действия команд или отображают состояние узлов интерфейса, таких как готовность, занятость, наличие ошибки и т.д.

В большинстве интерфейсов коды адресов, данных, команд и состояний передаются по шинам интерфейса с разделением по времени в режиме временного мультиплексирования сигнала по одним и тем же линиям с использованием с использованием дополнительных линий для идентификации типа передаваемой информации. При этом существенно сокращается число линий информационной магистрали, однако происходит снижение быстродействия при передаче информации.

Магистраль управления информационным каналом по функциональному назначению делится на следующий ряд шин: управления обменом, передачи управления, прерывания, управления режимом работы, специальных сигналов.

***Шина управления обменом*** включает в себя линии синхронизации передачи информации. В зависимости от используемого принципа обмена (синхронного, асинхронного) число линий может меняться. При синхронной передаче темп выдачи и приёма данных задаётся регулярной последовательностью сигналов синхронизации (в том числе по переднему и/или заднему фронту сигнала). Асинхронная передача происходит при условии идентификации передатчиком готовности других устройств к приему и завершается подтверждением о приеме данных.

***Шина передачи управления*** используется для реализации операций приоритетного занятия магистрали (арбитража ресурсов шины). Состав и конфигурация шины зависят от структуры управления интерфейсом. Различают децентрализованную и централизованную структуры. В интерфейсах двух точечного подключения двух устройств (типа ИРПР, ИРПС) шина передачи управления отсутствует

***Шина прерывания*** применяется в основном в системных интерфейсах ЭВМ и программно-модульных системах управления и измерения для идентификации устройства, запрашивающего сеанс связи. Устройство идентифицируется либо адресом источника прерывания, либо адресом подпрограммы обслуживания прерывания (вектором прерывания).

***Шина управления режимом работы и специальных управляющих сигналов*** содержат линии, обеспечивающие работоспособность интерфейса, в том числе приведение устройств в исходное состояние, контроль источников питания, контроль и службу времени.

***Структуры связей интерфейса****.* Подразделяются на следующие классы: магистральная, радиальная, цепочечная и смешанная (комбинированная). Взаимосвязь устройств (связность линии) возможна с использованием однонаправленной или двунаправленной передачи сигналов.

**4.1.2 Функциональная организация интерфейса.**

Можно выделить ряд основных функций, реализация которых обеспечивает информационную совместимость: арбитраж (селекция), синхронизация обмена информацией, обмен и преобразование формы представления информации.

**Арбитраж (селекция)**

Обеспечивает возможность взаимодействия сопрягаемых элементов системы посредством разрешения конфликтов двух уровней доступа: устройства к информационному каналу интерфейса и одного устройства к другому. Первый уровень обеспечивается селекцией информационного канала, второй – координацией взаимодействия.

Централизованная структура управления арбитражем характеризуется наличием отдельного функционального узла управления операциями селекции (арбитра). В децентрализованной структуре схема арбитража распределена по сопрягаемым устройствам.

Основные варианты реализации централизованной структуры управления арбитражем:

– временная селекция магистрали на основе генератора арбитра, при этом магистраль предоставляется каждому устройству через равные промежутки времени, и моменты её занятия определяются синхронно работающими в каждом подключенном устройстве счетчиками;

– последовательное адресное сканирование источников запроса, которое осуществляется по общему сигналу запроса. Выполняется последовательной кодовой адресацией всех подключенных устройств; при обнаружении источника запроса прекращается дальнейшая выдача адресов, устанавливается сигнал “Занято”; после обслуживания данного запроса возобновляется поиск следующего источника запроса;

– последовательная (цепочечная) селекция, начинаемая по сигналу “Запрос” и выполняемая посредством выдачи сигнала “Подтверждение”, последовательно проходящего через все устройства; при поступлении сигнала в устройство – источник запроса его дальнейшее прохождение блокируется и устройство выставляет на магистраль сигнал “Занято”;

– по выделенным радиальным линиям “Запрос” и “Подтверждение”; вариант характеризуется минимальным временем селекции, гибкостью установления дисциплины обслуживания, что достигается за счет существенного увеличения числа линий и усложнения схемотехнического оборудования.

Основные варианты реализации схем селекции децентрализованной структуры арбитража запроса.

– Параллельное адресное сравнение или децентрализованное кодовое управление (ДКУ). Сущность способа заключается в параллельном выделении приоритетного кода запроса посредством поразрядного сравнения кодов приоритета в асинхронном режиме одновременно во всех устройствах интерфейса, выставивших запросы.

– ДКУ с одной линией (проводная схема “И”). Выделение приоритетного кода запроса происходит путем поразрядного сравнения передаваемых кодов (включая различные адреса источников, признаки операции и другие разряды) с использованием взаимной синхронизации нескольких ведущих устройств.

– Кольцевая схема с использованием циркулирующего по одной линии маркера (импульса или серии импульсов). Устройство, запрашивающее шину, не пропускает маркер к следующему устройству, и, таким образом, циркуляция маркера прекращается. В основном применяется в локальных сетях.

