



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
(БГТУ)**

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ПК БГТУ

В.М. Малашенко

« 30 » 08 2019 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по профессиональному модулю
ПМ. 02 Осуществление сборки и апробации моделей элементов
систем автоматизации с учетом специфики технологических
процессов**

Специальность:	15.02.14. Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Присваиваемая квалификация:	Техник
Форма обучения:	очная
Срок получения СПО по ППССЗ:	2 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	среднее общее образование

Брянск 2019

**Методические рекомендации по профессиональному модулю
ПМ. 02 Осуществление сборки и апробации моделей элементов
систем автоматизации с учетом специфики технологических
процессов (далее — МР)**

**для специальности 15.02.14. Оснащение средствами автоматизации
технологических процессов и производств (по отраслям)**

Разработал(и):

— преподаватель ПК БГТУ



В.Н. Копелиович

МР рассмотрены и одобрены на заседании
предметно-цикловой комиссии
Автоматизация технологических процессов и
производств ПК БГТУ (далее — ПЦК)

« 29 » 08 2019 г., протокол № 1

Председатель ПЦК



В.Н. Копелиович

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ
по учебно-методической работе



Т.Е. Балашова

© Копелиович В.Н.
© ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	3
Общие указания к выполнению работ	5

Практическая работа №1	14
Функциональные и принципиальные схемы проектов автоматизации измерений	
Практическая работа №2	22
Техническая документация проекта	
Практическая работа №3	25
Получение передаточной функции по дифференциальному уравнению	
Практическая работа №4	26
Преобразование структурных схем САУ	
Практическая работа №5	28
Исследование линейных типовых звеньев	
Практическая работа №6	30
Определение передаточных функций системы САУ	
Практическая работа №7	36
Расчет устойчивости САУ по критерию Михайлова	
Практическая работа №8	39
Системы дистанционной передачи показаний	
Практическая работа №9	46
Пневматические регуляторы и датчики	
Практическая работа №10	51
Изучение первичных преобразователей температуры	
Практическая работа №11	57
Пневматические регулирующие и управляющие устройства	
Практическая работа №12	64
Ознакомление с устройством и принципом действия приборов для измерения расхода	
Практическая работа №13	68
Буйковые уровнемеры устройство и расчет	
Практическая работа №14	72
Системы измерений pH растворов	
Практическая работа №15	80

Разработка макросов на логических элементах	
Практическая работа №16	84
Построения цепей в OWEN Logik с использованием генератора импульсов	
Практическая работа №17	93
Элементы преобразования OWEN Logic	
Практическая работа №18	96
Релейно-контактные системы управления наладка и пуск асинхронного двигателя	
Практическая работа №19	101
Ознакомиться с назначением и принципом действия устройств защитного отключения (УЗО), классификацией и видами различных УЗО. Усвоить общие принципы проведения испытаний УЗО на примере УЗО F200 производства ABB	
Лабораторная работа №20	108
Монтаж и изучение измерителя-регулятора температуры и влажности ИРТВ-5215	
Лабораторная работа №21	119
Монтаж и изучение преобразователя измерителя давления	
Лабораторная работа №22	123
Монтаж и изучение Термометр многоканальный ТМ 5122 Ех;	
Практическая работа №23	126
Запись данных по протоколу “motbus-rtu” в ТРМ приборы и другие устройства	
Практическая работа №24	129
Подключение к ПК	
Литературы	143

АННОТАЦИЯ

Для закрепления теоретических знаний и получения практических навыков предусматривается проведение лабораторно-практических работ.

Целью лабораторно-практических работ является прививание учащимся навыков самостоятельной работы с технической и справочной литературой, самостоятельного изучения некоторых несложных вопросов программы.

Автор цикла практических работ –Копелиович В.Н.. - преподаватель Брянского политехнического колледжа .

Цикл практических работ разработан в соответствии с рабочей программой для средних специальных учебных заведений, и предназначен для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальностям среднего профессионального образования базового уровня, и является единой для всех форм обучения

Методические указания к циклу практических работ состоят из следующих частей:

1. Аннотация.
2. Содержание.
3. Общие указания к выполнению работ.
4. Лабораторно- практические работы.
5. Литература.

Практические работы выполняются учащимися в учебное время, отведенное для изучения предмета.

Общие указания к выполнению практических работ

Перед началом выполнения практической работы внимательно ознакомьтесь с заданием.

Практическая работа выполняется на листах со штампом. Для первого листа практической работы предусмотрена основная надпись и дополнительные графы к ней по форме 2 ГОСТ 2.104-68 (см. приложение 1). Для последующих листов необходимо применять форму 2а (см. приложение 2).

Все практические работы оформляются в один журнал. На титульном листе журнала должны быть указаны: название предмета, группа и фамилия студента. Пример оформления титульного листа приведен в приложении (см. приложение 3).

Отчет по практической работе должен содержать цель работы; исходные данные; решение; необходимые схемы, выполненные по ГОСТу и вывод

Инструкция по технике безопасности для студентов, работающих в лаборатории

В лаборатории электротехники электротехнические устройства питаются напряжением до 380 В. Следует помнить, что **напряжение выше 36 В и ток более 50 мА опасны для жизни человека.**

Все студенты, работающие в лаборатории электротехники, должны знать и строго соблюдать правила безопасной работы с электротехнической и электронной аппаратурой, а также указания преподавателя, инженера, лаборанта и других лиц обслуживающего персонала

Все студенты обязаны:

а) перед началом работы:

- получить инструктаж по правилам безопасной работы и расписаться в спец. журнале;
- убедиться в отсутствии видимых повреждений оборудования и его обесточенности;
- проверить состояние заземления электрических машин;
- уяснить назначение всех аппаратов, органов управления и сигнализации;
- собрать электрическую схему установки;
- представить собранную схему преподавателю;

б) во время работы:

- включить собранную схему под напряжением в присутствии преподавателя, предупредив своих товарищей словом «включаю»;
- следить за работой оборудования, особенно вращающимися частями механизмов. В случае отклонения от нормальной работы (специфический запах, дым, накал проводов реостатов и т.п.) или попадание кого либо под напряжение или вращающиеся части немедленно выключить установку;
- обо всех неисправностях в работе установки сообщать преподавателю и обслуживающему преподавателю лаборатории;

в) по окончании работы:

- сообщить преподавателю о завершении работы;
- выключить установку, разобрать схему и привести рабочее место в исходное состояние.

В лаборатории студентам запрещается:

- класть на электроприборы, машины, оборудование, лабораторные столы личные вещи, учебники и другие предметы;
- собирать электрические схемы под напряжением;
- использовать неисправное оборудование, приборы и инструмент;
- включать оборудование без разрешения преподавателя;
- оставлять без наблюдения включенное оборудование;
- самостоятельно устранять неисправности;
- заниматься посторонними делами; отвлекать товарищей от занятий.

Практическая работа №1

Функциональные и принципиальные схемы проектов автоматизации измерений

Цель работы: Изучить состав и назначение функциональных и принципиальных схем проектов автоматизации измерений.

Отчет должен содержать:

1. название;
2. цель работы;
3. общие сведения о схемах;
4. пример построения функциональной схемы с ее описанием или пример построения принципиальной схемы с ее построением.

Ход работы:

Функциональная схема автоматизации является основным техническим документом, определяющим функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. Функциональная схема представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование, коммуникации, органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства, элементы телемеханики) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики. Вспомогательные устройства, такие как редукторы и фильтры для воздуха, источники питания, реле, автоматы, выключатели и предохранители в цепях питания, соединительные коробки и другие устройства и монтажные элементы, на функциональных схемах автоматизации не показывают.

Функциональную схему автоматизации технологической установки выполняют, как правило, на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем, контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке.

Для сложных технологических процессов с большим объемом автоматизации схемы могут быть выполнены отдельно по видам технологического контроля и управления, т. е. отдельно выполняют схемы автоматического управления, контроля и сигнализации.

Для объектов с несложными технологическими процессами и простыми системами контроля и управления функциональные схемы автоматизации могут не составляться и заменяют перечнями систем контроля, регулирования, управления и сигнализации.

Прочитать функциональную схему автоматизации означает определить из нее:

- 1) параметры технологического процесса, которые подлежат автоматическому контролю и регулированию;
- 2) наличие защиты и аварийной сигнализации;
- 3) принятую блокировку механизмов;
- 4) организацию пунктов контроля и управления;
- 5) функциональную структуру каждого узла контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления;
- 6) технические средства, с помощью которых решается тот или иной функциональный узел контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления.

Чтобы прочитать функциональную схему автоматизации, необходимо знать принципы построения систем технологического контроля и управления и условные изображения

технологического оборудования, трубопроводов, приборов и средств автоматизации, функциональных связей между отдельными приборами и средствами автоматизации и иметь представление о характере технологического процесса и взаимодействии отдельных установок и агрегатов технологического оборудования.

Приборы, средства автоматизации, электрические устройства и элементы вычислительной техники на функциональных схемах автоматизации показывают в соответствии с действующим ГОСТ 21.404—85.

В отдельных случаях при отсутствии в стандартах необходимых изображений могут быть использованы нестандартные изображения, которые выполняют на основе характерных признаков изображаемых устройств.

В ГОСТ 21.404—85 принята новая система построения графических и буквенных условных обозначений. Вместо принципа обозначения приборов и средств автоматизации по конструктивному признаку принята система обозначений по функциональному признаку, выполняемому данным прибором или средством автоматизации.

Пример 1. На рис. 1, а изображен участок технологического воздуховода //, на котором установлена заслонка, регулирующая $ЗР$ с исполнительным механизмом. Заслонка связана с исполнительным механизмом механической связью, которая изображена сплошной линией /, линией /// (тонкой) показана электрическая линия связи с аппаратурой управления.

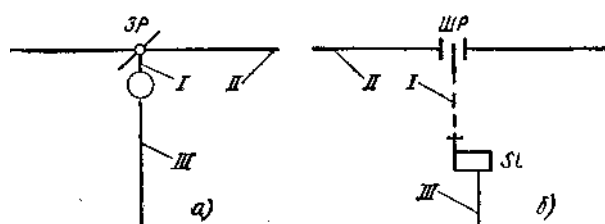


Рис. 1. Примеры изображения механической связи исполнительных механизмов и датчиков положения с регулирующими органами: а — связь исполнительного механизма с регулирующей заслонкой $ЗР$; б — связь регулирующего шибера $ШР$ с датчиком положения (конечным выключателем SQ)

На рис. 1, б на участке технологического газохода // установлен шибер регулирующий $ШР$ с ручным управлением. Для контроля положения шибера предусмотрен выключатель конечным SQ . Механическая связь конечного выключателя с шибером показана штриховой линией /. Линия /// (тонкая) обозначает электрическую связь с сигнальной арматурой.

Регуляторы прямого действия изображают как совокупность отборного устройства (или первичного преобразователя), линии связи и регулирующего органа (рис. 2, а).

Изображение комплектов приборов и средств автоматизации на функциональных схемах может быть выполнено упрощенным или развернутым способом.

Упрощенный способ применяют в основном для изображения приборов и средств автоматизации на технологических схемах. При упрощенном способе на схемах не показывают первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру. Приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции (контроль, регулирование, сигнализацию и т.п.) и выполненные в виде отдельных блоков, изображают одним условным графическим обозначением.

Развернутый способ применяют для выполнения функциональных схем автоматизации, когда каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект, показывают отдельным условным графическим изображением.

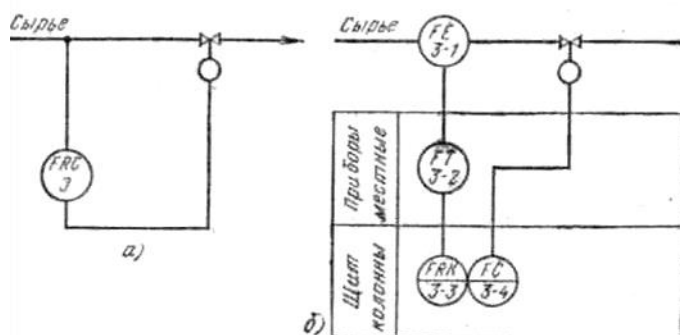


Рис. 2. Примеры изображения условных обозначений приборов и средств автоматизации упрощенным (а) и развернутым (б) способами

Пример 2. На рис. 2, а изображен участок технологического трубопровода, на котором упрощенным способом показан функциональный узел автоматического регулирования расхода технологического сырья. Первичный измерительный преобразователь (диафрагма или сопло) в данном случае не показан. Место установки первичного преобразователя обозначено пересечением линий технологического трубопровода с линией, связывающей этот преобразователь с условным обозначением прибора, осуществляющего сложные функции.

На рис. 2, б изображен тот же узел, что и на рис. 2, а, но только развернутым способом.

В системах технологического контроля и управления часто применяют комбинированные и комплексные устройства, например комбинированные измерительные и регулирующие приборы, машины централизованного контроля, полукомплекты телемеханики, устройства телевидения и т. п. Такие устройства обозначают прямоугольником произвольных размеров с указанием внутри прямоугольника типа устройства по документации завода-изготовителя.

Всем приборам и средствам автоматизации, изображенным на функциональных схемах автоматизации, присваивают позиционные обозначения (позиции), сохраняющиеся во всех материалах проекта. На стадии проекта позиционные обозначения выполняют арабскими цифрами в соответствии с нумерацией в заявочной ведомости приборов, средств автоматизации и электроаппаратуры. На стадии рабочей документации и при одностадийном проектировании позиционные обозначения приборов и средств автоматизации образуются из двух частей: арабских цифр — номера функциональной группы и строчных букв русского алфавита — номера прибора и средств автоматизации в данной функциональной группе.

Буквенные обозначения присваивают каждому элементу функциональной группы в порядке алфавита в зависимости от последовательности прохождения сигнала — от устройств получения информации к устройствам воздействия на управляемый процесс (например, приемное устройство — датчик, вторичный преобразователь, задатчик, регулятор, указатель положения, исполнительный механизм, регулирующий орган).

Позиционные обозначения отдельных приборов и средств автоматизации, таких как регулятор прямого действия, манометр, термометр и т. п., состоят только из порядковых номеров.

Позиционные обозначения присваивают всем элементам функциональных групп, за исключением:

- а) отборных устройств;
- б) приборов и средств автоматизации, поставляемых комплектно с технологическим оборудованием;
- в) регулирующих органов и исполнительных механизмов, входящих в данную автоматическую систему управления, но заказываемых и устанавливаемых в технологических частях проектов.

Показанную на функциональных схемах автоматизации электроаппаратуру на стадии рабочего проекта при одностадийном проектировании обозначают индексами, принятыми в принципиальных электрических схемах.

Позиционные обозначения в функциональных схемах автоматизации проставляют, как правило, в нижней части окружности, обозначающей прибор, или рядом с условными графическими обозначениями приборов и средств автоматизации с правой стороны или над ним.

Функциональные схемы автоматизации могут быть выполнены двумя способами: 1) с изображением щитов и пультов управления при помощи условных прямоугольников (как правило, в нижней части чертежа), в пределах которых указывают устанавливаемые на них средства автоматизации; 2) с изображением средств автоматизации на технологических схемах вблизи отборных и приемных устройств без построения прямоугольников, условно изображающих щиты, пульты, пункты контроля и управления.

При выполнении схемы по первому способу на ней показывают все приборы и средства автоматизации, входящие в состав функционального блока или группы, а также

место их установки. Преимуществом этого способа является большая наглядность, в значительной степени облегчающая чтение схемы и работу с проектными материалами.

Приборы и средства автоматизации, встраиваемые в технологическое оборудование и коммуникации или механически связанные с ними, изображают на чертеже в непосредственной близости от них. К таким средствам автоматизации относятся: отборные устройства, датчики, воспринимающие воздействие измеряемых и регулируемых величин (измерительные сужающие устройства, ротаметры, счетчики и т. п.), исполнительные механизмы, регулирующие и запорные органы.

Прямоугольники щитов и пультов располагают в такой последовательности, чтобы при размещении в их пределах обозначений приборов и средств автоматизации обеспечивалась наибольшая простота и ясность схемы и минимум пересечений линий связи.

В прямоугольниках могут быть даны номера чертежей общих видов щитов и пультов. В каждом прямоугольнике с левой стороны указывают его наименование.

Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и трубопроводами, условно показывают в прямоугольнике «Приборы местные».

Приборы и средства автоматизации, поставляемые комплектно с технологическим оборудованием, заказу по данному проекту не подлежат.

Для облегчения понимания существа автоматизируемого объекта и возможности выбора диапазона измерения и шкал приборов, а также установок регуляторов на участка линий связи над верхним прямоугольником («Приборы местные») указывают предельные рабочие (максимальные и минимальные) значения измеряемых или регулируемых технологических параметров при установившихся режимах работы (см. рис. 3). Эти значения дают в единицах шкалы выбираемого прибора или в международной системе единиц без буквенных обозначений.

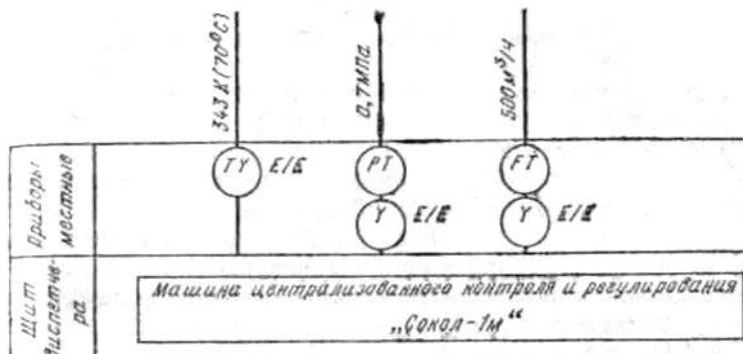


Рис. 3. Пример условного изображения устройства телемеханики машины централизованного контроля и регулирования

На схемах автоматизации с правой стороны чертеж; приводят необходимые пояснения, например на

основании каких документов разработаны схемы автоматизации, краткую техническую характеристику автоматизируемого объекта, таблицы, диаграммы и т. п.

При вычерчивании схем автоматизации, как правило, избегают дублирования одинаковых ее частей, относящихся как к технологическому оборудованию, так и к средствам автоматизации.

Над основной подписью по ее ширине сверху вниз на первом листе схем в необходимых случаях помещают таблицу условных обозначений, не предусмотренных стандартами. В отдельных случаях таблицы нестандартизированных условных обозначений могут быть выполнены на отдельных листах формата А4.

Пояснительный текст располагают обычно над таблицей условных обозначений (или над основной надписью) или в другом свободном месте.

Контуры технологического оборудования на схемах автоматизации выполняют обычно линиями толщиной 0,6—1,5 мм, трубопроводные коммуникации — 0,6—1,5 мм, приборы и средства автоматизации — 0,5—0,6 мм, линии связи — 0,2—0,3 мм, прямоугольники, изображающие щиты и пульты, — 0,6—1,5 мм.

Основным назначением *принципиальных схем* является отражение с достаточной полнотой и наглядностью взаимной связи отдельных приборов, средств автоматизации (СА) и вспомогательной аппаратуры, входящих в состав функциональных узлов систем автоматизации, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Эти схемы служат для изучения принципа действия системы автоматизации, они необходимы при производстве наладочных работ в эксплуатации.

Принципиальные схемы являются основанием для разработки других документов проекта: монтажных схем и таблиц щитов и пультов, схем соединения внешних проводок, схем подключения и др.

При разработке систем автоматизации технологических процессов обычно выполняют принципиальные схемы самостоятельных элементов, установок или участков автоматизируемой системы, например схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п.

Принципиальные схемы составляют на основании схем автоматизации, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к автоматизируемому объекту.

На принципиальных схемах в условном виде изображают приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

- 1) условные изображения принципа действия того или иного функционального узла системы автоматизации;
- 2) поясняющие надписи;
- 3) части отдельных элементов (приборов, СА, электрических аппаратов) данной схемы, используемые в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- 4) диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме приборов, СА, аппаратуры;
- 6) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Для чтения принципиальных схем необходимо знать алгоритм функционирования схемы, понимать принцип действия приборов, аппаратов и СА, на базе которых построена принципиальная схема.

Принципиальные схемы систем контроля и управления по назначению подразделяют на схемы управления, технологического контроля и сигнализации, автоматического регулирования и питания.

Принципиальные схемы по видам бывают электрическими, пневматическими, гидравлическими и комбинированными. В настоящее время широко применяют электрические и пневматические схемы.

Основные задачи чтения принципиальных схем. Принципиальная схема — первый рабочий документ, на основании которого:

- 1) выполняют чертежи для изготовления изделий (общие виды, монтажные схемы и таблицы щитов, пультов, стивов и т.п., соединений их с приборами, исполнительными механизмами и между собой);
- 2) проверяют правильность выполненных соединений;
- 3) задают уставки аппаратам защиты, средствам контроля и регулирования процесса;
- 4) настраивают путевые и конечные выключатели;
- 5) анализируют схему как в процессе проектирования, так и при наладке и эксплуатации при отклонении от заданного режима работы установки, преждевременном выходе из строя какого-либо элемента и т. п. Таким образом, в зависимости от выполняемой работы чтение принципиальной схемы преследует разные цели.

Кроме того, если чтение монтажных схем сводится к тому, чтобы определить, что, где и как нужно установить, проложить и соединить, то чтение принципиальной схемы

гораздо сложнее. Во многих случаях оно требует глубоких знаний, владения методикой чтения и умения анализировать полученные сведения. И, наконец, ошибка, допущенная в принципиальной схеме, неизбежно будет повторяться во всех последующих документах. В итоге вновь придется возвращаться к чтению принципиальной схемы, чтобы выявить, какая в ней допущена ошибка или что в конкретном случае не соответствует правильной принципиальной схеме (например, многоконтактное программное реле присоединено правильно, но установленная при настройке длительность или очередность переключения контактов не соответствует заданию).

Перечисленные задачи довольно сложны. Тем не менее, полезно пояснить, в чем состоит их существо, и перечислить основные технические приемы решения.

1. Чтение принципиальной схемы всегда начинают с общего ознакомления с нею и перечнем элементов, находят на схеме каждый из них, читают все примечания и пояснения. Техника общего ознакомления со схемой подробно рассмотрена в примере 4.

2. Определяют систему электропитания электродвигателей, обмоток магнитных пускателей, реле, электромагнитов, комплектных приборов, регуляторов и т. п. Для этого находят на схеме все источники питания, выявляют по каждому из них род тока, номинальное напряжение, фазировку в цепях переменного тока и полярность в цепях постоянного тока и сопоставляют полученные данные с номинальными данными используемой аппаратуры. Выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты: автоматы, предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т. п. Определяют по надписям на схеме, таблицам или примечаниям уставку аппаратов и, наконец, оценивают зону защиты каждого из них.

Ознакомление с системой электропитания может понадобиться для: выявления причин нарушения питания; определения очередности, в которой следует подавать на схему питание (это не всегда безразлично, см. далее); проверки правильности фазировки и полярности (неправильная фазировка может, например, в схемах резервирования привести к короткому замыканию, изменению направления вращения электродвигателей, пробоем конденсаторов, нарушению разделения цепей с помощью диодов, отказу поляризованных реле и т. п.); оценки последствий перегорания каждого предохранителя.

3. Изучают всевозможные цепи каждого электроприемника: электродвигателя, обмотки магнитного пускателя, реле, прибора и т. п. Но электроприемников в схеме много, и далеко не безразлично, с какого из них начинать чтение схемы — это определяется поставленной задачей. Если нужно определить по схеме условия ее работы (или проверить, соответствуют ли они заданным), то начинают с основного электроприемника, например с электродвигателя задвижки.

Последующие электроприемники выявятся сами собой. Например, для пуска электродвигателя нужно включить магнитный пускатель. Следовательно, следующим электроприемником должна быть обмотка магнитного пускателя. Если в ее цепь входит контакт промежуточного реле, надо рассматривать цепь его обмотки и т. п.

Ознакомление с каждой цепью имеет целью:

- а) определить условия действия, которым удовлетворяет схема;
- б) выявить ошибки; например, в цепи могут быть соединенные последовательно контакты, которые никогда одновременно не должны быть замкнуты;
- в) определить возможные причины отказа. В неисправную цепь, например, входят контакты трех аппаратов. Рассматривая каждый из них, легко обнаружить неисправный. Такие задачи возникают при наладке и устранении неполадок в процессе эксплуатации;
- г) установить элементы, в которых могут быть нарушены временные зависимости либо в результате неправильной регулировки, либо из-за неправильной оценки проектировщиком реальных условий эксплуатации. Типичными недостатками являются слишком короткие импульсы (управляемый механизм не успевает завершить начатый цикл), слишком длинные импульсы (управляемый механизм, завершив цикл, начинает его повторять), нарушение необходимой очередности переключения (например, вентили и

насос включаются не в той очередности, как надо, или между операциями не соблюдаются достаточные интервалы);

д) определить аппараты, которым могут быть заданы неправильные уставки; типичный пример — неправильная уставка токового реле в схеме управления задвижкой (схема рассмотрена в примере 4);

е) выявить аппараты, у которых коммутационная способность недостаточна для коммутируемых цепей, или номинальное напряжение ниже необходимого, или рабочие токи цепей больше номинальных токов аппарата и т. п.

Большую помощь при анализе схем оказывают временные диаграммы взаимодействия, отражающие динамику работы схемы, а не только какое-то установившееся ее состояние.

В принципиальных электрических схемах графические условные обозначения элементов (приборов, СА, электрических аппаратов), как отмечалось ранее, могут быть изображены как совмещенным, так и разнесенным способом.

Совмещенный способ изображения. Все части каждого прибора, СА и электрического аппарата располагают в непосредственной близости и заключают обычно в прямоугольный, квадратный или круглый контур, выполненный сплошной тонкой линией (рис. 4, а).

Совмещенный способ изображения в основном встречается в схемах электропитания приборов СА и других простых случаях. В качестве примера на рис. 4, а приведена схема, в которой магнитный пускатель *КМ* и кнопочный пост с кнопками *SB1* («Пуск»), *SB2* («Стоп») показаны совмещенным способом. Следует обратить внимание на то, что изображения магнитного пускателя и кнопочного поста имеют контуры в виде прямоугольников, а в изображении автомата ввиду простоты его схемы контур не указывается.

Совмещенные изображения всегда применяют в монтажных схемах, например так, как показано на рис. 4, в, где изображено однообмоточное реле с двумя переключающими и одним импульсным контактами. Выводы реле пронумерованы заводом-изготовителем, их номера 1—10 заключены в кружки. Переключающие контакты присоединены к выводам 1, 3, 5 и 2, 4, 6, импульсный контакт — к выводам 9 и 10.

Разнесенный способ изображения. Его применяют в основном в принципиальных электрических схемах, так как при этом способе совершенно отчетливо видны электрические цепи, что значительно облегчает чтение схем. В этом легко убедиться, рассмотрев рис. 4, б, на котором разнесенным способом показана та же схема, что и на рис. 4, а.

При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей приборов, аппаратов, СА располагают в разных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность изображаемых контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, проставленным вблизи изображений всех частей одного и того же аппарата. Так, на рис. 4, б у контактов магнитного пускателя (силовых и вспомогательных), а также вблизи изображения обмотки написано *КМ*. Другой пример: по одинаковым позиционным обозначениям *KK1* {*KK2*) легко установить принадлежность контактов и обмоток тепловых реле.

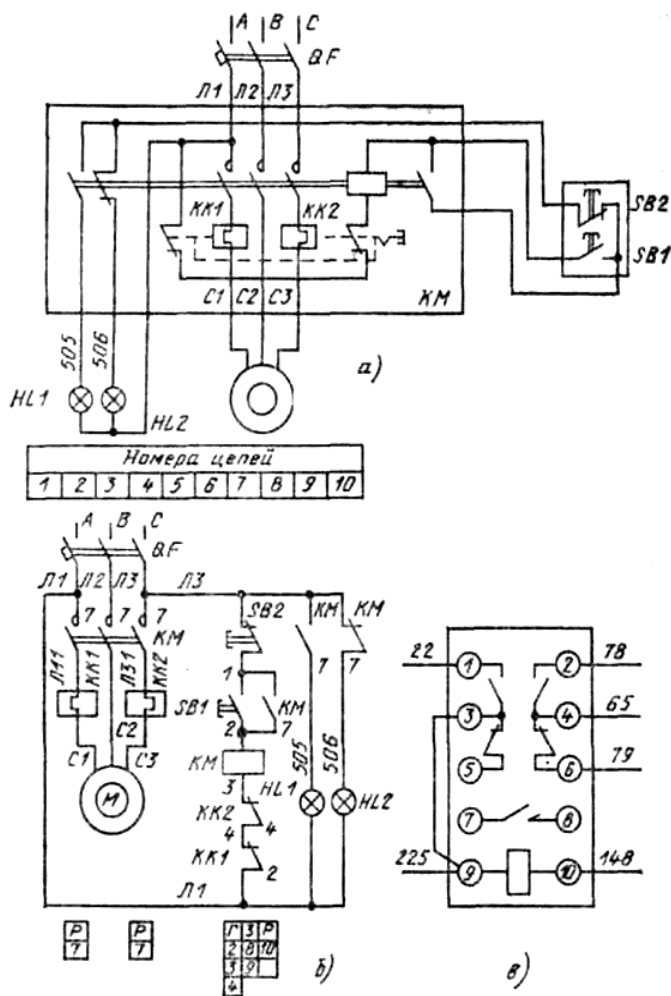


Рис. 4. Схема, выполненная совмещенным (а) и разнесенным (б) способами. Пример изображения реле (в) совмещенным способом

Воспользуемся рис. 4,б для иллюстрации одного удобного приема, облегчающего ориентировку в схемах, выполненных разнесенным способом. Этот прием применяют ряд проектных организаций.

Он заключается в следующем:

1. В схеме нумеруют цепи. В рассматриваемом примере места возможных цепей (строк) имеют номера 1—10.
2. Под изображением каждой обмотки помещают табличку. В столбце Г таблички указывают номера цепей, в которые введены главные контакты, в столбце 3 — номера цепей, в которые введены замыкающие контакты, а в столбце Р — размыкающие. Число клеток в табличке равно числу контактов аппарата, так что по ней можно определить, в каких цепях их искать.
3. На схеме вблизи позиционных обозначений указывают у изображения

контакта номер цепи, в которую включена соответствующая обмотка.

В рассматриваемом примере приведены три таблички, которые помещены под изображением обмоток $KK1$, $KK2$ и KM . В табличке под $KK1$ ($KK2$) столбцов Г и 3 нет, так как ни главных, ни замыкающих контактов тепловые реле не имеют, а в столбце Р написано 7. И действительно, контакты $KK1$ и $KK2$ введены в цепь 7. В табличке под обмоткой KM в столбце Г имеются цифры 2, 3 и 4. Это говорит о том, что магнитный пускатель своими главными контактами разрывает силовые цепи 2, 3 и 4. В столбце 3 два адреса: 8 и 9, в столбце Р — адрес 10 и одна свободная клетка. Это означает, что пускатель имеет два замыкающих и два размыкающих контакта, один размыкающий контакт свободен.

Нередко на принципиальных схемах показывают устройства (приборы, регуляторы и т.п.), имеющие собственные принципиальные схемы. В этом случае на принципиальной электрической схеме эти устройства изображают упрощенно (показывают только входные и выходные цепи и цепи подачи питающего напряжения), а детальное представление о принципе работы установки дает совокупность ее принципиальной схемы и принципиальных электрических схем устройств.

В принципиальных электрических схемах условные графические обозначения составных частей электрических аппаратов, приборов и СА, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи — одну под другой, при этом образуются параллельные строки (строчный способ выполнения схемы). Допускается располагать строки и вертикально.

Линии связи между аппаратами показывают полностью, но в некоторых случаях, чтобы не затемнять схему, они могут быть оборваны. Обрывы линий при этом заканчивают стрелками. Главные (силовые) цепи схем выполняют в многолинейном изображении. В однолинейном

изображении эти цепи показывают в том случае, когда их приводят для пояснения. Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, сигнализации и питания всегда выполняют в многолинейном изображении.

Исходное положение аппаратов. Контакты автоматов, выключателей, кнопок, реле и других коммутирующих устройств на схемах изображают при отсутствии тока во всех цепях схемы, т.е. в предположении, что в обмотках реле, контакторов, магнитных пускателей и т. п. нет тока или он настолько мал, что якорь не может притянуться (типичный пример — ток в обмотке максимального токового реле при нормальной нагрузке) и на кнопки, рубильники, якоря реле и т.п. не действуют внешние принудительные силы. Поэтому все замыкающие контакты на схемах показаны разомкнутыми, а все размыкающие — замкнутыми.

Если из этого правила в необходимых случаях сделано исключение, т.е. если отдельные аппараты изображены в выбранном рабочем режиме, то на схеме приводят соответствующее пояснение. Аппараты, не имеющие отключенного положения, изображают в положении, принятом за исходное. Контакты коммутирующих устройств, имеющих два исходных положения (например, двухпозиционного реле с преобладанием), изображают в одном произвольно выбранном положении, которое пояснено на схеме. Схемы многопозиционных переключателей, например, переключателей цепей управления, дополняют диаграммами переключений.

Практическая работа №2

Техническая документация проекта

Цель работы: Изучить состав и назначение технической документации проекта

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическими указаниями; описать:
2. состав проекта;
3. виды и содержание схем проектной документации;
4. условные обозначения элементов и их функций

Проектом в капитальном строительстве называется совокупность текстовых материалов, расчетов, чертежей, необходимых для строительства и реконструкции новых заводов, цехов, установок, сооружений. Проект координирует деятельность многочисленных организаций и предприятий — изготовителей оборудования, участвующих в строительстве с целью получения конечного результата — ввода в действие в установленные сроки предприятия с заданными технико-экономическими характеристиками.

Проектом устанавливаются: перечень оборудования и взаимосвязи между отдельными агрегатами, взаимное расположение зданий и сооружений на промышленной площадке, порядок выполнения различных видов строительства, монтажных и специальных работ, стоимость строительства и т. д.

Проект, как правило, подразделяют на части, соответствующие видам строительно-монтажных работ; «Основное технологическое оборудование», «Электротехническое оборудование», «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» и т. п. Выполняют проект с учетом требований строительных норм и правил (СНиП), ведомственных строительных норм (СН) и руководящих материалов (РМ), учитывающих конкретные особенности выполнения отдельных видов работ.

Для наладчиков приборов и систем автоматизации любой квалификации необходимо постоянное обращение к документам проекта. Поэтому изложение материала раздела ставит своей целью выработку у обучающихся навыков нахождения в рабочих чертежах и текстовых документах сведений, необходимых для производства работ, но не может служить пособием по основам проектирования систем автоматизации.

Основным документом, по которому проводят комплектацию, монтаж, наладку и эксплуатацию налаживаемых систем, является проект автоматизации. Отступления от проекта на любой стадии работ недопустимы без согласования с проектной организацией, выпустившей проект. Наладочные работы по приборам и системам автоматизации проводят по чертежам и схемам, которые входят в состав проекта.

Материалы проекта представляют собой комплект графических (чертежей и схем) и текстовых материалов, в которых с использованием условных обозначений и символов передается функциональное назначение каждого прибора и системы, определяются тип, место установки и способы соединения элементов (преобразователей, приборов, регуляторов) между собой, формируются требования к точности и надежности работы устройств.

На всех этапах проведения пусконаладочных работ наладчики имеют дело с проектной документацией, поэтому они должны уметь подобрать необходимые для работы документы, прочитать их содержание и использовать в работе. Совершенствование технологии производства, разработка и внедрение новых средств автоматизации обуславливают индивидуальный характер проекта автоматизации современных технологических процессов, поэтому даже опытные наладчики, работавшие на

аналогичных предприятиях, должны тщательно ознакомиться с составом и содержанием проекта автоматизации.

Требования к порядку разработки, объему и технологическому содержанию проекта установлены в нормативном документе ВСН 281—75 «Временные указания по проектированию систем автоматизации технологических процессов», а правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторских документов регламентируются стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Проектную документацию на строительство новых, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, зданий и сооружений отраслей народного хозяйства составляют в соответствии с положениями Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (СН 202—81). Согласно Инструкции проекты разрабатывают в одну (при строительстве предприятий по типовым или повторно-применяемым проектам, а также для технически несложных объектов) или две (для крупных и сложных объектов строительства) стадии.

На первой стадии разрабатывают общую пояснительную записку, содержащую исходные данные для проектирования, технико-экономические обоснования, основные проектные решения по соблюдению требований правил, норм и государственных стандартов по взрыво- и пожарной безопасности, технике безопасности и охране труда, защите окружающей среды. В разделе «Технологические решения» отражают принципиальные решения по энергоснабжению предприятия, внутризаводскому транспорту, связи, вопросы компоновки оборудования, основные технические решения и характеристики выбранных для управления производством приборов, средств автоматизации или агрегатированных комплексов и основные требования к технологическому оборудованию, которые должны обеспечить возможность установки первичных измерительных преобразователей, регулирующих органов, предусмотреть строительство помещений для установки аппаратуры, эстакад для прокладки соединительных линий и т. п.

На второй стадии проектирующие организации разрабатывают *рабочие чертежи и текстовые материалы*.

Наладчикам необходимы следующие материалы, входящие в комплект рабочих чертежей:

- структурные схемы управления и контроля;
- функциональные схемы автоматизации технологических процессов;
- принципиальные схемы контроля, автоматического регулирования, управления и питания;
- монтажные схемы щитов и пультов;
- схемы внешних соединений;
- пояснительная записка;
- заказные спецификации.

Этим перечнем не ограничивается требуемая наладчикам проектная документация. В ряде случаев необходимы планы расположения средств автоматизации, общие виды щитов и пультов. Нередко приходится обращаться и к документам технологической части проекта: чертежам основного технологического оборудования, регламенту технологического процесса и т. п.

Структурные схемы поясняют принципы построения систем управления технологическими процессами и отражают связи между уровнями управления (оператор, диспетчер, главный инженер и т. п.). Пункты установки устройств получения информации, ее сбора, переработки и хранения на всех уровнях управления обозначаются на схемах прямоугольниками. Направление информационных потоков между пунктами и управляющих воздействий на схемах показывают стрелками, соединяющими

прямоугольники. Структурные схемы просты в прочтении и дополнительных пояснений не требуют, выполняют их только для сложных систем управления.

Функциональные схемы содержат основные технические решения автоматизации технологических процессов. Прочтение этих схем дает представление о степени автоматизации, связях между технологическим процессом и различными по функциональному назначению системами автоматизации.

Принципиальные схемы выполняют по отдельным узлам автоматизации. Они содержат все элементы, из которых создан узел, и полное описание связей между ними.

Монтажные схемы показывают, как соединять между собой отдельные устройства, которыми укомплектовываются щиты, пульты, стивы преобразователей и т. п.

Схемы внешних соединений показывают, как выполнять трубные и электрические проводки, связывающие в систему устройства или группы устройств различного функционального назначения.

Пояснительная записка включает в себя описание автоматизируемого технологического процесса и характеристику его частей, сведения о рабочих средах и производственных помещениях (например, токсичность, агрессивность, пожаро- и взрывоопасность). Приводят описание структуры управления объектов, излагают сведения о работе систем автоматизации и новых или нестандартных приборах или изделиях. Как правило, к записке прилагают сводные перечни исходных данных и результатов расчета нестандартных сужающих устройств и регулирующих органов.

Заказные спецификации приборов и средств автоматизации содержат перечни измерительных преобразователей, приборов, регуляторов, функциональных блоков и устройств, поступающих комплектно с ними. В спецификации включают исполнительные устройства, регулирующие органы и вспомогательные устройства, поступающие комплектно с оборудованием. По каждому прибору или устройству в спецификации имеются сведения об измеряемой среде и ее параметрах в нормальном режиме, о месте установки. В спецификации указывают наименование устройства, его тип и приводят техническую характеристику (диапазон измерения, назначение и т. п.).

Документы технологического проекта наладчики используют для получения сведений о месте установки прибора или преобразователя на технологических аппаратах или трубопроводах. На этих чертежах указывают наличие площадок обслуживания, размещение оборудования в плане и по вертикали помещения и т. п.

Регламент технологического процесса включает в себя такие сведения, как параметры контролируемых и регулируемых величин в нормальном режиме и предельно допустимые, правила и порядок пуска и останова агрегатов, последовательность срабатывания отключающих устройств при аварийных остановках и т. п.

Система условных графических изображений представляет собой совокупность символов — простейших геометрических фигур, линий и точек, которые в сочетании с буквенными выражениями и числами позволяют отобразить многообразие элементов систем автоматизации, каналы связи, соединяющие их, функциональное назначение каждого элемента.

Т а б л и ц а 1. Условные графические обозначения первичных преобразователей и отборных устройств

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Термопреобразователь сопротивления		Чувствительный элемент: поплавковый	
Термоэлектрический преобразователь		емкостного уровня	
Термобаллон газового (жидкостного) преобразователя		Преобразователь: физико-химических свойств	
Отбор давления		пьезометрический	
Сужающее устройство для измерения расхода		Сосуд: разделительный	
Преобразователь расхода электромагнитный		конденсационный	

В табл. 1 приведены условные обозначения; некоторых наиболее часто встречающихся на практике отборных устройств и первичных измерительных преобразователей. Из таких обозначений строят и более сложные, например многозонный термопреобразователь сопротивления изображают с несколькими элементами.

Измерительные приборы, регулирующие блоки, многофункциональные устройства передающие преобразователи обозначают на чертежах символами, приведенными в табл. 2. В верхней половине круга (квадрата), изображающего прибор, указывается физическая величина, для измерения (регулирования) которой он предназначен. Физическая величина указывается латинскими и греческими прописными и строчными буквами в соответствии с обозначениями, приведенными в табл. 3.

Таблица 2. Условные графические обозначения приборов, регуляторов и измерительных преобразователей





Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Измерительный прибор (преобразователь)		Передающий преобразователь: электрический	
Регулятор или регулирующий блок		пневматический	
Измерительный прибор и регулятор в одном корпусе		Измерительный прибор с электрическим передающим преобразователем	

Таблица 3. Обозначения измеряемых и регулируемых величин

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Температура	t	Плотность	ρ
Давление, вакуум	P	Концентрация	C
Расход и количество	G	Перемещение	S
Уровень	H	Вязкость	μ
		Разность (приращение)	Δ

В нижней части условного графического изображения указывают функциональные признаки прибора или

регулятора, например наличие регистрации или интегрирования значений величины, закон регулирования и т. п. Функциональные признаки обозначают буквенными сочетаниями (табл.4).

Примеры условных графических изображений приборов и регуляторов приведены на рис. 1.

Для изображения на чертежах исполнительных устройств применяют обозначения, приведенные в табл. 5. Пользуясь таблицей, можно определить вид регулирующего органа, изображенного на схеме, тип исполнительного механизма и вид используемой энергии. Для электрических механизмов в кружке, обозначающем привод, показывают род используемого тока.

Т а б л и ц а 4 Буквенные обозначения функциональных признаков прибора и регулятора

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Показывающий	П	Статический (пропорциональный)	С
Регистрирующий	С	Изодромный или ПИ	Из
Интегрирующий	И	Дифференцирующий	Дф
Суммирующий (блок)	См	Позиционный	Пз
Преобразующий	Пр	Регулирующий соотношение	Со
Усиливающий	Ус	Задающий	Зд

Т а б л и ц а 5. Условные графические обозначения регулирующих органов и исполнительных механизмов

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Заслонка регулирующая		Исполнительный механизм: поршневой	
Клапан регулирующий		мембранный	
» трехходовой		электромагнитный	
		с электроприводом	

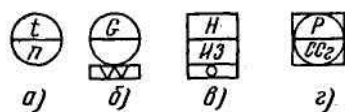


Рис.1 примеры условных графических изображений: а – прибор для измерения температуры; б – измерительный преобразователь расхода с электрическим выводом; в – ПИ – регулятор уровня; г – П- регулятор давления

приборного типа

Для изображения элементов электрических принципиальных схем используют условные графические обозначения (табл. 6). Кроме указанных в таблице применяют также широко известные условные изображения радиодеталей, таких, как резисторы, диоды, триоды, конденсаторы, а также электротехнических устройств — трансформаторов, электродвигателей и т. п.

Каналы связи между устройствами автоматики изображают в виде сплошных линий, соединяющих их. Технологические аппараты на схемах автоматизации изображают упрощенными символами, которые обычно повторяют контуры машин, агрегатов и т. п. Трубопроводы, транспортирующие среды от аппарата к аппарату, также изображают в виде линий, а их- пересечения обозначают точкой. Стрелки, указывающие направление потоков жидкостей, выполняют зачерненными, газов — контуром треугольника. В разрывах трубопроводов для сложных технологических про-

цессов иногда проставляют числа, характеризующие транспортируемую по трубопроводу среду: вода — 1, пар — 2, воздух — 3, кислород 5, с 6 до 10 — инертные газы, Нефте- и бекзинопроводы обозначают числом 15, а трубопроводы, по которым транспортируют горючие газы, — от 16 до 25 (в зависимости от вида газа).

Таблица 6. Условные графические обозначения элементов электрических схем

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Катушка реле или электро-механического устройства		Размыкающий с замедлителем: при срабатывании	
Катушка реле: двухобмоточного		при отпуске	
поляризованного		при срабатывании и отпуске	
с задержкой при срабатывании		Выключатель кнопочный	
с замедлением при отпуске		Разъединитель трехполюсный	
Контакт: замыкающий		Соединение: разборное	
размыкающий		неразборное	
замыкающий с замедлителем: при срабатывании		Переключатель многопозиционный	
при отпуске		Лампа сигнальная	
при срабатывании и отпуске			

Для изображения на чертежах схем, выполненных на логических элементах, применяют обозначения, приведенные в табл. 7. Для простых элементов их изображение содержит одно поле прямоугольной формы, в котором указывают с помощью условных изображений функциональное назначение элемента, его тип по номенклатурному перечню, другие поясняющие данные. В тех случаях, когда необходимо указать номер подключаемой внешней цепи, характеристику входного или выходного сигнала, эти данные

помещают на дополнительных полях.

Буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах изображают в соответствии с ГОСТ 2.7-10—81. Стандарт вводит обязательные буквенные коды для наиболее распространенных групп элементов электрических схем. Конденсаторы, резисторы и полупроводниковые приборы на схемах и в текстовых материалах должны иметь буквенный код соответственно *C*, *R* и *V*. Реле, контакторы и пускатели обозначают кодом *K*, а сигнальные устройства — *H*. После кода устройства указывают порядковый номер (позицию) устройства на чертеже. Например: *V5* — пятый полупроводниковый элемент, а *H7* — седьмая сигнальная лампа.

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Элемент логический		ИЛИ	
С дополнительными полями		И	
Повторитель		Элемент с задержкой времени	
НЕ (инвертор)		Пороговый элемент (формирователь импульсов)	

Таблица 7. Условные обозначения элементов логических схем

Если на чертеже изображается несколько видов элементов, входящих в группу, например полупроводниковые диоды, транзисторы, стабилитроны, то для изображения применяют двухбуквенные коды. Так,

диодам и стабилитронам присваивается код *VD*, транзисторам — *VT*. Звуковое сигнальное устройство обозначают кодом *HA*, а сигнальную лампу — *HL*.

Для обозначения выключателей и разъединителей используют код *Q*, а для коммутационных устройств (кнопок, переключателей, встроенных контактных групп) — *S*. Контакты электромеханических реле обозначают следующим образом: указывают код реле, его позиционный номер и через двоеточие — номер контактной группы, которой принадлежит контакт. Например, обозначение *KT2:3* обозначает, что речь идет о третьей контактной группе второго реле времени на данной схеме.

Кроме приведенных условных изображений, предусмотренных ГОСТами, при составлении проектов автоматизации широко применяют отраслевой стандарт «Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов» (ОСТ 36-27—77). Согласно ОСТ приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на технологическом оборудовании, на схемах изображают в виде круга диаметром 10 мм. Для обозначения приборов, устанавливаемых на щитах, круг делят пополам горизонтальной чертой (см. рис. 1, а). В круге изображают позиционное обозначение устройства, которое формируется по следующему правилу: буква, соответствующая коду измеряемой величины, буква, уточняющая измеряемую величину (при необходимости), далее — коды функциональных признаков устройств.

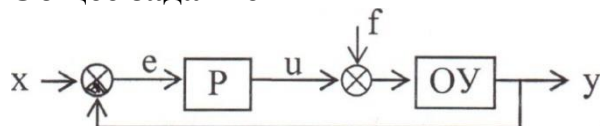
Для основных физических величин приняты следующие коды: расход *F*, уровень *L*; давление *p*; качество, состав, концентрация — *Q* и т. п. Для обозначения функциональных признаков устройств приняты коды: сигнализация *A*; индикация (показание) *I*; регулирование *C*; регистрация *R*. Дополнительно функциональные признаки могут быть уточнены следующими обозначениями: первичный преобразователь *E*, передающий *T*, станция управления *H*, вычислительная операция *U*. Эти буквы замыкают условное обозначение устройства.

Рядом с графическим изображением устройства на чертежах могут быть нанесены дополнительные символы, характеризующие род энергии сигнала (*E* — электрический, *p* — пневматический), операцию, выполняемую вычислительным устройством (*к* — умножение сигнала и т. п.).

Практическая работа №3

Тема :« Получение передаточной функции по дифференциальному уравнению»

Общее задание



Дана одноконтурная АСР, для которой определена передаточная функция регулятора (Р) с настройками и дифференциальное уравнение объекта управления (ОУ). Требуется определить:

- передаточную функцию разомкнутой системы $W_{\infty}(s)$;
- характеристическое выражение замкнутой системы (ХВЗС);
- передаточные функции замкнутой системы $\Phi_3(S)$ — по заданию, $\Phi_3(S)$ — по возмущению, $\Phi_E(S)$ — по ошибке;
- коэффициенты усиления АСР;
- устойчивость системы.

Пример решения задания

Дан ПИ-регулятор с ПФ вида $W_p = 2 + \frac{1}{s}$ и объект управления, описываемый дифференциальным уравнением

$$2 \frac{d^3 y}{dt^3} + 3 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = \frac{d^2 u}{dt^2} + 4 \frac{du}{dt} + u$$

Определяется передаточная функция объекта:

$$W_{об}(s) = \frac{s^2 + 4s + 1}{2s^3 + 3s^2 + s}$$

Тогда передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W_{\infty}(s) = W_p(s) * W_{об}(s) = \left(2 + \frac{1}{s}\right) * \frac{s^2 + 4s + 1}{2s^3 + 3s^2 + s} = \frac{2s^3 + 9s^2 + 6s + 1}{2s^4 + 3s^2 + s} = \frac{B(s)}{A(s)}$$

ХВЗС:

$$D(s) = A(s) + B(s) = 2s^4 + 3s^3 + s^2 + 2s^3 + 9s^2 + 6s + 1 = 2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1.$$

2

Передаточные функции замкнутой системы:

$$\Phi_3(s) = \frac{W_{\infty}(s)}{1 + W_{\infty}(s)} = \frac{B(s)}{D(s)} = \frac{2s^3 + 9s^2 + 6s + 1}{2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1} \text{ - по заданию,}$$

$$\Phi_E(s) = \frac{1}{1 + W_{\infty}(s)} = \frac{A(s)}{D(s)} = \frac{2s^4 + 3s^3 + s^2}{2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1} \text{ - по ошибке,}$$

$$\Phi_B(s) = \frac{W_{об}(s)}{1 + W_{\infty}(s)} = \frac{\frac{s^2 + 4s + 1}{2s^3 + 3s^2 + s}}{1 + \frac{2s^3 + 9s^2 + 6s + 1}{2s^4 + 3s^3 + s^2}} = \frac{s^3 + 4s^2 + s}{2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1} \text{ - по}$$

возмущению.

По передаточным функциям определяются коэффициенты усиления путем подстановки в них $s = 0$:

$K_3 = \Phi_3(0) = 1$ — по заданию;

$K_E = \Phi_E(0) = 0$ — по ошибке;

$K_B = \Phi_B(0) = 0$ — ПО возмущению.

Устойчивость АСР определяется по критерию Гурвица.

Поскольку коэффициенты ХВЗС $a_4 = 2, a_3 = 5, a_2 = 10, a_1 = 6, a_0 = 1$ (степень полинома $n = 4$), то матрица Гурвица имеет вид

$$\begin{pmatrix} 5 & 6 & 0 & 0 \\ 2 & 10 & 1 & 0 \\ 0 & 5 & 6 & 0 \\ 0 & 2 & 10 & 1 \end{pmatrix}$$

(обратите внимание на сходство строк матрицы: 1 с 3 и 2 с 4). Определители:

$$\Delta_1 = 5 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 2 & 10 \end{pmatrix} = 5 * 10 - 2 * 6 = 38 > 0,$$

$$\Delta_3 = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 0 \\ 2 & 10 & 1 \\ 0 & 5 & 6 \end{pmatrix} = (5 * 10 * 6 * 6 * 1 * 0 + 2 * 5 * 0) - (0 * 10 * 0 + 5 * 5 * 1 + 2 * 6 * 6) = 209 > 0$$

$$3\Delta_4 = 1 * \Delta_3 = 1 * 209 > 0$$

Поскольку все определители положительны, то АСР устойчива. ♦

Варианты заданий:

Вариант	Пф Регулятора	Дифференциальное уравнение ОУ
1	$W_p = 4 + \frac{4}{s}$	$16 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = \frac{du}{dt} + u$
2	$W_p = 5 + \frac{1}{s}$	$4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = u$
3	$W_p = 0.5$	$4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 5 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + y = \frac{du}{dt} + u$
4	$W_p = 2 + \frac{1}{s}$	$27 \frac{d^3 y}{dt^3} + 27 \frac{d^2 y}{dt^2} + 9 \frac{dy}{dt} + y = 5u$
5	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$8 \frac{d^3 y}{dt^3} + 6 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = 8u$
6	$W_p = 4$	$\frac{d^3 y}{dt^3} + \frac{d^2 y}{dt^2} = 2 \frac{d^2 u}{dt^2} + 3 \frac{du}{dt} + u$
7	$W_p = 5 + \frac{5}{s}$	$12 \frac{d^3 y}{dt^3} + 10 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2 \frac{dy}{dt} = u$
8	$W_p = 8$	$7 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 9 \frac{dy}{dt} + y = 5 \frac{du}{dt} + u$
9	$W_p = 4 + \frac{1}{s}$	$4 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6 \frac{dy}{dt} + 2y = 4u$
10	$W_p = \frac{3}{s}$	$2 \frac{d^3 y}{dt^3} + 3 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = \frac{d^2 u}{dt^2} + 4 \frac{du}{dt} + u$

11	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$4 \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + y = 2u$
12	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$10 \frac{d^3 y}{dt^3} + 7 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = 4u$
13	$W_p = 5 + \frac{1}{s}$	$4 \frac{d^3 y}{dt^3} + 8 \frac{d^2 y}{dt^2} + 5 \frac{dy}{dt} + y = 4u$
14	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$25 \frac{d^3 y}{dt^3} + 10 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = 2u$
15	$W_p = \frac{3}{s}$	$4 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = 2 \frac{du}{dt} + u$
16	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$10 \frac{d^3 y}{dt^3} + 7 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} = 8u$
17	$W_p = 1 + \frac{1}{s}$	$4 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2 \frac{dy}{dt} + y = 3u$

Практическая работа №4

Тема: «Преобразование структурных схем САУ»

Цель работы: Научиться получать передаточные функции сложных систем соединений звеньев.

Порядок выполнения

1. В зависимости от номера варианта выбрать исходные данные.
2. Получить передаточную функцию сложной системы соединений звеньев.

Консультация по выполнению практической работы

Передаточная функция последовательно соединенных звеньев :

$$W_{\Sigma} = W_1 W_2 \dots W_N$$

Передаточная функция параллельно соединенных звеньев:

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 \dots W_N$$

Передаточная функция системы с обратной связью (встречно-параллельное соединение):

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{W_1(p)}{1 - W_0(p)W_1(p)}$$

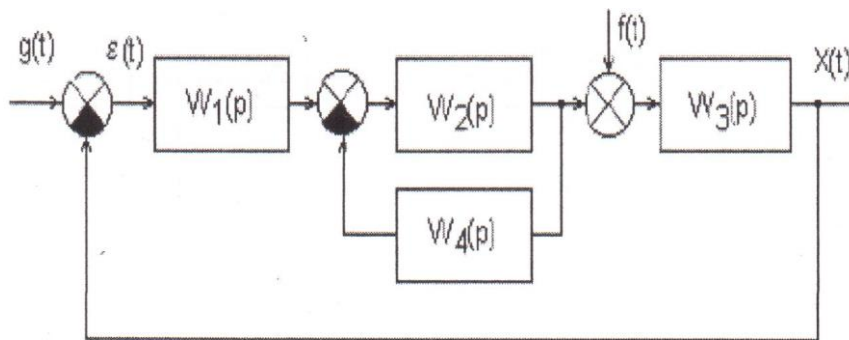
ПОС

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{W_1(p)}{1 + W_0(p)W_1(p)}$$

ООС

Пример

Найти передаточную функцию системы по ее структурной схеме.



Структурная схема АС

Решение. Приведем структурную схему к одноконтурной. Сворачивая звенья с передаточными функциями $W_2(p)$, $W_4(p)$ получим

$$W_{24}(p) = \frac{W_2(p)}{1 + W_2(p) * W_4(p)}$$

Тогда передаточная функция разомкнутой системы

$$W(p) = \frac{X(p)}{G(p)} = W_1(p) * W_{24}(p) * W_3(p)$$

Передаточная функция разомкнутой системы по возмущающему воздействию

$$V(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = W_3(p)$$

Передаточная функция замкнутой системы по задающему: воздействию

$$\Phi(p) = \frac{X(p)}{G(p)} = \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \frac{W_1(p) * W_{24}(p) * W_3(p)}{1 + W_1(p) * W_{24}(p) * W_3(p)}$$

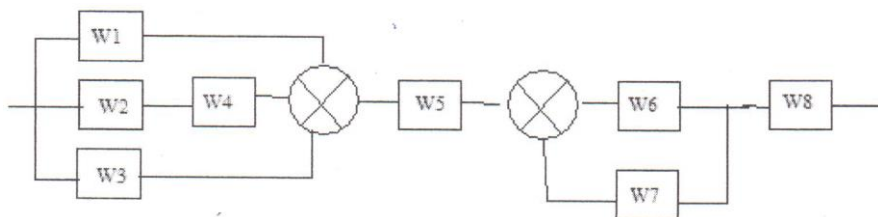
Передаточная функция системы по сигналу ошибки

$$\Phi_E(p) = \frac{E(p)}{G(p)} = \frac{1}{1 + W(p)} = \frac{1}{1 + W_1(p) * W_{24}(p) * W_3(p)}$$

Передаточная функция замкнутой системы по возмущающему воздействию

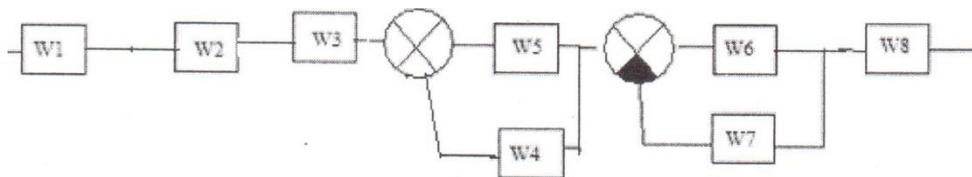
$$\Phi_f(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = \frac{V(p)}{1 + W(p)} = \frac{W_3(p)}{1 + W_1(p) * W_{24}(p) * W_3(p)}$$

Вариант 1,16

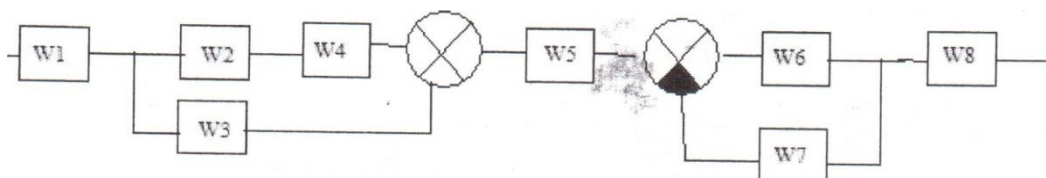


Вариант 2,

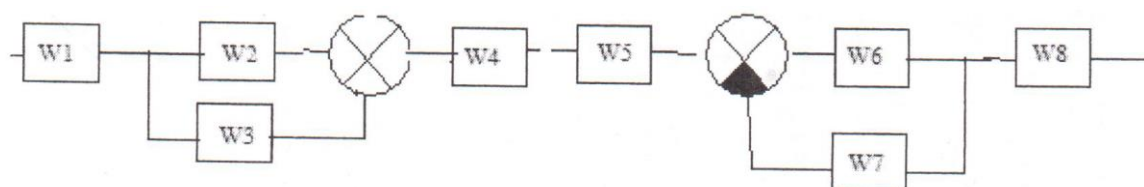
17



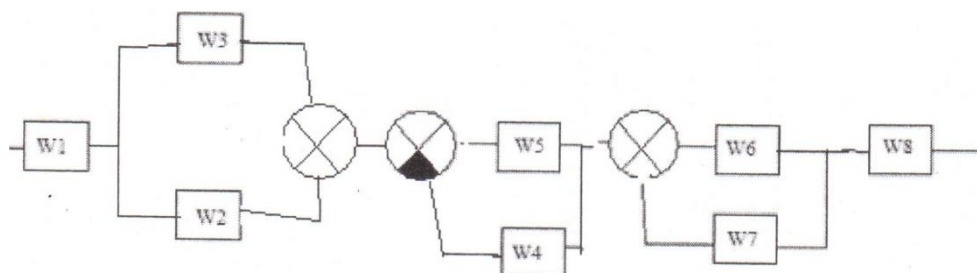
3, 18



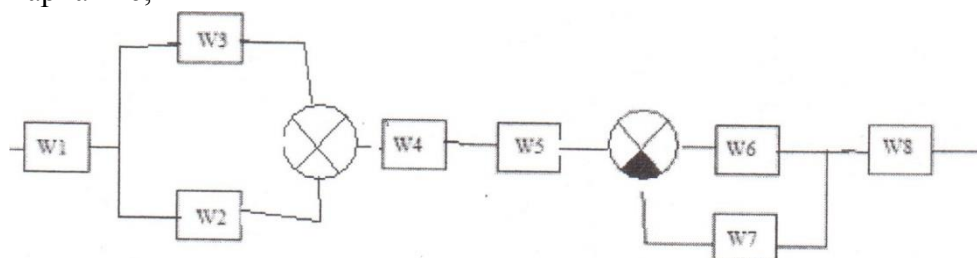
Вариант 4, 19



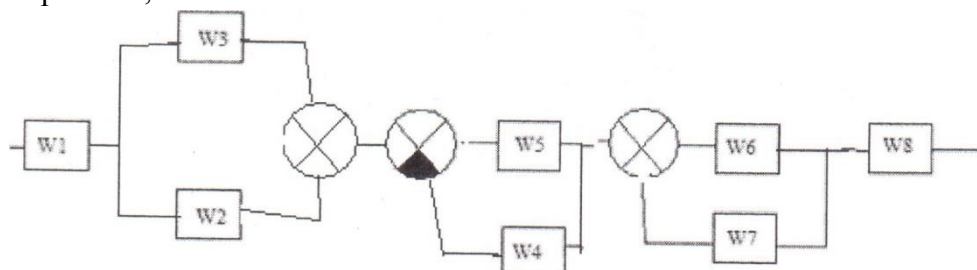
Вариант 5, 20



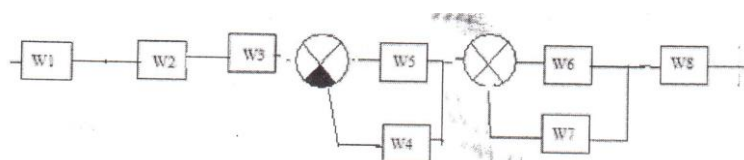
Вариант 6, 21



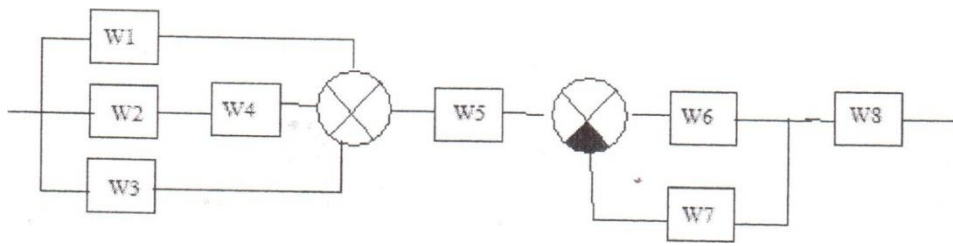
Вариант 7, 22



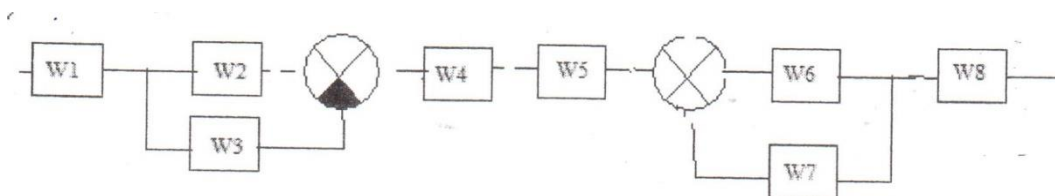
Вариант 8, 23



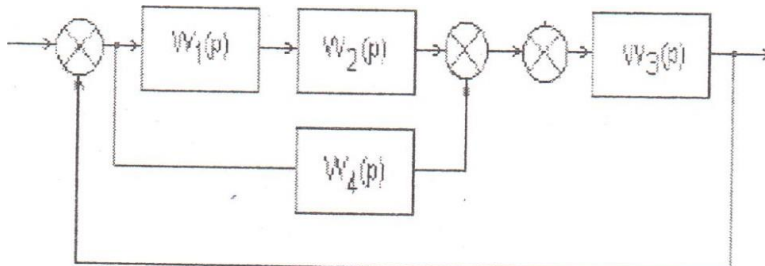
Вариант 9, 24



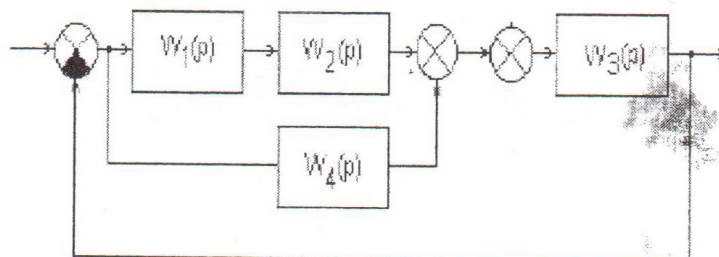
Вариант 10, 25



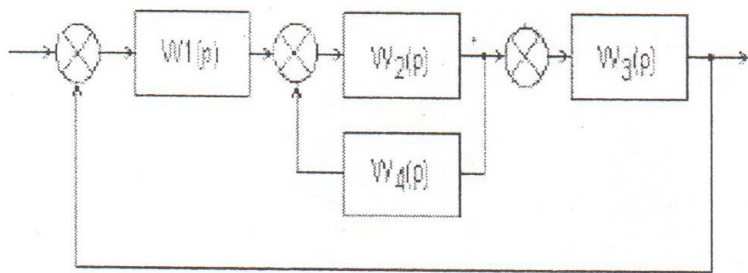
Вариант 11, 26



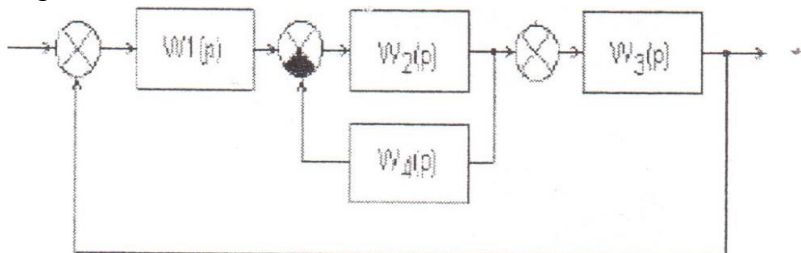
Вариант 12, 27



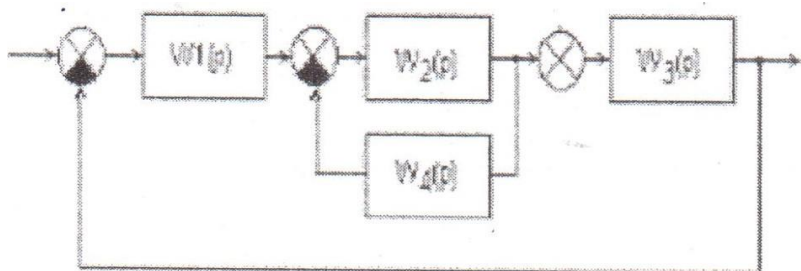
Вариант 13, 28



Вариант 14, 29



Вариант 15, 30



Практическая работа №5

Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ

ВВЕДЕНИЕ

VisSim – это визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем, а также проектирования, базирующегося на моделях, для встроенных микропроцессоров. VisSim сочетает в себе характерный для Windows интуитивный интерфейс для создания блочных диаграмм и мощное моделирующее ядро. Язык разработан американской компанией Visual Solutions, которая находится в Westford, штат Массачусетс.

Программа VisSim – одна из лучших программ объектно-ориентированного моделирования (ООМ) физических и технических объектов и систем. В частности, в этой программе могут быть промоделированы, исследованы и оптимизированы простые и сложные системы управления.

При подготовке и выполнении работы рекомендуется вначале ознакомиться с теорией вопроса и порядком выполнения задания.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА РАБОТЫ

Цель работы – проведение испытания и анализа линейных систем с помощью программы Vissim; изучение основных характеристик типовых линейных звеньев.

В результате выполнения работы следует сделать вывод о том, действительно ли виртуальные блоки программы VisSim и виртуальный лабораторный стенд в целом, с точки зрения исследователя воспринимаются и работают так же как их реальные аналоги.

Задачи работы: построение и анализ переходных характеристик интегратора, аperiodического и колебательного звеньев

Продолжительность: 1 час 30 минут

Работа рассчитана на одно занятие в компьютерном зале и два часа самостоятельной работы студента. Работа выполняется в компьютерном зале одним студентом или бригадой из двух-трех студентов, в зависимости от величины группы и возможностей компьютерного зала.

В результате выполнения экспериментальной части работы следует сделать вывод о том, действительно ли виртуальные блоки программы VisSim и виртуальный

лабораторный стенд в целом работают и воспринимаются исследователем так же как их реальные аналоги.

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Для выполнения работы необходимы:

- персональный компьютер типа IBM PC с операционной системой Windows XP;
- студенческая (некоммерческая) версия программы Vissim.

3. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Типовые звенья

Это простые модели элементов сложных линейных систем и даже систем в целом.

Переходная характеристика звеньев

Переходная характеристика или функция позволяет и качественно, и количественно характеризовать быстроедействие звеньев и систем. Переходный процесс может быть как монотонным, так и колебательным и его длительность и является количественной характеристикой быстроты реакции звена на прикладываемые к нему воздействия.

Типовые звенья бывают:

- простейшие (пропорциональное звено, интегратор и дифференцирующее звено);
- звенья первого порядка (апериодическое или инерционное, инерционно-дифференцирующее, форсирующее и др.);
- звено второго порядка (колебательное и его частный случай – апериодическое второго порядка);
- звено третьего порядка (способное терять устойчивость, его можно назвать звеном Вышнеградского);
- звено запаздывания.

Основные характеристики линейных звеньев:

- переходная характеристика $h(t)$ – реакция звена на ступенчатое единичное воздействие $1(t)$;
- передаточная функция $W(s)$, связывающая изображения входного $X(s)$ и выходного $Y(s)$ сигналов линейного звена;

- комплексный коэффициент передачи $W(j\omega)$, связывающий спектры входного $X(j\omega)$ и выходного $Y(j\omega)$ сигналов линейного звена;
- импульсная или весовая функция $w(t)$ реакция звена на дельта-функцию Дирака $d(t)$.

Интегратор – звено, выходной сигнал $y(t)$ которого пропорционален интегралу по времени от входного сигнала $x(t)$:

$$y(t) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad (1)$$

где: T - т.н. постоянная времени интегратора.

Передаточная функция интегратора имеет вид [1]:

$$W(s) = \frac{k}{s} = \frac{1}{Ts} \quad (2)$$

где: k – коэффициент усиления интегратора; s – комплексный аргумент.

Апериодическое звено имеет передаточную функцию вида [1]:

$$W(s) = \frac{k}{1+Ts} \quad (3)$$

где: k – коэффициент усиления; T – постоянная времени апериодического звена.

Колебательное звено имеет передаточную функцию вида [1]:

$$W(s) = \frac{k}{1+2Ts} \quad (4)$$

где: Δ (греческая дельта) - декремент затухания; k - коэффициент усиления; T - постоянная времени.

Звено запаздывания задерживает сигнал на время t :

$$(5) y(t) = x(t - \Delta)$$

Его передаточная функция:

$$(6) W(s) = e^{-\Delta s}$$

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получить разрешение у преподавателя, ведущего занятия, и запустить VisSim.

Установить кириллицу: View - Font.

3.1. Исследование интегратора

Поместить в рабочее пространство Vissim следующие блоки:

- генератор ступенчатого единичного воздействия $1(t)$: Blocks --> Signal Producer -> step;
- интегратор: Blocks --> Integration -> integrator;
- осциллограф: Blocks --> Signal Consumer --> plot.

Подключить выход step к входу integrator'а, выход integrator'а к входу plot'а.

Запустить программу на счет.

Обратите внимание, что величина коэффициента усиления или постоянная времени T интегратора в VisSim'e не поддается изменению и всегда равна единице. При необходимости изменить эту величину следует перед интегратором поставить блок усиления gain: Blocks -> Arithmetic -> gain, в котором и поменять усиление, что будет эквивалентно изменению усиления k интегратора. Постоянная времени T интегратора $T = 1/k$.

Как ведет себя переходная характеристика интегратора? Почему такое звено называется звеном без самовыравнивания?

Найти связь между постоянной времени T интегратора и временем, за которое его выходная величина достигает значения входной ступеньки. Сделайте выводы по проделанной части работы.

Оформление выполненной работы заслуживает очень большого внимания. Оно косвенно, но наглядно характеризует уровень профессионализма разработчика диаграммы. Поэтому этикетки и комментарии должны быть составлены и оформлены так, чтобы у наблюдателя диаграммы сложилось полное впечатление о том, кто, когда и зачем, с какой целью составил диаграмму, как работает модель, что на ней видно, каковы результаты моделирования и что из этого следует.

Оформите подписи и комментарии на диаграмме, включая и выводы. Сохраните диаграмму, дав ей содержательное краткое название, в своей папке (D:\Студенты\32АТП-12\Лучкин). Предъявить диаграмму преподавателю, ведущему лабораторные работы.

4.2. Исследование аperiodического звена

Открыть новую диаграмму VisSim.

Поместить в рабочее пространство VisSim следующие блоки:

- генератор ступенчатого единичного воздействия $1(t)$: Blocks -> Signal Producer -> step;
- блок линейной системы, или линейный блок, описываемый передаточной функцией $W(s)$: Blocks -> Linear System -> Transfer Function;
- осциллограф: Blocks -> Signal Consumer -> plot.

Подключить step к входу блока Transfer Function, а его выход к входу осциллографа plot.

Пусть требуется исследовать аperiodическое звено с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k}{1+Ts} \text{ где } k = 4,7; T = 0,2 \text{ с.}$$

Настроить линейный блок: дважды щелкнуть по блоку левой кнопкой мыши или один раз правой. В появившемся окне установить: усиление (Gain) равным 4,7, числитель

(Numerator) оставить равным 1, для знаменателя (Denominator) набрать 0.2 (пробел) 1. Символы "s" и "+" в знаменателе не указываются, они по принятому в VisSim соглашению заменяются при вводе одним пробелом. Нажать ОК.

Запустить на счет.

Проанализировать график переходной функции. Найти соотношение между постоянной времени T апериодического звена и временем, за которое переходная функция приближается к своему установившемуся значению на величину, меньшую 5% этого значения. Как еще по переходной характеристике апериодического звена можно определить значение постоянной времени?

Подключить несколько звеньев к одному осциллографу. Рассмотреть варианты с различными значениями коэффициента усиления и постоянной времени (0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 сек) апериодического звена. Сделать выводы.

Оформить диаграмму, включая заголовок главного окна осциллографа и названия отдельных кривых переходного процесса. Сохранить диаграмму, предъявить преподавателю.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- цель и задачи работы;
- краткие сведения о программе VisSim;
- диаграммы;
- выводы.

Сделать выводы на основании решения поставленных в работе цели и задач. Нужно отличать выводы от констатации фактов, из которых и следуют выводы.

Выводы следует формулировать в технической форме, а не в методической, используя безличную форму изложения. Например, вывод может быть такой: «Блоки VisSim'а генератор синусоиды (sinusoid) и осциллограф (plot) действительно являются виртуальными аналогами реальных устройств» или, по крайней мере, такой: «Изменяющиеся сигналы целесообразнее исследовать с помощью осциллографа, а постоянные - с помощью цифрового индикатора». Не следует констатировать что-то в виде: «Мы (а тем более, Я) познакомились, научились и т.п. ...».

Защита работы включает доклад студента и его ответы на вопросы по теме лабораторной работы.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При работе на компьютере необходимо соблюдать общие требования электро- и пожарной безопасности при работе с электрическими приборами. Перед подключением принтера необходимо выключить компьютер.

При работе также необходимо соблюдать следующие требования. Создавать документы можно только в своей папке. Копировать и удалять файлы, не имеющие отношения к выполняемой работе, запрещено.

Рекомендуется чаще сохранять данные во избежание их потери.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое модель и моделирование? С какой целью оно осуществляется?
2. Для чего предназначена программа VisSim?
3. Что представляет собой интерфейс VisSim'a?
4. Из каких пунктов состоит главное меню VisSim'a? Их назначение.
5. В чем заключаются принципы построения моделей в среде VisSim'a?
6. Перечислите основные блоки VisSim'a. Почему они являются виртуальными аналогами реальных устройств и приборов?
7. В чем состоят принципы управления моделью и получения результатов моделирования в среде VisSim'a?
8. В чем заключаются принципы функционирования программы VisSim?
9. Что нужно сделать, чтобы текст и надписи на рабочем пространстве VisSim'a были на русском языке?
10. Как создать надпись на рабочем пространстве?
11. Как изменить шрифт надписи на кириллицу?
12. Как вынести на рабочее пространство VisSim'a генератор синусоиды? Как и какие параметры синусоиды можно изменить?
13. Как соединять и разъединять блоки? Можно ли соединить два входа блоков или два выхода? Почему?
14. Порядок вынесения на рабочее пространство и использования осциллографа. Как и какие настройки его можно менять? Как увеличить размер окна осциллографа на весь экран?
15. Что такое const и slider в VisSim'e? Чем похожи и чем отличаются эти генераторы?

16. Что такое meter и display в VisSim'e? Когда предпочтительнее использовать тот или иной из этих индикаторов?
17. Как изменить время функционирования (симуляции модели), т.е. время, в течение которого работает модель?
18. Как изменить шаг интегрирования Step Size? Какой шаг интегрирования можно считать оптимальным? Как его подобрать?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаков, Н.А. Теория автоматического управления: учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Н.А. Бабаков, А.А. Воронов, А.А. Воронова и др.; Под ред. А.А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1986. – 367 с.
2. Дьяконов, В.П. Vissim+Mathcad+MATHLAB. Визуальное математическое моделирование/В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004.-384 с.

Практическая работа №6

Тема: «Определение передаточных функций системы САУ»

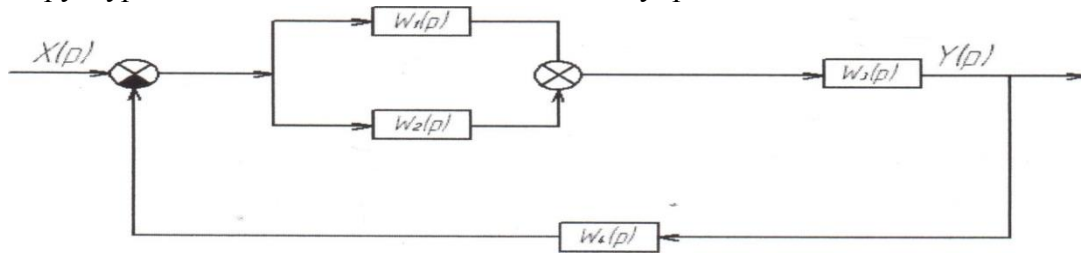
Цель работы: Научиться получать передаточные функции замкнутых АСР.

Порядок выполнения:

1. В зависимости от номера варианта выбрать исходные данные.
2. Получить передаточную функцию замкнутой АСР.

Консультация по выполнению практической работы

Структурная схема системы автоматического управления:



Определение передаточной функции системы. Передаточная функция разомкнутой системы:

$$W_{raz} = W_1(p)W_3(p) + W_2(p)W_3(p)$$

Передаточная функция замкнутой системы:

$$W_{zam} = \frac{W_{raz}}{1 + W_{raz} * W_4(p)}$$

Вариант	№ Рис.	$W_1(p)$	$W_2(p)$	$W_3(p)$	$W_4(p)$
1	1	5	2p	P	1/p
2	1	20	P	P	11/p
3	1	11	3p	11p	2/p
4	1	1	2p	6p	3/p
5	1	7	4p	2p	4/p
6	1	18	6p	4p	5/p
7	1	3	P	3p	6/p
8	1	6	3p	9p	7/p
9	2	1	2p	2p	10
10	2	2	P	2p	8

11	2	3	$5p$	$4p$	4
12	2	4	$10p$	$3p$	6
13	2	5	$8p$	$3p$	2
14	2	6	$2p$	$8p$	1
15	2	7	P	$6p$	1
16	2	8	P	P	2
17	3	1	P	P^2	$1/p$
18	3	2	P	$2p^2$	$1/p$
19	3	3	P	p^2	$2/p$
20	3	4	P	$4p^2$	$3/p$
21	3	5	P	$6p^2$	$4/$
22	3	6	P	$9p^2$	$5/p$
23	3	7	P	$3p^2$	$6/p$
24	3	8	P	$5p^2$	$7/p$
25	4	$3p$	$2/p$	P	p^2
26	4	3	$1/p$	$3p$	p^2
27	4	1	$2/p$	$2p$	p^2
28	4	$2p$	$3/p$	$4p$	$4p^2$
29	4	2	$4/p$	$5p$	$6p^2$
30	4	$4p$	$5/p$	$6p$	$9p^2$
31	4	4	$6/p$	$8p$	$3p^2$
32	4	$6p$	$1/p$	p	$5p^2$

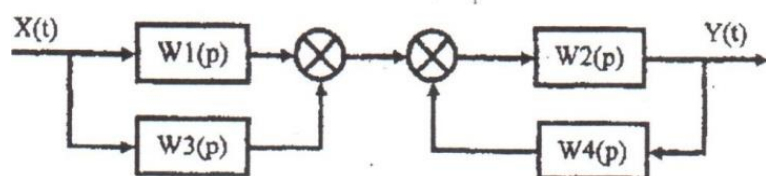


Рис.1

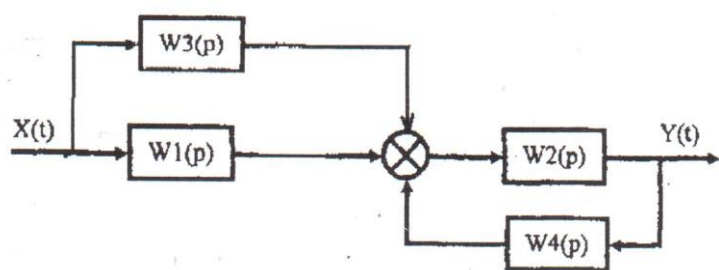


рис.2

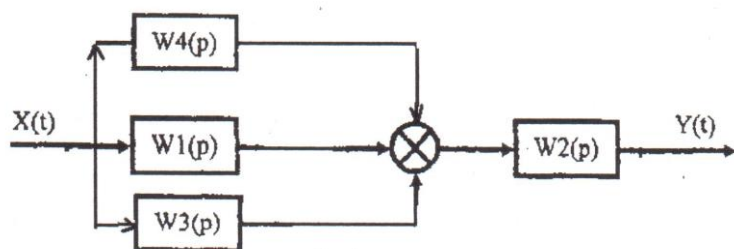


Рис.3

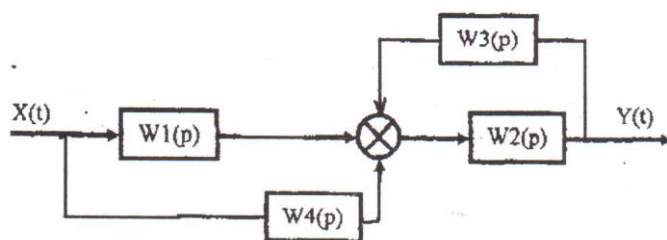


Рис.4

Практическая работа № 7

Тема « Определить устойчивость по критерию Михайлова »

Цель : научиться определять работоспособность САУ.

Критерий Михайлова

Описанные выше критерии устойчивости не работают, если передаточная функция системы имеет запаздывание, то есть может быть записана в виде

$$W_{\infty}(s) = \frac{B(s)}{A(s)} e^{-ts}$$

где t - запаздывание.

В этом случае характеристическое выражение замкнутой системы полиномом не является и его корни определить невозможно. Для определения устойчивости в данном случае используются частотные критерии Михайлова и Найквиста.

Порядок применения критерия Михайлова:

1) Записывается характеристическое выражение замкнутой системы:

$$D_3(s) = A(s) + B(s)e^{-ts}$$

2) Подставляется $s = j\omega$: $D_3(j\omega) = \text{Re}(\omega) + j\text{Im}(\omega)$.

3) Записывается уравнение годографа Михайлова $D_3(j\omega)$ и строится кривая на комплексной плоскости.

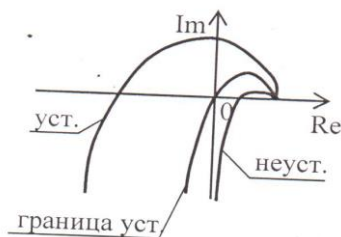


Рисунок 1.43

Для устойчивой АСР необходимо и достаточно, чтобы годограф Михайлова (см. рисунок 1.43), начинаясь при $\omega = 0$ на положительной вещественной полуоси, обходил последовательно в положительном направлении (против часовой стрелки) при возрастании ω от 0 до ∞ n квадрантов, где n - степень характеристического полинома.

Если годограф Михайлова проходит через начало координат, то говорят, что система находится на границе устойчивости.

Пример. Дана передаточная функция разомкнутой системы

$$W_{\infty}(s) = \frac{2s^3 + 9s^2 + 6s + 1}{2s^4 + 3s^3 + s^2} = \frac{B(s)}{A(s)}$$

Для этого определяется ХПЗС:

$$\begin{aligned} D(s) = A(s) + B(s) &= 2s^4 + 3s^3 + s^2 + 2s^3 + 9s^2 + 6s + 1 \\ &= 2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1 \end{aligned}$$

Характеристический полином замкнутой системы имеет вид

$$D(s) = 2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1$$

После подстановки $S = j\omega$ получается выражение для годографа Михайлова:
 $D(j\omega) = 2(j\omega)^4 + 5(j\omega)^3 + 10(j\omega)^2 + 6j\omega + 1 = 2\omega^4 - 5j\omega^3 - 10\omega^2 + 6j\omega + 1 = \operatorname{Re}_D(\omega) + j * \operatorname{Im}_D(\omega)$

где $\operatorname{Re}_D(\omega) = 2\omega^4 - 10\omega^2 + 1$ — действительная часть выражения годографа,
 $\operatorname{Im}_D(\omega) = -5\omega^3 + 6\omega$ - мнимая часть.

границе устойчивости.

Пример. Характеристический полином замкнутой системы имеет вид (см. предыдущий пример):

$$D(s) = 2s^4 + 5s^3 + 10s^2 + 6s + 1.$$

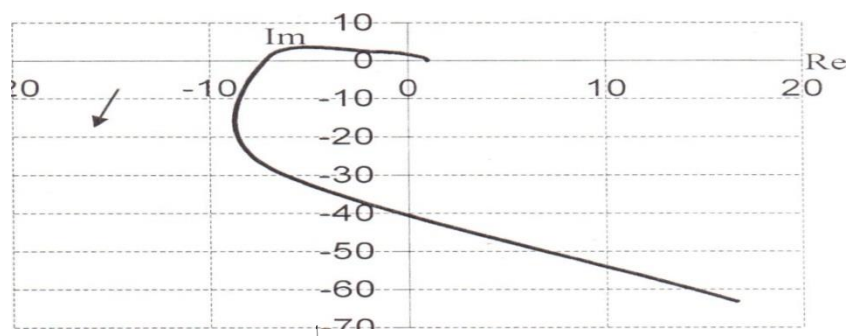
После подстановки $S = j\omega$ получается выражение для годографа Михайлова:
 $D(j\omega) = 2(j\omega)^4 + 5(j\omega)^3 + 10(j\omega)^2 + 6j\omega + 1 = 2\omega^4 - 5j\omega^3 - 10\omega^2 + 6j\omega + 1 = \operatorname{Re}_D(\omega) + j * \operatorname{Im}_D(\omega)$

где $\operatorname{Re}_D(\omega) = 2\omega^4 - 10\omega^2 + 1$ — действительная часть выражения годографа, $\operatorname{Im}_D(\omega) = -5\omega^3 + 6\omega$ - мнимая часть.

Далее, варьируя частоту ω от 0 до бесконечности, рассчитываются точки годографа (см. таблицу 1.3) и на комплексной плоскости строится кривая (см. рисунок 1.44).

Таблица 1.3

ω	$\operatorname{Re}_D(\omega)$	$\operatorname{Im}_D(\omega)$
0	0	1
0,1	0,1	0,9002
0,5	0,2	0,6032
1	0,5	-1,375
2	1	-7
5	2	-7
10	2,5	16,625
∞	∞	$-\infty$



3.Задание: Дана передаточная функция разомкнутой системы определить устойчивость системы по критерию Михайлова и построить годограф.