**Синхронизация обмена информацией.** Определяет согласование процессов взаимодействия функциональных элементов системы. Выделяются три иерархических процесса синхронизации передачи: синхронизация битов, слов и массивов слов.

**Координация взаимодействия.** Определяет совокупность процедур по организации и контролю процессов взаимодействия устройств системы. Основные операции координации: настройка на взаимодействие, контроль взаимодействия, передача управления (настройки).

Операция настройкивключает процедуры опроса и анализа состояния устройства, а также передачи команд и приема информации состояния.

Операция контролявключает разрешение тупиковых ситуаций асинхронного процесса взаимодействия и повышение достоверности передаваемых данных.

Контроль тупиковых ситуаций взаимодействия основывается на измерении фиксированного интервала, в течение которого должно наступить ожидаемое асинхронное событие. Если за контролируемый интервал событие не происходит, фиксируется неисправность. Операция контроля тупиковых ситуаций получила название “тайм-аут”.

Повышение достоверности передаваемых данных основывается на использовании помехозащищённых кодов (циклических, по модулю 2, Хемминга). Применяется главным образом в последовательных интерфейсах связи.

Операция передачи управлениязаключается в передаче функций координации между элементами интерфейса и характерна прежде всего для интерфейсов с децентрализованной структурой управления. Основное назначение операции состоит в повышении надежности управления за счет резервирования.

**Функции обмена и преобразования формы представления информации.** Функции обмена и преобразования формы представления информации, выполняемые информационным каналом, заключаются в следующем: функции обмена – прием и выдача информации (адресов, команд, данных, состояния) регистрами устройств системы;

– функции преобразования параллельно-последовательное преобразование, перекодирование информации, дешифрация команд, логические действия над содержимым регистра состояния.

**4.1.3 Классификация интерфейсов**

Выделяют следующие основные классификационные признаки:

– способ соединения компонентов (магистральный, радиальный, цепочечный, смешанный или комбинированный);

– способ передачи информации (параллельный, последовательный, параллельно-последовательный);

– принцип обмена информацией (асинхронный, синхронный, изосинхронный);

– режим передачи информации (односторонняя, двусторонняя, двусторонняя поочередная).

Указанные признаки характеризуют только некоторые аспекты организации интерфейсов.

Более полная характеристика и классификация интерфейсов базируется на совокупности нескольких основных признаков: область применения или функциональное назначение интерфейса, логическая и функциональная организация; физическая реализация.

В соответствии с функциональным назначением интерфейсы можно разделить на следующие основные классы:

– системные интерфейсы ЭВМ;

– интерфейсы сосредоточенных мультипроцессорных систем;

– интерфейсы периферийного оборудования (общего назначения и специализированные);

– интерфейсы сетей передачи данных (стыки и протоколы);

– интерфейсы программно-управляемых модульных систем и приборов;

– интерфейсы локальных вычислительных сетей;

– интерфейсы распределенных систем общего назначения и управления;

– интерфейсы малых локальных сетей микроконтроллеров;

Интерфейсы по конструктивному исполнению могут быть разделены на следующие категории:

– межблочные, обеспечивающие взаимодействие компонентов на уровне автономного блока, стойки, шкафа;

– внутриблочные обеспечивают взаимодействие на уровне субблоков, модулей, плат;

– внутриплатные обеспечивают взаимодействие между интегральными схемами;

– внутрикорпусные обеспечивают взаимодействие компонентов внутри БИС.

**4.2 Интерфейс RS232C**

**4.2.1 Общие характеристики**

Интерфейс RS-232C использует несимметричные приемники и передатчики, сигнал передается относительно общего провода (схемной земли). Интерфейс RS-232C не обеспечивает гальванической развязки устройств. Логической единице на входе приемника соответствует уровень напряжения -3 ... -12 В. Для линий управляющих сигналов это состояние называют "ON", а для линий последовательных данных - "MARK". Логическому "0" соответствует напряжение +3 ... +12 В(называемое "OFF" или "SPACE", соответственно). Между уровнями +3 ... -3 В существует зона нечувствительности, обуславливающая гистерезис приемника. Состояние на выходе приемника изменяется только при пересечении напряжением порога +3 или -3 В.

Уровни сигналов на выходах передатчика должны лежать в диапазоне +5...+12 В или -5 ... -12 В. Разность потенциалов между схемными землями (SG) соединяемых устройств должна быть менее 2 В, при более высокой разности потенциалов возможно неверное восприятие сигналов.

Интерфейс предполагает наличие защитного заземления обоих устройств.

Присоединение и отключение устройств с автономным питанием должно производиться при отключенном питании, иначе разность невыровненных потенциалов устройств в момент коммутации может превысить допустимые пределы и вывести из строя микросхемы порта. Вывести из строя интерфейсные микросхемы замыканием сигнальных цепей маловероятно: ток короткого замыкания передатчиков обычно не превосходит 20 мА.

Таблица 4.1 Назначение линий интерфейса RS232C

|  |  |
| --- | --- |
| Сигнал | Описание |
| **PG** | *Protected Ground -* защитная земля, соединяется с корпусом устройства и экраном кабеля. |
| **TD** | *Transmit Data –* последовательные данные, выход передатчика. |
| **RD** | *Receive Data –* последовательные данные, вход приемника. |
| SG | *Signal Ground* – сигнальная (схемная) земля. |
| **RTS** | *Request To Send –* выходной сигнал запроса передачи данных (запрос передачи). Состояние “включено”, уведомляет модем о наличии у терминала данных для передачи. В полудуплексном режиме используется для управления направлением работы. Состояние “включено” служит модему сигналом перейти в режим передачи данных. |
| **CTS** | *Clear To Send –* входной сигнал, который разрешает терминалу передавать данные (готовность модема). Состояние “включено” аппаратно запрещает передачу данных. Сигнал используется для аппаратного управления потоком данных. |
| **DSR** | *Data Set Ready –* входной сигнал, указывает на готовность аппаратуры передачи данных (модем находится в рабочем режиме, подключен к каналу и выполнил действия по соединению с аппаратурой на противоположном конце канала связи). |
| **DTR** | *Data Terminal Ready –* выходной сигнал, указывает на готовность терминала к обмену данными. Состояние “включено” поддерживает коммутируемый канал в состоянии соединения. |
| **DCD** | *Data Carrier Detect –* входной сигнал, указывает на обнаружение несущей частоты удаленного модема. |
| **RI** | *Ring Indicator –* входной сигнал, индикатор вызова (звонка). Этим сигналом модем сигнализирует о принятии вызова. |

**4.2.2 Управление потоком данных (Flow Control)**

Для управления потоком данных могут использоваться два вида протоколов - аппаратный и программный. Не следует путать термин "управление потоком" с термином "квитирование". Квитирование - посылка уведомления о получении элемента, в то время как управление потоком предполагает посылку уведомления о временной невозможности последующего приема данных.

*Аппаратный протокол управления* ***RTS/CTS****.* Использует сигнал ***CTS***, который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к работе.

Байт, передаваемый на момент прихода ***CTS***, будет передан, однако с момента окончания его передачи передатчик переходит к ожиданию готовности приемника (т.е. снятия ***CTS***). Обеспечивает самую быструю реакцию передатчика на состояние приемника, позволяет организовать обмен, не прибегая к буферизации. Часто используется в принтерах и для соединения компьютеров. В случае с принтером линия ***CTS ПК*** должна соединяться с линией ***RTS*** принтера, при соединении двух **ПК** необходимо перекрестное соединение ***CTS-RTS***. Если аппаратный протокол обмена не используется, то на линию ***CTS*** ПКнеобходимо подать сигнал "включено", что обычно достигается соединением ***CTS* ПК** с его же ***RTS*** перемычкой на разъеме. Аппаратный обмен невозможен через минимальный нуль-модемный кабель.

*Программный протокол XON/XOFF*. Предполагает наличие двунаправленного канала обмена. Предполагает наличие у приемника буфера, так как время реакции передатчика tp может оказаться достаточно большим. Когда буфер приемника заполняется до определенного уровня (обычно 80-90%), он передает на передатчик команду XOFF (байт с кодом 13h). Приняв эту команду, передатчик прекращает передачу и переходит в состояние ожидания до прихода команды XON (байт с кодом 11h), по которому передатчик возобновляет передачу.

*ПрограммныйпротоколACK*. При обмене по этому протоколу для получения очередного байта приемник посылает передатчику команду ACK (байт с кодом 6h). В ответ передатчик посылает приемнику один байт (или пакет байт определенного размера).

**4.2.3 Разъемы и соединительные кабели**

Стандарт RS-232C регламентирует типы применяемых разъемов.

На аппаратуре DTE (в том числе на СОМ-портах) принято устанавливать вилки DB-25M или более компактный вариант – DB-9M. Девятиштырьковые разъемы не имеют контактов для дополнительных сигналов, необходимых для синхронного режима (в большинстве 25 штырьковых разъемов эти контакты не используются).

На аппаратуре DCE (модемах) устанавливают розетки DB-25F или DB-9F.

Это правило предполагает, что разъемы *DTE* могут подключаться к разъемам DCE непосредственно или через переходные "прямые" кабели с розеткой и вилкой, у которых контакты соединены "один в один". Переходные кабели могут являться и переходниками с 9- на 25-штырьковые разъемы.

Если аппаратура *DTE* соединяется без модемов, то разъемы устройств (вилки) соединяются между собой *нуль-модемным кабелем* (*Zero-modem* или *Z-modem*), имеющим на обоих концах розетки, контакты которых соединяются перекрестно по одной из схем, приведенных ниже.