Номер варианта по номеру в журнале:

Номер задание 1 для вариантов(1,3,6)

Номер задание 2 для вариантов(9, 12,15)

Номер задание 3 для вариантов(18,21,24)

Номер задание 4 для вариантов(2,4,5)

Номер задание 5 для вариантов(7, 0)

Номер задание 6 для вариантов(8,11)

Номер задание 7 для вариантов(13, 6,)

Номер задание 8 для вариантов(14,17,23)

Номер задание 9 для вариантов(20,19,22)

Задание с 1 по 10.

$$1. W(p) = \frac{3p+1}{4p^3+3p^2+5p+1}$$

$$2. W(p) = \frac{8p^2+2}{3p^2+6p^2+2p+2}$$

$$3. W(p) =$$

$$\frac{p^3+2p}{5p^3+2p+10}$$

$$4. W(p) =$$

$$\frac{5}{2p^4+3p^3+4p^2+p+3}$$

$$5. W(p) =$$

$$\frac{2p+1}{5p^3+7p^2+5p+1}$$

$$6. W(p) =$$

$$\frac{3p+1}{6p^3+2p^2+p+1}$$

$$7. W(p) =$$

$$\frac{3p^2+1}{3p^3+5p^2+4p+2}$$

$$8. W(p) = \frac{2p^3+2p}{p^3+2p+7}$$

$$9. W(p) =$$

$$\frac{3p}{2p^4+3p^3+4p^2+p+1}$$

$$10. W(p) =$$

$$\frac{1}{2p^4+5p^2+3p^2+4p+2}$$

Контрольные вопросы:

1. С какой целью выполняют преобразование Лапласа?

Что такое передаточная функция?

Какие частотные характеристики вы знаете? 4. Как определяется передаточная функция при последовательном соединении звеньев?

Как определяется передаточная функция при параллельном соединении звеньев?

6. Как определяется передаточная функция при соединении с обратной связью?
7. Какие показатели качества Вы знаете?
8. Как оценить качество по корням характеристического уравнения?
9. Что такое степень устойчивости и степень колебательности?

Практическая работа № 8

5. Системы дистанционной передачи показаний

Цель работы: изучить состав и работу системы ДПП, что производить наладку элементов систем автоматизации

В отчёте внести:

Цель работы реостатную, индукционную, дифференциально-трансформаторную и токовую систем Электросиловые, электропневматические и пневмосиловые преобразователи;

Описание вторичных приборов

Системы дистанционной передачи показаний включают в себя передающий преобразователь, канал связи и приемное устройство, чаще выполненное в виде вторичного прибора. По виду используемой ими энергии они бывают электрические и пневматические.

Электрические системы дистанционной передачи показаний бывают реостатные, индукционные, дифференциально-трансформаторные и токовые.

Реостатная система передачи измерительной информации строится следующим образом. От вторичной обмотки трансформатора $Tr1$ (рис. 1, а) выпрямленное напряжение подается на резистор $R2$ приемника и переменные резисторы $R1$ и датчик реостатный $ДР$. В диагональ образованного этими резисторами моста включен измерительный прибор $ИП$. С помощью резистора $R1$ устанавливают степень чувствительности прибора, а резистор $R2$ служит для балансировки моста. $ДР$ соединен с чувствительным элементом передающего преобразователя. При увеличении измеряемой величины движок $ДР$ перемещается, мост разбалансируется и в диагонали протекает ток, пропорциональный перемещению движка $ДР$.

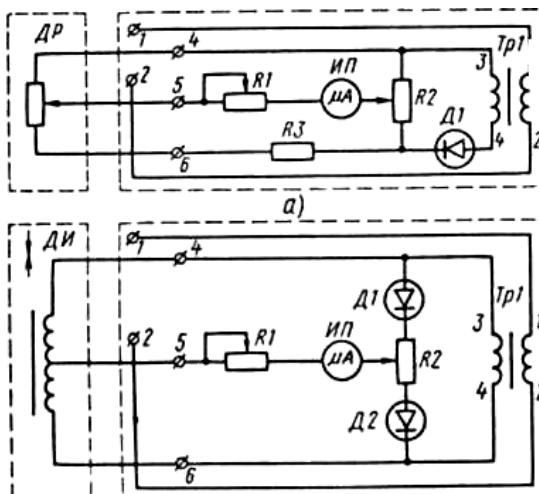


Рис.1 Схема реостатной (а) и индукционной (б) систем передачи показаний

Для передачи показаний в системах, измеряющих отклонение измеряемых величин от среднего значения, применяют измерительный прибор $ИП$ с нулем посередине и балансируют мост при среднем положении движка $ДР$.

Индукционная система передачи показаний строится по тому же принципу. Мост переменного тока питается от трансформатора $Tr1$ (рис. 1, б). Диоды $Д1$ и $Д2$ выпрямляют ток в диагонали моста. Индуктивный датчик $ДИ$ представляет собой катушку индуктивности, средняя точка которой включена в диагональ моста. В катушке перемещается пропорционально изменению измеряемой величины сердечник из магнитного материала, который связан с манометрической пружиной, сильфоном, мембраной. Если мост сбалансировать резистором $R2$ при среднем положении сердечника, то при изменении измеряемой величины сердечник, перемещаясь вверх или вниз, будет изменять индуктивность, а следовательно, и сопротивление переменному току плечей моста. В диагонали появится ток.

Эти системы настраивают индивидуально для каждой пары «передающий преобразователь — приемное устройство». Их применяют для передачи информации о положении устройств со значительными перемещениями (например, исполнительных механизмов) и в качестве формирователей задания или переменной для регуляторов и т.п.

Дифференциально-трансформаторную систему передачи показаний применяют в измерительных приборах, в которых изменение измеряемой величины преобразуется в возвратно-поступательное перемещение передающего механизма (например, в манометрах, ротаметрах). Дифференциальный трансформатор преобразователя / (рис. 2) состоит из первичной питающей обмотки и двух включенных встречно вторичных обмоток, намотанных на один жесткий цилиндрический каркас.

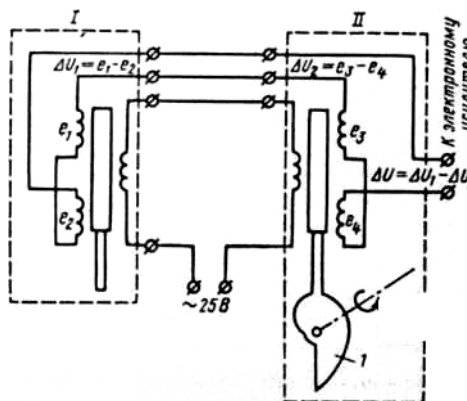


Рис.2 Схема дифференциально-трансформаторной системы

Сердечник (пунжер) перемещается внутри каркаса в зависимости от значения измеряемой величины. При отклонении пунжера преобразователя от среднего значения напряжение на выходе дифтрансформатора станет равным $\Delta U_1 = e_1 - e_2$, где ΔU_1 — напряжение на выходе преобразователя; e_1 и e_2 — напряжения на катушках вторичной обмотки.

Изменение напряжения вызывается тем, что взаимоиндуктивность катушек изменяется, причем в противоположном направлении, и их сопротивление переменному току становится различным.

Дифтрансформаторная система передачи информации предусматривает наличие электронного автоматического вторичного прибора 2. Пунжер вторичного прибора перемещается лекалом 1, связанным с двигателем прибора. При изменении положения пунжера преобразователя на вход усилителя поступит разность напряжений $\Delta U = \Delta U_1 - \Delta U_2$. Усилитель будет иметь на своем выходе напряжение, вращающее двигатель до наступления равновесия системы ($\Delta U \sim 0$).

Усилитель, записывающий механизм и вспомогательные устройства, встроенные во вторичный прибор, аналогичны этим же устройствам для автоматических потенциометров и мостов.

Первичные обмотки питаются 220В переменным током, поступающим со стороны вторичного прибора.

Токовая система передачи показаний является унифицированной, и при изменении измеряемого параметра от нулевого до максимального ее выходной сигнал изменяется в диапазоне 0—5 или 0—20 мА. Такая система строится по принципу компенсации усилия, развиваемого чувствительным элементом.

Пневматическую систему передачи показаний широко применяют в химических, нефтехимических и других пожаро- и взрывоопасных производствах. Она состоит из преобразователей с унифицированным выходным сигналом 0,02—0,1 МПа и ряда вторичных приборов, предназначенных для индикации и регистрации измеряемых величин в виде пневматического сигнала, изменяющегося в тех же пределах.

В автоматических системах приборов и устройств, относящихся к электрической и пневматической ветвям ГСП, применяют электропневматические (ЭПП) и пневмоэлектрические (ПЭ) преобразователи.

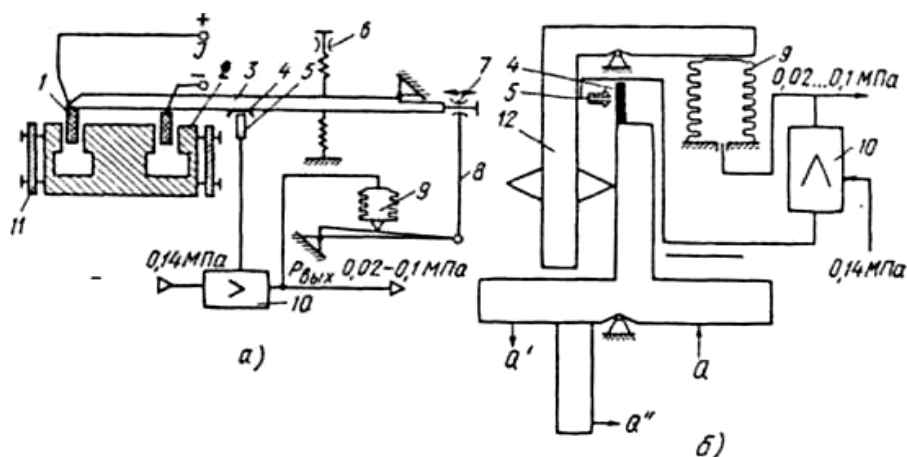


Рис.3 Электропневматический (а) и пневмосиловой (б) преобразователи

В электропневматическом преобразователе (рис. 3, а) ток, изменяющийся в диапазоне 0—5 мА, подводят к катушкам 1, перемещающимся в поле постоянного магнита 2. С катушками жестко связана балка 3, на которой укреплена заслонка 4. При изменении значения тока 1 вследствие взаимодействия полей катушек и магнита возникает усилие, которое перемещает балку с заслонкой относительно сопла 5. Изменение давления в линии сопла, вызванное этим перемещением, приводит к изменению давления на выходе усилителя 10 и в полости сильфона обратной связи 9. Например, при увеличении тока балка с катушками будет втягиваться в полость магнита, сопло приблизится к заслонке и давление на выходе ЭПП будет возрастать до тех пор, пока усилие сильфона 9, переданное на балку через тягу 8, не уравнивает новое значение силы взаимодействия полей катушки и магнита, соответствующее новому значению тока.

Геометрические размеры балок и положения точек опоры выбраны таким образом, чтобы при изменении тока от 0 до 5 мА выходное давление служило геометрическим корректором диапазона 7, точную корректировку производят с магнитными шунтами 2, которые перемещают с помощью винтов относительно магнита 2, увеличивая или ослабляя его поле.

Этот же принцип лежит в основе конструирования пневмоэлектрических преобразователей. У преобразователей ПЭ в отличие от ЭПП чувствительным элементом является сильфон, в который подают давление 0,02—0,1 МПа, а катушки с постоянным магнитом являются элементом обратной связи.

В пневмосиловом преобразователе (рис. 3, б) усилие, развиваемое чувствительным элементом, поворачивает основной рычаг вокруг оси против часовой стрелки. При этом заслонка 4 приближается к соплу 5, из которого свободно истекает сжатый воздух. Сопло 5 питается от усилителя 10 через капиллярное отверстие, поэтому приближение или удаление заслонки от сопла на несколько микрон вызывает резкое изменение давления в линии сопла. Комплект, состоящий из сопла и заслонки, называют реле «сопло-заслонка». Изменение сигнала на выходе реле воспринимает усилитель 10, который изменяет давление в компенсирующем сильфоне 9 так, что усилие, развиваемое сильфоном и передаваемое на рычаг 12 и на основной рычаг, уравнивается усилием, развиваемым чувствительным элементом.

Практическая работа №9

Тема: Пневматические регуляторы и датчики

Цель работы: Изучить назначение пневматических регуляторов и датчиков, чтобы подбирать элементную базу САУ.

Отчет должен содержать:

1. название;
2. цель работы;
3. общие сведения и принцип работы пневматических регуляторов.

Ход работы:

В пневматических регуляторах взаимодействие между отдельными элементами и воздействие на регулирующий орган осуществляются с помощью сжатого воздуха.

Основным элементом пневматических регуляторов является устройство типа сопло—заслонка, в котором механическое перемещение чувствительного элемента преобразуется в сигнал сжатого воздуха.

В качестве примера рассмотрим работу пневматического регулятора давления РД, предназначенного для поддержания заданного давления неагрессивных паров или газов.

Регулируемое давление (рис. 1) подводится к манометрической пружине 4. К свободному концу пружины присоединена заслонка 6, которая опирается на подвижный упор 3 и под действием пружины 2 стремится прикрыть сопло 7. К последнему по линии питания через постоянный дроссель 1 подводится сжатый воздух. Проходное сечение дросселя 1 меньше проходного сечения сопла 7, поэтому перемещение заслонки относительно сопла, при изменениях регулируемого давления вызывает изменение выходного давления в командной линии регулятора. Таким образом, систему сопло—заслонка можно рассматривать как дроссель переменного сечения. Следовательно, изменяя положение заслонки, можно регулировать давление сжатого воздуха, поступающего на исполнительный механизм.

Изменение регулируемого давления приводит к перемещению свободного конца манометрической пружины и соответственно заслонки относительно сопла, вследствие чего меняется выходное давление регулятора. На исполнительный механизм оказывается регулирующее воздействие, и регулируемое давление приводится к заданному значению. Регулятор настраивается на заданное значение регулируемой величины задатчиком 5, с помощью которого можно поворачивать плату 9 с заслонкой 6 вокруг оси 8. Настройка степени неравномерности в диапазоне 5 ... 50 % осуществляется передвижением упора 3.

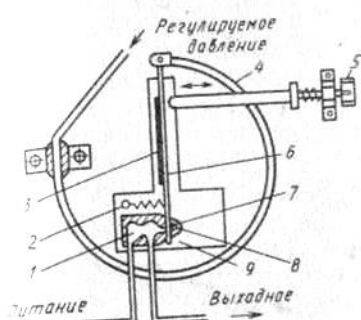


Рис. 1. Схема регулятора давления типа РД

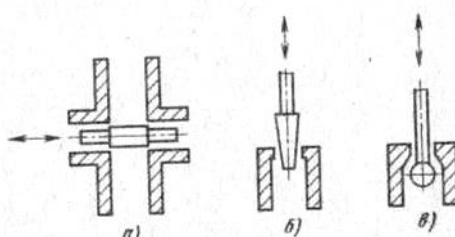


Рис. 2. Исполнительные дросселирующие устройства типа сопло—заслонка: а — золотник; б — игла; в — шарик

Регулятор РД может быть настроен на прямое и обратное действие. В первом случае при повышении регулируемого давления давление командного сигнала (сжатого воздуха)

возрастает от 0 до 100 кПа; при установке на обратное действие увеличение регулируемого давления вызывает понижение командного давления от 100 кПа до 0.

Пределы регулирования давления регуляторов РД в зависимости от типа изменяются от 100 кПа до 2,4 МПа. Давление сжатого воздуха, подводимого к регулятору, должно быть в пределах 127 ... 147 кПа.

В пневматических регуляторах, помимо описанного, применяются и другие исполнения устройств типа сопло—заслонка: дросселирующий золотник (рис. 2, а), дросселирующая игла (рис. 2, б) и дросселирующий шарик (рис. 2, в).

Учитывая большое сходство в конструкциях различных пневматических регуляторов, ограничимся рассмотрением только регулятора типа 04. Этот регулятор может встраиваться в компенсационные измерительные приборы, образуя системы регулирования температуры, давления, расхода и других параметров. По характеру регулирующего воздействия регулятор 04 является пропорционально-интегральным и осуществляет регулирование с изодромной обратной связью.

Регулируемое давление подводится к манометрической пружине 4 (рис. 3), которая раскручивается или скручивается при его изменении. Деформация пружины с помощью системы рычагов вызывает перемещение заслонки 7 относительно сопла 6. К соплу через дроссель 8 непрерывно подается сжатый воздух по трубке 9. Так как проходное сечение трубки в несколько раз больше сечения дросселя, то перемещение заслонки вызывает изменение давления воздуха, поступающего в камеру пневматического реле 14. Мембранная коробка 15 этого реле через шток 13 перемещает золотник 12, дросселирующий поток воздуха через сопла 11 10.

и

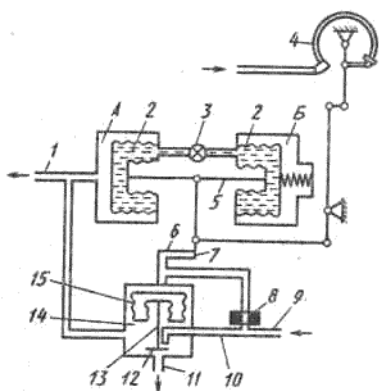


Рис. 3 Схема пневматического регулятора давления типа 04

Если сопло 6 полностью открыто, то давление под мембраной равно атмосферному и золотник 12 прикрывает собой сопло 10. Одновременно через выпускное сопло 11 золотник соединяет с атмосферой идущую к исполнительному механизму командную, линию, отчего давление под мембраной исполнительного механизма снижается до атмосферного и клапан занимает крайнее положение, например закрывается. Если сопло 6 полностью перекрыто заслонкой, то золотник закрывает сопло 11 и открывает сопло 10, через которое воздух подается в командную линию 1. Давление над мембраной клапана повышается, и он занимает второе крайнее положение. При промежуточных положениях заслонки клапан занимает промежуточное положение.

Устройство обратной связи состоит из двух пар сильфонов 2, помещенных в камеры А и Б. Пространство между внутренними и наружными сильфонами заполнено толуолом. Внутренние сильфоны соединены штоком 5, а жидкостные полости сообщаются по трубке с игольчатым вентилем 3.

При пропорционально-интегральном регулировании игольчатый вентиль 3 открыт, т. е. сообщаются жидкостные полости сильфонов. Скорость перетекания жидкости из полости в полость зависит от степени открытия вентили и от разности давления в камерах А и Б. Когда рассогласования нет и значение регулируемой величины равно заданному, давления жидкости в полостях А и Б равны.

Если давление в командной линии начнет увеличиваться, то механизм обратной связи отодвинет заслонку 7 от сопла 6. Поскольку давление в полости А больше давления в полости Б, то жидкость начнет перетекать через игольчатый вентиль 3 из полости А

в полость *Б*, шток будет перемещаться влево и постепенно давление в обеих полостях выровняется. Но при этом заслонка опять приблизится к соплу, и командное давление увеличится, в результате чего регулирующий орган переместится займет новое положение, обеспечивающее нормальное течение процесса при изменившихся условиях. Это значит, что исполнительный механизм при значении регулируемой величины, равном заданному, займет новое положение, при котором регулирующее воздействие компенсирует внешнее возмущение.

Такая обратная связь, при которой устраняется статическая неравномерность, называется *изодромной*.

Регулятор типа 04 дает на выходе пневматический сигнал давлением 0 ... 100 кПа. Для питания регулятора используется подаваемый через фильтр очищенный сжатый воздух давлением 140 кПа.

Пневматические регуляторы давления должны быть оборудованы взрывными (предохранительными) клапанами. Эти клапаны должны безотказно открываться при заданном давлении, обладать необходимой пропускной способностью и минимальным временем срабатывания и автоматически закрываться после окончания процесса сброса. Давление срабатывания взрывного клапана не должно превышать рабочее давление в 1,5 раза.

Все регуляторы должны также обеспечивать при отключении энергии, потребляемой исполнительными механизмами, или при отказах автоматики перестроение регулирующих органов в положение, обеспечивающее безопасность работы объекта регулирования. Регулирующий орган в зависимости от конструктивного исполнения и вида регулируемого процесса в случае аварии должен полностью открываться и фиксироваться в том же положении.

При эксплуатации автоматических регуляторов должны выполняться общие требования ГОСТ 12.1004—76, регулирующего условия взрывобезопасности и пожарной безопасности.

Практическая работа № 10

6. Изучение характеристик первичных преобразователей температуры

Цель работы: Изучить назначение, типы, и характеристики первичных преобразователей температуры,

Отчет должен содержать:

1. название
2. цель работы;
3. назначение, типы и характеристики первичных преобразователей температуры.

Назначение и типы терморезисторов

К первичным преобразователям температуры относятся терморезисторы, являющиеся параметрическим датчикам температуры, поскольку их активное сопротивление зависит от температуры. Терморезисторы называют также термометрами сопротивления или термосопротивлениями. Они применяются для измерения температуры в широком диапазоне от -270 до 1600°C .

Если терморезистор нагревать проходящим через него электрическим током, то его температура будет зависеть от интенсивности теплообмена с окружающей средой. Так как интенсивность теплообмена зависит от физических свойств газовой или жидкой среды (например, от теплопроводности, плотности, вязкости), в которой находится терморезистор, от скорости перемещения терморезистора относительно газовой или жидкой среды, то терморезисторы используются и в приборах для измерения таких неэлектрических величин, как скорость, расход, плотность и др.

Различают металлические и полупроводниковые терморезисторы. Металлические терморезисторы изготавливают из чистых металлов: меди, платины, никеля, железа, реже из молибдена и вольфрама. Для большинства чистых металлов температурный коэффициент электрического сопротивления составляет примерно $(4\text{—}6,5) \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$, т. е. при увеличении температуры на 1°C сопротивление металлического терморезистора увеличивается на $0,4\text{—}0,65\%$. Наибольшее распространение получили медные и платиновые терморезисторы. Хотя железные и никелевые терморезисторы имеют примерно в полтора раза больший температурный коэффициент сопротивления, чем медные и платиновые, однако применяются они реже. Дело в том, что железо и никель сильно окисляются и при этом меняют свои характеристики. Вообще добавление в металл незначительного количества примесей уменьшает температурный коэффициент сопротивления. Сплавы металлов и окисляющиеся металлы имеют низкую стабильность характеристик. Однако при необходимости измерять высокие температуры приходится применять такие жаропрочные металлы, как вольфрам и молибден, хотя терморезисторы из них имеют характеристики, несколько отличающиеся от образца к образцу.

Широкое применение в автоматике получили полупроводниковые терморезисторы, которые для краткости называют *термисторами*. Материалом для их изготовления служат смеси оксидов марганца, никеля и кобальта; германий и кремний с различными примесями и др.

По сравнению с металлическими терморезисторами полупроводниковые имеют меньшие размеры в большие значения номинальных сопротивлений. Термисторы имеют на порядок больший температурный коэффициент сопротивления (до $-6 \cdot 10^{-2} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$). Но этот коэффициент — отрицательный, т. е. при увеличении температуры сопротивление термистора уменьшается. Существенный недостаток полупроводниковых терморезисторов по сравнению с металлическими — непостоянство температурного коэффициента сопротивления. С ростом температуры он сильно падает, т. е. термистор имеет нелинейную

характеристику. При массовом производстве термисторы дешевле металлических терморезисторов, но имеют больший разброс характеристик.

Металлические терморезисторы

Сопротивление металлического проводника R зависит от температуры:

$$R = Ce^{\alpha T}, \quad (1)$$

где C — постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных размеров проводника; α — температурный коэффициент сопротивления; e — основание натуральных логарифмов.

Абсолютная температура (К) связана с температурой в градусах Цельсия соотношением $T \text{ К} = 273 + T^\circ \text{С}$.

Определим относительное изменение сопротивления проводника при его нагреве. Пусть сначала проводник находился при начальной температуре T_0 и имел сопротивление

$$R_0 = Ce^{\alpha T_0}$$

При нагреве до температуры T его сопротивление $R_T = Ce^{\alpha T}$.

Возьмем отношение R_T и R_0 :

$$R_T / R_0 = Ce^{\alpha T} / (Ce^{\alpha T_0}) = e^{\alpha(T - T_0)}$$

Известно, что функцию вида e^x можно разложить в степенной ряд:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

Для нашего случая $x = \alpha(T - T_0)$. Так как величина α для меди сравнительно мала и в диапазоне температур до $+150^\circ \text{С}$ может быть принята постоянной $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ \text{С}$, то и произведение $\alpha(T - T_0)$ в этом диапазоне температур меньше единицы. Поэтому не будет большой ошибкой пренебречь при разложении членами ряда второй степени и выше:

$$R_T / R_0 = 1 + \frac{\alpha(T - T_0)}{1!}$$

Выразим сопротивление при температуре T через начальное сопротивление при T_0 :

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Медные терморезисторы выпускаются серийно и обозначаются ТСМ (термосопротивления медные) с соответствующей градуировкой: гр. 23 имеет сопротивление 53,00 Ом при 0°С ; гр. 24 имеет сопротивление 100,00 Ом при 0°С . Медные терморезисторы выполняются из проволоки диаметром не менее 0,1 мм, покрытой для изоляции эмалью.

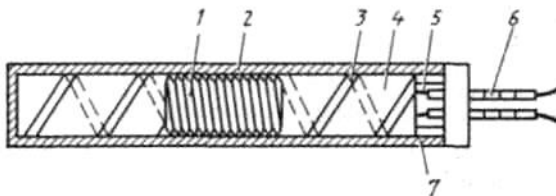


Рис. 1. Платиновый термометр сопротивления

Для платиновых терморезисторов, которые применяются в более широком диапазоне температур, чем медные, следует учитывать зависимость температурного коэффициента сопротивления от температуры. Для этого берется не два, а три члена разложения в степенной ряд функции e^x .

В диапазоне температур от -50 до 700°С достаточно точной является формула

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$$

где для платины $\alpha = 3,94 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ \text{С}$, $\beta = 5,8 \cdot 10^{-7} (\text{1/}^\circ \text{С})^2$.

Платиновые терморезисторы выпускаются серийно и обозначаются ТСП (термосопротивления платиновые) с соответствующей градуировкой: гр. 20 имеет

сопротивление 10,00 Ом при 0°C, гр. 21—46,00 Ом; гр. 22—100,00 Ом. Платина применяется в виде неизолированной проволоки диаметром 0,05—0,07 мм.

В табл. 1 приведены зависимости сопротивления металлических терморезисторов от температуры; они называются стандартными градуировочными таблицами.

На рис. 1 показано устройство платинового термометра сопротивления. Сам терморезистор выполнен из платиновой проволоки 1, намотанной на слюдяную пластину 2 с нарезкой. Слюдяные

накладки 3 защищают обмотку и крепятся серебряной лентой 4. Серебряные выводы 5 пропущены через фарфоровые изоляторы 6. Термосопротивление помещается в металлический защитный чехол

Таблица 1

Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры

Температура, °C	Сопротивление, Ом				
	Платиновые термометры сопротивления			Медные термометры сопротивления	
	гр. 20	гр. 21	гр. 22	гр. 23	гр. 24
—200	1,73	7,95	17,28	—	—
—150	3,88	17,85	38,80	—	—
—100	5,97	27,44	59,65	—	—
—50	8,00	36,80	80,00	41,71	78,70
—30	8,80	40,50	88,04	46,23	87,22
—10	9,60	44,17	96,03	50,74	95,74
0	10,00	46,00	100,00	53,00	100,00
20	10,79	46,94	107,91	57,52	108,52
40	11,58	53,26	115,78	62,03	117,04
60	12,36	56,86	123,60	66,55	125,56
80	13,14	60,43	131,37	71,06	134,08
100	13,91	63,99	139,10	75,58	142,60
120	14,68	67,52	146,78	80,09	151,12
140	15,44	71,03	154,41	84,61	159,64
160	16,20	74,52	162,00	89,13	168,16
180	16,95	77,99	169,54	93,64	176,68
300	21,38	98,34	213,79	—	—
400	24,94	114,72	249,38	—	—
500	28,38	130,55	283,80	—	—
600	31,70	145,85	317,06	—	—
650	33,33	153,30	333,25	—	—

Полупроводниковые терморезисторы

Сопротивление полупроводниковых терморезисторов (термисторов) резко уменьшается с ростом температуры. Их чувствительность значительно выше, чем металлических, поскольку температурный коэффициент сопротивления полупроводниковых терморезисторов примерно на порядок больше, чем у металлических. Если для металлов $\alpha = (4 \div 6) \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, то для полупроводниковых терморезисторов $|\alpha| > 4 \cdot 10^{-2} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Правда, для термисторов этот коэффициент непостоянен, он зависит от температуры и им редко пользуются при практических расчетах.

Основной характеристикой терморезистора является зависимость его сопротивления от абсолютной температуры T :

$$R_T = Ae^{B/T}, \quad (2)$$

где A — постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных размеров термистора; B — постоянный коэффициент, зависящий от физических свойств полупроводника; e — основание натуральных логарифмов.

Сравнение формулы (2) с формулой (1) показывает, что у термисторов с ростом температуры сопротивление уменьшается, а у металлических терморезисторов — увеличивается. Следовательно, у термисторов температурный коэффициент сопротивления имеет отрицательное значение.

Вообще чувствительность терморезистора (как датчика температуры) можно оценить как относительное изменение его сопротивления ($\Delta R/R$), деленное на вызвавшее это изменение приращение температуры:

$$S_{\delta} = (\Delta R / R) / \Delta T$$

$$\text{В пределе при } \Delta T \rightarrow 0 \quad S_{\delta} = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$$

Для металлического терморезистора чувствительность можно получить дифференцируя. Следовательно, $S_{\delta} = \alpha$, т.е. именно температурный коэффициент сопротивления определяет чувствительность.

Для полупроводникового терморезистора (термистора) чувствительность получим, дифференцируя:

$$S_{\delta} = \frac{1}{R} \frac{d(Ae^{B/T})}{dT} = A \frac{e^{B/T}}{R} \frac{d(B/T)}{dT} = -\frac{B}{T^2} \quad (3)$$

Из (3) видно, что чувствительность термистора имеет нелинейную зависимость от температуры.

Серийно выпускаются медно-марганцевые (тип ММТ) и кобальтово-марганцевые (тип КМТ) термисторы. На рис.2 показаны зависимости сопротивления от температуры для термисторов этих типов и для сравнения — для медного терморезистора. Величина B для термисторов составляет 2—5 тыс. К (меньше — для ММТ, больше для КМТ).

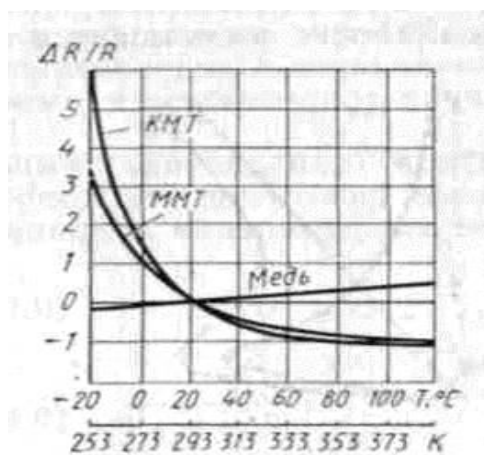


Рис. 2. Зависимости сопротивления от температуры для термисторов и медного терморезистора

Электрическое сопротивление термистора при окружающей температуре $+20^{\circ}\text{C}$ называют номинальным или холодным сопротивлением. Для термисторов типов ММТ-1, ММТ-4, ММТ-5 эта величина может составлять 1—200 кОм, а для типов КМТ-1, ММТ-4 — от 20 до 1000 кОм.

Верхний диапазон измеряемых температур для типа ММТ — 120°C , а для типа КМТ — 180°C .

Термисторы выпускаются в различных конструктивных исполнениях: в виде стерженьков, дисков, бусинок. На рис. 3 показаны некоторые конструкции термисторов.

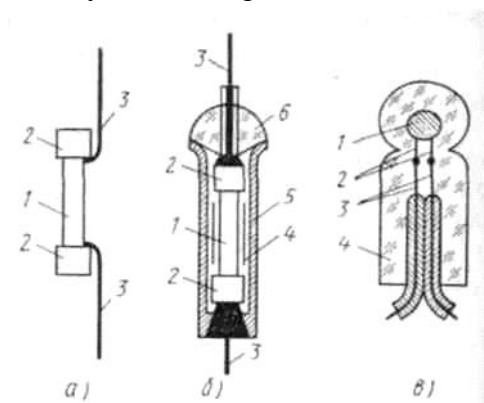


Рис. 3. Конструкции термисторов

Термисторы типов ММТ-1, КМТ-1 (рис. 3, а) внешне подобны высокоомным резисторам с соответствующей системой герметизации. Они состоят из полупроводникового стержня 1, покрытого эмалевой краской, контактных колпачков 2 с токоотводами 3. Термисторы типов ММТ-4 и КМТ-4 (рис. 3, б) также состоят из полупроводникового стержня 1, контактных колпачков 2 с токоотводами 3. Кроме покрытия эмалью стержень обматывается металлической фольгой 4, защищен металлическим чехлом 5 и стеклянным изолятором 6. Такие термисторы применимы в условиях повышенной влажности. На рис. 3, в показан термистор специального типа ТМ-54 — «Игла». Он состоит из полупроводникового шарика 1 диаметром от 5 до 50 мкм, который вместе с платиновыми электродами 2 впрессован в стекло толщиной порядка 50 мкм. На расстоянии около 2,5 мм от шарика платиновые электроды приварены к выводам 3 из никелевой проволоки. Термистор вместе с токоотводами помещен в стеклянный корпус 4. Термисторы типа ТМ-54 обладают очень малой тепловой инерцией, их постоянная времени порядка 0,02 с, и они используются в диапазоне температур от -70 до $+250^{\circ}\text{C}$. Малые размеры термистора позволяют использовать его, например, для измерений в кровеносных сосудах человека. Термисторы применяются в самых различных схемах автоматики, которые можно разделить на две группы. В первую группу входят схемы с термисторами, сопротивление которых определяется только температурой окружающей среды. Ток, проходящий при этом через термистор, настолько мал, что не вызывает дополнительного разогрева термистора. Этот ток необходим только для измерения сопротивления и для термисторов типа ММТ составляет около 10 мА, а для типа КМТ — 2—5 мА. Во вторую группу входят схемы с термисторами, сопротивление которых меняется за счет собственного нагрева. Ток, проходящий через термистор, разогревает его. Поскольку при повышении температуры сопротивление уменьшается, ток увеличивается, что приводит к еще большему выделению теплоты. Можно сказать, что в данном случае проявляется положительная обратная связь. Это позволяет получить в схемах с термисторами своеобразные характеристики релейного типа.

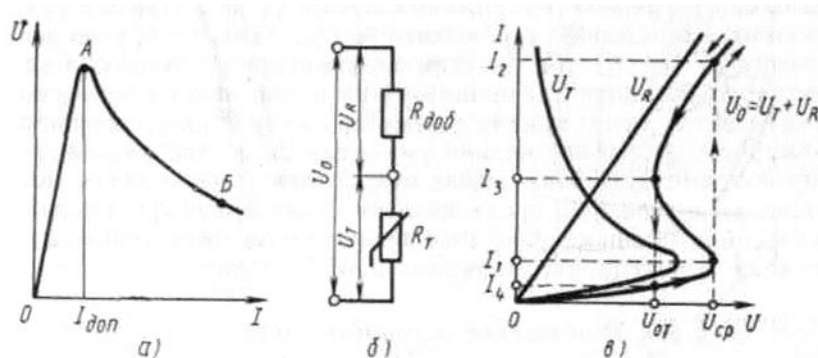


Рис. 4. Получение релейной характеристики в схеме с термистором

На рис. 4, а показана вольтамперная характеристика термистора. При малых токах ($I < I_{доп}$) влияние собственного нагрева незначительно и сопротивление термистора практически остается постоянным. Следовательно, напряжение на термисторе растет пропорционально току (участок OA). При дальнейшем увеличении тока ($I > I_{доп}$) начинает сказываться собственный нагрев термистора, сопротивление его уменьшается. Вольтамперная характеристика изменяет свой вид, начинается ее «падающий» участок AB . Этот участок используется для создания на базе термистора схем термореле, стабилизатора напряжения и др.

Резко выраженная нелинейность вольтамперной характеристики термистора позволяет использовать его в релейном режиме. На рис. 4, б представлена схема включения, а на рис. 4, в — характеристика термистора в этом режиме. Если в цепи термистора отсутствует добавочное сопротивление ($R_{доб} = 0$), то при некотором значении напряжения ток в цепи термистора резко увеличивается, что может привести к разрушению термистора (кривая U_T на рис. 4, в). Для ограничения роста тока необходимо в цепь тер-

мистора R_T включить добавочный резистор $R_{доб}$ (рис. 4, б) с прямолинейной характеристикой (кривая U_R на рис.4, в). При графическом сложении этих двух характеристик ($U_T + U_R$) получим общую вольт-амперную характеристику U_0 (имеющую S-образный вид на рис.4, е). Рассмотрим по этой характеристике процесс изменения тока / в цепи (рис. 4, б) при плавном увеличении напряжения питания U_0 . При достижении значения напряжения срабатывания $U_{ср}$ (этому напряжению соответствует ток I_1) ток скачком возрастает от значения I_1 до существенно большего значения I_2 . При дальнейшем увеличении напряжения ток будет плавно возрастать от I_2 . При уменьшении напряжения ток вначале плавно уменьшается до значения I_3 (этому току соответствует напряжение отпускания $U_{от}$), а затем скачком падает до значения I_4 , после чего ток плавно уменьшается до нуля. Скачкообразное изменение тока происходит не мгновенно, а постепенно из-за инерционности термистора.

Практическая работа № 11

7. Пневматические регулирующие и управляющие устройства

Цель работы: Изучить состав и работу пневматических регуляторов систем «СТАРТ» и «ЦЕНТР»

Отчет должен содержать:

1. название;
2. цель работы;
3. типовые узлы и модули УСЭППА.

Пневматические регуляторы и системы автоматического регулирования используют на предприятиях с взрывоопасными средами или медленно протекающими технологическими процессами (например, предприятия химической, нефтеперерабатывающей, газовой, деревообрабатывающей промышленности, а также нефтедобывающие установки). Наиболее распространены пневматические приборы и регуляторы системы «СТАРТ» и агрегатная система пневмоавтоматики «ЦЕНТР».

Пневматические приборы и регуляторы системы «СТАРТ» (ГОСТ 13053—76).* Каждый из приборов и устройств этой системы создан из определенного сочетания нескольких элементов УСЭППА — унифицированных серийных элементов приборов пневмоавтоматики. К таким приборам и устройствам относятся элементы сравнения, устройства прямого и обратного предварения, позиционные регулирующие устройства и др. В отдельных случаях в приборах применяют также унифицированные элементы релейной техники — выключающие реле.

Все приборы системы «СТАРТ» конструктивно выполнены по одному принципу. Элементы УСЭППА, из которых скомплектован каждый прибор, установлены на ножках (соединительных трубках) на плате (основании) из органического стекла.

Связь между элементами осуществляется через отверстия в ножках и каналы в плате. Плата, в свою очередь, соединена внутри прибора со штуцерами внешних линий гибкими резиновыми шлангами. Рабочий диапазон входных и выходных сигналов 0,02—0,1 МПа.

Питание приборов осуществляется сухим, очищенным от пыли и масла воздухом давлением 0,14 МПа. Приборы обеспечивают передачу пневматических сигналов на расстояние по трассе до 300 м при внутреннем диаметре трубопровода линии связи 6 мм. Они рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха 5—50°C и относительной влажности не более 80%.

Рассмотрим принцип действия лишь некоторых из них, входящих в систему «СТАРТ».

Элемент сравнения П2ЭС.1 (рис. 1) представляет собой трехмембранное пневмореле, предназначенное для формирования на выходе дискретных пневматических сигналов 0 и 1. Состоит из реагирующего органа и двух пневматических контактов, выполненных в виде сопел С1 и С2 с заслонками.

Элемент сравнения работает так, что при подаче на него командного сигнала заслонка может занимать только два положения либо полностью закрывать сопло, либо полностью открывать его. Контакты реле противоположного действия: если один контакт замыкается, то одновременно размыкается другой.

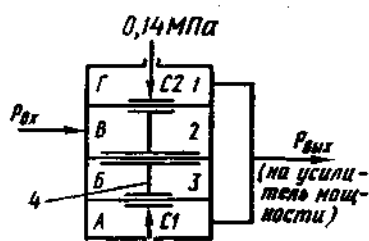


Рис. 1. Принципиальная схема элемента сравнения П2ЭС.1:
1—3 — мембраны, 4 — шток; А—Г — камеры

Реагирующий орган выполнен в виде мембранного блока, состоящего из трех мембран /— 3, скрепленных общим штоком 4, торцы которого служат заслонками сопел $C1$ и $C2$. Эти сопла являются одновременно упорами, ограничивающими перемещение штока. Мембраны закреплены по периферии в корпусе, образованном из четырех прямоугольных шайб. Шайбы стянуты вместе с винтами.

К четырем пневматическим камерам $A—Г$ подводятся давление питания и командные давления. Две из этих камер B и B — глухие, а две — проточные, причем одна из них (обычно камера A) может непосредственно соединяться с атмосферой. Усилия, возникающие на мембранах в результате действия на них давлений, суммируются и обуславливают перемещение штока вверх или вниз в зависимости от знака результирующего усилия. Выходом элемента сравнения служит давление $p_{\text{вых}}$, которое может принимать только два дискретных значения 0 и 1.

Устройство прямого предварения ПФ2,1 (рис. 2) предназначено для введения в цепь регулирования какого-либо процесса воздействия по скорости отклонения регулируемой величины от заданного значения.

Входной сигнал в виде давления сжатого воздуха (от регулятора или преобразователя) действует на мембраны элемента сравнения $///$. При неизменном входном сигнале мембранный блок элемента сравнения находится в равновесии и на выход элемента (путем подачи питающего воздуха) поступает сигнал, равный входному.

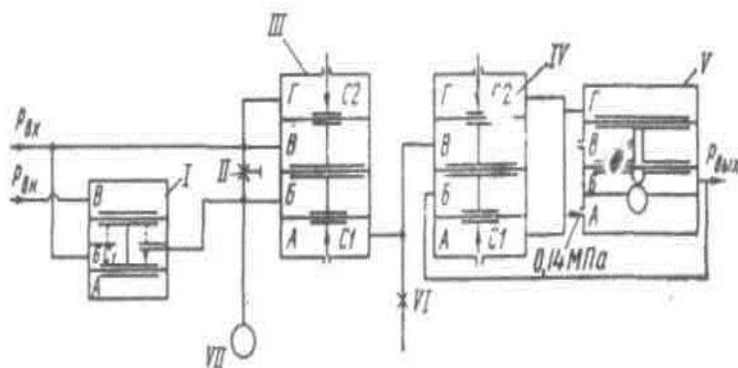


Рис. 2. Принципиальная схема устройства прямого предварения ПФ2,1:

/ — выключающее реле, II — регулируемый дроссель, III и IV — элементы сравнения, V — усилитель мощности, VI — нерегулируемый дроссель, VII — элемент объема (емкость)

Допустим, что давление начинает изменяться, например увеличиваться с постоянной скоростью. В этом случае равновесие прибора нарушается. Суммарное усилие на мембранах в камерах B^{III} и $Г^{III}$ оказывается больше, чем усилие на мембранах B^{III} и A^{III} , так как перед камерой B^{III} стоит сопротивление — регулируемый дроссель II. Сопло $C1^{III}$ закрывается, и в камере A^{III} давление резко увеличивается. На выход поступает сигнал, который опережает давление, подаваемое на вход. Время опережения (предварения) настраивают вращением головки регулируемого дросселя предварения.

С выхода элемента сравнения $///$ сигнал поступает на вход усилителя, состоящего из элемента сравнения IV и усилителя мощности V. Выключающее реле I предназначено для отключения прибора прямого предварения. Для этого на реле подается командное давление $p_{\text{вк}}$. Сопло $C1^I$ при этом открывается и входной сигнал $p_{\text{вх}}$ через сопло $C2^{III}$ непосредственно поступает в камеру B^{III} .

Пневматическое устройство обратного предварения ПФ3,1 служит для замедления ответного воздействия регулятора на объект, вызванного изменением регулируемой величины. Устройство применяют при регулировании малоинерционных объектов. Его действие основано на принципе компенсации сил. В комплект устройства входят (рис. 3) элемент сравнения $///$, регулируемый дроссель I, усилитель мощности IV, элемент объема V и выключающее реле II.

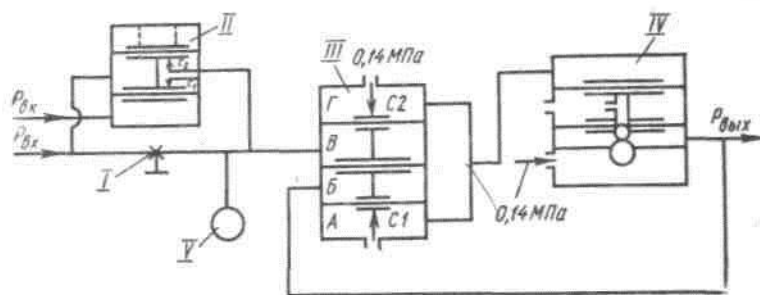


Рис. 3. Принципиальная схема устройства обратного предупреждения ПФЗ,1:

/ — регулируемый дроссель, // — выключающее реле, /// — элемент сравнения, IV — усилитель мощности, V — элемент объема

Входной сигнал в виде давления сжатого воздуха (от регулятора или преобразователя) через регулируемый дроссель / поступает в камеру B^{III} элемента сравнения. Одновременно к камере Γ^{III} подводится давление питания, а камера A^{III} через сопло $C1^{III}$ сообщается с атмосферой.

Позиционное регулирующее устройство ПР1,5 предназначено для получения дискретных пневматических сигналов 0 и 1 в случаях повышения или понижения поступающего на вход регулирующего устройства давления сжатого воздуха, пропорционального регулируемой или измеряемой величине, когда последняя отклоняется от заданного значения.

В комплект регулирующего устройства входят (рис. 4): элемент сравнения ///, усилитель мощности IV, задатчик /, постоянный (нерегулируемый) дроссель //.