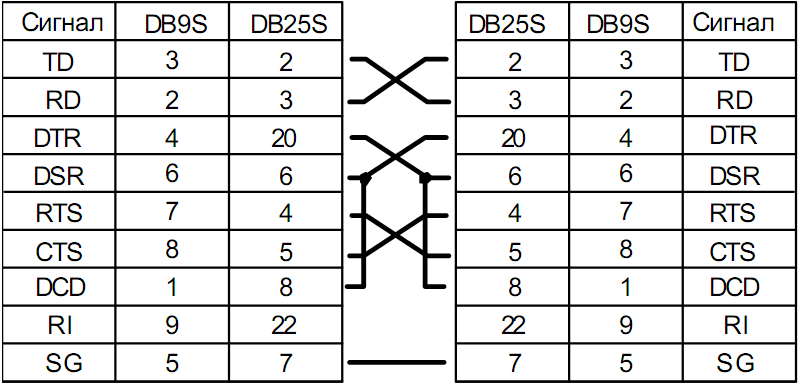


Рис.4.1. Полный нуль модемный кабель

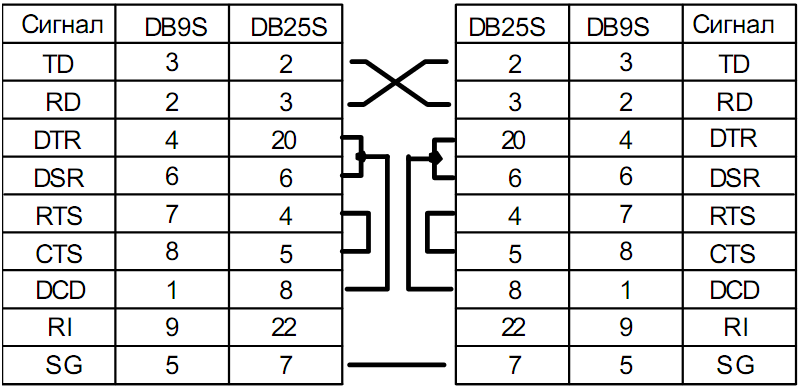


Рис.4.2. Минимальный нуль-модемный кабель

**4.3. Интерфейсы RS-485 и RS-422**

Практически все компьютеры в промышленном исполнении оснащены средствами организации информационного обмена с использованием данных интерфейсов. Современные интеллектуальные датчики и элементы управления наряду с традиционным интерфейсом RS –232C также могут иметь в своем составе подсистему последовательного ввода/вывода информации на базе интерфейса RS-485.

Программируемые логические контроллеры многих производителей, в качестве средств организации территориально-распределенных систем сбора данных и управления, содержат ту или иную реализацию интерфейсов RS-422/RS-485.

Электрические характеристики интерфейсов определяются допустимыми значениями тока, напряжения и сопротивления, полученными при проведении измерений в точках подключения приемников и формирователей (передатчиков). Совокупность технических средств, относящихся к единице оборудования, принимающей участие в информационном обмене, и подключаемых к линии связи, называется единицей нагрузки. Общая нагрузка, обусловленная наличием приемников и формирователей в пассивном (высокоимпедансном) состоянии, будет определяться количеством присутствующих единиц нагрузки.

Таблица 4.2. Электрические параметры интерфейсов RS-422/RS-485

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Значение согласно стандарту | |
| RS-422 | RS-485 |
| Выходное напряжение передатчика без нагрузки, В | 10 | (1,5..6) |
| Выходное напряжение передатчика под нагрузкой, В | 2 (Rn=100Ом) | (1,5…5) (Rn = 54 Ом) |
| Выходное сопротивление передатчика, Ом | 100 | Не нормировано |
| Время нарастания выходного сигнала передатчика, в % от длительности информационного бита | 10 | 30 |
| Максимальная емкость нагрузки,  пФ | Не нормирована | Не нормирована |
| Ток короткого замыкания любого из выходов на общий провод, мА | 150 | 250 |
| Синфазное напряжение на выходе передатчика, В | 3 | -1…+3 |
| Синфазное напряжение на входе приемника, В | 7 | -7…+12 |
| Чувствительность приемника ,В | 0,2 | 0,2 |

Нагрузкой является формирователь (G), приемник (R) или их параллельное соединение (G/R).

Измерения электрических параметров выполняются в точке, которая отведена производителем для подключения оборудования к линии связи. Точки подключения формирователей имеют обозначения A, B, C, а точки подключения приемников – A’, B’, C’.

Сигналы интерфейсов RS-422/485 передают по витым парам проводов дифференциальным методом. Полезным сигналом служит разность напряжений между проводами А и В. Причем, для состояния логической “1” потенциал в точке A’, должен быть положительным, по отношению к точке B’. Для состояния логического “0”, потенциал в точке A’, должен быть отрицательным по отношению к точке B’.

Допустимый диапазон входных напряжений, присутствующий на входных клеммах приемника, измеренных относительно земли приемника, должен быть от –7 В до +12 В. Для любого сочетания входных напряжений, находящихся в пределах указанного диапазона допустимых значений, приемник должен различать присутствующее на его входе двоичное состояние, представляемое дифференциальным напряжением (Ui) 2 В и более. Кроме того, присутствие на входе приемника любого сочетания напряжений, значения которых находятся в пределах допустимого напряжения не должно приводить к его повреждению.