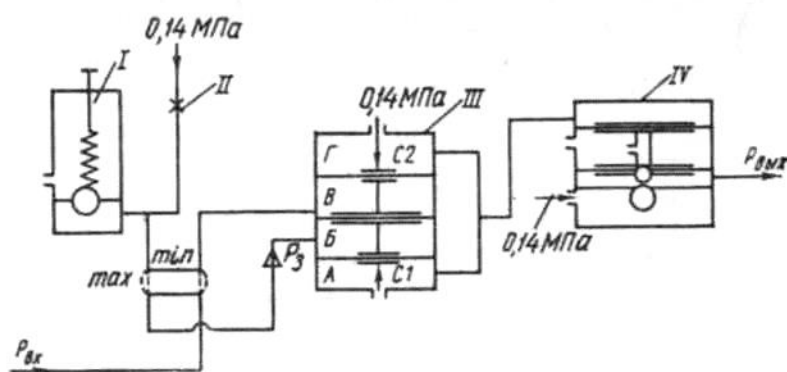


Рис. 4. Принципиальная схема позиционного регулирующего устройства ПР1,5:

/ — задатчик, // — постоянный (нерегулируемый) дроссель, /// — элемент сравнения, IV — усилитель мощности

Действие регулирующего устройства основано на сравнении двух давлений: давления, поступающего на вход (от измерительного прибора) и пропорционального значению измеряемой величины, и давления задания, устанавливаемого задатчиком. Регулирующее устройство может быть настроено на максимальное или минимальное значение измеряемой или регулируемой величины.

Рассмотрим работу регулирующего устройства при настройке на минимум. Входной сигнал $p_{вх}$ от измерительного прибора поступает в камеру B элемента сравнения ///. Давление задания p_3 , установленное задатчиком /, подводится к камере B^{III} . Все время, пока $p_{вх}$ остается больше p_3 , сопло $C2^{III}$ закрыто и сигнал на выходе элемента равен 0. Как только $p_{вх}$ станет меньше p_3 , сопло $C2^{III}$ откроется и на выход будет подан сигнал 1.

В положении «максимум» p_3 подается в камеру B^{III} , а давление от измерительного блока — в камеру B^{III} . Если $p_{вх}$, изменяясь, остается меньше p_3 , сопло $C2^{III}$ закрыто, сигнал на выходе 0. При $p_{вх}$, превышающем p_3 , сопло $C2^{III}$ откроется и на выходе элемента сравнения появится сигнал 1. Таким образом, на выходе прибора давление скачкообразно изменяется от 0 до 1 в зависимости от повышения или понижения поступающего на вход

позиционного регулирующего устройства давления сжатого воздуха, пропорционального значению измеряемой или регулируемой величины.

Постоянное давление сжатого воздуха в линии питания приборов и средств пневмоавтоматики $0,14 \text{ МПа} \pm 0,01 \text{ МПа}$ поддерживают с помощью централизованного узла питания, который представляет собой шкаф, где размещена система регулирования давления воздуха и очистки его от пыли и масла. Такие узлы выпускают серийно.

Агрегатная система пневмоавтоматики «ЦЕНТР» (ГОСТ 13053—76). В отличие от систем автоматизации с визуальным контролем за значениями измеряемых или регулируемых величин (например, электрических) в системе «ЦЕНТР» предусмотрен метод контроля по отклонениям величин от заданных значений. Это позволяет значительно упростить труд оператора и осуществить автоматическую регистрацию каждого нарушения установленных значений. Кроме того, в системе предусмотрена цифровая регистрация значений измеряемых или регулируемых величин, позволяющая существенно уменьшить число индивидуальных регистрирующих приборов и обеспечить автоматическое ведение вахтенного журнала. В результате значительно сократилась площадь, занимаемая щитами, а рабочее поле (зона обзора) оператора уменьшилось в 4—5 раз. Система может быть связана с электронной цифровой вычислительной машиной (ЭЦВМ) с помощью промежуточного носителя информации — перфоленты.

Систему «ЦЕНТР» поставляют в виде готовых к установке блоков, каждый из которых осуществляет определенную функцию: блок обнаружения отклонений измеряемых или регулируемых величин типа БОВ, блок регулирующих устройств типа БР, устройство цифровой регистрации «Авторегистратор», пульт контроля и управления типа ПКУ и блок перфорирующих устройств типа АР-П.

Такой принцип построения системы позволяет при проектировании и внедрении автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) оперировать не отдельными приборами, а законченными функциональными блоками — агрегатами, поэтому эта система получила название агрегатной.

Система «ЦЕНТР» выполняет следующие функции: непрерывный контроль, автоматическую стабилизацию измеряемых и регулируемых величин, автоматическое обнаружение и сигнализацию отклонений этих величин от заданных значений, автоматическую Цифровую регистрацию измеряемых или регулируемых величин и заданий регуляторам, обработку информации, поступающей от первичных преобразователей расхода (сужающих устройств расходомеров), связь с ЭЦВМ.

Взаимодействие функциональных блоков системы поясняет структурная схема (рис. 5). Информация с объекта в виде унифицированных пневматических сигналов поступает на пульт контроля и управления и другие функциональные блоки системы. Оператор получает информацию о ходе технологического процесса с пульта и бланка регистрации, а также в виде совета ЭЦВМ и корректирует ход этого процесса, воздействуя с пульта на исполнительные механизмы, установленные на объекте.

Конструктивно каждый блок выполнен в виде шкафа с передней и задней двустворчатыми дверями. Внутри каждого шкафа на унифицированной монтажной раме установлены так называемые функциональные модули. Каждый такой модуль представляет собой аппарат, состоящий из определенного набора элементов пневмоавтоматики, собранных на одной плате (основании). Присоединение модулей к раме выполнено с помощью многоканальных пневматических разъемов двух модификаций: запирающихся вручную перед расстыковкой (снятием модуля) и незапирающихся. Запирающиеся разъемы применяют в том случае, если при замене какого-либо модуля на резервный остальные модули должны работать или если не допускается соединение с атмосферой отдельных пневматических линий (например, линий первичных преобразователей). Незапирающиеся разъемы предусмотрены для тех случаев, когда снятие любого из модулей делает весь блок неработоспособным. Колодки пневматических разъемов закреплены на монтажной раме.

Модули в функциональных блоках системы «ЦЕНТР» установлены в одной плоскости, что обеспечивает свободный доступ к многочисленным органам контроля и

настройки. Все модули одинаковой высоты монтажной рамы. Ширина модулей 70—350 мм.

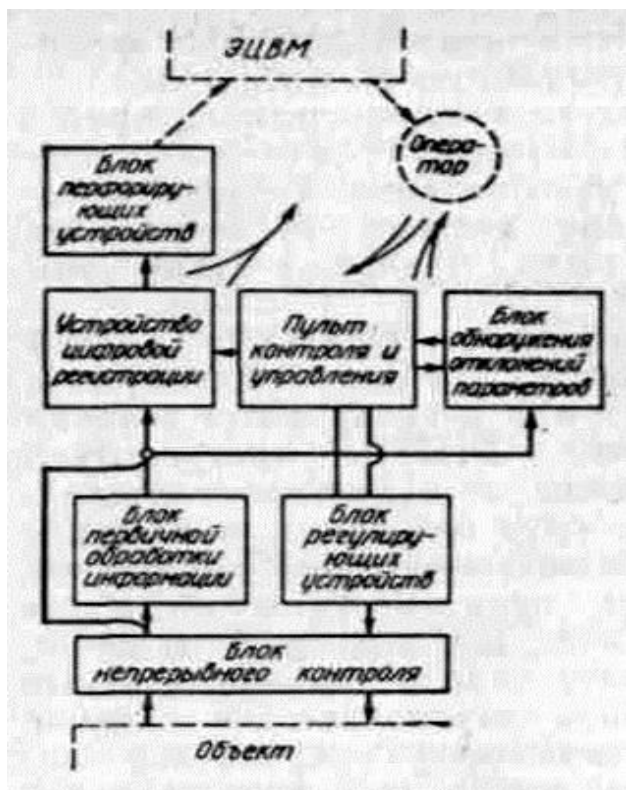


Рис. 5. Структурная схема системы пневмоавтоматики «Центр»

В системах пневмоавтоматики управляющее воздействие на регулирующие органы выполняют пневматические исполнительные механизмы.

Исполнительные механизмы пневматических регуляторов по принципу действия делятся на мембранные и поршневые.

Практическая работа № 12

8. Ознакомление с устройством и принципом действия приборов для измерения расхода

Цель работы: Изучить устройство и принцип действия приборов для измерения расхода, подбирать элементную базу САУ.

Отчет должен содержать:

1. название;
2. цель работы;
3. типы и принцип действия приборов для измерения расхода .

В промышленности учет расхода жидкостей, пара и газа ведут с помощью двух групп приборов: расходомеров, измеряющих расход вещества, т. е. его количество, протекающее по трубопроводу в единицу времени, и счетчиков количества, измеряющих суммарный объем или массу вещества, протекающего по трубопроводу.

Часть расходомеров оборудована счетными устройствами, служащими как для измерения расхода, так и для определения суммарного расхода за определенный промежуток времени. Наиболее широко применяют расходомеры переменного и постоянного перепада. Расход вязких жидкостей, например мазута, измеряют ультразвуковыми расходомерами. Однако они сложны и дороги, поэтому их применяют сравнительно редко. Расходомеры, основанные на других принципах действия, пока еще не получили широкого распространения.

Расходомеры переменного перепада

Принцип действия расходомеров переменного перепада основан на измерении давления по перепаду, который создается в трубопроводе установленным внутри него сужающим устройством. В суженном сечении увеличиваются скорость, а следовательно, и кинематическая энергия потока, что вызывает уменьшение его потенциальной энергии. Соответственно статическое давление потока после сужающего устройства будет меньше, чем перед ним. Разность между статическими давлениями потока, взятыми на некоторых расстояниях до и после сужающего устройства, называется *перепадом давления*.

Простейшая схема измерения расхода по методу переменного перепада давления (рис.1) включает в себя сужающее устройство (диафрагму) 2, установленное в трубопроводе 1, соединительные трубки 3 для отбора давления до сужающего устройства и после него и передачи этого давления к U-образному манометру 4. Перепад давления Δp будет тем больше, чем больше скорость потока т. е. чем больше расход. Следовательно, перепад давления на сужающем устройстве является мерой расхода жидкости, газа или пара, протекающих через трубопровод.

К достоинствам расходомеров переменного перепада относится возможность использования их при различных температурах и давлениях измеряемой среды, а к недостаткам — потеря давления потока и относительная трудность промышленного применения расходомеров при малых расходах.

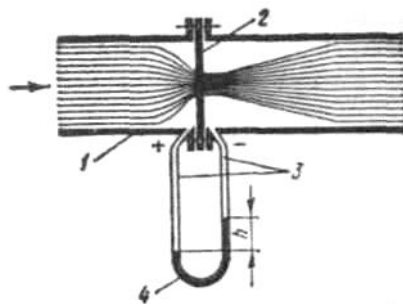


Рис. 1. Принципиальная схема измерения расхода по методу переменного перепада давления:

1 — трубопровод, 2 — сужающее устройство (диафрагма), 3 — соединительные трубки, 4 — U-образный манометр

Для измерения расхода по методу переменного перепада давления в качестве сужающих устройств применяют стандартные диафрагмы и сопла, изготовленные в соответствии с требованиями специальных правил.

Расходомерная диафрагма представляет собой диск с отверстием. Диафрагмы бывают бескамерные и камерные. Бескамерная диафрагма 2 (ГОСТ 26969—86) представляет собой стальной диск, имеющий концентрическое (симметричное оси) отверстие с острой кромкой со стороны входа потока и коническую часть со стороны выхода. Толщина диска не должна превышать 0,05

внутреннего диаметра трубопровода. Бескамерные диафрагмы применяют в трубопроводах диаметром более 400 мм. Отбор давления производится непосредственно перед диафрагмой и после нее по ходу потока в трубопроводе. При этом отборное устройство, установленное перед диафрагмой, обозначают знаком «+», а расположенное за диафрагмой — знаком «—».

Камерная диафрагма (рис. 2) (ГОСТ 26969—86) состоит из диска 1 и двух кольцевых камер 2 и 3 для отбора давления до диафрагмы и после нее. Камеры соединяются с внутренним пространством трубопровода через кольцеобразные щели *A* и *B*, расположенные непосредственно у торцевой поверхности диафрагмы. Таким образом, отбор давления в камерных диафрагмах производится по периметру трубопровода для измерения среднего давления в трубопроводе. К камерам присоединяют трубки 5 и 6, передающие перепад давления от диафрагм к дифманометру.

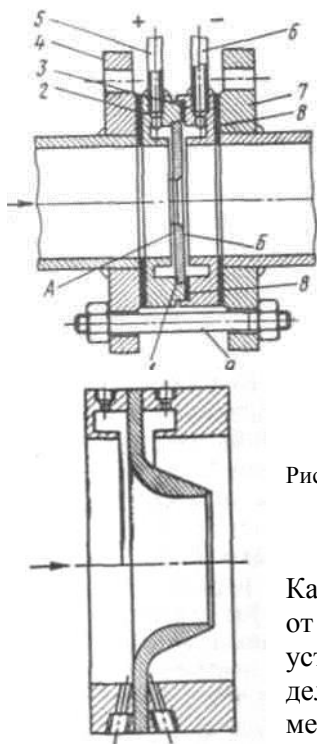
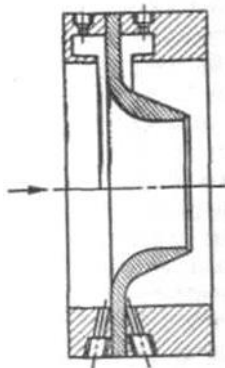


Рис. 2. Камерная диафрагма:

1 — диск, 2, 3 — кольцевые камеры, 4, 7 — фланцы, 5, 6 — соединительные трубки, 8 — прокладки, 9 — болты

Рис. 3. Расходомерное сопло



Камерные диафрагмы применяют в трубопроводах с внутренним диаметром от 50 до 400 мм. Диафрагму и кольцевые камеры изготавливают из материалов, устойчивых к длительным воздействиям измеряемой среды. Чаще всего диск делают из нержавеющей, а камеры — из углеродистой стали. К качеству механической обработки поверхностей камерных диафрагм и других сужающих устройств предъявляют повышенные требования. Отверстие

диска со стороны входа потока цилиндрическое на длине по оси не более 0,02 внутреннего диаметра трубопровода, а далее расточено на конус под углом 45° у выхода потока. Кромка отверстия диска у входа потока острая, без закруглений, вмятин и заусенцев. Угол между торцевой поверхностью диафрагмы и цилиндрической частью отверстия 90° .

Камерные диафрагмы устанавливают на прямолинейных участках трубопроводов между двумя фланцами 4 и 7, стягиваемыми болтами 9. Для уплотнения соединения между фланцами и кольцевыми камерами, а также между камерами и диском ставят прокладки 8. Материал для прокладок выбирают в зависимости от химических свойств и давления измеряемой среды.

Расходомерное сопло (рис. 3) состоит из плавно сужающейся части на входе и цилиндрической — на выходе. Кромка цилиндрической части острая, без фасок, закруглений и заусенцев. Очертание профильного отверстия сопла подобно очертанию струи при входе ее в сужающее устройство, поэтому в нем образуется значительно меньше завихрений, приводящих к безвозвратной потере давления потока, чем в диафрагме. Кроме того, сопла более стойки к истиранию и менее подвержены загрязнению. Но из-за сложности изготовления их применяют редко.

Давление отбирают до начала сужения потока и в начале цилиндрической части сопла. На рисунке показаны два варианта отбора давления через кольцевые камеры (вверху) и через отдельные отверстия непосредственно у сужающего устройства (внизу).

Дифманометры. Приборы, измеряющие расход вещества по принципу перепада давлений на сужающем устройстве и отградуированные в единицах расхода, называются дифференциальными манометрами — расходомерами (ГОСТ 18140—84). По принципу действия и конструкции дифференциальные манометры (дифманометры) подразделяют на три группы: пружинные, жидкостные и компенсационные.

Пружинные дифманометры. Перепад давления в них измеряется по перемещению упругого элемента — пружины. К пружинным, в частности, относятся мембранные дифманометры.

Измерительное устройство — преобразователь дифманометра (рис.4) — состоит из двух круглых крышек 1 и 2, между которыми зажаты болтами 10 две волнистые металлические мембраны 4 и 12 и расположенная между ними металлическая подушка 11.

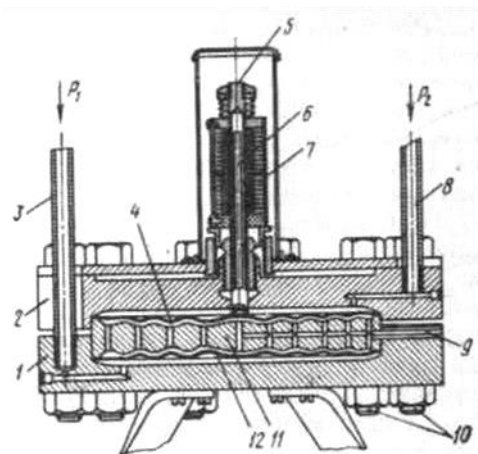


Рис. 4. Преобразователь мембранного дифманометра: 1,2 — крышки, 3, 8 — трубки, 4, 12 — мембраны, 5 — разделительная трубка, 6 — плунжер, 7 — индукционная катушка, 9 — капилляр, 10 — болты, 11 — металлическая подушка

В подушке устроен ряд сквозных вертикальных отверстий и одно горизонтальное (радиальное) с впаянным в него капилляром 9. Радиальное отверстие сообщается с частью вертикальных. Пространство между подушкой и мембранами заполняют дистиллированной водой через капилляр, который затем надежно запаивают.

Давление от сужающего устройства подводится через запорные вентили (на рисунке не показаны) и трубки во внешние камеры мембран: большее давление p_1 — через плюсовую трубку 3 под нижнюю мембрану, а меньшее p_2 — через минусовую трубку 8 на верхнюю мембрану. Под действием разности давлений нижняя мембрана 12 стремится прижаться к подушке; при этом жидкость, находящаяся над нижней мембраной, через отверстия в подушке перетекает под верхнюю мембрану, перемещая ее вверх.

С верхней мембраной 4 связан плунжер 6, расположенный внутри разделительной трубки 5, на которой закреплена индукционная катушка 7 с тремя обмотками: одной первичной и двумя вторичными. Такая же индукционная катушка находится во вторичном приборе.

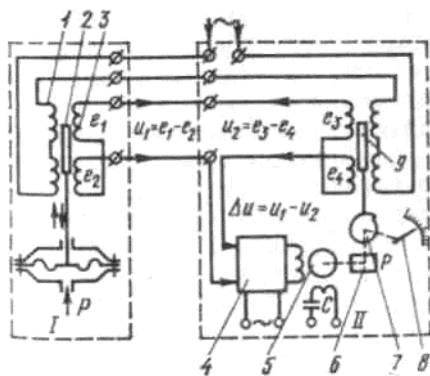


Рис. 5. Схема дистанционной передачи от электрического преобразователя (I) дифманометра на автоматический дифференциально-трансформаторный вторичный прибор (II): 1,3 — первичная и вторичная обмотки, 2,9 — плунжеры, 4 — усилитель, 5 — электродвигатель, 6 — редуктор, 7 — кулачок-лекало, 8 — стрелка; e_1 и e_2 — ЭДС в секциях вторичной обмотки преобразователя I, e_3 и e_4 — то же, дифференциально-трансформаторного прибора II

Обе катушки соединены между собой и работают по дифференциально-трансформаторной схеме (рис. 5).

Две секции вторичной обмотки 3 преобразователя / соединены между собой таким образом, что наводимые в них ЭДС от первичной обмотки 1 направлены навстречу друг другу. Ввиду этого результирующее напряжение u_1 на зажимах вторичной обмотки будет равно разности ЭДС, наведенных в ее секциях.

При симметричном расположении плунжера 2 преобразователя относительно секций вторичной обмотки напряжение u_1 будет равно нулю. Перемещение плунжера 2, вызванное изменением измеряемой величины (расхода), приводит к тому, что ЭДС секции, в которую входит плунжер, увеличивается, а ЭДС секции, из которой выходит плунжер, уменьшается. На зажимах вторичной обмотки появляется напряжение, пропорциональное перемещению плунжера. Секции вторичной обмотки вторичного прибора // включены так же, как в преобразователе /, и результирующее напряжение u_2 на зажимах вторичной обмотки будет равно разности ЭДС в ее секциях.

Обмотки преобразователя / соединены с аналогичными обмотками вторичного прибора //. При этом их первичные обмотки соединены последовательно, а вторичные обмотки включены так, что подаваемое от них на электронный усилитель 4 напряжение Δu будет равно разности напряжений u_1 и u_2 .

От электронного усилителя питается реверсивный электродвигатель 5, который, получив напряжение через редуктор 6, поворачивает профилированный кулачок-лекало 7, а также перемещает стрелку 8 вторичного прибора. Одновременно лекало перемещает плунжер 9 вторичного прибора до тех пор, пока он не примет одинакового положения с плунжером 2

преобразователя. Это приведет к исчезновению напряжения между обмотками катушек преобразователя и вторичного прибора и остановке двигателя. По положению стрелки на шкале вторичного прибора можно определить значение расхода в данный момент. Таким образом, каждому положению плунжера преобразователя первичного прибора, определяемому значением измеряемой величины, соответствует определенное положение плунжера вторичного прибора, а следовательно, и положение стрелки относительно шкалы вторичного прибора.

Жидкостные дифманометры. Перепад давления в них измеряется, столбом жидкости, уравнивающим перепад. К жидкостным относятся трубные, поплавковые, колокольные и кольцевые дифманометры.

Трубным называется U-образный дифманометр, в котором показания отсчитывают непосредственно по разности уровней ртути или воды в двух сообщающихся коленах стеклянной трубки.

Поплавковый дифманометр (рис. 6) выполнен по принципу U-образного из двух соединительных трубок 2 и 4, которые представляют собой сообщающийся сосуд, заполненный жидкостью. В качестве рабочей жидкости чаще всего используют ртуть. В плюсовой камере 8, к которой подводится большее давление, на поверхности ртути плавает стальной поплавок 3, связанный шарнирно-рычажной передачей с показывающим устройством прибора. Сосуд, к которому подводится меньшее давление, называется минусовым. Под действием разности давлений p_1 и p_2 ртуть перетекает из плюсового сосуда в минусовый. Одновременно с изменением уровня ртути перемещается поплавок. Перемещения его передаются посредством рычага 5 и оси 7 показывающему или записывающему устройству. Ось выходит из камеры через уплотнительную муфту. Максимальный ход поплавка в плюсовом сосуде невелик и для всех дифманометров постоянный (30,5 мм). Объем ртути, перетекающей в минусовый сосуд из плюсового, всегда остается постоянным, а так как максимальные разности давления (перепады) бывают различными, то минусовый сосуд для каждого прибора подбирают в соответствии с расчетным перепадом давления. Чем больше максимальный перепад давления, тем меньше должен быть диаметр минусового сосуда и соответственно больше его длина.

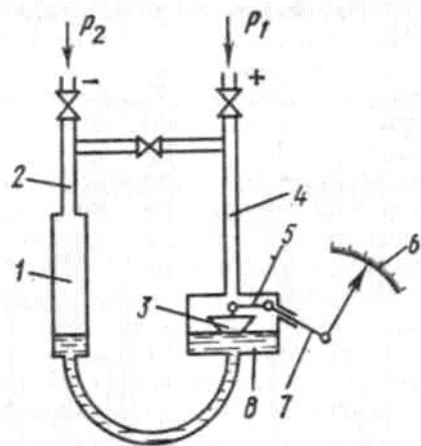


рис. 6. Поплавковый дифманометр:

1, 8 — минусовая и плюсовая (поплавковые) камеры, 2, 4 — соединительные трубки, 3 — поплавок, 5 — рычаг, 6 — шкала, 7 — ось

В КОЛОКОЛЬНОМ дифманометре (рис. 7) чувствительным элементом является колокол 4, подвешенный на постоянно растянутой винтовой пружине 3 и плавающий в сосуде 10, заполненном жидкостью (обычно трансформаторным маслом). Большее давление p_1 подводят через импульсную трубку 12 в пространство под колоколом, меньшее p_2 — через импульсную

трубку 11 в пространство над колоколом.

Под действием измеряемой разности (перепада) давлений колокол начинает перемещаться вверх до тех пор, пока выталкивающая сила, создаваемая давлением p_1 , не уравнивается давлением p_2 и весом самого колокола. В этом приборе высота перемещения колокола пропорциональна разности давлений, а следовательно, и является мерой расхода. С колоколом жестко связан плунжер 5 дифференциально-трансформаторного преобразователя 8. Последний по аналогии с описанным выше дифференциально-трансформаторным преобразователем мембранного дифманометра (см. рис. 4) преобразует перемещение плунжера в пропорциональный сигнал, передаваемый на вторичный электрический прибор.

Компенсационные дифманометры. Принцип действия их основного блока — пневмо- или электросилового преобразователя — основан на силовой компенсации усилия, развиваемого упругими чувствительными элементами (соответственно сильфонами или мембранами) измерительного блока.

Компенсационные дифманометры предназначены для непрерывного преобразования контролируемого или регулируемого перепада давления в пропорциональный пневматический (дифманометры ДСП и ДМ-П) или электрический (дифманометры ДМЭР) сигналы дистанционной передачи и используются в комплекте с вторичными приборами и регуляторами, работающими от пневматического или электрического сигнала. Дифманометры ДСП и ДМ-П широко применяют на

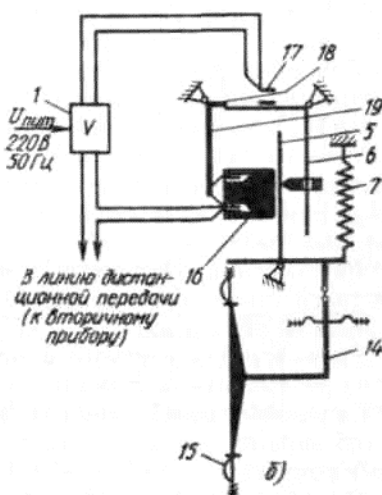
1, 9 — пробки, 2 — гайка, 3 — винтовая пружина, 4 — колокол, 5 — плунжер, 6 — глазок уровня, 7 — винтовой арретир, 8 — преобразователь, 10 — сосуд, 11, 12 — импульсные трубки, 13 — уравнительный вентиль, 14, 15 — запорные вентили

Дифманометр ДСП (рис. 8, а). Чувствительными элементами измерительного блока являются сильфоны 12, одним концом жестко связанные с основанием рычага 8, а другим концом — с клапанами 11. Внутренняя полость чувствительных элементов заполнена кремнийорганической жидкостью или дистиллированной водой в зависимости от температуры окружающего воздуха. Конструкция вывода рычага 8 обеспечивает ему

При изменении измеряемого перепада давления происходит незначительное перемещение рычажной системы и связанной с ней заслонки 2 индикатора рассогласования (заслонка жестко связана с Т-образным рычагом 5). Возникший на индикаторе сигнал рассогласования через пневматический усилитель 1 поступает в сильфон обратной связи и одновременно в линию дистанционной передачи. Значение этого сигнала прямо пропорционально измеряемому перепаду давления.

Изменение перепада давления преобразуется на чувствительном элементе (мембранном узле 15) в пропорциональное усилие, которое автоматически уравнивается усилием, развиваемым в силовом устройстве 16 обратной связи. Усилие, с которым измерительный блок воздействует на преобразователь, создает момент, вызывающий незначительное перемещение рычажной системы передаточного механизма и связанного с рычагом 19 флажка 18 индикатора рассогласования. Возникший на индикаторе сигнал рассогласования преобразуется усилителем / в выходной сигнал постоянного тока, который поступает в силовое устройство 16 обратной связи и одновременно в линию дистанционной передачи, являясь выходным сигналом дифманометра. Значение этого сигнала прямо пропорционально перепаду давления.

1
 $P_{\text{пит}}$
 $P_{\text{вых}}$
 В линию дистанционной передачи (к вторичному прибору)
 13
 P_2
 P_1
 12
 11
 10
 9
 а)



61

Таким образом, работа компенсационных дифманометров происходит практически без ощутимых перемещений как в измерительном блоке, так и в механизме пневмо- или электросиловых преобразователей. Выходной пневматический или электрический сигнал в этих приборах образуется только за счет компенсации усилий, возникающих в измерительном блоке и в силовом устройстве обратной связи. Поэтому такие дифманометры получили название компенсационных.

Расходомеры постоянного перепада

Действие расходомеров постоянного перепада основано на измерении расхода с помощью поплавка, перемещающегося внутри конической трубки под действием выталкивающего давления жидкости или газа, подаваемых снизу. Отдельного сужающего устройства такие приборы не имеют. Наибольшее распространение получили расходомеры-ротаметры.

Ротаметры (ГОСТ 13045—81) выпускают для местного измерения расхода без дистанционной передачи показаний, с электрической дистанционной передачей показаний без местной шкалы и с пневматической дистанционной передачей и местной шкалой показаний.

Основные достоинства ротаметров — простота конструкции, возможность измерения малых расходов, значительный диапазон измерения, возможность измерения расхода агрессивных сред; недостатки — большая чувствительность к температурному изменению вязкости (особенно при

измерении малых расходов), невозможность измерения расхода загрязненных жидкостей и жидкостей, из которых выпадают осадки.

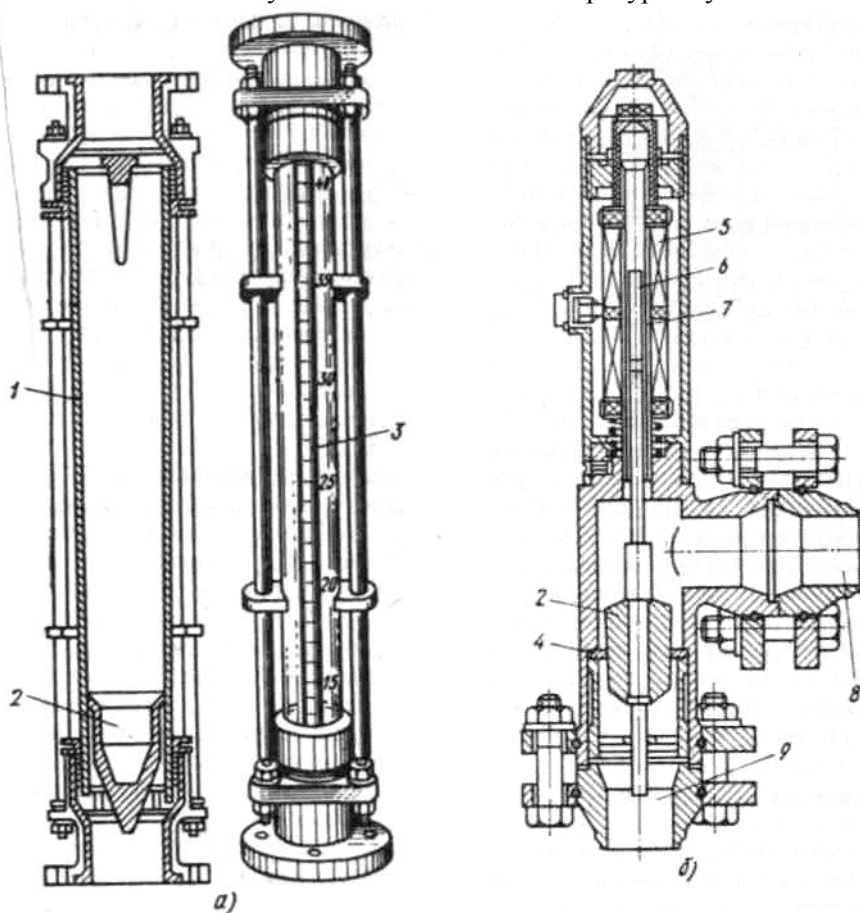


Рис. 9. Ротаметры для местного измерения показаний (а) и с электрической дистанционной передачей показаний (б): 1 — трубка, 2 — поплавок, 3 — шкала, 4 — кольцевая диафрагма, 5 — индукционная катушка, 6 — сердечник, 7 — разделительная труба, 8, 9 — выходное и входное отверстия зазора.

Рассмотрим устройство и принцип действия ротаметров для местного измерения показаний и с электрической дистанционной передачей показаний.

Ротаметр для местного измерения показаний (рис. 9, а) состоит из вертикальной стеклянной или металлической трубки 1, конически расширяющейся кверху, внутри которой по всей ее длине свободно перемещается поплавок 2. Нижняя часть поплавка конической формы.

Принцип действия ротаметра состоит в следующем. Поток измеряемой жидкости или газа, перемещаясь внутри трубки снизу вверх, поднимает поплавок. Его подъем вызван тем, что в

кольцевом зазоре между поплавком и стенкой трубки образуется перепад давления, который зависит от скорости движения потока и от размеров зазора. При этом давление на поплавок снизу бывает больше, чем сверху.

При этом давление на поплавок снизу бывает больше, чем сверху.

Во время подъема поплавок кольцевой зазор увеличивается, так как трубка внутри конусной формы, а перепад давления уменьшается. По мере подъема поплавок на него будет действовать снизу все меньшая и меньшая сила, остановится он на том уровне в трубке, при котором его масса будет уравновешена перепадом давления. Высота подъема поплавка зависит от расхода: чем больше расход, тем выше поднимается поплавок. Расход определяют по положению поплавка относительно шкалы 3, нанесенной на стенке стеклянной трубки.

Такие ротаметры предназначены для установки в вертикальных участках трубопроводов при потоке снизу вверх и рассчитаны на рабочее давление до 0,6 МПа.

Ротаметр с электрической дистанционной передачей показаний (рис. 9, б) состоит из двух основных частей — ротаметрической и электрической. Основным элементом ротаметрической части является поплавок 2, перемещающийся внутри кольцевой диафрагмы 4, или грибообразный поплавок, движущийся внутри вертикально расположенной конической трубки. Электрическая часть состоит из индукционной катушки 5 с сердечником 6, жестко связанным с поплавком. Катушка включена в дифференциально-трансформаторную схему вторичного измерительного прибора (см. рис. 5). Электрическая часть прибора защищена от попадания в нее измеряемой среды разделительной трубой 7. Катушка защищена кожухом.

Ротаметры являются бесшкальными индукционными преобразователями. Их поставляют в комплекте с вторичными измерительными приборами с дифференциально-трансформаторной схемой.

Увеличение расхода в технологическом трубопроводе приводит к увеличению перепада давления до поплавка и после него. Усилие, вызванное увеличением перепада, заставляет поплавок подняться вверх, отчего увеличивается выходное отверстие 8, а перепад уменьшается до тех пор, пока не восстановится его исходное значение. При перемещении поплавка, жестко связанного с сердечником катушки 5 индукционного преобразователя, соответственно изменяются показания на вторичном измерительном приборе.

Практическая работа №13

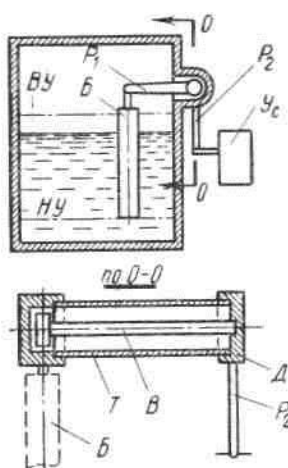
9. Буйковые уровнемеры. Устройство и расчет

Цель работы: Изучить устройство, принцип действия буйковых уровнемеров и научиться их рассчитывать.

Порядок выполнения

1. Описать устройство и принцип действия буйкового уровнемера.
2. Описать порядок проверки основной погрешности у прибора.
3. В зависимости от исходных данных (таблица 2) рассчитать выталкивающую силу, для проверки преобразователя.

Рекомендации по выполнению практической работы



Буйковые уровнемеры применяются в тех случаях, когда необходимо уменьшить перемещение поплавка относительно изменения уровня жидкости. В буйковом уровнемере используется цилиндрический поплавок (бук), закрепленный на рычаге.

Рис.1 Измерение уровня с помощью буйка

При измерении уровня жидкости изменяется по закону Архимеда действующая на конец рычага P масса буйка B (рис. 1) и соответственно момент на рычаг.

Длина буйка B определяется в зависимости от установленных значений уровней: верхнего BV и нижнего HU . Буйковые измерители уровня используют чаще всего как устройства информации в системах автоматического регулирования, защиты и сигнализации.

Буйковые преобразователи типа УБ-П предназначены для непрерывного преобразования уровня жидкости в резервуарах, находящихся под атмосферным или избыточным давлением, в унифицированный пневматический сигнал.

Диапазон измерения преобразователей УБ-П от 0—0,02 до 0—16 м, а допускаемое предельное значение избыточного давления —6, 4, 10 или 16 МПа в зависимости от модификации.

Преобразователь устанавливают в помещениях или на открытых площадках, где температура наружного воздуха колеблется от -50 до +50 °С.

Проверкой технической документации устанавливают соответствие выбранного диапазона измерения требуемой зоне контроля уровня и соответствие модификации преобразователя диапазону изменения плотности жидкости. Максимальную точность контроля уровня определяют с учетом того, что основная погрешность пневмопередачи не превышает 1 %, а местного указателя —2 %. Если уровень должен измеряться в емкости, где установлены смесители или производится орошение потоком сверху, то проектом должно быть предусмотрено применение преобразователя с выносной камерой.

К проверке преобразователей УБ-П предъявляются повышенные требования, так как демонтаж их в случае неполадок затруднен из-за большой массы приборов, а также невозможен без остановки технологического процесса, так как преобразователь устанавливают на технологическом оборудовании без каких-либо устройств, позволяющих заглушить люк, в который опускается бук.

На производственной базе наладочной организации трудно создать установку для непосредственной проверки преобразователей уровня (длина буйков может достигать 10 м). Поэтому их проверяют сухим или массовым методом.

Для проведения проверки основной погрешности прибор устанавливают на специальный стол 1 (рис. 2) и подвешивают буюк. Длинные буюки помещают на грузовую площадку непосредственно или заменяют набором гирь, масса которых соответствует массе буюка в воздухе.

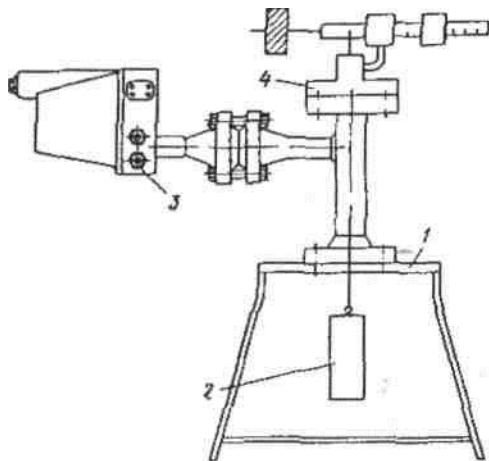


Рис. 2. Проверка преобразователя уровня сухим методом: 1— стол, 2 — поплавок, 3— преобразователь, 4 — ИУ-182

Масса буюка в воздухе будет являться массой, имитирующей нулевое значение уровня в том случае, если плотность паров или газов при рабочем давлении менее $0,05 \text{ г/см}^3$. В противном случае массу, соответствующую нулевому значению уровня, определяют как разность между массой буюка в воздухе $G_в$

выталкивающей силой при погружении в плотный газ $G_г = \rho_г V$. Масса поплавка, соответствующая полному его погружению, равна $G_{100\%} = \rho_{ж} V$ или в общем случае $G_{100\%} = (\rho_{ж} - \rho_г) V$. Масса буюка, соответствующая любому промежуточному значению уровня, $G = G_в - (\rho_{ж} - \rho_г) V n / 100$, где n — значение уровня на проверяемой точке, % шкалы прибора; $\rho_{ж}$, $\rho_г$ — плотность соответственно жидкости и газа; V — объем буюка.

Если преобразователь предназначен для измерения уровня раздела фаз (например, воды и нефтепродуктов в отстойниках нефтеперерабатывающих заводов), то массу буюка рассчитывают по этой же формуле, заменяя $\rho_г$ на $\rho_{ж'}$ плотность нефтепродуктов.

Для проверки преобразователя на заданном значении уровня определяют массу буюка для этого значения и вычитая ее из массы, соответствующей нулевому значению уровня, находят выталкивающую силу перемещением грузов по линейкам ИУ-182.

На практике для определения выталкивающей силы удобно пользоваться табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Выталкивающая сила (Н) для буюка длиной 1 м при различных плотности жидкости и диаметре поплавка

Диаметр поплавка, мм	Плотность жидкости, г/см ³													
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
11	0,47	0,570	0,666	0,760	0,855	0,950	1,046	1,141	1,236	1,331	1,426	1,521	1,616	1,711
12	0,56	0,679	0,792	0,905	1,018	1,131	1,244	1,357	1,470	1,584	1,697	1,810	1,923	2,036
14	0,77	0,924	1,078	1,232	1,386	1,540	1,694	1,847	2,001	2,155	2,309	2,463	2,617	2,771
16	1,005	1,207	1,408	1,609	1,810	2,011	2,212	2,413	2,614	2,815	3,016	3,217	3,418	3,620
20	1,571	1,885	2,199	2,514	2,828	3,142	3,456	3,770	4,085	4,398	4,713	5,027	5,341	5,656
25	2,455	2,946	3,437	3,928	4,418	4,909	5,400	5,891	6,382	6,873	7,364	7,855	8,346	8,837
30	3,535	4,242	4,949	5,656	6,362	7,070	7,776	8,483	9,19	9,90	10,60	11,31	12,02	12,73
32	4,02	4,83	5,63	6,43	7,24	8,04	8,85	9,65	10,46	11,26	12,07	12,87	13,67	14,48
38	5,67	6,81	7,94	9,07	10,21	11,34	12,48	13,61	14,75	15,88	17,01	18,15	19,28	20,42
45	7,95	9,54	11,13	12,73	14,32	15,91	17,50	19,09	20,68	22,27	23,86	25,45	27,04	28,63
50	9,82	11,78	13,75	15,71	17,68	19,64	21,60	23,57	25,53	27,50	29,46	31,42	33,39	35,35
60	14,14	16,97	19,79	22,62	25,45	28,28	31,11	33,93	36,76	39,59	42,42	45,24	48,07	50,90
75	22,09	26,51	30,93	35,35	39,77	44,18	48,60	53,02	57,44	61,86	66,28	70,69	75,11	79,53

Для проверки основной погрешности и вариации на вход прибора подают питание сжатым воздухом давлением 0,14 МПа, а на выход подключают образцовый

манометр. Выходное давление прибора фиксируют последовательно на точках, соответствующих 0; 20;...; 100 % уровня. Основная погрешность

$$\gamma = \frac{P - P_p}{0,08} \cdot 100\%$$

Где P — показания образцового манометра, МПа; P_p — расчетное значение (0,02; 0,036; 0,1) МПа. Более точно, но более трудоемко основную погрешность определяют подбором грузов так, чтобы стрелка манометра установилась на расчетное значение давления. В этом случае

$$\gamma = \frac{G_p - G}{G_{\max}} \cdot 100\% \leq 1\%$$

где G_p — расчетное значение, равное $G_B = \rho_{\text{жс}} \cdot V \left(\frac{n}{100} \right)$; G — действительная масса, установленная

на линейках; G_{\max} — значение выталкивающей силы, соответствующей полному погружению буйка (по табл. 1). В тех случаях, когда основная погрешность или вариация преобразователя превышает допускаемые значения, производят юстировку. Если корректором нуля не удастся установить нулевое значение, его устанавливают грубо уравниванием начальной массы буйка с помощью грузов, перемещая их по рычагу, а затем корректором нуля — точно. При необходимости верхнее и нижнее значения диапазона измерения настраивают перемещением в нужном направлении опоры. При проведении проверки желательно установить зависимость между изменением значения статического давления в резервуаре и возникающей в результате этого дополнительной погрешностью. Для проверки преобразователь устанавливают на герметичный сосуд, на рычаг подвешивают груз, соответствующий промежуточному значению уровня в диапазоне измерений. Затем записывают значение выходного сигнала и в сосуд подают давление. Если при подаче давления p изменилось более чем на 120 Па, то это свидетельствует об отклонении рычага от перпендикулярного положения. Узел подвески рычагов может быть перемещен вверх или вниз с помощью четырех винтовых пробок, вращаемых торцовым ключом. Если при подаче статического давления P увеличивается, то, отворачивая верхние и вворачивая нижние пробки, узел подвески перемещают вверх.

Преобразователи монтируют, как правило, одновременно с основным технологическим оборудованием. Наладочному персоналу рекомендуется наблюдать за ходом монтажа. Бук должен иметь тот же номер, что и сам прибор. Если в сосуде монтажно-технологические работы не окончены, например сосуд не заполнен насадкой или катализатором, навешивать бук не рекомендуется во избежание его поломки или обрыва.

Длину троса, на котором подвешивают бук, выбирают такой, чтобы нижний конец буйка совпал с расчетной нулевой отметкой уровня в сосуде. Если в емкости могут быть вертикальные потоки жидкости, то над точкой ввода рычага в аппарат к внутренней поверхности емкости приваривают защитный козырек. При наличии кругового или неупорядоченного движения жидкости в аппарате бук на всю длину помещают в защитную трубу, закрепленную в емкости и открытую снизу. Диаметр трубы должен быть в 2—3 раза больше, чем диаметр поплавка. В трубе высверливают отверстия для выравнивания давления в трубе и емкости.

Систему проверяют в порядке, общем для систем пневмоавтоматики.