Стандарты **RS-422** и **RS-4**85 предусматривают связь по симметричным согласованным линиям (витым парам проводов) и различаются в основном тем, что первый требует отдельной витой пары для каждого направления передачи, а согласно второму связь в обе стороны ведется по одной и той же паре.

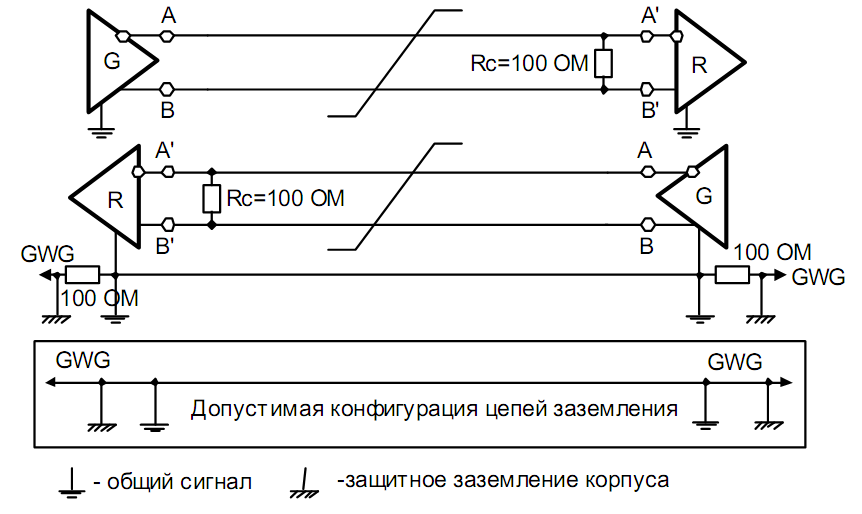


Рис.4.3. Основная конфигурация системы связи на основе стандарта EIA RS-442A

В отличие от **RS-232C**, рассчитанного на обмен данными только между двумя абонентами, высокое входное сопротивление приемников RS-485 дает возможность подключить до 32 абонентов к одной и той же линии длиной не более 1200 м. Специальные устройства (репитеры) позволяют объединить до четырех таких участков, в результате чего, дальность возрастает до 4800 м, а число абонентов — до 128.

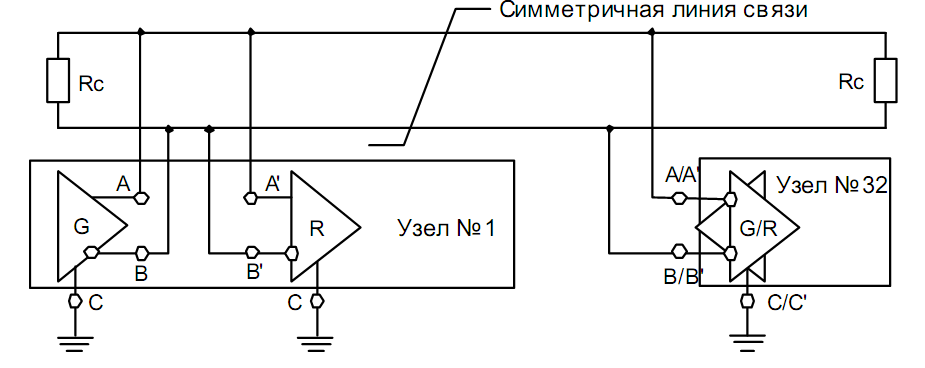


Рис.4.4. Основная конфигурация системы связи на основе стандарта EIA RS-485

Таким образом, система связи на базе RS-485 содержит несколько приемников, формирователей и согласующие резисторы. Каждый формирователь должен обеспечивать работу на 32 единицы нагрузки и согласующие резисторы. Единица нагрузки представляет собой совокупность приемника и формирователя, который находится в пассивном состоянии. Согласующие резисторы должны подключаться в двух наиболее удаленных друг от друга точках подключения единиц нагрузки. Сопротивление каждого согласующего резистора должно совпадать с волновым сопротивлением кабеля (от 100 до 120 ОМ). Формирователи и приемники, удовлетворяющие требованиям стандарта EIA RS-485, сохраняют работоспособность при воздействии на них синфазного напряжения от –7 В до +7 В (мгновенные значения). Синфазное напряжение определяется совокупностью нескомпенсированных разностей потенциалов земли приемников и формирователей, максимальным значением напряжения помех, измеренного между землей приемника и жилами кабеля, соединенными с землей на передающей стороне линии связи, а также максимальным значением напряжения смещения выходов формирователей. Если значение разности потенциалов между землями выходит за пределы допустимого диапазона, то при реализации сети на основе интерфейса RS-485 следует применять приемопередатчики с гальванической развязкой.

**4.4 Интерфейс *CAN***

**Общие сведения.** *CAN (Controller Area Network)* - последовательный интерфейс для создания распределенной сети микропроцессорных устройств. Первоначально разработанный для объединения в локальную сеть электронных узлов на борту автомобиля, *CAN*-интерфейс сегодня находит все большее признание в промышленных системах сбора и обработки данных, контроля и управления.