В процессе пуска технологического производства при расхождении показаний преобразователя с технологическими данными проверяют герметичность трассы, вторичный прибор. При исправности всех узлов проверяют действительную плотность среды, уровень которой измеряется и, если она отклоняется от расчетной, вносят коррекцию в показания системы.

№ варианта	Длина буйка, м	Диаметр поплавка, мм	Плотность жидкости, г/см ³
1	0,6	11	0,55
2	0,5	12	0,65
3	0,1	14	0,75
4	0,2	16	0,85
5	0,3	20	0,95
6	0,4	25	1,05
7	0,7	30	1,15
8	0,8	32	1,25
9	0,9	38	1,35
10	1,1	45	1,45
11	0,6	50	1,55
12	0,5	60	1,65
13	0,1	75	1,75
14	0,2	14	0,55
15	0,3	16	0,65
16	0,4	20	0,75
17	0,7	25	0,85
18	0,8	30	0,95
19	0,9	32	1,05
20	1,1	38	1,15
21	0,6	45	1,25
22	0,5	50	1,35
23	0,1	60	1,45
24	0,2	75	1,55
25	0,3	14	1,65
26	0,4	16	1,75
27	0,7	20	0,55
28	0,8	25	0,65
29	0,9	30	0,75
30	1,1	32	0,85

Практическая работа № 14

10. Системы измерений pH растворов

Цель работы: Изучить устройство и принцип действия системы измерений pH растворов.

Отчет должен содержать:

1. название;
2. цель работы;
3. принцип действия преобразователя П-201.

Порядок выполнения работы:

При изучении проекта автоматизации обращают внимание на правильность выбора типа датчиков. Для общепромышленных измерительных систем применяют погружные ДПг-4М и магистральные ДМ-5М датчики. Глубина погружения – расстояние от фланца до защитной тарелки – для ДПг-4М 1,1; 1,6 или 2 м, а внутренний диаметр протока ДМ-5М – 30мм. давление в аппаратах или трубопроводах, где измеряют pH, не должно превышать 0,6 МПа. Для датчиков, устанавливаемых на аппаратах и трубопроводах с избыточным давлением, проектом предусматривается подача давления от сети сжатого воздуха, перекрывающего давление в аппарате на 0,08 МПа.

Особое внимание обращают на номинальные значения температуры измеряемой жидкости и её pH в нормальном режиме работы оборудования. Эти значения позволяют оценить правильность выбора электродной системы и вида компенсации погрешности измерения, вызываемой изменением температуры контролируемой жидкости. По полученным данным, пользуясь стандартами, определяют, какой тип электрода должен быть применён. Например, если измеряется pH раствора серной кислоты, значение которого в нормальном режиме pH=4, то для измерения выбирают стеклянный электрод типа ЭСП-04-14 или ЭСП-06-14. Во всех случаях тип электродной системы должен быть таким, чтобы координата изопотенциальной точки, в которой э.д.с. системы при заданном pH не зависит от температуры, была наиболее близкой к номинальному значению. Если в регламенте имеются указания на возможность колебания температуры, то предусматривают автоматическую термокомпенсацию погрешностей, возникающих от этих колебаний. Во всех случаях температура измеряемой жидкости не должна превышать 100⁰С.

В качестве примера в табл. 1 и 2 приведены условия применимости стеклянных электродов в зависимости от параметров среды и значения э.д.с. электродной системы 000700 (первые три цифры обозначают э.д.с., а вторые – значение pH для изопотенциальной точки). Очевидно, что выбор такой системы желателен при измерении pH нейтральных стоков, например после очистных сооружений. Для измерения pH кислоты, рассмотренного в предыдущем абзаце, целесообразно выбрать систему – 203413 с координатами pH_и=4,13 и э.д.с. 203 мВ.

Таблица 1. Применение измерительных электродов в зависимости от температуры жидкости и pH раствора (ГОСТ 16287 – 77)

Тип электрода	Диапазон возможного измерения температуры среды, °С	Диапазон измерения, рН	Максимальное давление анализируемой среды, МПа
1	0 – 40	0 – 10	0,6
2	25 – 100		
3	15 – 80	0 – 9	

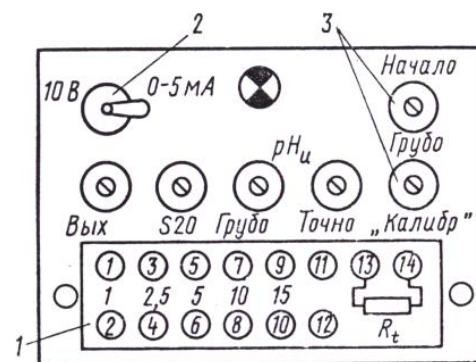
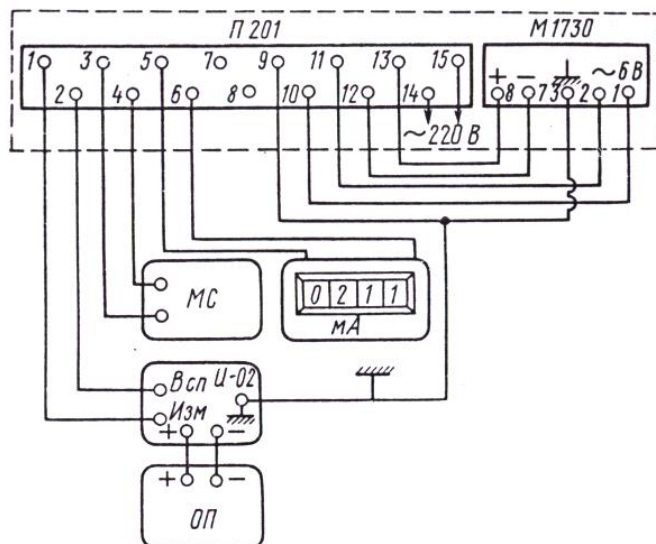
4	70 - 150	0 - 8	1,2
---	----------	-------	-----

Таблица 2. Значение э.д.с. (мВ) электродной системы 000700 ($E_u=0\text{мВ}$, $pH_u=7\text{рН}$)

рН	Температура раствора, °С			рН	Температура раствора, °С		
	0	20	80		0	20	80
-1	438,8	464,5	559,5	7	0	0	0
0	378,7	406,4	489,6	8	-54,1	-58,1	-69,0
1	324,6	348,4	419,6	9	-108,2	-116,1	-139,9
2	270,5	290,3	349,7	10	-162,3	-174,2	-209,8
3	216,4	232,2	279,8	11	-216,4	-232,2	-279,8
4	162,3	174,2	202,8	12	-270,5	-290,3	-349,7
5	108,2	116,1	139,9	13	-324,6	-348,4	-419,6
6	54,1	59,1	69,0	14	-378,8	-406,4	-489,6

В качестве измерительных и передающих преобразователей с датчиками рН применяют высокоомные преобразователи типа П-201 или П 201.1 со встроенным показывающим миллиамперметром. Эти преобразователи применяют, когда помещение, в которых устанавливают датчики и преобразователи, не является взрывоопасными. В случае расположения элементов систем в помещениях категорий В-1, В-1а, В1-б, В1-г применяют преобразователи П-201И. Для соединения датчиков с преобразователями используют коаксиальный кабель типа РК-50, РК- 75 или РК-100. Расстояние от места установки датчика до преобразователя не должно превышать 150м, а ёмкость кабеля 220 мкФ. Для системы взрывозащищённого и исполнения предельно допустимая ёмкость кабеля зависит от категории взрывоопасной смеси и составляет, например, для смесей второй категории 0,01 мкФ, а четвёртой $4 \cdot 10^{-4}$ мкФ. Определяя по справочнику ёмкость предусмотренного проектом кабеля, которая, например, для кабеля РК-50-4-11 равна $100 \cdot 10^{-6}$ мкФ, определяют предельно допустимую его длину. Для смесей второй категории $I_{\text{max}}=0,01:100 \cdot 10^{-6}=100$ м. В качестве измерительных приборов для систем выбирают миллиамперметры или потенциометры, устанавливаемые в ЦПУ.

После внешнего осмотра собирают схему для предмонтажной проверки П-201 (рис. 1,а). К зажимам 1 и 2 подключают зажимы имитатора «Изм.» и «Всп.», к зажимам 3 и 4 – магазин МСР-63. в качестве образцового миллиамперметра выбирают Р386, в качестве внешнего прибора к зажимам $E_{\text{вн}}$ имитатора подключают высокоомный образцовый потенциометр ОП (например, Р37/1). Зажимы заземления подсоединяют к контуру производственной базы.



б)

а)

Рис. 1. Схема проверки (а) и передняя панель преобразователя П201 (б) 1-панель переключек, 2-переключатель, 3-переменные резисторы

На передней панели преобразователей (рис. 1, б) снимают крышку панели переключек 1 и устанавливают переключку между зажимами в соответствии с предусмотренным диапазоном измерения. Например, для диапазона $pH_{max}=5$ переключку устанавливают между зажимами 5 и 6. затем проверяют наличие переключки между зажимами 11 и 12 и снимают переключку с зажимов 13 и 14. На преобразователь подают питание и прогревают его в течение 1,5 – 2 часа. После прогрева переключатель 2 устанавливают в положение «0-5мА», а на магазине набирают сопротивление 1400Ом, соответствующее температуре 20⁰С.

На имитаторе устанавливают $R_{и}=500$ Мом, $R_{вн}=10$ кОм и $E_{з.р.}=0$, после чего нажимают кнопку $E_{вн}$. Знак э.д.с. выбирают в соответствии с характеристикой электродной системы. Например, если проверяют преобразователь с диапазоном измерения 4-9 рН, то при проверке точек 4,5 и 5 рН на вход подают положительное, а при проверке точек 8 и 9 рН – отрицательное напряжение (см. табл. 2).

Потенциометром ОП (см. рис. 1,а) задают значение э.д.с. 174,2; 116,1, ...;-116,1мВ, которые определяют по табл. 2 для температуры 20⁰С и определяют основную погрешность преобразователя

$$\gamma_{np} = \left[\left(I - I_p / 5 \right) \right] \cdot 100\%$$

где I_p – расчётное значение выходного тока, мА; I – измерение значения тока, мА. Для рассматриваемого преобразователя расчётные значения для оцифрованных точек равны 0,1, ..., 5 мА.

Для проверки показывающего прибора, встроенного в преобразователь, для проверяемой точки определяют расчётное деление на шкале указателя М1730 и потенциометром ОП подбирают такое значение э.д.с., при котором указатель устанавливается на этом делении. Погрешность показывающего прибора

$$\gamma_n = \left[\left(E - E_p \right) / \left(E_k - E_n \right) \right] \cdot 100\%$$

где E_p - расчётное значение э.д.с. проверяемой точки, мВ; E – фактическое значение, мВ; $E_k - E_n$ – абсолютное значение диапазона измерения, мВ, равное для рассматриваемого случая (- 116,1 – 174,2)=290,3 мВ (см. табл. 2). Вычислительные значения погрешностей не должны превышать 1%.

Для проверки влияющих факторов задают значение измеряемой э.д.с., равное примерно половине диапазона измерения и поочередно нажимают клавиши +10кОм и -10 кОм имитатора. При этом отклонение выходного тока от установившегося значения не должно превышать 0,25 %. При изменении сопротивления измерительного электрода на ± 500 МОм погрешность должна увеличиваться не более чем на 1 %. С помощью имитатора на вход преобразователя подают напряжение, соответствующее потенциалу земля – раствор « $E_{зр}$ », и добиваются, чтобы при этом $I_{вых}$ изменилась не более чем на 1,5 %.

Если погрешность преобразователя превышает допустимую или требуется настроить его на работу в другом диапазоне измерения, ослабляют зажимы осей резисторов 3 (см. рис. 1,б) и производят настройку. Для этого на потенциометре ОП устанавливают э.д.с., соответствующую нижнему пределу измерения (174,2 мВ). Если выходной ток не равен нулю, его устанавливают вращением резистора «Начало грубо» и точно подстраивают резистором «Калибровка». Затем на вход подают э.д.с., соответствующую верхнему пределу измерения (-116,1 мВ), и с помощью резистора S_{20}

устанавливают ток выхода точно 5мА. Образцовым приборам измеряют напряжение на зажимах 7 и 8 (должно быть 100мВ), при необходимости это значение устанавливают резистором «Выход». После этого повторно проверяют настройку начала шкалы и при необходимости начальное значение корректируют резисторами «Калибровка» и S_{20} .

Для проверки работы схемы термокомпенсации на вход преобразователя подают э.д.с. – 139,9мВ, соответствующую верхнему значению измеряемого рН при температуре 80⁰С. На магазине МС устанавливают $R_t=1728,8$ Ом и измеряют ток выхода, который должен остаться равным 5 мА. Если ток изменился, его корректируют резисторами «рН_и - грубо» и «рН_и – точно». После настройки затягивают зажимы осей настроечных резисторов. При проверке монтажа системы проверяют наличие обводных трубопроводов, позволяющих без нарушения режима снимать ДМ – 5М для ремонта и проверки. Преобразователи П – 201И, предназначенные для работы с датчиками взрывозащищённого исполнения, устанавливают только вне взрывоопасных помещений.

Практическое занятие № 15

Тема 1 14. Среда OWEN Logic. Логические элементы.

Цель работы: Получение навыка в среде "owen logic" .
Для проведения испытаний модели элементов САУ

Задание:

- 1) Установить программное обеспечение "Owen logic".
- 2) Выполнить пошаговую инструкции.
- 3) Ответить на контрольные вопросы.
- 4) Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

- выполнить пошагово инструкцию.
- протестировать полученный результат.
- результат показать оформить в отчете.

Результат работы:

- КАРТИНА итогового результата.

Ответ 1:

для чего нужен конфигурационный файл?

Ответ 2:

что создаёт конфигурационный файл.

Ответ 3:

зачем нужна данная пошаговая инструкция?

Вывод:

по особенностям выполнения пошаговой инструкции?

- может ли инструкция научить и чему?
- может ли инструкция выступать гарантией положительного результата?
- может ли инструкция быть алгоритмом ?
- можно инструкцию улучшить и как?
- если часто выполнять данную инструкцию, то она становится не актуальной?

Ответить на контрольные вопросы.

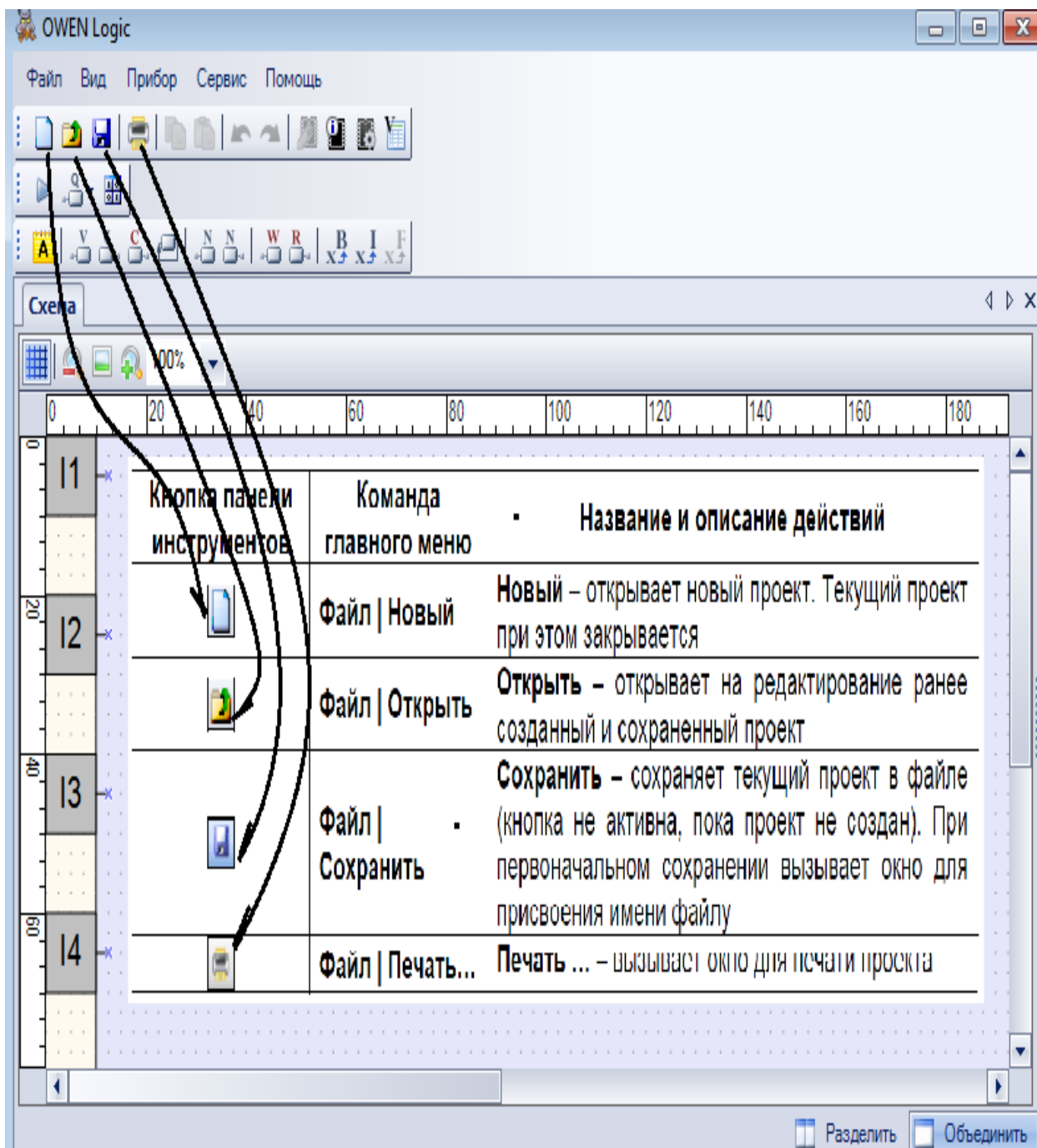
Установка

Для установки на компьютер программы OWEN Logic следует запустить файл Setup OWEN Logic.exe (размещен на компакт-диске преобразователя ПР-КП) и следовать инструкциям, появляющимся на экране.

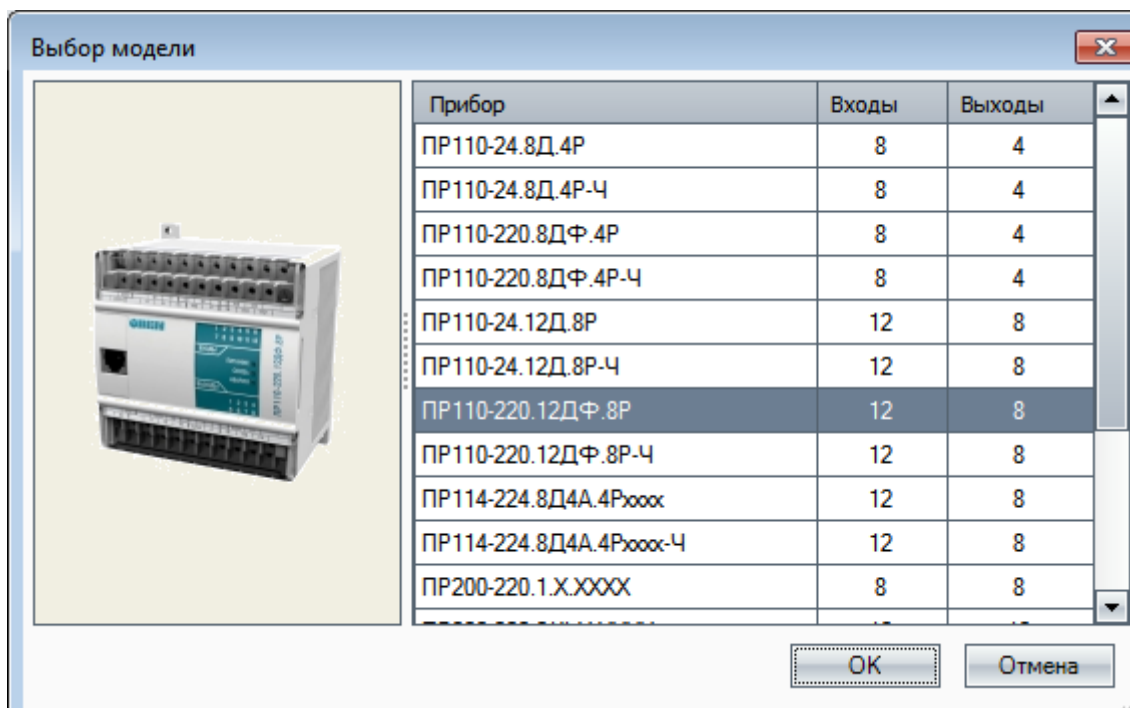
После успешной установки на рабочем столе появится ярлык OWEN Logic.



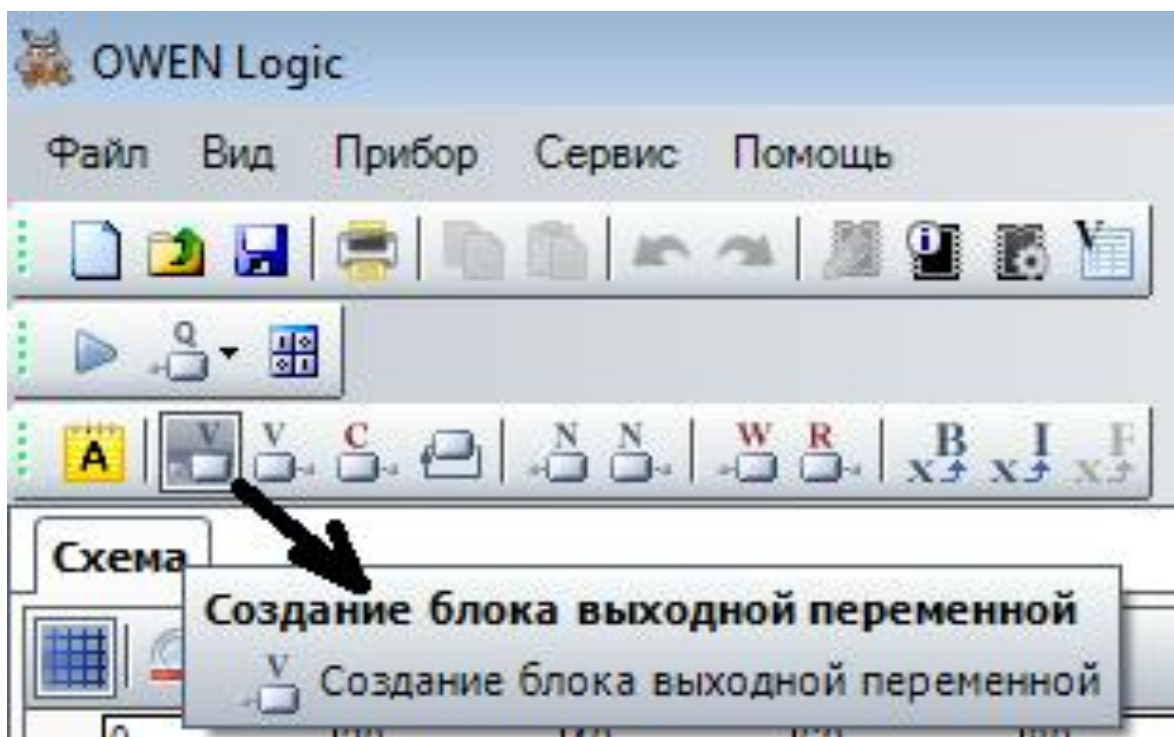
В документации ознакомились с элементами.



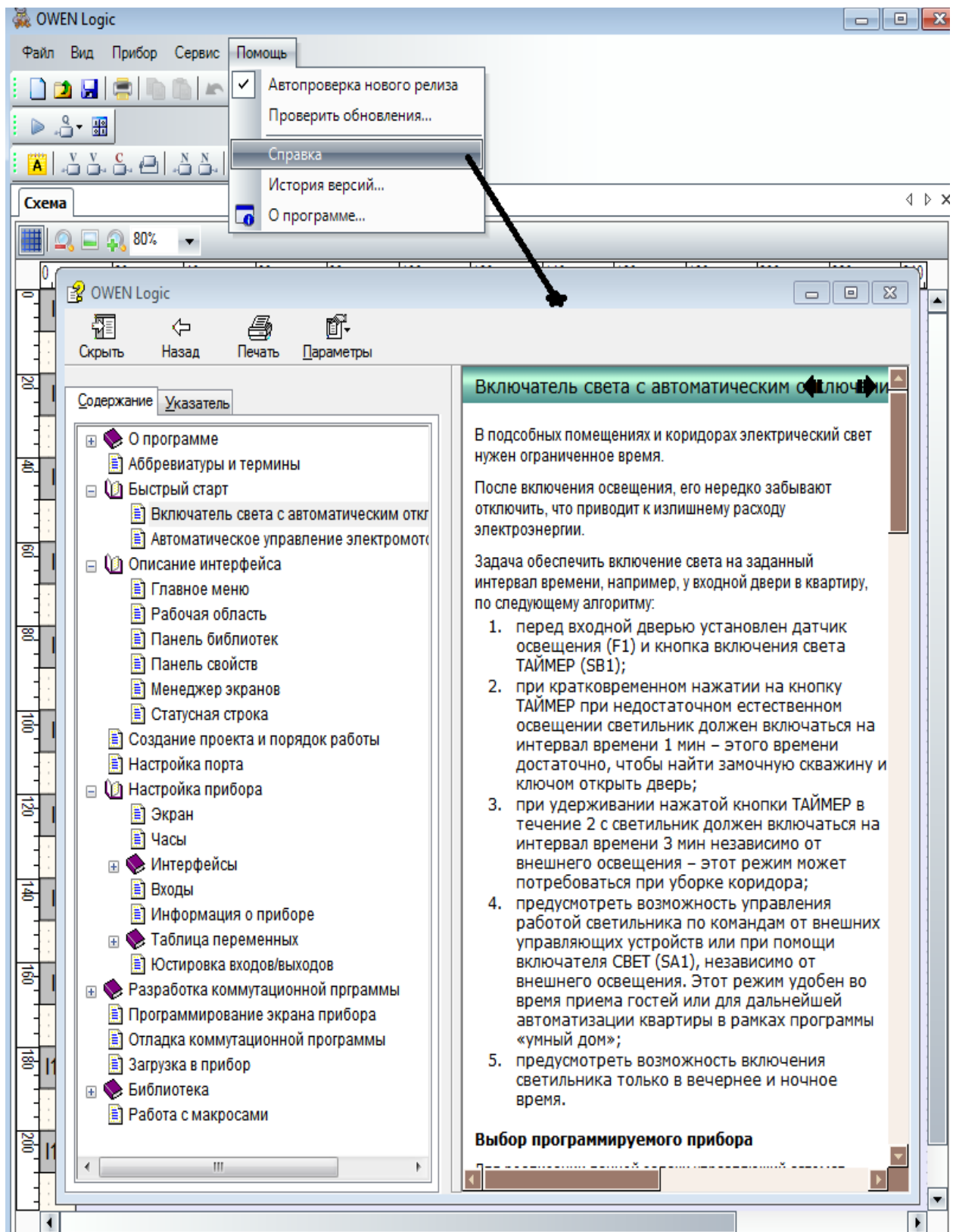
Если слепые, то вам к окулисту))) Создадим проект!



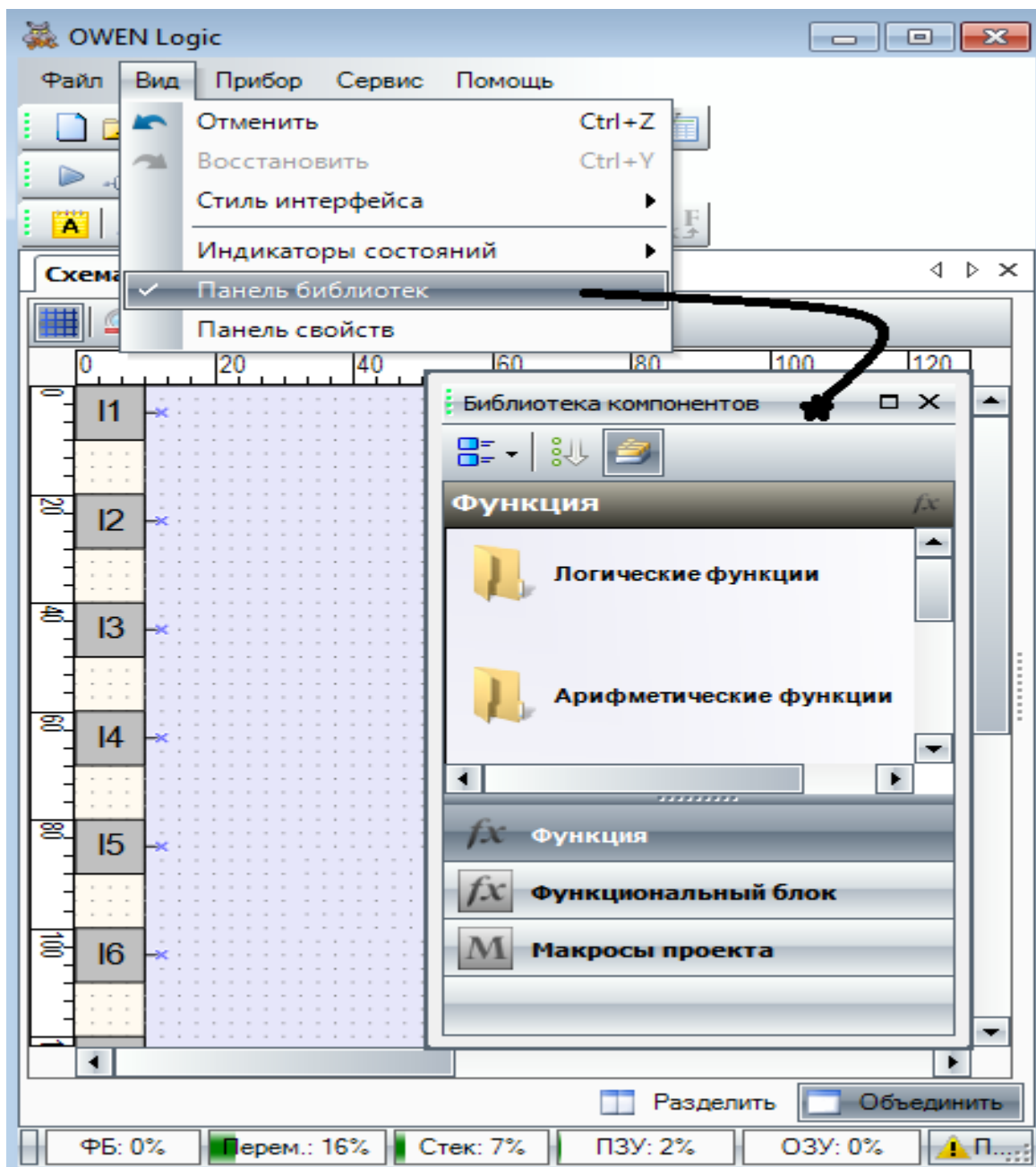
выбираем прибор)))



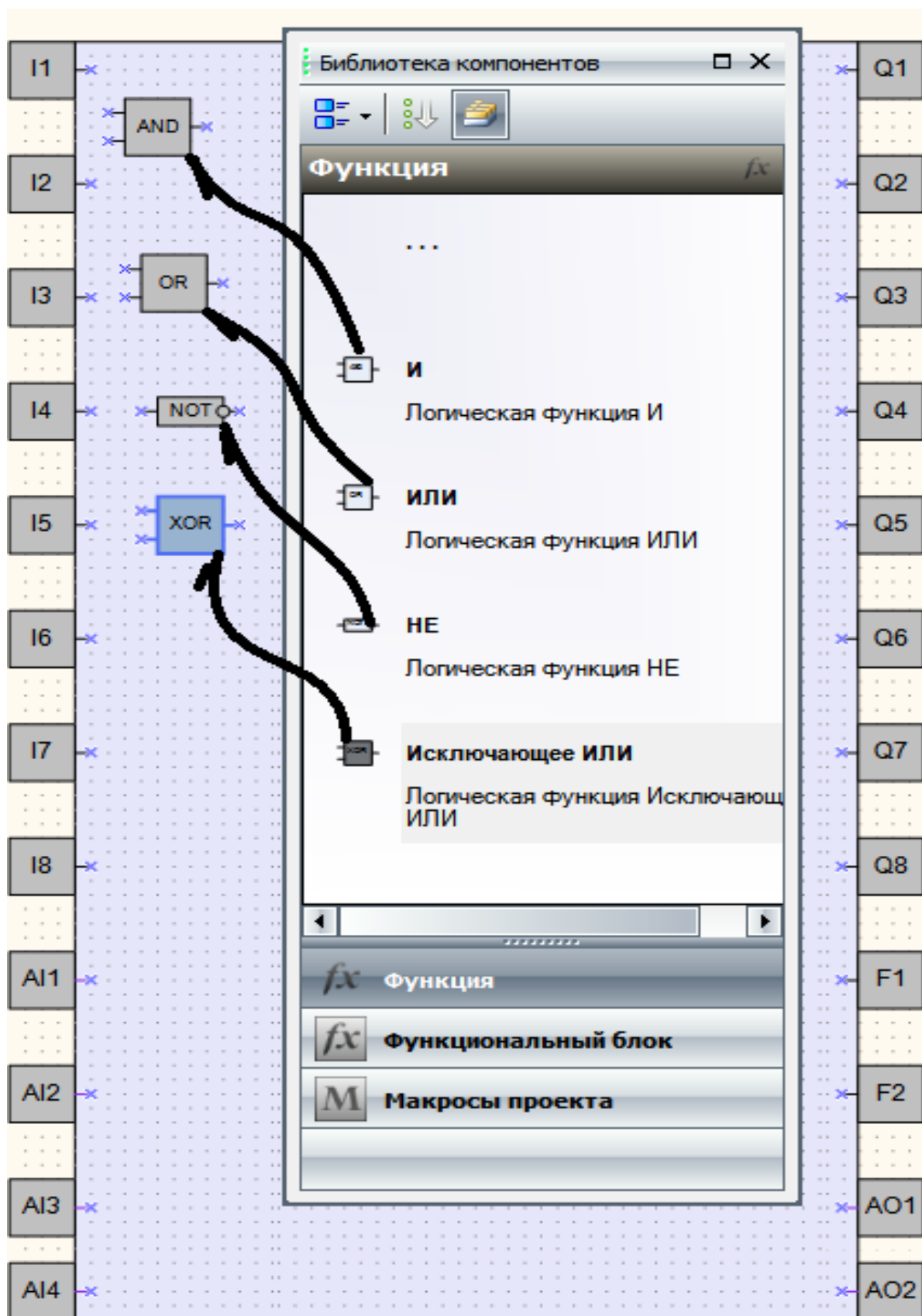
Организация такова , что достаточно подвести к кнопке курсов и высветится комментарий.



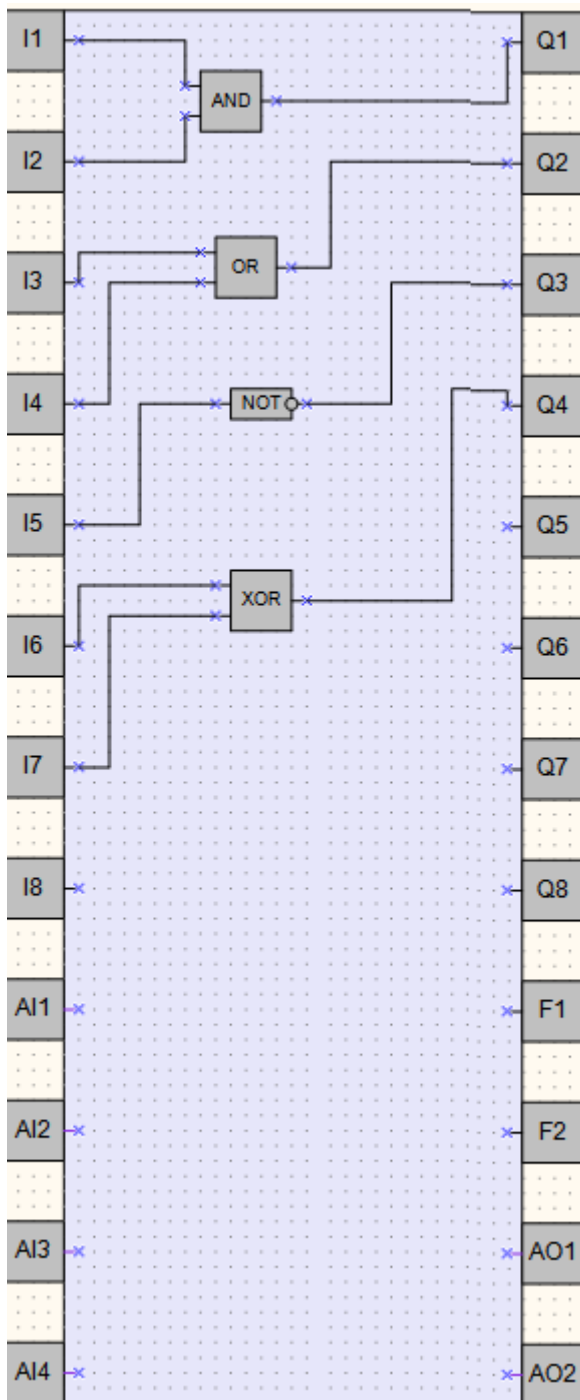
Выбираем Справку и выполняем согласно инструкции ..



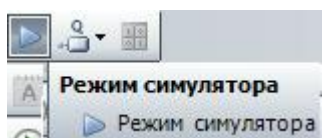
Для ввода схем пользуйтесь библиотеками компонентов.



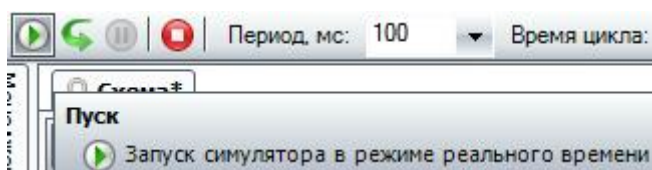
Организуем вывод компонентов.



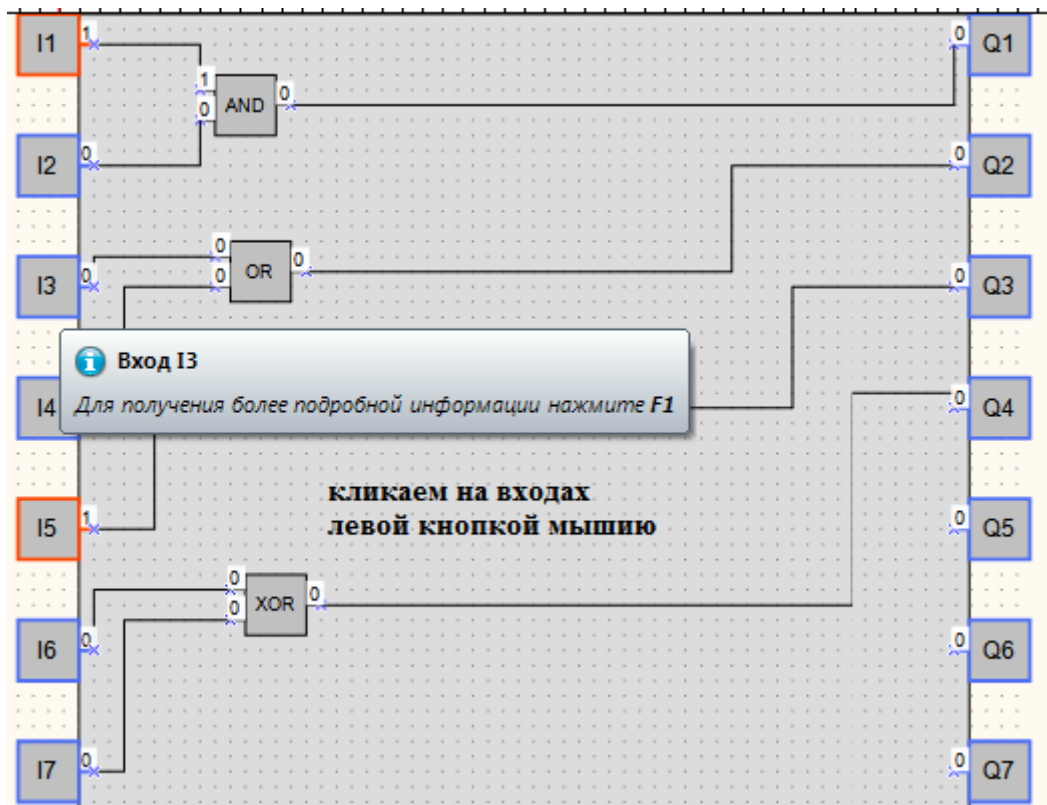
введем схему .



Активизируем "РЕЖИМ СИМУЛЯЦИИ".



ПУСК тоже надо нажать же?



согласно рисунку.

Изучите как работают данные элементы.

Вариант 1

$$\text{not} ((i1)(i2)) (i3) (i4) (i5) +(i7) = Q3$$

Вариант 2

$$((i1)+(i2)) (i3) (i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q3$$

Вариант 3

$$((i1)+(i2)) (i3)+ (i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q5$$

Вариант 4

$$((i1)+(i2)) (i3)+ (i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q1= Q2$$

Вариант 5

$$\text{not} ((i1)(i2)) (i3)+ \text{not}(i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q1= Q2$$

Вариант 6

$$((i1)+(i2)) (i3)+ (i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q1= Q3$$

Вариант 7

$$((i1)+(i2)) (i3)+ (i4) (i5) +\text{not} (i7) = Q1= Q4$$

Вариант 8

$$(i1)+(i2) (i3)+ (i4) (i5) + (i7) = Q2= Q3$$

Вариант 9

$$(i1)(i2) (i3)+ (i2) (i5) + (i7) = Q2= Q4$$

Вариант 10

$$(i1)+(i2)+(i3)+(i2)+(i5)+(i7) = Q2 = Q1$$

Вариант 11

$$(i1)(i2)(i3)(i2)(i5)(i7) = Q1 = Q3$$

Вариант 12

$$(i1)+(i2)(i3)+(i4)(i5)+(i6) = Q2 = \text{not}(Q1)$$

Вариант 13

$$(i1)+(i2)(i3)+(i6)(i5)+(i4) = Q2 = \text{not}(Q3)$$

Вариант 14

$$(i1)+(i2)(i3)+(i6)(i5)+(i4) = Q2$$

$$(i1)+(i2)(i3)(i6)(i5) + \text{not}(i4) = \text{not}(Q3)$$

Вариант 15

$$(i1)+(i2)+(i3)+(i6)(i5)+(i2) = Q1$$

$$(i1)+(i2)+(i3)(i6)(i5) + \text{not}(i5) = \text{not}(Q6)$$

Вариант 16

$$(i1)+(i2)+(i3) = Q1$$

$$(i6)(i5)+(i2) = Q2$$

$$(i1)+(i2)+(i3)(i6)(i5) + \text{not}(i5) = \text{not}(Q6)$$

Вариант 17

$$(i1)+(i2)+(i6) = Q3$$

$$(i6)(i5)+(i4) = Q2$$

$$(i1)+(i2)+(i3)(i6)(i5) + \text{not}(i5) = \text{not}(Q1)$$

Вариант 18

$$(i1)+(i2)+(i6) = Q3$$

$$(i6)(i5)+(i4) = Q2$$

Вариант 19

$$(i1)+(i2)+(i6) = Q3$$

$$(i6)(i5)(i4) = Q2$$

Вариант 20

$$(i1)(i2)+(i6) = Q1$$

$$(i6)+(i5)(i4) = Q2$$

Вариант 21

$$(i1)(i2)+(i3) = Q3$$

$$(i6)+(i5)(i4) = Q2$$

Вариант 22

$$(i4)(i2)+(i3) = Q2$$

$$(i1)+(i5)(i4) = Q3$$

Вариант 23

$$(i3)(i2)+(i1) = Q1$$

$$(i1)+(i5)(i4) = Q2$$

Вариант 24

$$(i3)(i2)+(i1) = Q1$$

$$(i1)+(i2)(i4) = Q2$$

Лабораторная работа №16

Тема: «Генератор импульсов в OWEN Logik»

Цель работы: Получить навыки построения цепей в OWEN Logik с использованием генератора импульсов., для проведения испытаний модели элементов САУ

Выполнение работы



2.Схема счета генератора с заданной длительностью

Работа импульса включения с заданной длительностью

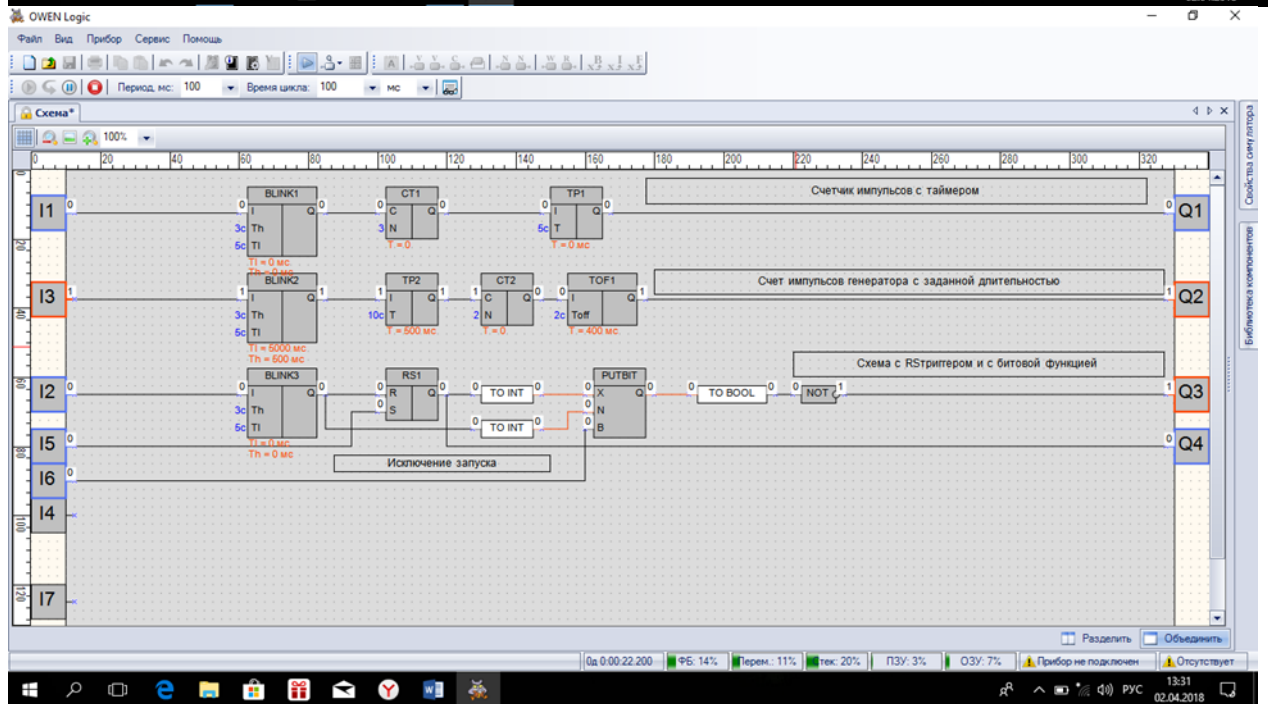
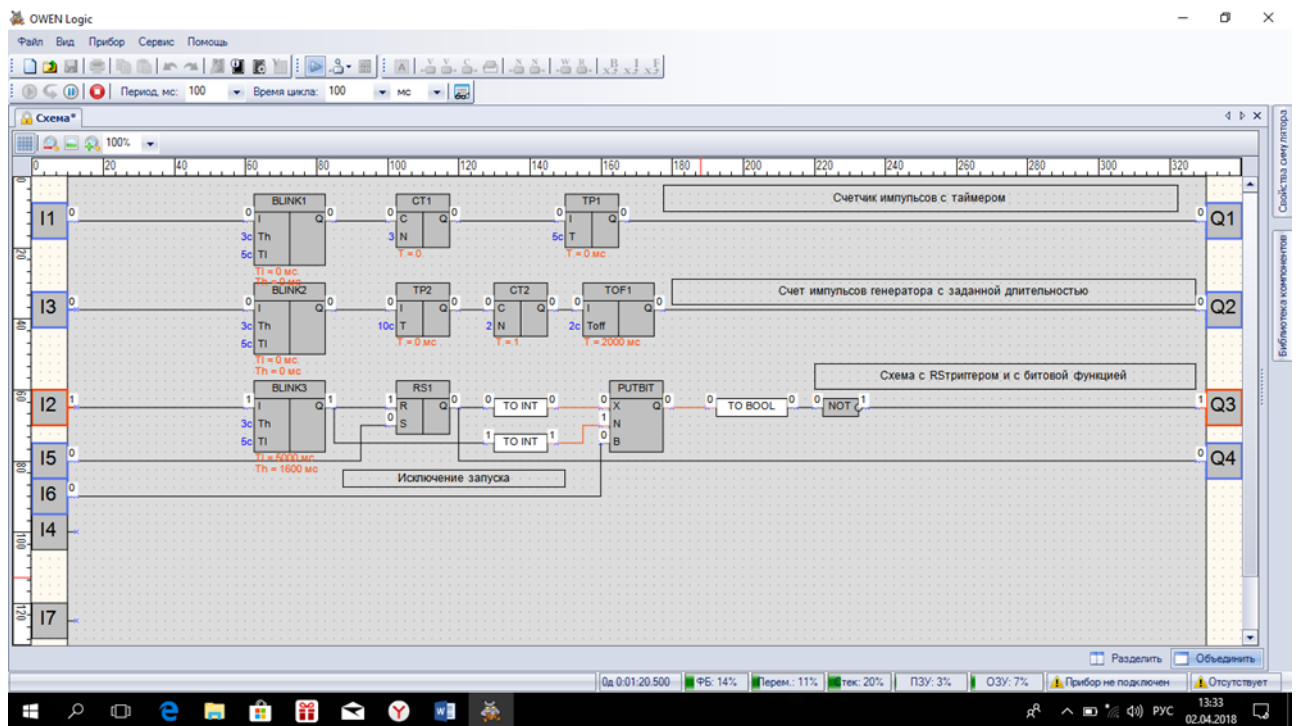
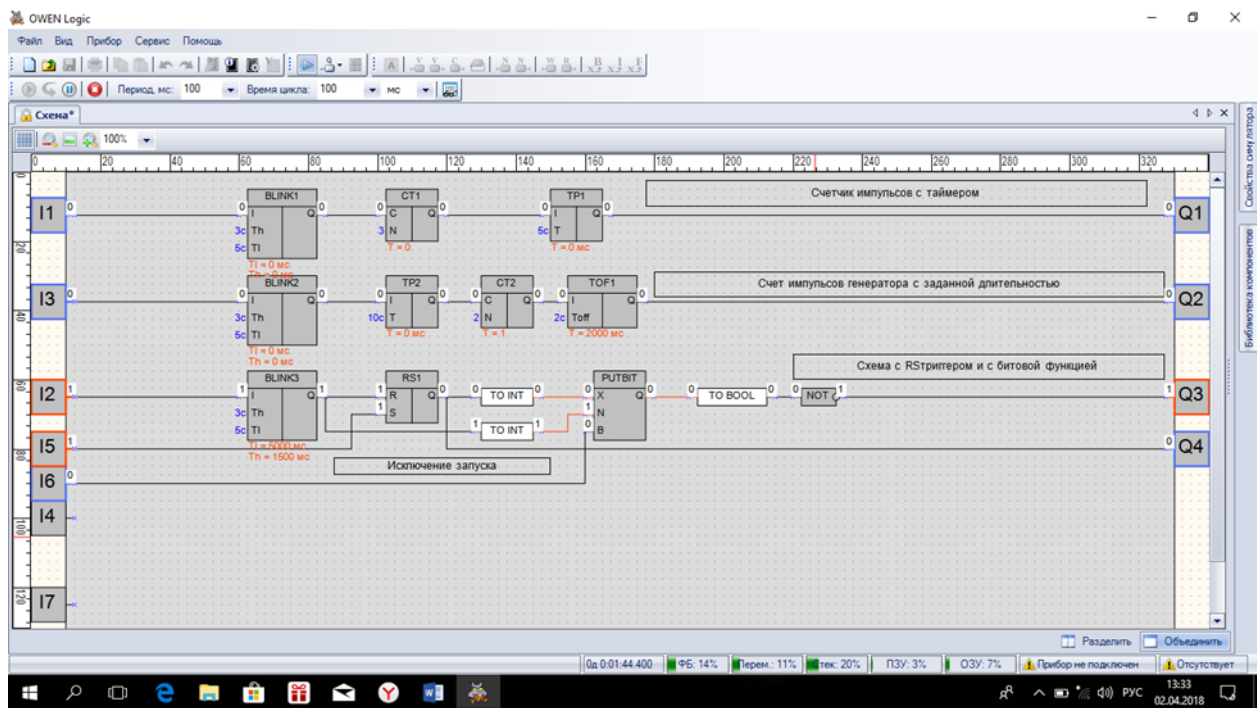


Схема с RS-триггером и битовой функцией



Практическое занятие № 17

Тема : Элементы преобразования OWEN Logic

Цель работы: Получение навыка в среде "owen logic" использования

ресурсов для построения АСУ. Для проведения испытаний модели элементов САУ.

Задание:

- 1) Выполнить пошаговую инструкции.
- 3) Ответить на контрольные вопросы.
- 4) Оформить отчёт.

Порядок выполнения работы:

- выполнить пошагово инструкцию.
- протестировать полученный результат.
- результат показать, оформить в отчете.
- выполнить вариант, оформить в отчете.

Результат работы:

- КАРТИНА итогового результата.

Ответ 1:

для чего нужен конфигурационный файл?

Ответ 2:

что создаёт конфигурационный файл.

Ответ 3:

зачем нужна данная пошаговая инструкция?

Ответ 4:

зачем нужна справка?

Ответ 5:

для чего нужен "to bool"?

Ответ 6:

для чего нужен "to int"?

Ответ 7:

для чего нужен "to float" ?

Ответ 8:

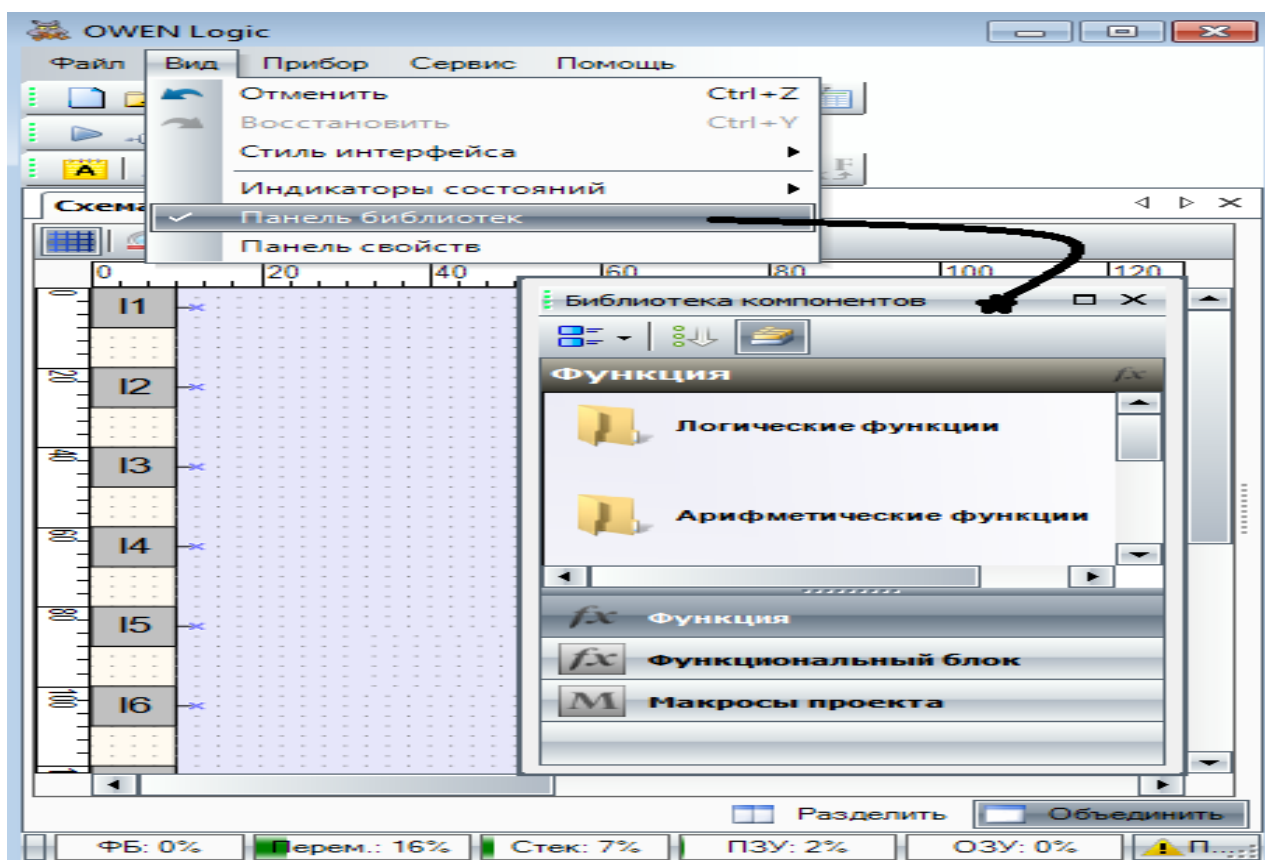
какие типы переменных используются?

Вывод:

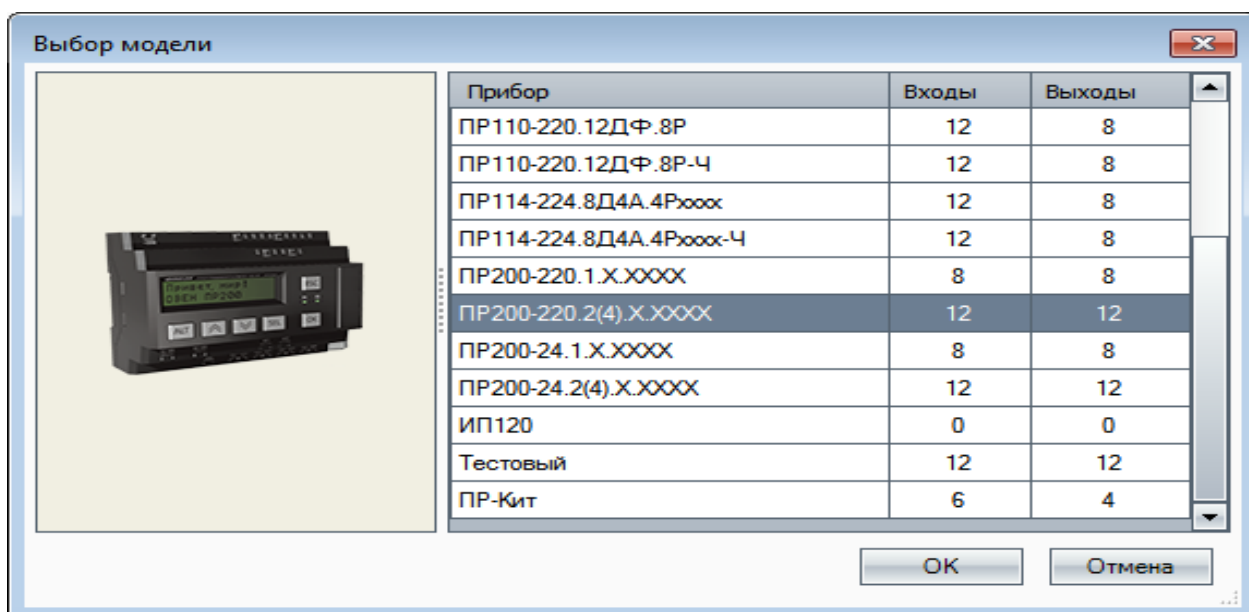
по особенностям выполнения пошаговой инструкции?

- может ли инструкция научить и чему?
- может ли инструкция выступать гарантией положительного результата?
- может ли инструкция быть алгоритмом ?
- можно инструкцию улучшить и как?
- если часто выполнять данную инструкцию, то она становится не актуальной?

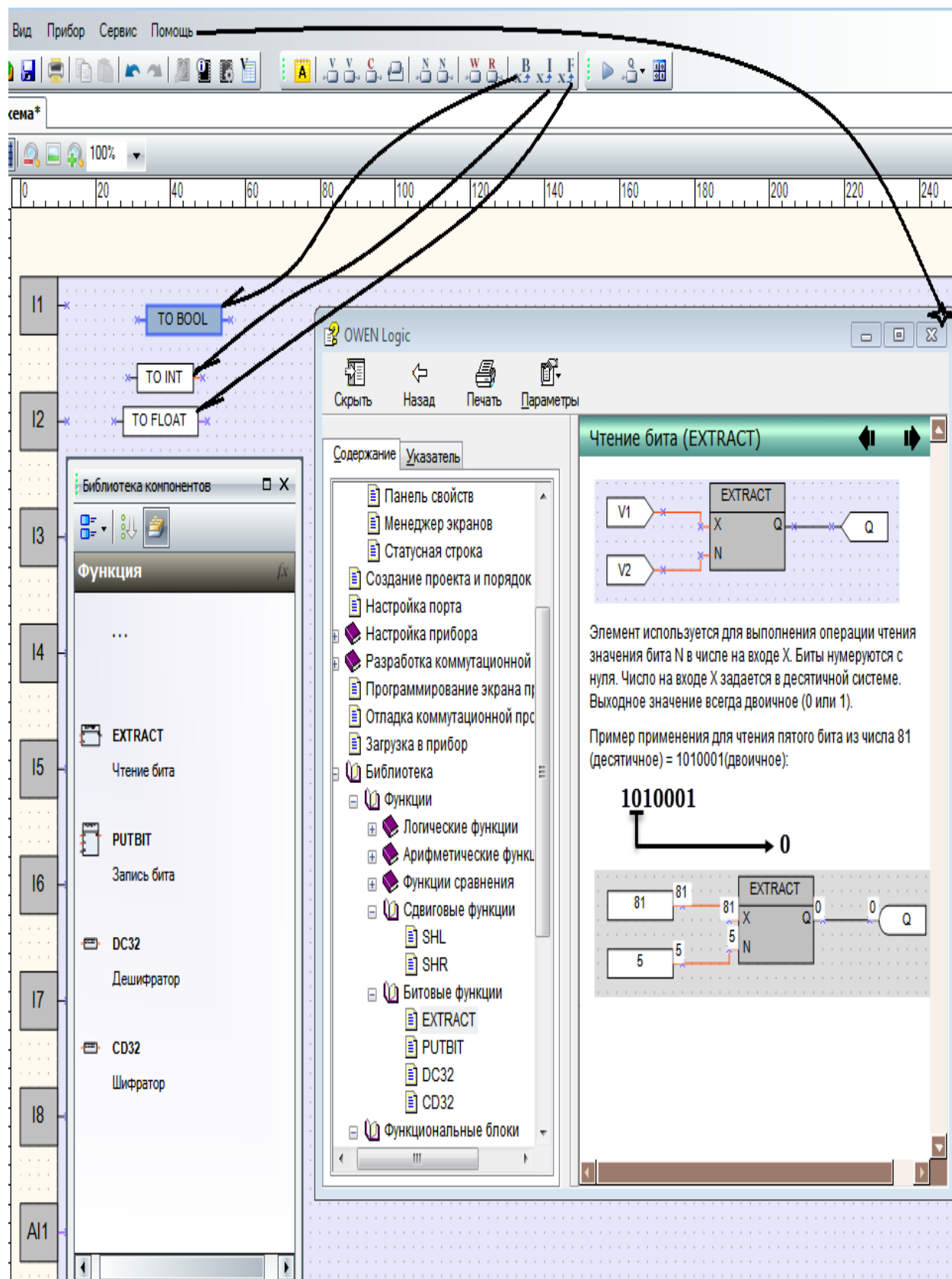
Ответить на контрольные вопросы.



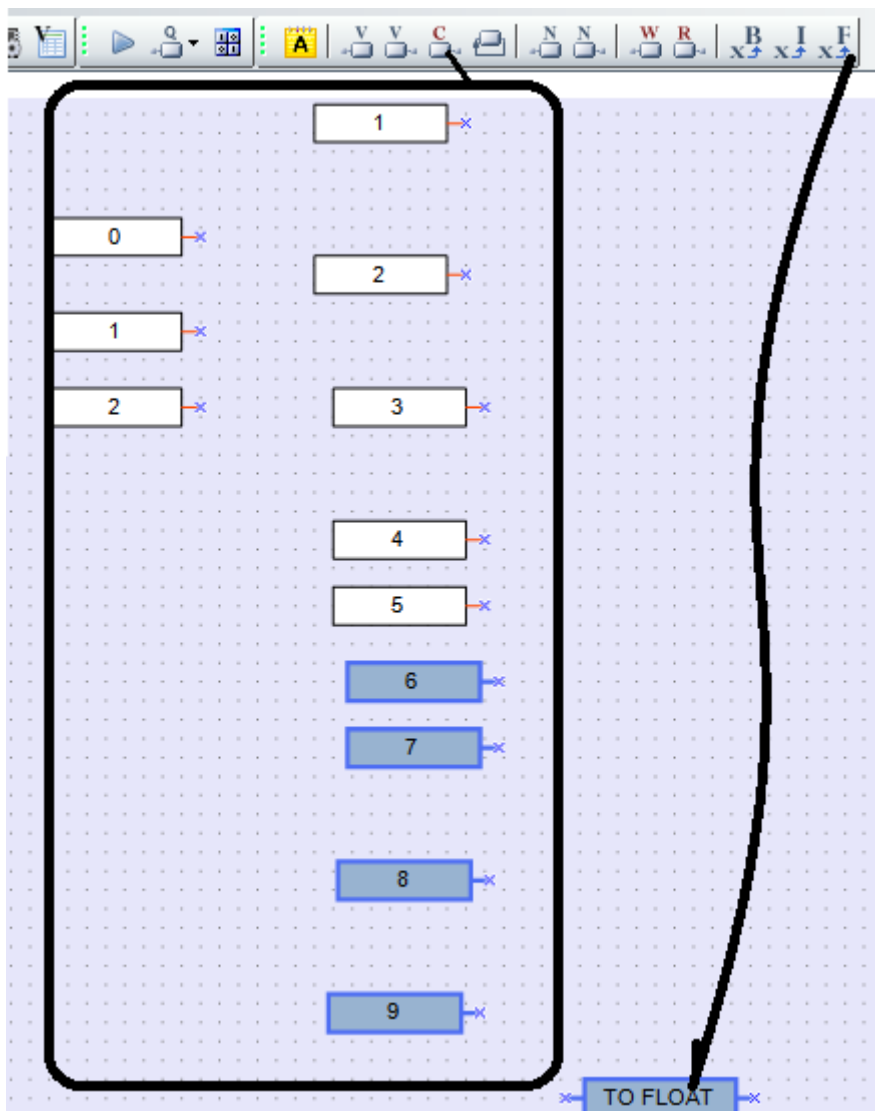
Для ввода схем пользуйтесь библиотеками компонентов.



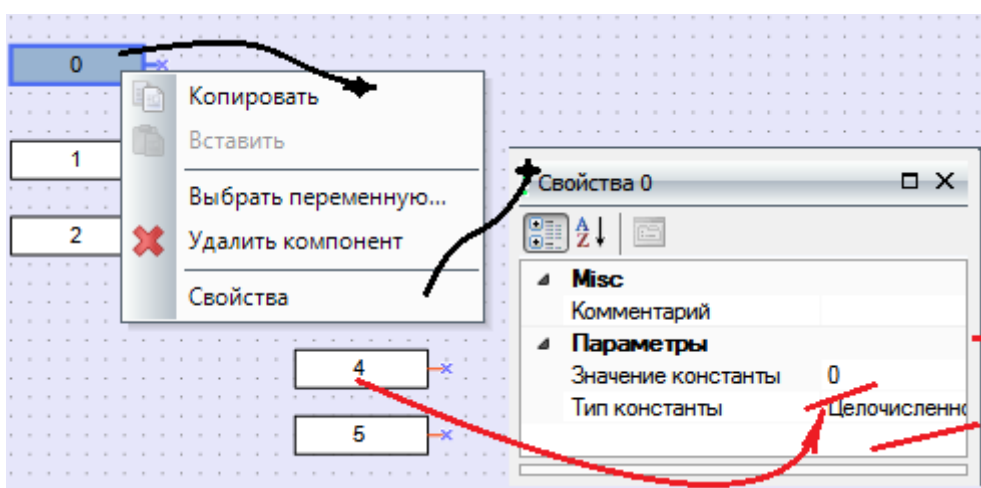
Согласно рисунку.



войдем в систему помощи и можем посмотреть все функций и преобразования.

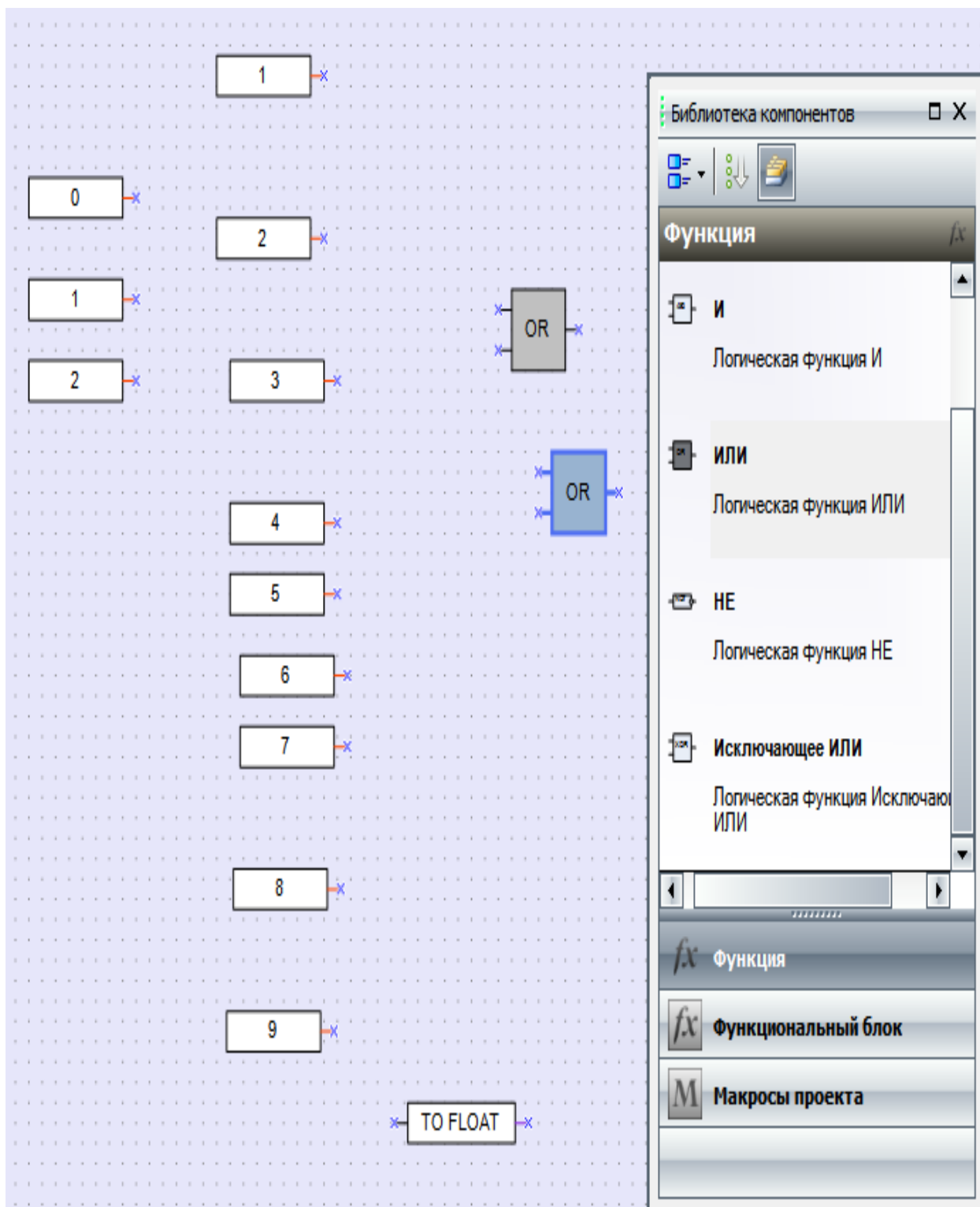


выбрать компоненты

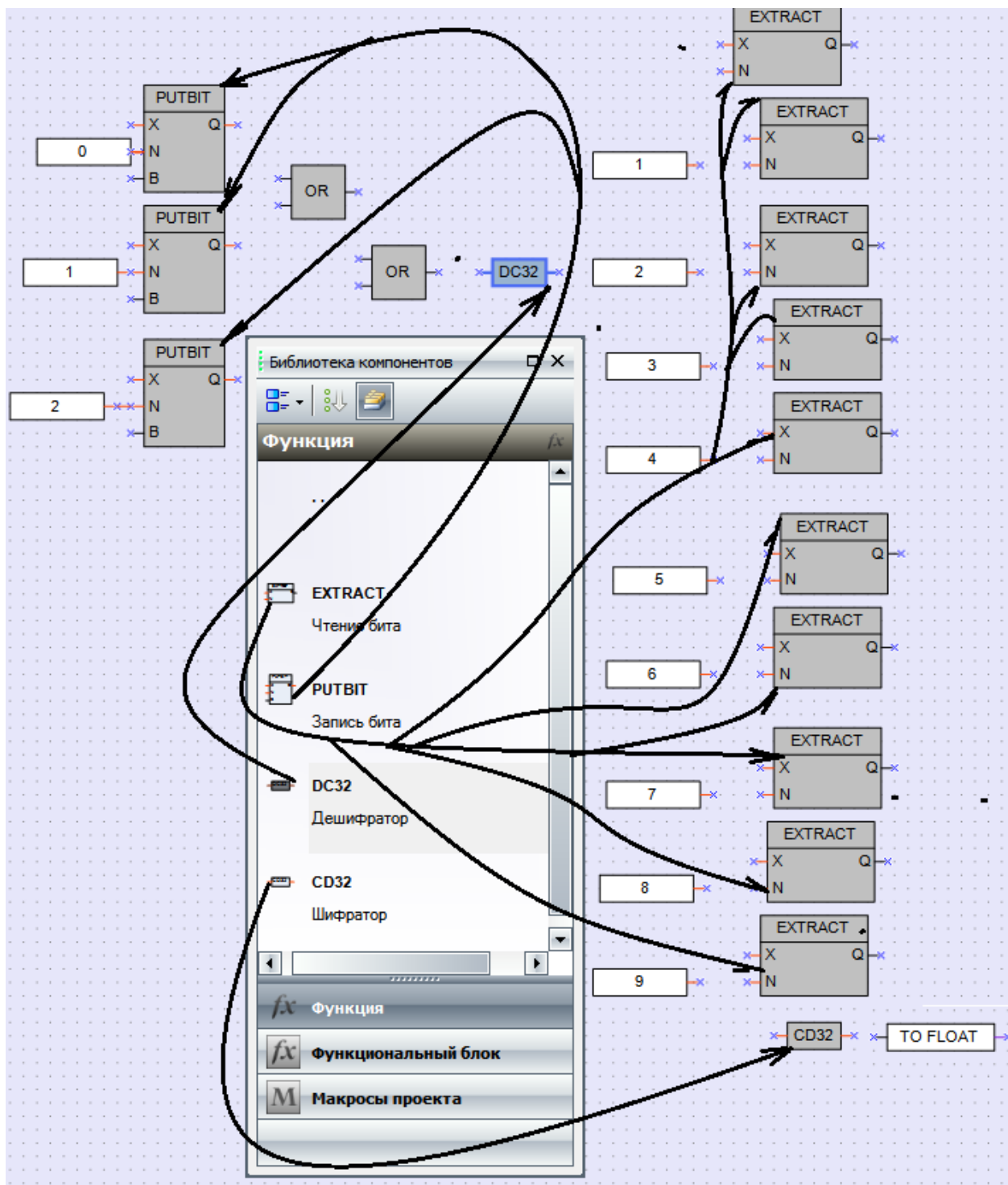


правой

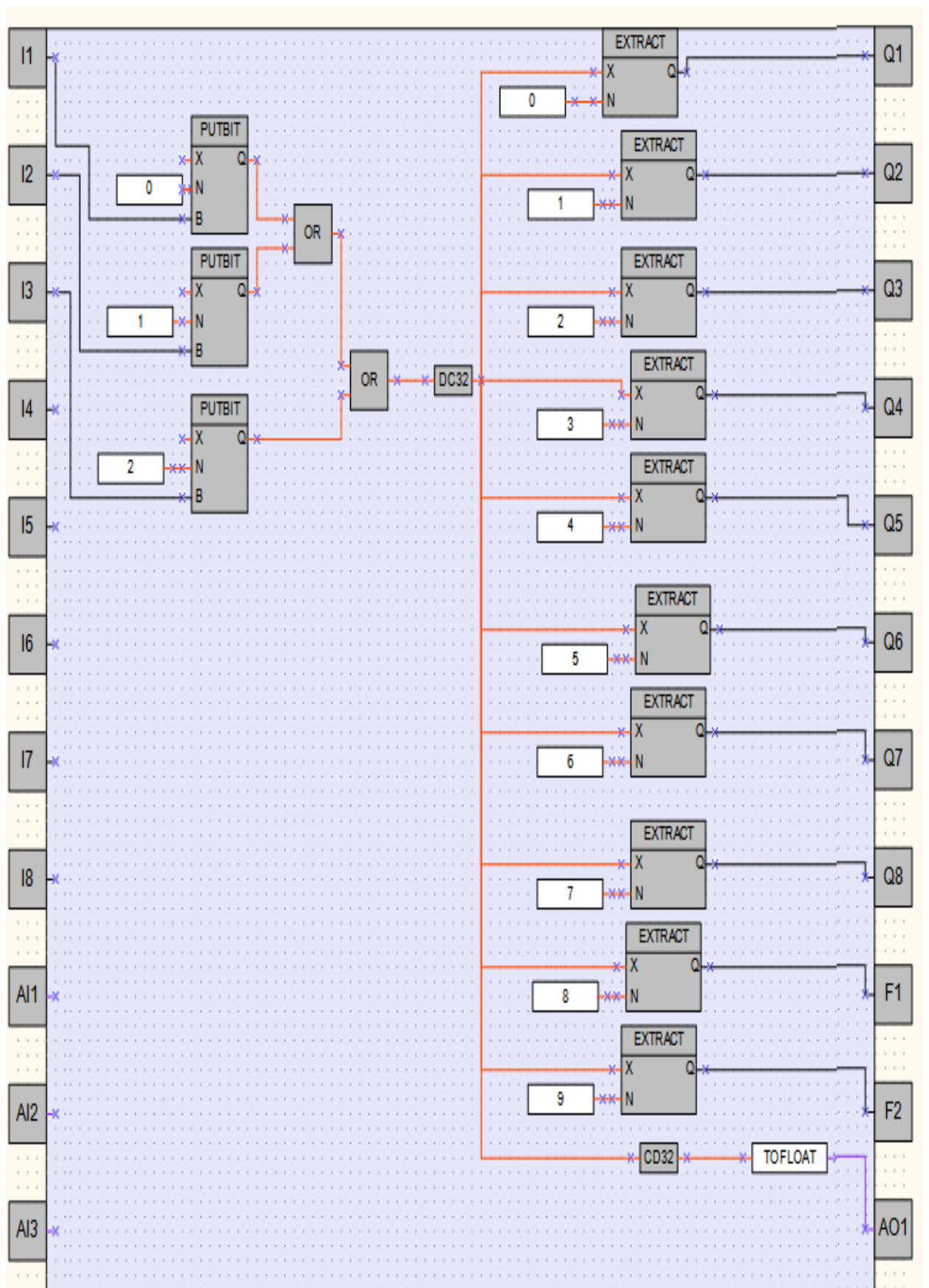
кнопкой мыши организуем ввод значений.



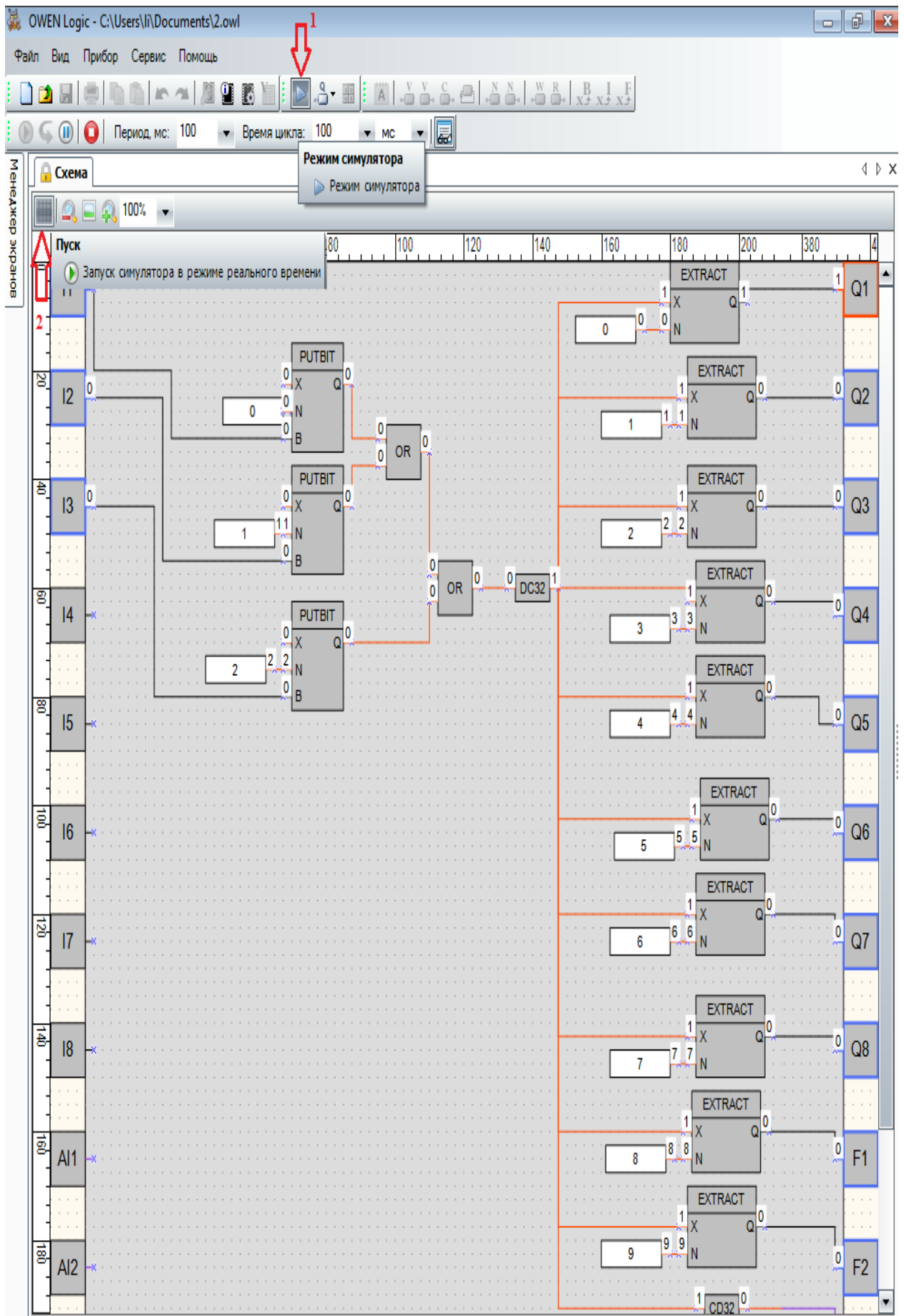
введем элементы или 2 шт.



введём элементы согласно рисунку выше.



создадим схему.



Режим симулятора и ПУСК))

РАЗРАБОТАТЬ ДЕШИФРАЦИЮ

Вариант 1

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 2

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q4=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 3

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q8=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $F1=1$

Вариант 4

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $F1=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $Q3=1$

Вариант 5

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 6

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow F1=1$ $Q2=1$ $Q4=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $Q1=1$

Вариант 7

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q2=1$ $Q8=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q1=1$ $F1=1$

Вариант 8

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $F1=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q1=1$ $Q8=1$ $Q3=1$

Вариант 9

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 10

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q4=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 11

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q8=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $F1=1$

Вариант 12

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $F1=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $Q3=1$

Вариант 13

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q1=1$ $Q2=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $F1=1$

Вариант 14

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow F1=1$ $Q2=1$ $Q4=1$ 2) При $I1=0$ $F1=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q8=1$ $Q1=1$

Вариант 15

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q2=1$ $Q8=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow F1=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q7=1$ $Q1=1$ $Q4=1$

Вариант 16

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $F1=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q8=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q1=1$ $Q6=1$ $Q3=1$

Вариант 17

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $Q4=1$ 2) При $I1=0$ $F1=1 \Rightarrow Q3=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow F1=1$ $Q8=1$ $Q1=1$

Вариант 18

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q7=1$ $Q1=1$ $Q3=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q6=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow F1=1$ $Q8=1$ $Q4=1$

Вариант 19

- 1) При $I1=1$ $I2=0 \Rightarrow Q7=1$ $Q2=1$ $F1=1$ 2) При $I1=0$ $I2=1 \Rightarrow Q4=1$ $Q5=1$ $Q8=1$
3) При $I1=1$ $I2=1 \Rightarrow Q1=1$ $Q6=1$ $Q3=1$

Лабораторная работа №18

Тема: Релейно-контактные системы управления наладка и пуск асинхронного двигателя

Цель работы: Изучить принцип действия пускорегулирующей аппаратуры и дистанционного управления электродвигателем.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

осуществлять монтаж магнитных пускателей,

Материальное обеспечение:

набор отвёрток, расходный материал, плоскогубцы,

бокореzy, пускорегулирующая аппаратура, мультиметр.

Задание:

подключить электродвигатель в сеть через

нереверсивный электромагнитный пускатель.

Порядок выполнения работы:

1. изучить правила монтажа пускорегулирующей аппаратуры;
2. произвести монтаж ПРА на стенде и

запустить электродвигатель.

Ход работы:

1. изучить правила монтажа

пускорегулирующей аппаратуры;

2. произвести монтаж ПРА на стенде и

запустить электродвигатель.

Пускорегулирующие устройства, аппараты управления и защиты

Магнитный пускатель – это устройство которое предназначено для автоматического включения и отключения трех фазных электрических двигателей от сети, а также их реверсирование. Как правило используется для управления асинхронным двигателем с напряжением до 600 В.

Устройство магнитного пускателя: 1) Он состоит из сердечника на котором помещена втягивающая катушка;

2) Якорь, пластмассового корпуса, механические индикаторы;

3) Основные и вспомогательные блок контакты.

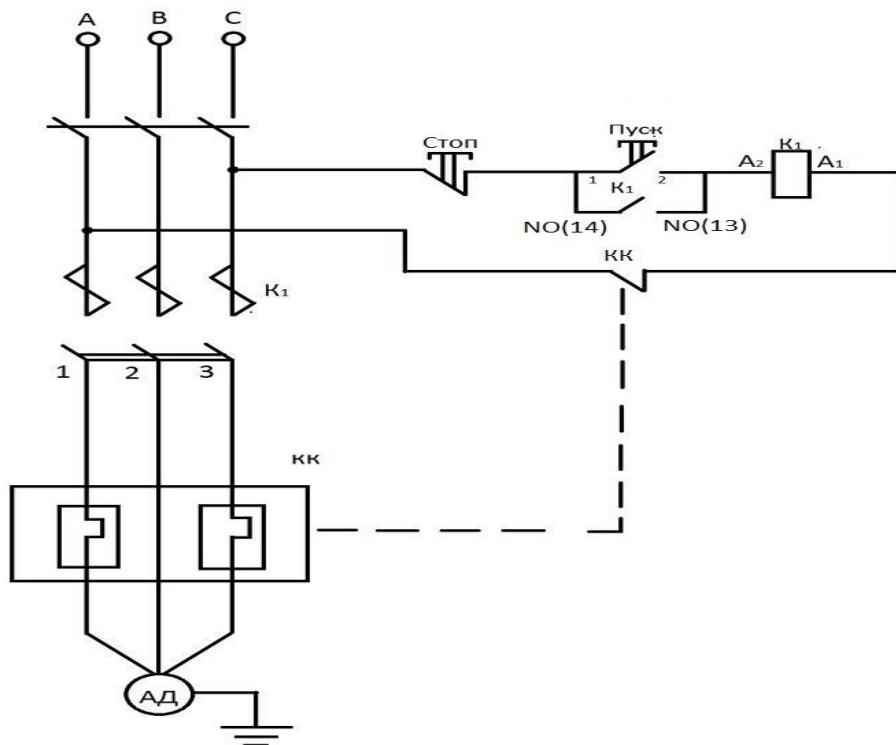
При подаче напряжения на катушку пускателя протекающий в нем ток притягивает якорь к сердечнику, следствием чего станет замыкание вспомогательных блок контактов, которые в свою очередь сигнализируют в систему управления о включении или отключении устройства.

При снятии напряжения с катушки магнитного пускателя под действием возвратной пружины контакты разомкнутся то есть вернуться в начальное положение.

Схема 1. Простейшая схема подключения магнитного пускателя.

При замыкании автоматического выключателя собирается схема питания катушки магнитного пускателя. Предохранитель обеспечивает защиту схемы управления от коротких замыканий, при нормальных условиях контакт тепловых реле замкнут. Для запуска асинхронника нажимаем кнопку пуск, цепь замыкается через катушку магнитного пускателя начинает протекать ток, сердечник втягивается тем самым силовые контакты замыкаются и также замыкаются блок контакты. Блок контакт нужен для того чтобы замкнуть цепь управления, поскольку кнопка после того как ее отпустят вернется в исходное положение. Для остановки электродвигателя достаточно нажать кнопку стоп которая разберет схему управления.

При длительной перегрузке срабатывает тепловой датчик, который разомкнет контакт это тоже приведет к остановке. При данной схеме включения следует учесть номинальное напряжение катушки. Если напряжение 220В, а двигателя 380В то данную схему



употреблять нельзя, а можно применить с нейтральным проводом, а если обмотка двигателя соединена треугольником 220В то данная схема жизнеспособна.