Спецификация *CAN*, разработанная фирмой *BOSCH*, описывает протокол канального уровня *("Data Link Layer")* согласно семиуровневой модели взаимосвязи открытых систем *(ISO 7498).* Физический уровень *CAN*-интерфейса *("Physical Layer")* закреплен международными стандартами *ISO 11898, ISO 11519-2.*

Международная организация потребителей и производителей *CAN CiA* разрабатывает и поддерживает протоколы высоких уровней *CAN* (*CANopen, DeviceNet* и другие).

Основные преимущества интерфейса *CAN*:

– Стандартизация на физическом, канальном и прикладном уровнях.

– Доступность приемопередатчиков *CAN* и контроллеров *CAN*- протокола, выполненных как в виде отдельных микросхем, так и встроенных в микроконтроллеры общего назначения.

– Высокая надежность интерфейса, обеспечиваемая рядом мер, предусмотренных как на физическом, так и на канальном уровнях.

– Основной способ передачи данных - витая пара, но возможно также использование оптоволоконной связи, беспроводного соединения, передачи по силовым линиям.

– Скорость передачи данных до 1 Мбит/c.

– Возможность быстрого доступа к шине приоритетных сообщений.

– Поддержка приложений реального времени.

Типовая структура сети *CAN* показана на рисунке:

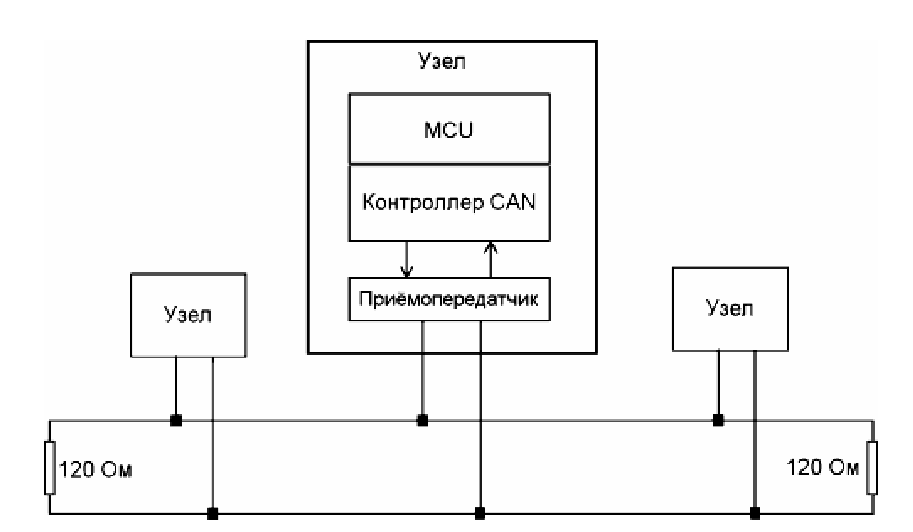


Рис.4.5. Интерфейс *CAN*

**Физический уровень.** *CAN* определяет два логических состояния: рецессивное (*recessive*) и доминантное (*dominant*). *ISO-11898* описывает дифференциальное напряжение для представления рецессивного и доминантного состояний, как показано на рис.4.6.

Логической единице на выходе контроллера *CAN* соответствует рецессивное состояние линии. В этом состоянии дифференциальное напряжение на *CANH* и *CANL* меньше минимального порога (<0.5 В на входе приёмника).

Логическому нулю на выходе контроллера *CAN* соответствует доминантное состояние. В этом состоянии дифференциальное напряжение на *CANH* и *CANL* больше минимального порога. Рецессивное состояние перекрывается доминантным на шине, что используется для организации неразрушающего поразрядного арбитража.

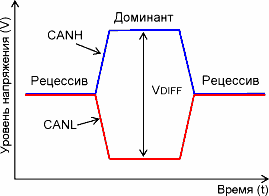


Рис.4.6. Дифференциальная шина

Максимальная скорость передачи данных в сети *CAN* в соответствии со стандартом равна 1 Мбит/сек. При такой скорости максимальная длина кабеля составляет примерно сорок метров. Ограничение на длину кабеля связано с конечной скоростью распространения сигнала в линии и механизмом побитового арбитража. Во время арбитража все узлы сети должны получать текущий передаваемый бит одновременно, то есть сигнал должен успеть распространится по всему кабелю за единичный отсчет времени в сети. Соотношение между скоростью передачи и максимальной длиной кабеля приведено в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| скорость передачи | максимальная длина сети |
| 1000 Кбит/сек | 40 метров |
| 500 Кбит/сек | 100 метров |
| 250 Кбит/сек | 200 метров |
| 125 Кбит/сек | 500 метров |
| 10 Кбит/сек | 6 километров |

**Типы сообщений сети *CAN*.** Данные в *CAN* передаются короткими сообщениями-кадрами стандартного формата. В *CAN* существуют четыре типа сообщений:

– *Data Frame*

*– Remote Frame*

*– Error Frame*

*– Overload Frame.*

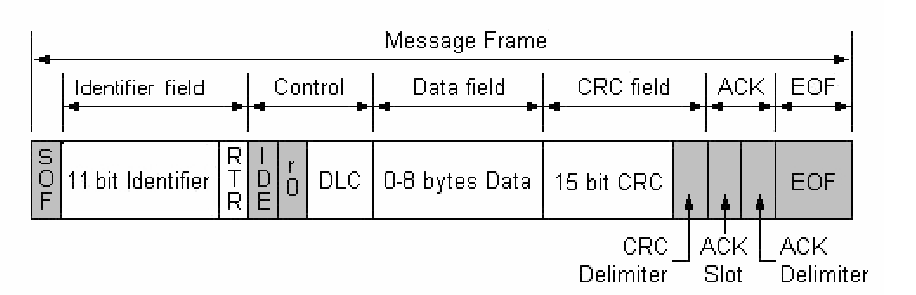


Рис.4.7. Data frame стандарта *CAN 2.0A*.

**Data Frame** - это наиболее часто используемый тип сообщения. Он состоит из следующих основных частей:

– Признак начала сообщения (*SOF*) – бит с доминантным уровнем.

– Поле арбитража (*arbitration field*) определяет приоритет сообщения в случае, когда два или более узлов одновременно пытаются передать данные в сеть. Поле арбитража состоит в свою очередь из 11-битного (*CAN 2.0A*) или 29-битного (*CAN 2.0B*) идентификатора сообщения и бита *RTR (Remote Transmission Request)*. Идентификатор передаётся, начиная со старшего бита и заканчивая младшим. Бит *RTR* для кадра данных всегда равен логическому нулю (доминантный уровень).

– Поле управления – содержит два зарезервированных бита (должны передаваться доминантными, но приёмник принимает и рецессивные) и четырёхразрядный код длины поля данных.

– Поле данных *(data field)* содержит от 0 до 8 байт данных.

– Поле контрольного кода *(CRC field)* содержит 15-битную контрольную сумму сообщения, которая используется для обнаружения ошибок, и бит-разделитель (рецессивный уровень).

– Поле подтверждения *(ACK Field)* состоит из двух битовых полей: бит подтверждения и бит-разделитель. Передающий узел передаёт оба этих бита с рецессивным уровнем. Каждый *CAN*- контроллер, который правильно принял сообщение, посылает в сеть бит подтверждения с доминантным уровнем. Передающий узел контролирует этот бит и в случае, если подтверждение не пришло, повторяет передачу. В случае приема бита подтверждения, передающий узел может быть уверен в том, что хотя бы один из узлов в сети правильно принял его сообщение. Бит-разделитель всегда имеет рецессивный уровень. Таким образом, бит подтверждения выделен рецессивными уровнями с двух сторон.

– Поле «Конец сообщения» *(End of Frame)* – состоит из семи рецессивных битов.

Таким образом, максимальная длина *Data Frame* составляет 108 битов.

***Remote Frame*** - это *Data Frame* без поля данных и с битом *RTR*, имеющим рецессивный уровень. Основное предназначение *Remote Frame* - это инициация одним из узлов сети передачи в сеть данных другим узлом. Получив *Remote Frame*, узел должен передать сообщение с таким идентификатором, если оно имеется. Такая схема позволяет уменьшить суммарный трафик сети. Однако на практике *Remote Frame* сейчас используется редко (например, в протоколе *DeviceNet Remote Frame* вообще не используется).

***Error Frame*** - это сообщение которое явно нарушает формат сообщения *CAN*. Передача такого сообщения приводит к тому, что все узлы сети регистрируют ошибку формата *CAN*-кадра, и в свою очередь автоматически передают в сеть *Error Frame*. Результатом этого процесса является автоматическая повторная передача данных в сеть передающим узлом. *Error Frame* состоит из поля *Error Flag*, которое состоит из 6 бит одинакового значения (и таким образом *Error frame* нарушает проверку *Bit Stuffing*, см. ниже), и поля *Error Delimiter*, состоящее из 8 рецессивных битов. *Error Delimiter* дает возможность другим узлам сети обнаружив *Error Frame* послать в сеть свой *Error Flag*.

***Overload Frame*** - повторяет структуру и логику работы *Error* кадра, с той разницей, что он используется перегруженным узлом, который в данный момент не может обработать поступающее сообщение, и поэтому просит при помощи *Overload*-кадра о повторной передаче данных. В настоящее время *Overload*-кадр практически не используется.

**Контроль доступа к среде передачи (побитовый арбитраж).** Поле арбитража *CAN*-кадра используется в *CAN* для разрешения коллизий доступа к шине методом неразрушающего арбитража. Суть метода заключается в следующем. Если несколько контроллеров начинают одновременную передачу *CAN*-кадра в сеть, каждый из них сравнивает бит, который он передаёт на шину с битом, который передается конкурирующим контроллером. Если значения этих битов совпадают, оба контроллера передают следующий бит. Так происходит до тех пор, пока значения передаваемых битов не окажутся различными. Теперь контроллер, который передавал логический ноль (более приоритетный доминантный сигнал) будет продолжать передачу, а другой (или другие) контроллер прервёт свою передачу до того времени, пока шина вновь не освободится. Конечно, если шина в данный момент занята, то контроллер не начнет передачу до момента её освобождения.