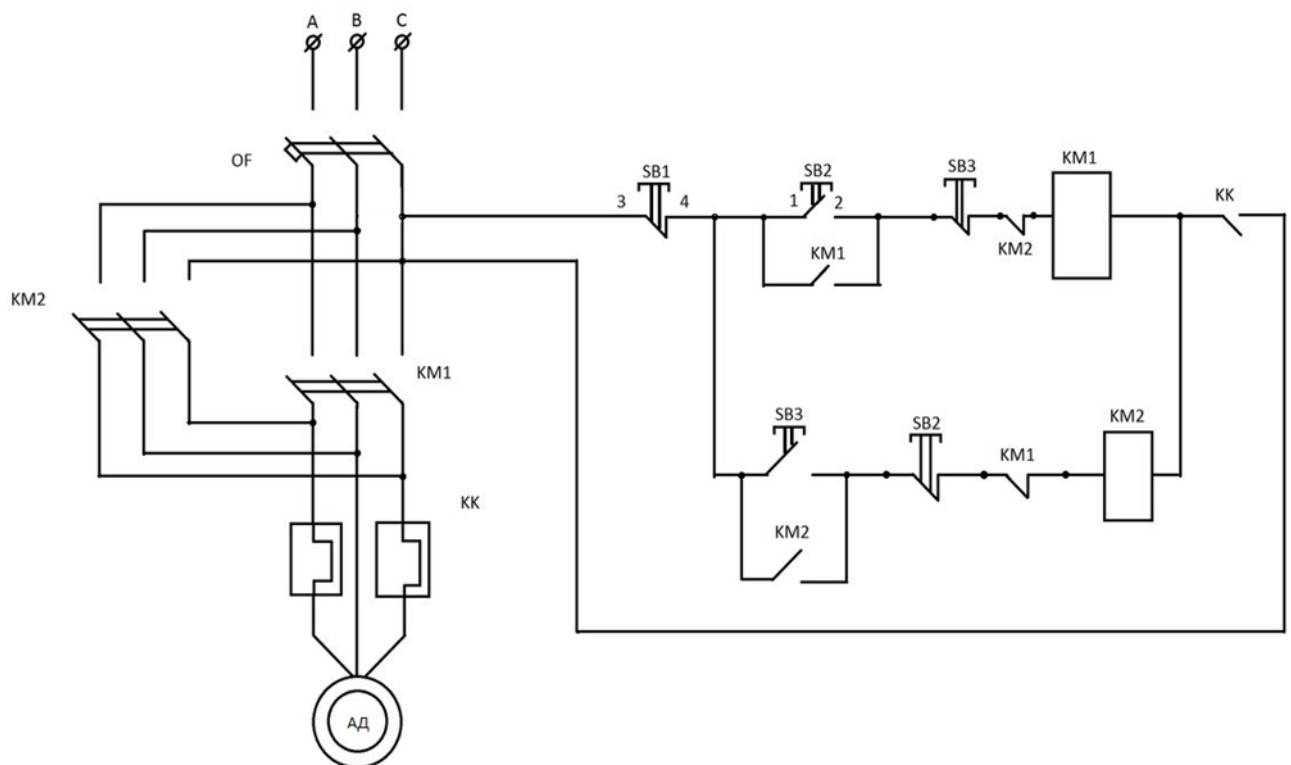
Асинхронный двигатель – это асинхронная машина предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую энергию. Слово асинхронный означает не одновременный при этом имеется в виду что у асинхронных двигателей частота вращения магнитного поля статора всегда больше частоты вращения ротора. Основными частями асинхронного двигателя являются ротор и статора.

Статор – имеет цилиндрическую форму и собирается из листов стали, в пазах сердечника статора уложены обмотки которые выполнены из обмоточного провода. Оси обмоток сдвинуты в пространстве относительно друг друга на угол 120° . В зависимости от подаваемого напряжения концы обмоток соединяются треугольником или звездой.

Ротор бывает двух видов: - Коротко замкнутый ротор представляет собой сердечник набранный из листов стали, в пазы этого сердечника заливается расплавленный алюминий. В результате чего образуются стержни которые замыкаются торцевыми кольцами эта конструкция называется беличья клетка. В двигателях большой мощности вместо алюминия может применяться медь. Беличья клетка представляет собой замкнутую обмотку ротора от куда и есть это название.

- Фазный ротор имеет трехфазную обмотку которая практически не отличается от обмотки статора. В большинстве случаев концы обмоток соединяются в звезду, а свободные концы подводятся к контактным кольцам с помощью щеток которые подключены кольца. Цепь обмотки ротора может вводить добавочный резистор, это нужно для того чтобы можно было изменить активное сопротивление цепи ротора, потому что это способствует уменьшению больших пусковых токов.

Составление схем соединений



Лабораторная работа № 19.

Ознакомление с принципом действия устройств защитного отключения (УЗО).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с назначением и принципом действия устройств защитного отключения (УЗО), проведение испытания модели с целью подтверждения ее работоспособности.

ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1) измеритель параметров электроустановок MI3102.

Испытание стандартного УЗО (без задержки),		
Диапазон измерения (мс)	Разрешение (мс)	Погрешность
0 ÷ 300 ($1/2 \times I_{\Delta N}$, $I_{\Delta N}$)	1	± 3 мс
0 ÷ 150 ($2 \times I_{\Delta N}$)	1	
0 ÷ 40 ($5 \times I_{\Delta N}$)	1	
Испытание селективного УЗО (с временной задержкой)		
Диапазон измерения (мс)	Разрешение (мс)	Погрешность
0 ÷ 500 ($1/2 \times I_{\Delta N}$, $I_{\Delta N}$)	1	± 3 мс
0 ÷ 200 ($2 \times I_{\Delta N}$)	1	
0 ÷ 150 ($5 \times I_{\Delta N}$)	1	
Ток испытания $1/2 \times I_{\Delta N}$ максимальный		
Умножитель 5 не доступен если $I_{\Delta N} = 1000$ мА (Стандартное УЗО) или $I_{\Delta N} \geq 500$ мА (Селективное УЗО).		
Множитель 2 не доступен если $I_{\Delta N} = 1000$ мА (Селективное УЗО).		
Ток срабатывания		
Диапазон измерения в соответствии со стандартом EN61557-6.		
Ток срабатывания ($I_{\Delta N} = 10$ мА)		
Диапазон измерения I_{Δ}	Разрешение I_{Δ}	Погрешность
$0.2 \times I_{\Delta N} \div 1.1 \times I_{\Delta N}$ (тип AC)	$0.05 \times I_{\Delta N}$	$\pm 0.1 \times I_{\Delta N}$
$0.2 \times I_{\Delta N} \div 2.2 \times I_{\Delta N}$ (тип A)	$0.05 \times I_{\Delta N}$	$\pm 0.1 \times I_{\Delta N}$
Ток срабатывания ($I_{\Delta N} \geq 30$ мА)		
Диапазон измерения I_{Δ}	Разрешение I_{Δ}	Погрешность
$0.2 \times I_{\Delta N} \div 1.1 \times I_{\Delta N}$ (тип AC)	$0.05 \times I_{\Delta N}$	$\pm 0.1 \times I_{\Delta N}$
$0.2 \times I_{\Delta N} \div 2.2 \times I_{\Delta N}$ (тип A)	$0.05 \times I_{\Delta N}$	$\pm 0.1 \times I_{\Delta N}$
Время срабатывания		
Диапазон измерения (мс)	Разрешение (мс)	Погрешность
0 ÷ 300	1	± 3 мс
Напряжение прикосновения		
Диапазон измерения в соответствии со стандартом EN61557-6: от 3.1 В до 99.9 В.		
Диапазон измерения (В)	Разрешение (В)	Погрешность
0.0 ÷ 9.9	0.1	$((-0\%/+10\%) \cdot X + 2 \cdot K)$
10.0 ÷ 99.9	0.1	$((-0\%/+10\%) \cdot X)$
X – измеренное значение; K – значение единицы младшего разряда на пределе измерения		

2) Устройство защитного отключения типа F200 производства компании ABB.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Устройство защитного отключения (сокр. **УЗО**; более точное название: *устройство защитного отключения, управляемое дифференциальным (остаточным) током*, сокр. **УЗО–Д**) или **выключатель дифференциального тока (ВДТ)** или **защитно-отключающее устройство (ЗОУ)** — механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определённых условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов. Может состоять из различных отдельных элементов, предназначенных для обнаружения, измерения (сравнения с заданной величиной) дифференциального тока и замыкания и размыкания электрической цепи (разъединителя).

Основная задача УЗО — защита человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную изоляцию проводов и некачественные соединения.

Широкое применение также получили комбинированные устройства, совмещающие в себе УЗО и устройство защиты от сверхтока, такие устройства называются УЗО–Д со встроенной защитой от сверхтоков, либо просто **диффавтомат**. Часто диффавтоматы снабжаются специальной индикацией, позволяющей определить, по какой причине произошло срабатывание (от сверхтока или от дифференциального тока).



Рис. 1. Устройства защитного отключения производства фирмы ABB.

Устройство УЗО.

Внутреннее устройство УЗО представлено на рис. 2.



УЗО с улучшенными характеристиками

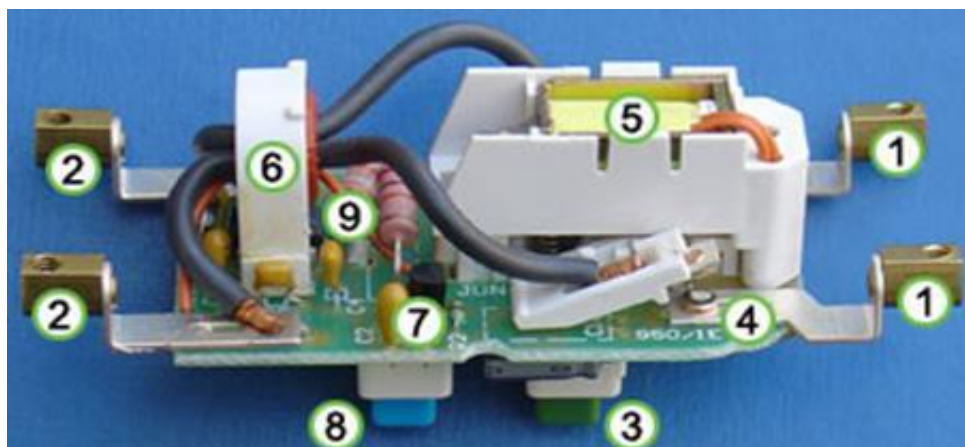


Рис. 2. Устройство УЗО

На рисунке 2 показано внутреннее устройство одного из типов УЗО. Данное УЗО предназначено для установки в разрыв шнура питания, его номинальный ток 13 А, отключающий дифференциальный ток 30 мА. Данное устройство является:

§ УЗО со вспомогательным источником питания

§ выполняющим автоматическое отключение при отказе вспомогательного источника

Это означает, что УЗО может быть включено только при наличии питающего напряжения, при пропадании напряжения оно автоматически отключается (такое поведение повышает безопасность устройства).

Фазный и нулевой проводники от источника питания подключаются к контактам (1), нагрузка УЗО подключается к контактам (2). Проводник защитного заземления (РЕ-проводник) к УЗО никак не подключается.

При нажатии кнопки (3) контакты (4) (а также еще один контакт, скрытый за узлом (5)) замыкаются, и УЗО пропускает ток. Соленоид (5) удерживает контакты в замкнутом состоянии после того, как кнопка отпущена.

Катушка (6) на тороидальном сердечнике является вторичной обмоткой дифференциального трансформатора тока, который окружает фазный и нулевой проводники. Проводники проходят сквозь тор, но не имеют электрического контакта с катушкой. В нормальном состоянии ток, текущий по фазному проводнику, точно равен току, текущему по нулевому проводнику, однако эти токи противоположны по направлению. Таким образом, токи взаимно компенсируют друг друга и в катушке дифференциального трансформатора тока ЭДС отсутствует.

Любая утечка тока из защищаемой цепи на заземленные проводники (например, прикосновение человека, стоящего на мокром полу, к фазному проводнику) приводит к нарушению баланса в трансформаторе тока: через фазный проводник «втекает больше тока», чем возвращается по нулевому (часть тока утекает через тело человека, то есть помимо трансформатора). Несбалансированный ток в первичной обмотке трансформатора тока приводит к появлению ЭДС во вторичной обмотке. Эта ЭДС сразу же регистрируется следящим устройством (7), которое отключает питание соленоида (5). Отключенный соленоид больше не удерживает контакты (4) в замкнутом состоянии, и они размыкаются под действием силы пружины, обесточивая неисправную нагрузку.

Устройство спроектировано таким образом, что отключение происходит за доли секунды, что значительно снижает тяжесть последствий от поражения электрическим током.

Кнопка проверки (8) позволяет проверить работоспособность устройства путем пропускания небольшого тока через оранжевый тестовый провод (9). Тестовый провод проходит через сердечник трансформатора тока, поэтому ток в тестовом проводе эквивалентен нарушению баланса токонесущих проводников, то есть УЗО должно отключиться при нажатии на кнопку проверки. Если УЗО не отключилось, значит оно неисправно и должно быть заменено.

По способу установки

§ стационарные с монтажом стационарной электропроводкой

§ переносные с монтажом гибкими проводами с удлинителями

По числу полюсов

§ однополюсные двухпроводные

§ двухполюсные

§ двухполюсные трехпроводные

§ трехполюсные

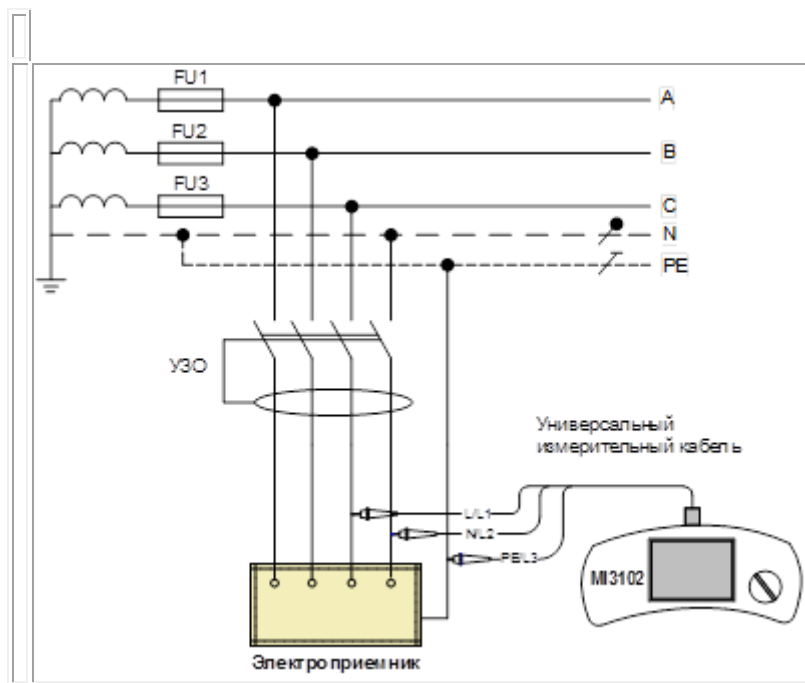
§ трехполюсные четырехпроводные

§ четырехполюсные

По способу действия

§ УЗО–Д без вспомогательного источника питания

§ УЗО–Д со вспомогательным источником питания:



СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по проведению лабораторной работы должен содержать:

1. Схему проведения испытаний

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое автоматическое устройство защитного отключения(УЗО)?
2. Каково назначение УЗО?
3. Опишите устройство УЗО.
4. В каких случаях УЗО не работает?
5. Почему защитный проводник не проходит через обмотку УЗО?
6. Чем УЗО принципиально отличается от предохранителя?
7. Как классифицируют УЗО?
8. Область применения УЗО.
9. Принципиально опишите испытательную установку.
10. Объясните регламент испытаний
- 11*. Как вы думаете, почему при установке на одно присоединение УЗО совместно с автоматическим выключателем номинальный ток последнего выбирается на ступень ниже, чем номинальный ток УЗО?

Лабораторная работа №20

Тема: Монтаж и изучение измерителя-регулятора температуры и влажности ИРТВ-5215

Цель: Монтаж и наладка ИРТВ.

Ход работы

- 1 Изучить приборы ИРТВ измеритель регулятора и влажности и преобразователь температуры и влажности ИПТВ.
2. Изучить схему автоматизации измерения температуры и влажности на базе данных приборов .
3. Установить требуемую температуру и влажность.
4. Подключить стенд и записать данные срабатывания.
5. ответить на вопросы:
 - 5.1 Назначение приборов ИРТВ и ИПТВ
 - 5.2 Устройство , работа ,схема подключения ИРТВ и ИПТВ
 - 5.3 Принцип работы стеда автоматического измерения температуры и влажности.

Теоретическая часть:

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Измеритель-регулятор температуры и влажности ИРТВ-5215 (далее – ИРТВ-5215) в комплекте с преобразователем измерительным температуры и влажности ИПТВ (далее ИПТВ) предназначен для измерения и регулирования температуры и влажности в различных технологических процессах промышленности, энергетики, сельского хозяйства, лесопереработке.

В ИРТВ-5215 в качестве первичного преобразователя применяется ИПТВ, в состав которого входят емкостной чувствительный элемент относительной влажности и термопреобразователь сопротивления 500П.

Конструкция ИПТВ-5215 позволяет использовать его в качестве настольного прибора либо устанавливать в щите.

По числу каналов измерения ИРТВ-5215 в соответствии с ГОСТ 9736-91 является двухканальным.

Таблица

Тип уставки	Обозначение	Тип уставки для данной модификации
min I + min II	11	
min I + max II	12	
max I + max II	22	

Параметры системы измерения и регулирования

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ ИРТВ-5215

- 4.1. Передняя панель ИРТВ-5215 состоит из двух частей: верхней и нижней;

В верхней части расположены органы управления : •кнопки переключения режима измерений «РЕЖИМ» «I» и «II»; •цифровой индикатор текущего/заданных значений температуры; • 2 единичных светодиодных индикатора срабатывания уставки по температуре «I» и «II»;

- 2 потенциометра установки заданного значения температуры «УСТАВКА» «I» и «II» (Уставка I – текущее значение температуры, уставка II – блокировка).

В нижней части расположены органы индикации и управления регулятора влажности:

- кнопки переключения режима измерений «РЕЖИМ» «I» и «II»;
- цифровой индикатор текущего/заданных значений влажности;
- 2 единичных светодиодных индикатора срабатывания уставки по влажности «I» и «II»;
- 2 потенциометра установки заданного значения влажности «УСТАВКА» «I» и «II» (Уставка I – текущее значение влажности, уставка II – блокировка).

4.2. На заднюю панель ИРТВ-5215 выведены:

- клеммные колодки для подключения к сети, исполнительным устройствам, ИПТВ;
- выходы встроенных измерительных преобразователей 0...5 мА / 4...20 мА (по заказу);
- потенциометры установки величины зоны возврата по срабатыванию уставок по температуре и влажности, обозначенные «ΔТ» I «ΔНР», «ΔТ» II «ΔНР».

4.3. В состав ИРТВ-5215 входят:

- трансформаторный блок питания с линейны-

Стабилизаторами

- два аналого-цифровых преобразователя с индикаторами для отображения значений температуры и относительной влажности;
- схема формирования текущего значения температуры;
- компараторы сравнения текущего значения температуры с заданными значениями с учетом температурной поправки;
- схема формирования текущего значения влажности;
- компараторы сравнения текущего значения влажности с заданными значениями;
- исполнительные реле системы регулирования (сигнализации) температуры и влажности.

4.4. Блок питания преобразует сетевое напряжение 220 В в стабилизированное +5 В, -12 В, +12 В. Выключатель питания не предусмотрен, так как ИРТВ-5215 предназначен для работы в непрерывном режиме.

4.5. Первый аналого-цифровой преобразователь измеряет и отображает на цифровом индикаторе текущую температуру. При нажатой кнопке «РЕЖИМ» «I» («II») измеряется заданное значение температуры I (II).

4.6. Второй аналого-цифровой преобразователь измеряет и отображает на цифровом индикаторе текущую влажность. При нажатой кнопке «РЕЖИМ» «I» («II») измеряется заданное значение влажности I (II).

4.7. Схема формирования сигнала текущей температуры преобразует сигнал термопреобразователя в масштабированное напряжение и линеаризует его.

4.8. Компараторы сравнения значения текущей температуры с заданными формируют сигналы включения реле при выходе текущей температуры за заданные пределы.

4.9. Компараторы сравнения значения текущей влажности с заданными формируют сигналы включения реле при выходе текущей влажности за заданные пределы.

5. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. К эксплуатации ИРТВ-5215 допускается персонал, изучивший настоящий паспорт и прошедший инструктаж по технике безопасности.

5.2. Перед эксплуатацией при отключенном питании необходимо убедиться в наличии и исправности заземления ИРТВ-5215. Заземление должно быть осуществлено на контур заземления или нулевую шину сети.

5.3. Подключение ИРТВ-5215 к электрической схеме должно осуществляться при выключенном источнике постоянного тока.

5.4. Устранение неисправностей и все профилактические работы должны проводиться только при отключенной от сети ИРТВ-5215.

6. МОНТАЖ ИРТВ-5215

6.1. Для установки ИРТВ-5215 необходимо иметь доступ к нему с задней стороны щита. Размеры выреза в щите 86x86 мм.

6.2. ИРТВ-5215 вставляется в щит и закрепляется с помощью крепежных кронштейнов.

6.3. Электрические соединения ИРТВ-5215 с сетью питания, датчиком температуры, исполнительными устройствами регулирования и блокировки осуществляется через клеммные колодки, расположенные на задней панели в соответствии с п. 4.2. и схемой подключений (см. Приложение). Соединения выполняются в виде кабельных связей или в виде жгутов вторичной коммутации. Прокладка и разделка кабеля и жгутов вторичной коммутации должны отвечать требованиям действующих «Правил устройства электроустановок». Измерительные и силовые цепи должны вестись отдельно. Измерительная линия должна прокладываться и заключаться в металлический экран.

7. ПОДГОТОВКА И ПОРЯДОК РАБОТЫ

7.1. Распаковать ИРТВ-5215. Произвести внешний осмотр.

7.2. Подключить ИРТВ-5215 к сети, датчику и нагрузке с помощью клеммной колодки.

7.3. Установить требуемую температуру с помощью резистора установки. Контроль установки вести по цифровому индикатору, нажав на кнопку «РЕЖИМ» «I» или «II».

7.4. Потенциометром «ΔT» 1(2) на задней панели ИРТВ-5215 установить необходимую величину гистерезиса (зоны возврата) срабатывания регулятора I (II).

7.5. Установить требуемую влажность с помощью резистора уставки. Контроль вести по цифровому индикатору, нажав на кнопку «РЕЖИМ» «I» или «II».

7.6. Потенциометром «ΔНР» 1(2) на задней панели ИРТВ-5215 установить необходимую величину гистерезиса (зоны возврата) срабатывания регулятора I (II).

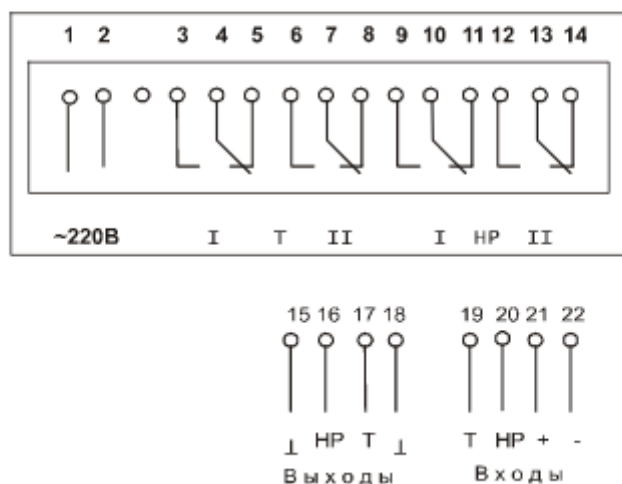
8. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

8.1. Поверку ИРТВ-5215 производят органы Государственной метрологической службы или другие уполномоченные органы, организации, имеющие право поверки. Требования к организации, порядку проведения поверки и форма представления результатов поверки определяются ПР 50.2.006-94 и методикой поверки МИ

ПРИЛОЖЕНИЕ

Измеритель-регулятор температуры и влажности.

Схема электрическая соединений



ИПТВ-056, ИПТВ-206 - измерительные преобразователи температуры



Преобразователи измерительные температуры и влажности предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры и относительной влажности газовых сред в унифицированный токовый выходной сигнал 0...5 мА или 4...20 мА.

6. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

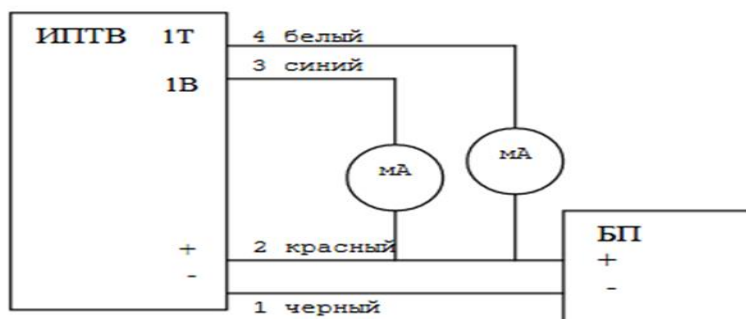
6.1. Распаковать ИПТВ. Произвести внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие следующим требованиям:

- 1) ИПТВ должен быть укомплектован в соответствии с разделом 3 настоящего паспорта;
- 2) заводской номер на ИПТВ должен соответствовать указанному в паспорте;
- 3) ИПТВ не должен иметь механических повреждений, при которых его эксплуатация недопустима.

6.2. Порядок установки ИПТВ:

- 1) поместить рабочую часть ИПТВ в камеру с измеряемой средой и закрепить его с помощью штуцера M20x1,5 через резиновую прокладку;
- 2) подсоединить электрический разъем с подводящими проводами (рисунок 1).

**Преобразователи измерительные температуры и влажности ИПТВ.
Схема электрическая соединений**



Лабораторная №21

Тема: Монтаж и изучение преобразователя измерителя давления

Цель: Монтаж и наладка ЭКМ манометров электронных.

Ход работы:

- 1 Изучить приборы ЭКМ манометры электронные
2. Изучить схему автоматизации измерения давления на базе данных приборов .
- 3Подключить помпу PV-60 шлангом DN2VP630Бар. К правому манометру .
4. Подключить стенд
- 5.С помощью помпы создать давление и и записать данные срабатывания.
6. ответить на вопросы:
 - 6.1 Назначение приборов ЭКМ манометров
 - 6.2 Их устройство , работа ,схема подключения

7.Отчет должен содержать:

Тема, цель, электрическая схема стенда, ,схемы подключения изучаемых приборов и показания срабатывания датчиков.

Ответы на вопросы.

2.1 Назначение изделий

2.1.1 Манометры электронные ЭКМ-1005 (далее – ЭКМ) предназначены для измерений и контроля абсолютного давления, избыточного давления, разности давлений жидкостей и газов, а также избыточного давления-разрежения газов и гидростатического давления.

ЭКМ используются в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

В состав ЭКМ может входить преобразователь измеряемой величины в унифицированный выходной токовый сигнал 4-20 мА.

ЭКМ выпускаются в четырех исполнениях:

- ЭКМ-1005-ДА – манометры абсолютного давления;
- ЭКМ-1005-ДИ – манометры избыточного давления;
- ЭКМ-1005-ДИВ – манометры избыточного давления – разрежения;
- ЭКМ-1005-ДД – манометры разности давлений;
- ЭКМ-1005-ДГ – манометры гидростатического давления.

2.1.2 ЭКМ имеют исполнения, приведенные в таблицах 2.1.

Таблица 2.1 - Вид исполнения

Вид исполнения	Код исполнения	Код при заказе
Общепромышленное	-	-
Взрывозащищенное «искробезопасная электрическая цепь»	Ex	Ex
Взрывозащищенное «взрывонепроницаемая оболочка»	Exd*	Exd*
П р и м е ч а н и е - * кроме моделей xKxxx, ДНxxx.		

2.1.3 ЭКМ имеют две уставки и два оптореле (далее - реле) каналов сигнализации, тип и значение уставок выбираются потребителем.

2.1.4 ЭКМ осуществляют функцию сигнализации и автоматического регулирования контролируемых параметров с помощью сигнализирующих устройств.

Сигнализирующие устройства обеспечивают коммутацию:

- 220 В (включая 24; 27; 36; 110) - для цепей переменного и постоянного тока в ЭКМ-1005, ЭКМ-1005Exd;
- 24 В - для цепей постоянного тока в ЭКМ-1005Ex;

2.2 Технические характеристики

2.2.1 Модификация, исполнение, код модели, максимальный верхний предел измерений $P_{\text{ВМАХ}}$, ряд верхних пределов измерений $P_{\text{В}}$, максимальное (испытательное) давление $P_{\text{исп}}$ и допускаемое рабочее избыточное давление $P_{\text{РАБ,ИЗБ.}}$ соответствуют приведенным в таблице 2.5. Пределы допускаемых основных приведенных погрешностей, выраженные в процентах от верхнего диапазона измерений, соответствуют приведенным в таблице 2.6.

Условное обозначение модели состоит из двух букв и числа (для моделей с единицами измерения кПа) и из двух или четырех букв и числа с буквой М (для моделей с единицами измерения МПа).

Первая буква обозначает вид измеряемого давления:

- А – абсолютное давление;
- И – избыточное давление;
- В – избыточное давление-разрежение;
- Д – разность давлений;
- Г – гидростатическое давление.

Вторая буква обозначает материал мембраны:

- М – металл;
- К – керамика;
- Н – нет защитной мембраны (ДНxxx, ДМxxx).

Третья буква Ф обозначает фланцевое исполнение манометров разности давлений.

Четвертая буква В обозначает высокое значение максимального рабочего избыточного давления (25 МПа).

Число в обозначении модели соответствует максимальному верхнему пределу измерений в единицах кПа (МПа).

2.4 Устройство и работа

2.4.1 ЭКМ состоят из первичного преобразователя, преобразователя давления в цифровой код и микропроцессорного модуля индикации, управляющего каналами сигнализации, ЖК-индикатором и клавиатурой. Измеряемая среда подается в камеру первичного преобразователя, под действием давления происходит деформация измерительной мембраны, что приводит к изменению электрического сопротивления расположенных на ней тензорезисторов, в результате чего преобразователь давления формирует цифровой код пропорциональный поданному давлению. Микропроцессорный модуль индикации рассчитывает текущее значение измеренного сигнала, производит масштабирование, выводит информацию на ЖК-индикатор, управляет каналами сигнализа-

ции, осуществляет опрос клавиатуры и преобразует измеренное :
ние в унифицированный токовый выходной сигнал 4-20 мА.

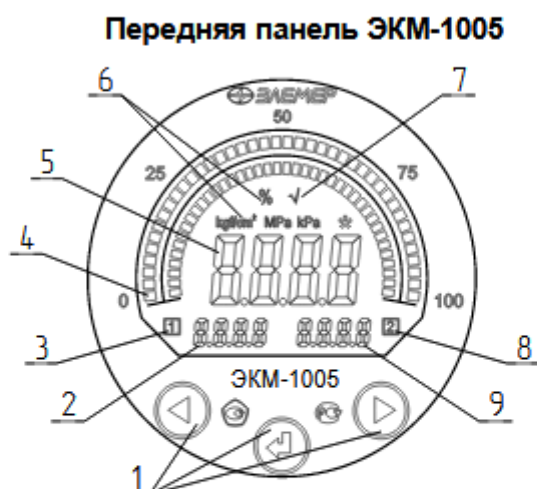








Рисунок 2.1

Обозначения к рисунку 2.1:

- 1 – кнопки «», «», «»;
- 2 – поле уставки 1;
- 3 – поле индикации включения (срабатывания) реле 1;
- 4 – поле шкального индикатора;
- 5 – поле основного ЖК – индикатора;
- 6 – поле индикации единиц измерения;
- 7 – поле индикации корнеизвлечения:

2.4.2 На передней панели ЭКМ расположены (см. рисунок 2.1):

- комбинированный индикатор;
- кнопки «», «», «» для работы с меню прибора.

2.4.2.1 Основной индикатор представляет собой четырехразряд-
ный семисегментный индикатор и предназначен для индикации:

- значения измеренной величины;

- названия пункта меню/параметра конфигурации;
- значения параметра конфигурации;
- диагностических сообщений об ошибках.




2.4.2.2 Шкальный индикатор представляет собой полукруглую линейную шкалу, состоящую из 40 сегментов, и предназначен для индикации и визуальной оценки текущего значения измеряемой величины в установленном диапазоне измерений. Если измеренное значение выходит за диапазон измерения на 0,2 %, крайние сегменты шкалы, соответствующие нижнему и верхнему пределу диапазона преобразования входного сигнала, начинают мигать.

Значения уставок изображаются на шкальном индикаторе в виде сегментов красного цвета.

2.4.2.3 В поле индикации включения реле отображается номер включенного реле.

2.4.2.4 В поле индикации единиц измерения отображается мнемоническое название установленных единиц измерения.

2.4.2.5 При включенной функции корнеизвлечения на индикаторе отображается мнемоническое обозначение «√».

2.4.2.6 Кнопки «», «», «» предназначены для:

- входа в меню, выхода из меню;
- навигации по меню;
- редактирования значений параметров конфигурации;
- задания значений уставок, гистерезиса, задержки срабатывания реле, теста уставок.

2.4.3 Для доступа к плате коммутации и расположенным на ней клеммным колодкам ЭКМ необходимо:

- открутить стопорную втулку;
- отвернуть заднюю крышку.

2.4.3.1 Клеммы 1 («+I_{вых}») и 2 («-I_{вых}») предназначены для подключения ЭКМ к токовой петле 4-20 мА.

2.4.3.2 Клеммы 3, 4, 5 предназначены для подключения двух каналов сигнализации – первого и второго, соответственно.

Клемма 6 () – заземление.

2.4.4 Перестройка пределов диапазона измерений ЭКМ производится в следующей последовательности:

- используя указания п. 2.5 и п. 2.6, производят конфигурирование ЭКМ в соответствии с требуемым поддиапазоном измерений (параметры меню «OdPL», «OdPH», «PrcS», «Unit»);

подают на вход нулевое избыточное давление для ЭКМ-1005-ДИ, ЭКМ-1005-ДИВ, ЭКМ-1005-ДГ либо нулевое абсолютное давление (абсолютное давление на входе не должно превышать 0,05 % нижнего предела измерений) для ЭКМ-1005-ДА, либо нулевую разность давлений – для ЭКМ-1005-ДД;


- с помощью параметра «SHFп» устанавливают значение показаний индикатора, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений;
- подают на вход избыточное (для ЭКМ-1005-ДИ, ЭКМ-1005-ДИВ, ЭКМ-1005-ДГ), абсолютное давление (для ЭКМ-1005-ДА), или разность давлений (для ЭКМ-1005-ДД), значения которых соответствуют установленному верхнему пределу;
- с помощью параметра «GAin» устанавливают значение показаний индикатора, соответствующее верхнему пределу диапазона измерений;
- повторяют подстройку «нуля» и подстройку диапазона до получения погрешности измерения в соответствии с таблицей 2.6.


П р и м е ч а н и е — При выполнении вышеописанных процедур рекомендуется использовать комплекс поверочный давления и стандартных сигналов «ЭЛЕМЕР-ПКДС-210».


2.5 Навигация по меню

2.5.1. Просмотр и изменение значений параметров, определяющих работу ЭКМ, осуществляется в режиме меню. Измененное значение параметра сохраняется в энергонезависимой памяти и вступает в действие сразу после окончания редактирования. При входе в режим меню процесс измерения и регулирования не прекращается.



2.5.2 Список параметров конфигурирования имеет двухуровневую структуру. Верхний уровень – меню и нижний уровень – подменю (см. таблицу 2.13).

2.5.3 Кнопка «» предназначена для входа в режим задания значений уставок, гистерезиса, задержки срабатывания реле, теста уставок, параметров меню, а также ввода (записи) обновленных значений параметров в память микропроцессорного блока ЭКМ. В режиме изменения выбранного параметра текущее значение параметра мигает, после ввода (записи) мигание прекращается.

2.5.4 Кнопка «» предназначена для просмотра (выбора) уставок и гистерезиса в сторону возрастания, выбора параметров меню вперед и изменения значений параметров в сторону увеличения.

2.5.5 Кнопка «» предназначена для входа в режим конфигурирования ЭКМ, просмотра (выбора) уставок и гистерезиса в сторону убы-

вания, выбора параметров меню назад и изменения значений параметров в сторону уменьшения.

2.5.6 Установка (редактирование) числовых значений параметров производится кнопками «», «» в двух режимах: пошаговом и сканирующем.


Пошаговый режим – однократное нажатие и отпускание кнопки, в результате чего значение параметра изменяется на одну единицу младшего значащего разряда.




Сканирующий режим – изменение значения параметра удержанием кнопки в нажатом положении. При удержании нажатой кнопки изменение значения осуществляется поразрядно, начиная с младшего разряда и заканчивая старшим. При этом значение каждого разряда изменяется на десять единиц, начиная с текущего значения. После изменения значения текущего разряда на десять единиц происходит переход к сканированию следующего старшего разряда.




Сканирование прекращается:


- при отпуске кнопки;
- при достижении верхнего (9999) или нижнего (-1999 для пределов преобразования и уставок, 0 – для гистерезиса) предельных значений числового диапазона;
- при переходе десятичной точки в соседний разряд.















П р и м е ч а н и е – Для ускорения установки значения параметра рекомендуется предварительно уменьшить количество знаков после запятой, изменив значение параметра «PrcS».





После прекращения сканирования новое значение параметра мигает. Для записи обновленного значения в память ЭКМ необходимо нажать кнопку «».




2.5.7 Вход в режим конфигурирования выполняется одновременным нажатием кнопок «», «» или кнопки «» на время более 1 с. На индикаторе ЭКМ появится сообщение «UPAS» - запрос на ввод пароля (если был установлен пароль на редактирование параметров). После нажатия любой кнопки на индикаторе появится мигающий ноль.




Кнопками «», «» установите числовое значение пароля (целое число из диапазона от 1 до 9999) и нажмите кнопку «». На индикаторе появится первый пункт главного меню «InP» (см. таблицу 2.13), если пароль набран правильно. Если пароль набран неправильно, то


при нажатии кнопки «» на индикатор в течение 1 с выводится сообщение «AcдE», означающее запрет редактирования параметров (разрешен только просмотр), после чего появится сообщение «InP». Если пароль не был установлен (равен 0), сообщение «InP» появится сразу



после одновременного нажатия кнопок «», «» или кнопки «» на время более 1 с. Кнопками «» или «» выберите требуемый пункт главного меню согласно таблице 2.13. В случае утери пароля, сброс пароля осуществляется при одновременном нажатии кнопок «», «», «» и удержании их в нажатом состоянии в течение 15 с. После нажатия и удержания кнопок «», «», «» в течение 10 с появится сообщение «UPAS» и еще после 5 с удержания кнопок установленный ранее пароль будет обнулен с автоматическим переходом в режим редактирования пароля для установки нового значения пароля. Если кнопки «», «», «» или одна из кнопок были отпущены до момента перехода в режим редактирования пароля, обнуление пароля не произойдет.

2.5.8 Переход из главного меню в подменю выполняется нажатием кнопки «». Кнопками «», «» выберите необходимый параметр подменю и нажмите кнопку «» для входа в режим изменения значения параметра, текущее значение параметра мигает.

2.5.9 В режиме изменения значения параметров с помощью кнопки «» или «» установите выбранное значение. Нажмите кнопку «». Мигание параметра прекратится и установленное значение будет записано в память ЭКМ.

2.5.10 Если пароль был введен неправильно, прибор позволит войти в режим просмотра значений параметров, но при попытке изменить значение параметра кнопками «», «» на индикаторе ЭКМ появится сообщение «AcдE» - доступ запрещен. При нажатии кнопки «» значение параметра не изменится.


2.5.11 Возврат из режима подменю в главное меню и из главного меню в режим измерения осуществляется выбором параметра «rEt» и нажатием кнопки «».






2.5.12 Быстрый возврат в режим измерений из любого уровня меню производится одновременным нажатием кнопок «», «» при условии, что значение параметра на индикаторе не мигает (т.е. не включен режим редактирования параметра). Прибор вернется в режим индикации измеренных значений, отобразив при этом на индикаторе в течение 1 с сообщение «A in».





Прибор также возвращается в режим измерений без сохранения изменений при отсутствии нажатия кнопок в течение 3-х мин (автовыход).

2.7 Задание значений уставок, тест уставок






2.7.1 Задание (просмотр) уставок, гистерезиса, задержек срабатывания реле, тест уставок.






2.7.1.1 Нажмите кнопку «». На индикаторе ЭКМ появится сообщение «UPAS» - запрос на ввод пароля (если был установлен пароль на редактирование параметров). Нажмите любую кнопку, появится ми-

гающий ноль. Кнопками «», «» установите числовое значение пароля (целое число из диапазона от 1 до 9999) и нажмите кнопку «». На индикаторе появится параметр «SEt1», если пароль набран правильно. Если пароль набран неправильно, при нажатии кнопки «» на индикатор в течение 1 с выводится сообщение «AcдE», означающее запрет редактирования параметров (разрешен только просмотр), после чего появится сообщение «SEt1». Если пароль не был установлен (равен 0), то сообщение «SEt1» появится сразу после нажатия кнопки «».

2.7.1.2 Кнопками «», «» осуществите выбор требуемого параметра. С помощью кнопки «» выбор параметров происходит циклически вперед: «SEt1» → «HYS1» → «SEt2» → «HYS2» → «trL1» → «trL2» → «tEst» → «rEt» → «SEt1», с помощью кнопки «» циклически назад: «SEt1» → «rEt» → «tEst» → «trL2» → «trL1» → «HYS2» → «SEt2» → «HYS1» → «SEt1».

«SEt1» и «SEt2» - значения уставок, «HYS1» и «HYS2» - значения гистерезиса, «trL1», «trL2» - значения задержек срабатывания реле, «tEst» - вход в режим тестирования уставок, «rEt» - команда возврата в режим измерений.

2.7.1.3 Для изменения значения уставок, гистерезиса или задержки, выберите требуемый параметр, нажмите кнопку «» для входа в режим изменения значения параметра, значение параметра мигает. С помощью кнопок «», «» установите желаемое значение параметра. Нажмите кнопку «». Мигание параметра прекратится, и установленное значение будет записано в память ЭКМ. Если значение параметра не меняется, нажмите кнопку «», при этом будет сохранено имеющееся значение.

2.7.1.4 Для входа в режим тестирования уставок и реле выберите параметр «tEst» и нажмите кнопку «», при этом произойдет выключение реле независимо от состояния измеряемой величины. Кнопками «», «» осуществите выбор необходимого теста: «tSt1» - тест первой уставки, «tSt2» - тест второй уставки, «tStF» - тест реле при выходе измеряемой величины за пределы диапазона измерений. С помощью кнопки «» выбор параметров происходит циклически вперед: «tSt1» → «tSt2» → «tStF» → «rEt» → «tSt1», с помощью кнопки «» цикличе-

3.1.2 Внешний осмотр

3.1.2.1 При внешнем осмотре устанавливают отсутствие механических повреждений, соответствие маркировки, проверяют комплектность.

При наличии дефектов, влияющих на работоспособность ЭКМ, несоответствия комплектности, маркировки определяют возможность дальнейшего их применения.

3.1.2.2 У каждого ЭКМ проверяют наличие паспорта с отметкой ОТК.

3.1.3 Опробование

3.1.3.1 Подключить ЭКМ к источнику питания и измерительному прибору в соответствии с рисунками 3.1 - 3.9.

3.1.3.2 Выдержать ЭКМ во включенном состоянии в течение 5 мин.

3.1.3.3 Убедиться в работоспособности ЭКМ по показаниям индикатора и измерительного прибора.

3.1.3.4 При необходимости установить требуемый диапазон измерений, пользуясь указаниями п. 2.4.4.

3.1.3.5 Проверить и при необходимости произвести подстройку «нуля», для чего:

- подать на вход нулевое избыточное давление для ЭКМ-1005-ДИ, ЭКМ-1005-ДИВ, ЭКМ-1005-ДГ, либо нулевое абсолютное давление (абсолютное давление на входе не должно превышать 0,05 % нижнего предела измерений) для ЭКМ-1005-ДА, либо нулевую разность давлений – для ЭКМ-1005-ДД;

- с помощью параметра «SHFn» установить значение показаний ЖК-индикатора, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений.

3.1.3.6 Проверить и при необходимости произвести подстройку верхнего предела измерений, для чего:

- подать на вход избыточное для ЭКМ-1005-ДИ, ЭКМ-1005-ДИВ, ЭКМ-1005-ДГ, либо абсолютное давление для ЭКМ-1005-ДА, либо разность давлений - для ЭКМ-1005-ДД, соответствующую установленному верхнему пределу;

- с помощью параметра «GAin» установить значение показаний индикатора, соответствующее верхнему пределу диапазона измерений;

- повторить процедуры по п. 3.1.3.5, если производилась подстройка «нуля», то повторить также и процедуры по п. 3.1.3.6.

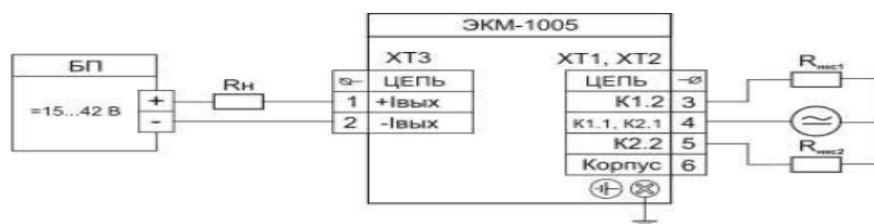


Рисунок 3.3 – Схема электрическая подключений ЭКМ-1005 через кабельный ввод с каналами сигнализации

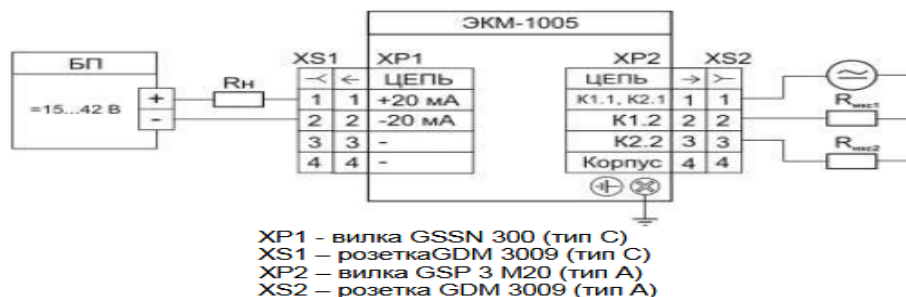


Рисунок 3.4 – Схема электрическая подключений ЭКМ-1005 через разъемы с каналами сигнализации

3.1.3.6.1 Подстройка верхнего и нижнего пределов измерений необходима при задании верхнего и (или) нижнего предела диапазона измерений, отличного от заводского.