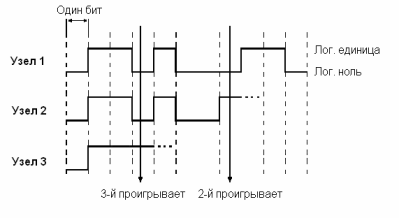


Рис.4.8. Побитовый арбитраж на шине *CAN.*

**Методы обнаружения ошибок.** Протокол *CAN* определяет пять способов обнаружения ошибок в сети:

– Контроль битов *(Bit monitoring).*

– Подстановка битов *(Bit stuffing).*

– Контроль формата сообщения *(Frame check).*

– Контроль подтверждения *(Acknowledgement Check).*

– Проверка контрольного кода *(CRC Check).*

**Контроль битов** - каждый узел во время передачи битов в сеть сравнивает значение передаваемого им бита со значением бита, которое появляется на шине. Если эти значения не совпадают, то узел генерирует ошибку Bit Error. Во время передачи поля арбитража в шину этот механизм проверки ошибок отключается.

**Подстановка битов** - когда узел передает последовательно в шину 5 бит с одинаковым значением, то он добавляет шестой бит с противоположным значением. Принимающие узлы этот дополнительный бит удаляют. Если узел обнаруживает на шине больше 5 последовательных бит с одинаковым значением, то он генерирует ошибку *Stuff Error.*

**Контроль формата сообщения** - некоторые части *CAN*-сообщения имеют одинаковое значение во всех типах сообщений. Т.е. протокол *CAN* точно определяет, какие уровни напряжения и когда должны появляться на шине. Если формат сообщений нарушается, то узлы генерируют ошибку *Form Error.*

**Механизм ограничения ошибок *(Error confinement).*** Каждый узел сети *CAN* во время работы пытается обнаружить одну из пяти возможных ошибок. Если ошибка обнаружена, узел передает в сеть *Error Frame*, нарушая тем самым передачу и прием текущего сообщения. Все остальные узлы обнаруживают *Error Frame* и принимают соответствующие действия (сбрасывают принятое сообщение). Кроме того, каждый узел ведет два счетчика ошибок: *Transmit Error Counter* (счетчик ошибок передачи) и *Receive Error Counter* (счетчик ошибок приема). Эти счетчики увеличиваются или уменьшаются в соответствие с несколькими правилами. Сами правила управления счетчиками ошибок достаточно сложны, но сводятся к простому принципу, ошибка передачи приводит к увеличению *Transmit Error* счетчика на 8, ошибка приема увеличивает счетчик *Receive Error* на 1, любая корректная передача/прием сообщения уменьшают соответствующий счетчик на 1. Эти правила приводят к тому, что счетчик ошибок передачи передающего узла увеличивается быстрее, чем счетчик ошибок приема принимающих узлов. Это правило соответствует предположению о большой вероятности того, что источником ошибок является передающий узел.

Каждый узел *CAN* сети может находиться в одном из трех состояний. Когда узел стартует, он находится в состоянии *Error Active*. Когда, значение хотя бы одного из двух счетчиков ошибок превышает предел 127, узел переходит в состояние *Error Passive*. Когда значение хотя бы одного из двух счетчиков превышает предел 255, узел переходит в состояние *Bus Off.*

Узел, находящийся в состоянии *Error Active*, в случае обнаружения ошибки на шине передает в сеть *Active Error Flags. Active Error Flags* состоит из шести доминантных бит, поэтому все узлы его регистрируют. Узел в состоянии *Passive Error* передает в сеть *Passive Error Flags* при обнаружении ошибки в сети. *Passive Error.*

*Flags* состоит из 6 рецессивных бит, поэтому остальные узлы сети его не замечают, и *Passive Error Flags* лишь приводит к увеличению *Error* счетчика узла. Узел в состоянии *Bus Off* ничего не передает в сеть (не только *Error* кадры, но вообще никакие другие).

**Список литературы**

1. Чеботарев В.В. Расчеты основных показателей технологических процессов при сборе и подготовке скважинной продукции/ - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007

2. Медведев В.А. Технологические основы гибких производственных систем. - М. : Высш. шк., 2000.

3. Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и

телекоммуникации: учеб. пособие для вузов / Ильина О. П.; 3-е

изд. - СПб.: Питер, 2008. - 766 с.

4. Мелехин В. Ф. Вычислительные машины, системы и сети :

учебник для вузов / Павловский Е. Г.; 2-е изд., стер. - М.:

Академия, 2007. - 560 с.

5. Фаронов В. В. Delphi. Программирование на языке высокого

уровня : учебник для вузов / - М.СПб.: Питер, 2010. - 640 с.

6. Фаронов В. В. Delphi. Программирование на языке высокого

уровня : учебник для вузов / - М.СПб.: Питер, 2006. - 640 с.