3.1.3.6.2 Заводская установка диапазона измерений указана в паспорте на ЭКМ.

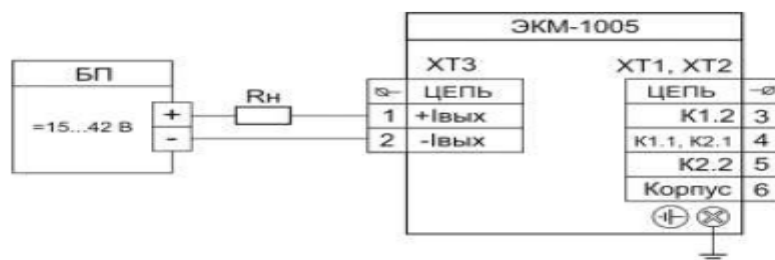


Рисунок 3.1 – Схема электрическая подключений ЭКМ-1005 через кабельный ввод без каналов сигнализации

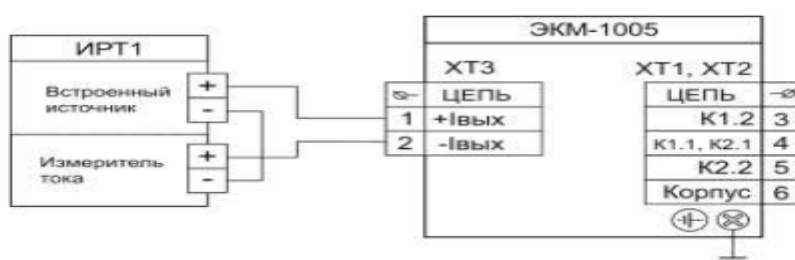


Рисунок 3.2 – Схема электрическая подключений ЭКМ-1005 через кабельный ввод без каналов сигнализации к приборам производства НПП «ЭЛЕМЕР»

Лабораторная работа №22

Тема: Монтаж и изучение преобразователя измерителя температуры

Цель: Изучить устройство ,работу и его монтаж Термометров многоканальных ТМ 5122Ех

. Ход работы:

- 1 Изучить приборы Термометры многоканальные ТМ 5122Ех и термопреобразователь ТПУ 9304/М2
2. Изучить схему автоматизации измерения температуры на базе данных приборов .
4. Подключить стенд
5. ответить на вопросы:
 - 5.1 Назначение приборов
 - 5.2 Их устройство , работа ,схема подключения
 - 5.3 Принцип работы стенда автоматического измерения температуры

6.Отчет должен содержать:

Тема, цель, электрическая схема стенда, ,схемы подключения изучаемых приборов и показания срабатывания датчиков.

Ответы на вопросы.

Теория:

Термометры многоканальные ТМ 5122, ТМ 5122Ех, ТМ 5122Р, ТМ 5122А предназначены для измерения и регулирования температуры и других неэлектрических величин (частоты, давления, уровня и т.д.), преобразованных в электрические сигналы силы и напряжения постоянного тока.

Приборы используются в различных технологических процессах энергетики, металлургии, химической промышленности и т.д.



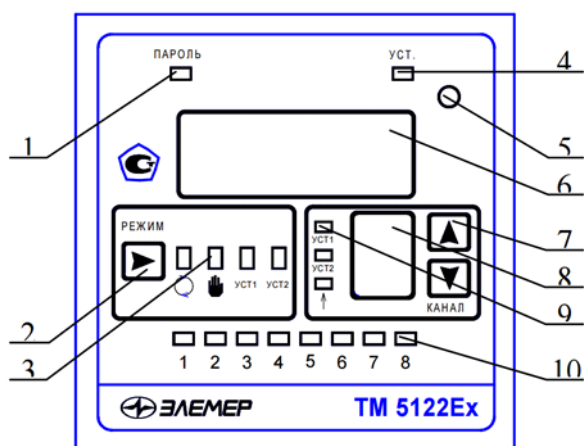
ТМ предназначен для многоканального измерения, вывода на индикацию и сигнализацию пороговых значений температуры, а также иных физических величин, значение которых преобразовано в электрические сигналы силы и напряжения постоянного тока. ТМ используется в различных технологических процессах в промышленности и сельском хозяйстве. 2.1.2. ТМ является многофункциональным микропроцессорным прибором и предназначен для функционирования как в автономном режиме, так и под управлением компьютерной программы через последовательный интерфейс. Измерительные каналы ТМ предназначены для конфигурации с унифицированными входными электрическими сигналами в виде постоянного тока 0...5, 0...20 или 4...20 мА, с термопреобразователями сопротивления (ТС) и преобразователями термоэлектрическими (ТП), а также для измерения напряжения постоянного тока до 100 мВ. Зависимость измеряемой величины от входного сигнала ТМ может быть линейная, с функцией усреднения (демпфирования), а для входного унифицированного сигнала также и с функцией извлечения квадратного корня. ТМ осуществляет функцию сигнализации и автоматического регулирования контролируемых параметров. Процедура изменения уставок защищена от несанкционированного доступа. 2.1.3. ТМ имеет четыре гальванически развязанных измерительных каналов и восемь каналов управления (коммутации) электрическими цепями (реле). ТМ имеет сигнализацию достижения заданных уставок. Количество уставок в каждом канале – 2

. Устройство и работа

2.3.1. В состав ТМ входят: -импульсный блок питания с линейными источниками; -четыре гальванически развязанных модуля АЦП; -микропроцессорный блок управления; -модуль индикации с клавиатурой управления; -восемь исполнительных реле; -модуль клеммных колодок для внешних соединений; -модуль интерфейса. 2.3.1.1. Импульсный блок питания преобразует сетевое напряжение 220 В частотой 50 Гц в постоянные стабилизированные напряжения +5 В, ±8 В, +24 В для питания микропроцессора, интерфейса, четырех модулей АЦП, и блока реле. Выключение питания не предусмотрено, так как ТМ предназначен для работы в не-прерывном режиме. 2.3.1.2. Аналого-цифровой преобразователь преобразует входной аналоговый сигнал в код, поступающий в микропроцессорный блок управления. 2.3.1.3. Микропроцессорный блок управления выполняет следующие функции: -рассчитывает текущее значение измеряемой величины (по данным опроса АЦП); -управляет модулем индикации, т.е. выводит текущее значение измеряемой величины или значение уставки на индикатор; -опрашивает клавиатуру; -управляет модулем интерфейса. 2.3.1.4. В модуль индикации и клавиатуры входят: -светодиодный четырехразрядный индикатор измеряемой величины или уставки; -светодиодный одnorазрядный индикатор номера канала; -два одиночных индикатора сработавших уставок; -один одиночный индикатор детектирующий тренд; -восемь одиночных индикаторов состояния реле; -четыре одиночных индикатора режимов индикации; -один

индикатор ввода пароля;-одиначный индикатор редактирования уставок;-кнопка изменения уставок;-кнопка «» выбора режима/изменения редактируемого разряда;-кнопки «» и «» увеличения / уменьшения номера канала или изменения редактируемого разряда.2.3.1.5. ТМ имеет по две независимые уставки на каждый измерительный ка-нал, которые могут быть как верхними, так и нижними, и могут быть связаны с любым исполнительным реле.

12Исполнительные реле управляются микропроцессором и работают в соответствии с внутренней таблицей связей реле и уставок каналов, которые редактируются пользователем.2.3.1.6. Модуль интерфейса предназначен для связи ПК обеспечивает двусторонний обмен данными с внешними устройствами через комбинированные стандартные интерфейсы RS232 или RS485. Схемы подключения ТМ к компьютеру со-ответствуют приведенным в приложении Б.2.3.2. Лицевая панель ТМ показана на рисунке



На лицевой панели ТМ расположены:

- 1 – одиначный индикатор ввода пароля;
- 2 – кнопка выбора режима индикации или выбора редактируемого разряда;
- 3 – четыре одиначных индикатора режимов индикации: - режим индикации измеренного значения с автоматическим изменением канала; - режим индикации измеренного значения с ручным выбором канала; - режим индикации значения уставки 1 с ручным выбором канала; - режим индикации значения уставки 2 с ручным выбором канала;
- 4 – одиначный индикатор редактирования уставок;
- 5 – кнопка изменения уставок;
- 6 – четырехразрядный индикатор измеряемой величины или значения уставки;

7 – кнопки увеличения / уменьшения номера канала или изменения редактируемого разряда;

8 – одноразрядный индикатор номера канала;

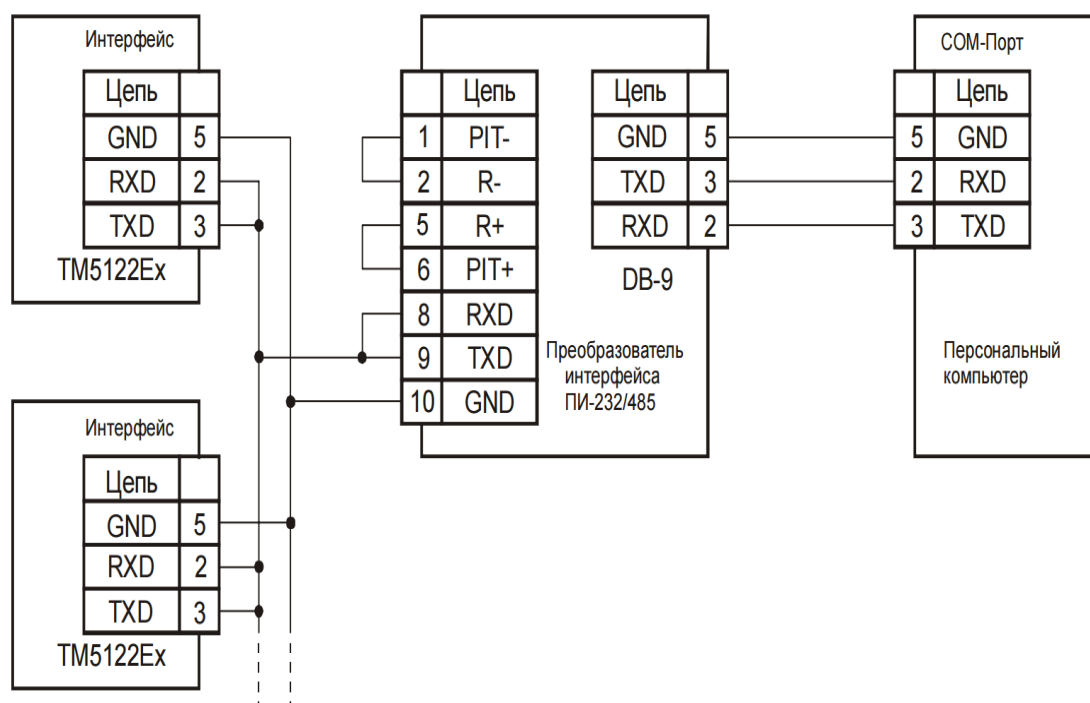
9 – два одиночных индикатора сработавших уставок и один одиночный индикатор превышения тренда (скорости изменения входного сигнала);

10 – восемь одиночных индикаторов состояния восьми реле.

МОНТАЖ ПРИБОРА

Схема подключения

Двухпроводная схема подключения ТМ 5122Ех к ЭВМ
(до 100 ТМ 5122Ех с линией связи длиной до 1000 м)



Ручная установка датчика производится в следующем порядке:

Изучить схему подключения датчика ТМ5122Ех;

- I. Произвести внешний осмотр датчика убедиться в том датчик подключён к сети согласно схеме;
- II. Убедится что датчик Элемер ТС-118/1 подключен к реле К2;
- III. Для установления верхних и нижних пределов температуры необходимо зажать кнопку 5 на лицевой панели ТМ потом нажать на кнопку режим 4 раза для того что бы пропустить установку пароля и начать установку температуры 2 канала верхнего и нижнего предела;
- IV. После того как пропустили установку пароля, на индикаторе канала появится номер канала который в данный момент будет настраивается;
- V. Кнопкой 7 выбираем второй канал и УСТ1 (установка нижнего предела);

- VI. Кнопками режим и канал устанавливаем заданную температуру.
Переключаем на УСТ2(установка верхнего предела) и аналогично устанавливаем температуру верхнего предела.

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Поверку ТМ проводят органы Государственной метрологической службы или другие аккредитованные по ПР50.2.014-2002 на право поверки организации. Требования к организации, порядку проведения поверки и форма представления ре-зультатов поверки определяются ПР50.2.006-94 "ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения" и документом «Термометры многоканальные ТМ 51ХХ. Методика поверки НКГЖ.405546.001МП, утвержденным в установленном порядке.4.2. Межповерочный интервал составляет 4года.4.3. Методика поверки НКГЖ.405546.001МП может быть применена для калиб-ровки ТМ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема электрическая соединений ТМ 5122Ex

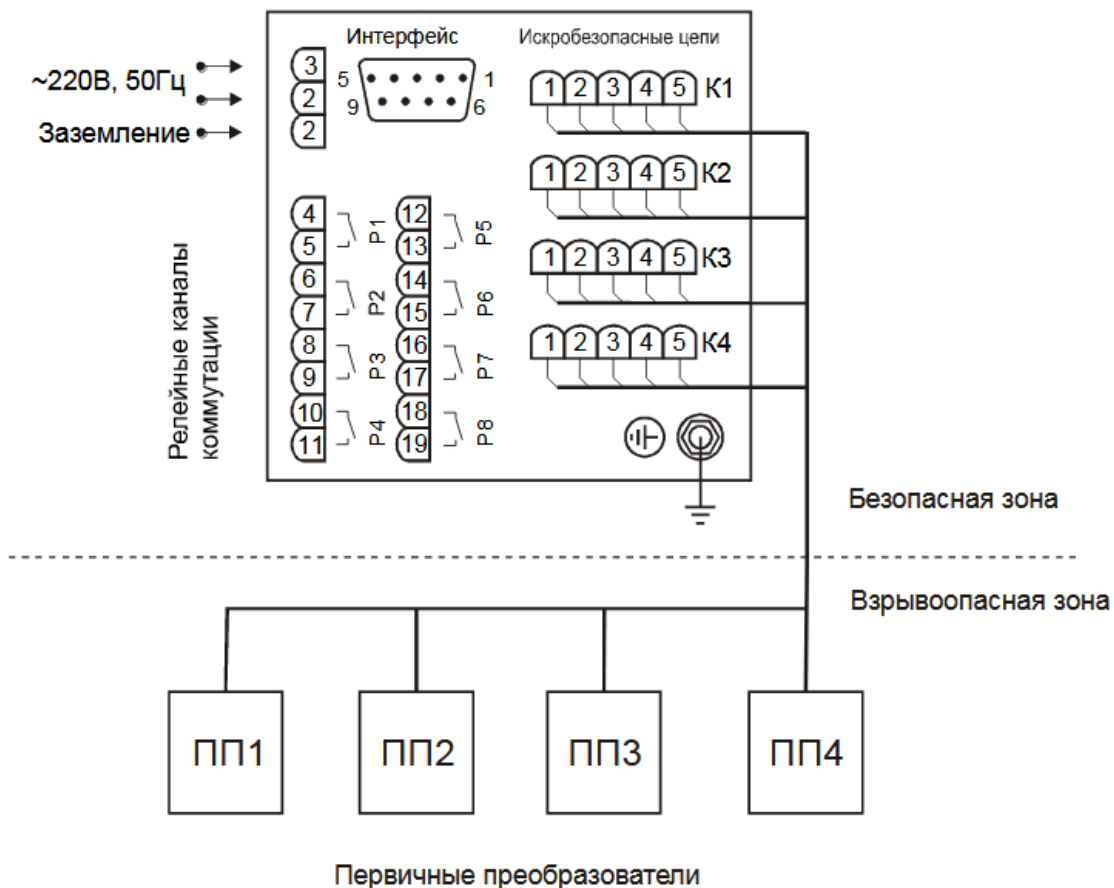
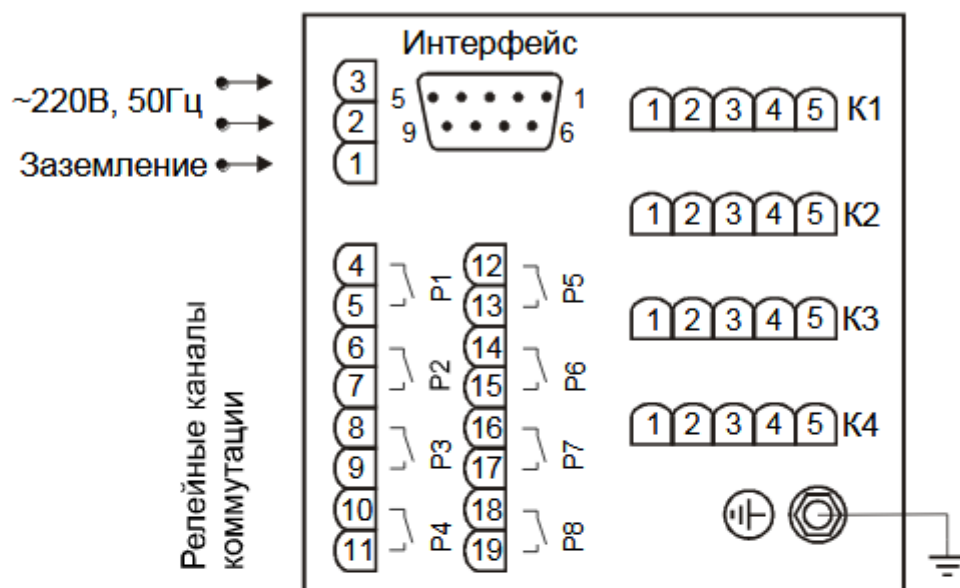


Схема электрическая соединений ТМ 5122Ex

Интерфейс

RS232			RS485			
2	3	5	6	7	8	9
RXD	TXD	GND	+R	A	B	-R



Измерение напряжения

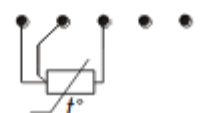
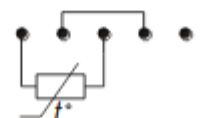
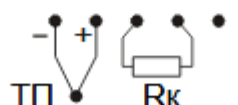
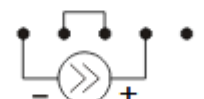
Измерение тока измерительного преобразователя ИП (4...20 мА, 2-х проводная схема подключения) с использованием встроенного источника

Измерение тока от внешнего источника

Подключение термопары и компенсатора

Подключение термопреобразователя сопротивления, 2-х проводная схема

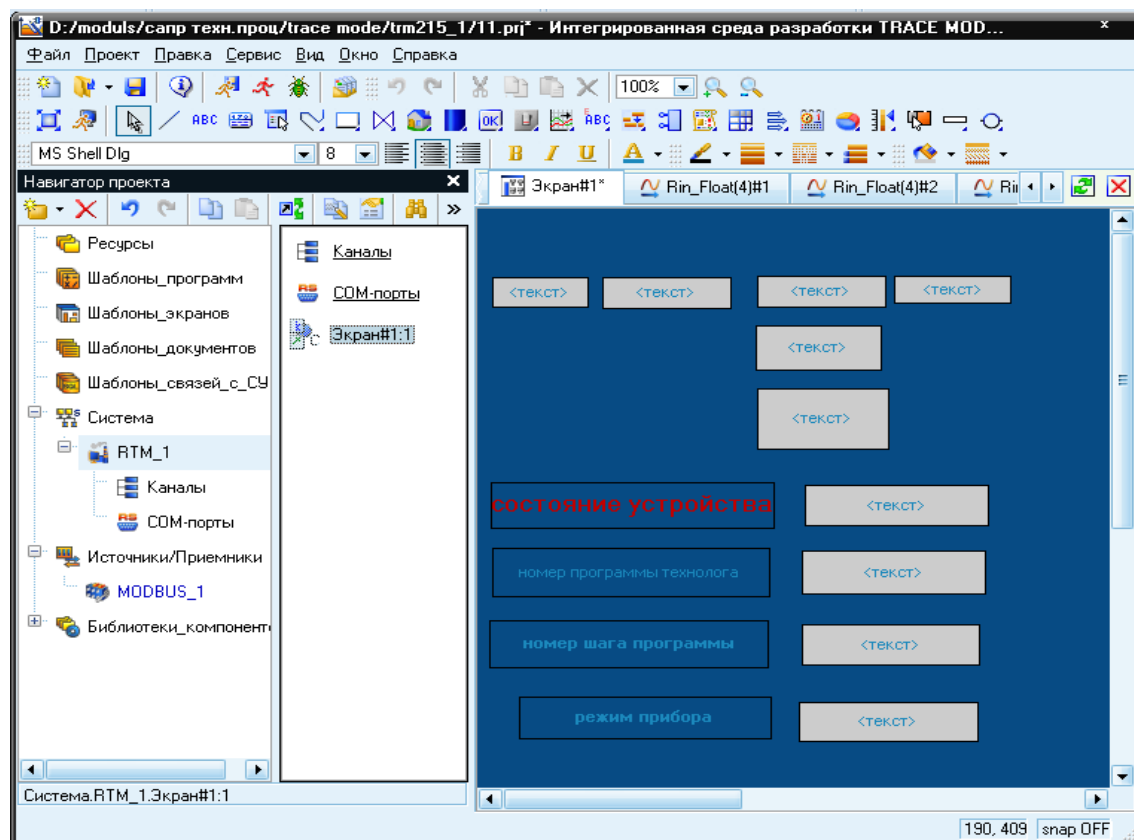
Подключение термопреобразователя сопротивления, 3-х проводная схема



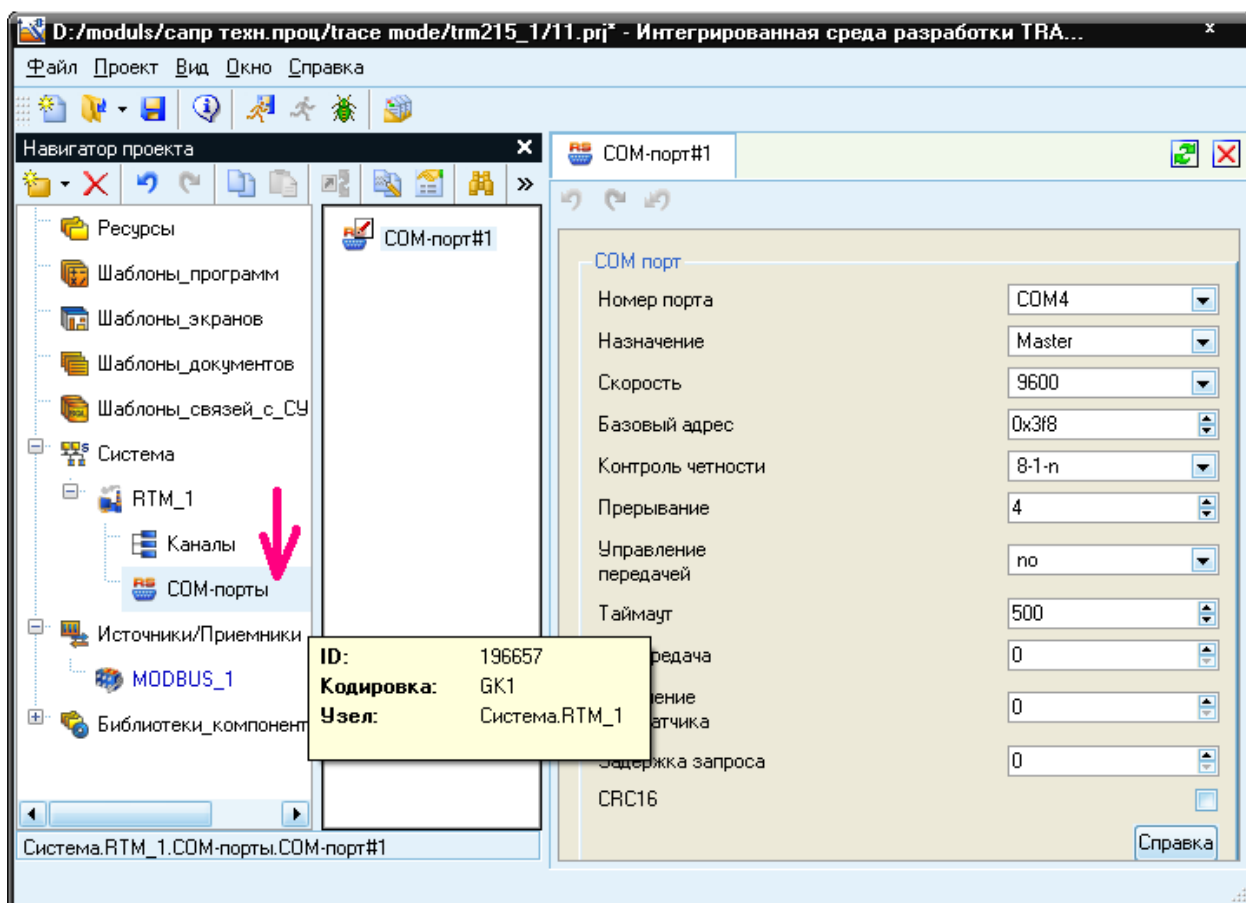
Лабораторная работа № 23

Цель . научиться обеспечивать запись данных по протоколу “motbus-rtu” в ТРМ приборы и другие устройства.

Пошаговая инструкция.



Создадим экран и настроим !!!



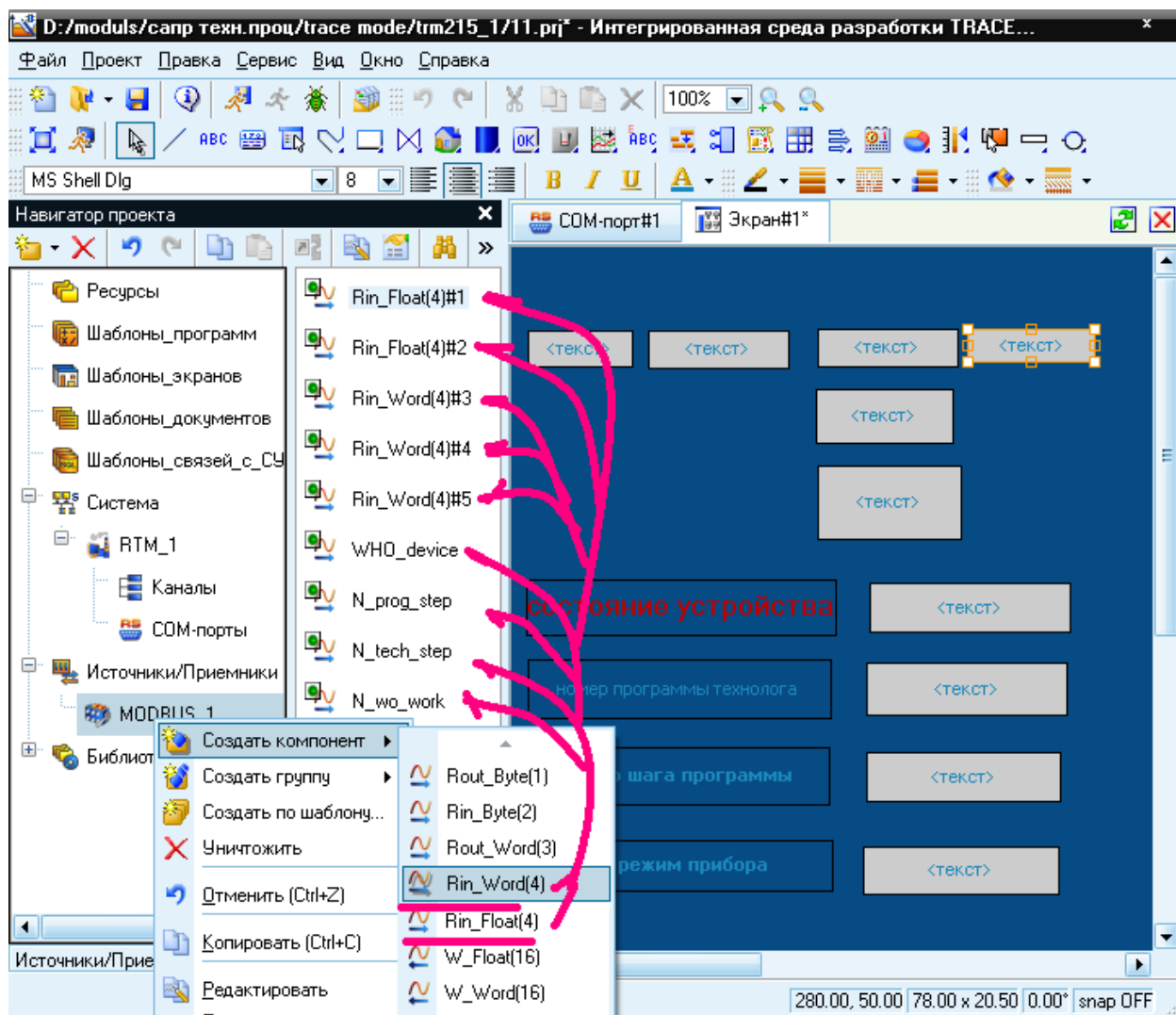
Согласно стрелке создадим элемент .

Настроим его согласно порту который существует и подключён к ПК.

Команды чтения/записи групп параметров

Группа параметров	Функция чтения	Функция записи
Оперативные параметры	0x03 или 0x04	0x06
Пуск/останов Программы технолога	—	0x05
Параметры Программы технолога	0x03 или 0x04	0x10
Параметры порогов сигнализации	0x03 или 0x04	0x10

По документации видим, что для чтения параметров используется функция протокола `motbus rtu`.



согласно четвёртой функции и настроим приём данных с TRM215

Адреса регистров оперативных параметров

Параметр	Допустимое значение	Тип данных	Адрес регистра	
			(hex)	(dec)
Положение десятичной точки в значении результата измерения на Входе 1 (параметр dot)	0; 1; 2; 3	Int16	0x0000	0000
Результат измерения на Входе 1 в формате целого числа	Соответствует типу данных	Signed Int32***	0x0001; 0x0002*	0001; 0002*
Статус измерения Входа 1 (код исключительной ситуации)	см. таблицу 3.7	Int16	0x0003	0003
Результат измерения на Входе 1 в формате числа с плавающей точкой	Соответствует типу данных	Float32	0x0004; 0x0005*	0004; 0005*
Положение десятичной точки в значении результата измерения на Входе 2 (параметр dot)	0; 1; 2; 3	Int16	0x0006	0006
Результат измерения на Входе 2 в формате целого числа	Соответствует типу данных	Signed Int32***	0x0007; 0x0008*	0007; 0008*
Статус измерения Входа 2 (код исключительной ситуации)	см. таблицу 3.7	Int16	0x0009	0009
Результат измерения Входа 2 в формате числа с плавающей точкой	Соответствует типу данных	Float32	0x000A; 0x000B*	0010; 0011*

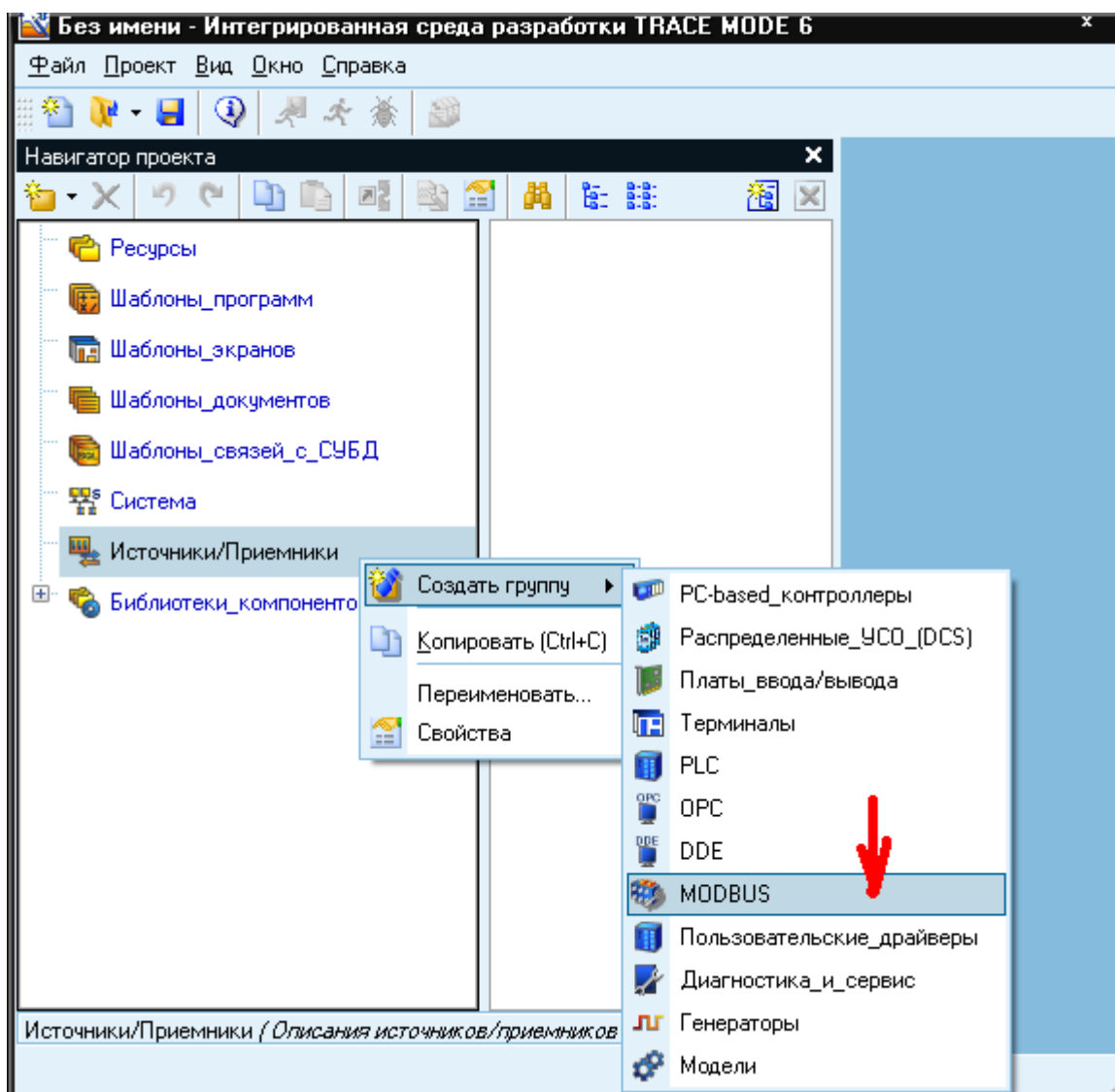
Адреса нужных ячеек памяти в TPM251 и их формат.

Лабораторная работа номер 23

Тема:Подсоединение ПК

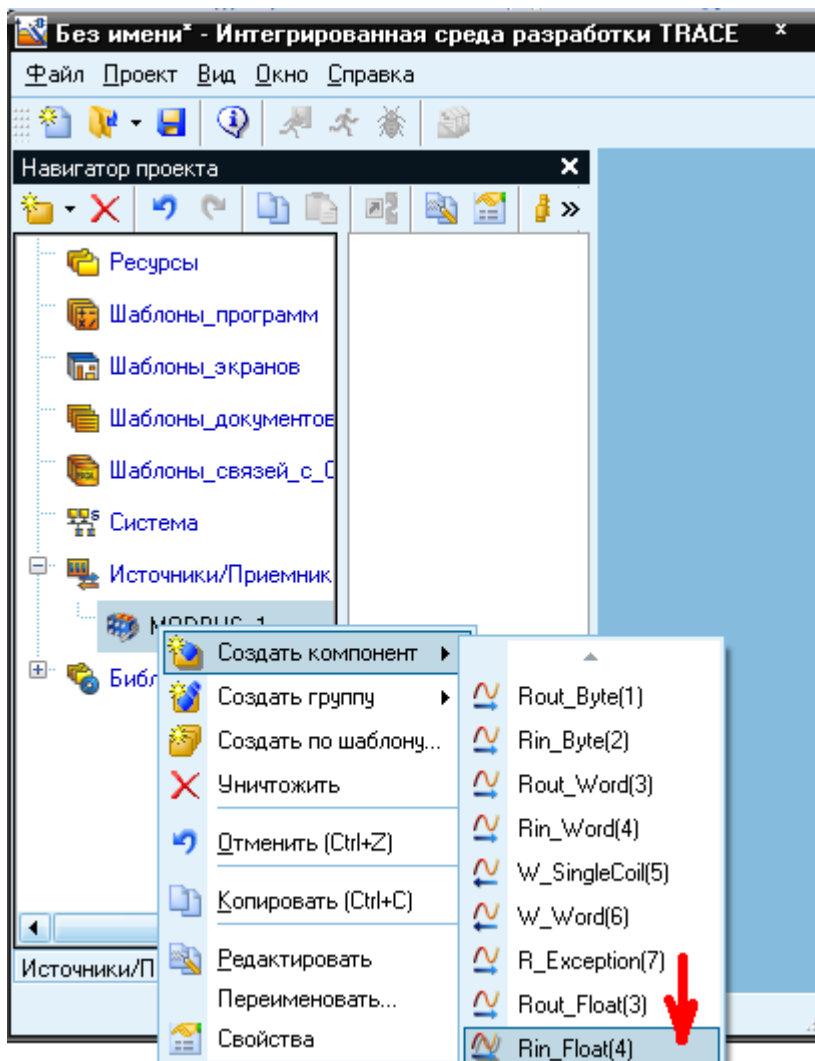
Цель . научиться обеспечивать подсоединение ПК

Пошаговая инструкция.



Создадим проект !!!

ПОСТУПИМ СОГЛАСНО СТРЕЛКЕ!!!



СОЗДАДИМ КОМПОНЕНТ?

re_tm251_487.pdf - Adobe Reader

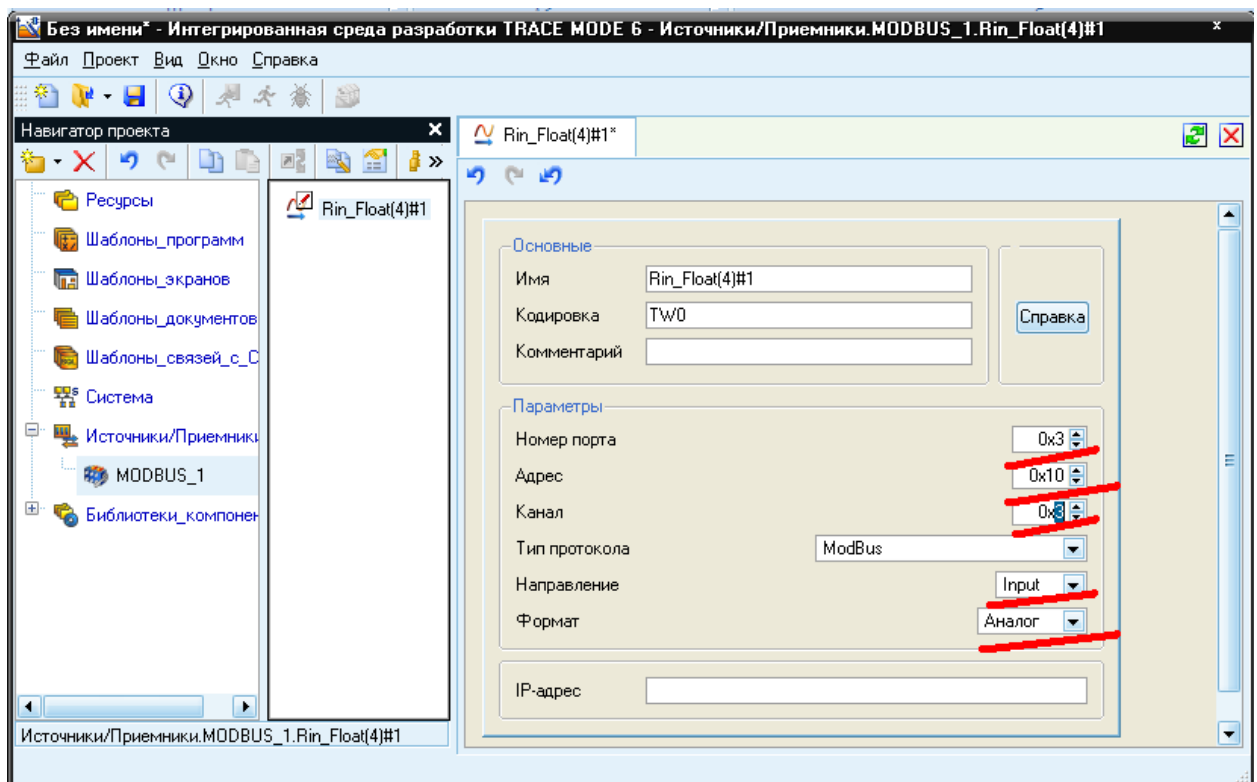
Файл Редактирование Просмотр Документ Инструменты Окно Справка

29 / 96 111% Найти

Адреса регистров оперативных параметров

Параметр	Допустимое значение	Тип данных	Адрес регистра	
			(hex)	(dec)
Положение десятичной точки в значении результата измерения на Входе 1 (параметр dot)	0; 1; 2; 3	Int16	0x0000	0000
Результат измерения на Входе 1 в формате целого числа	Соответствует типу данных	Signed Int32***	0x0001; 0x0002*	0001; 0002*
Статус измерения Входа 1 (код исключительной ситуации)	см. таблицу 3.7	Int16	0x0003	0003
Результат измерения на Входе 1 в формате числа с плавающей точкой	Соответствует типу данных	<u>Float32</u>	0x0004; 0x0005*	0004; 0005*

ПОСМОТРИМ НА СТРЕЛКУ!!!!



ВСЁ ВИДНО? СОЗДАДИМ ВТОКОЙ КОМПОНЕНТ СВЯЗИ? СКОПИРУЕМ!?

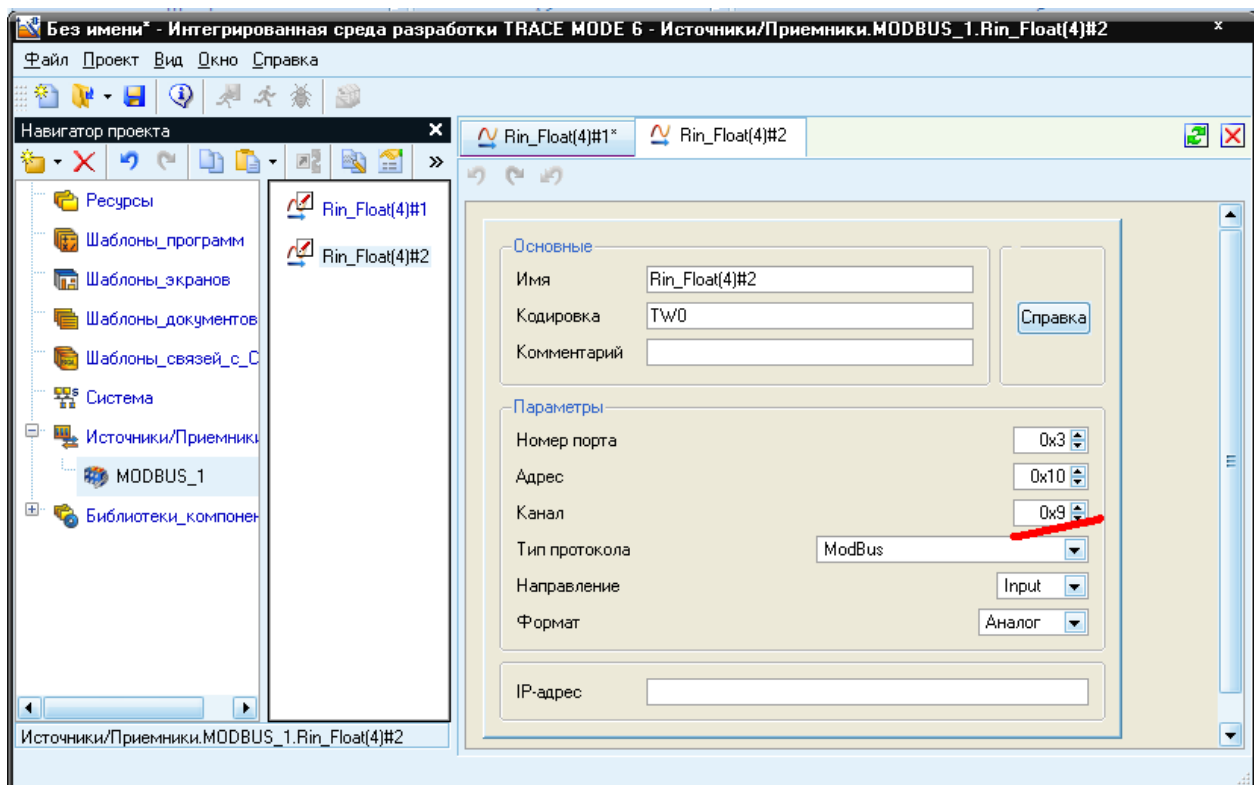
re_trm251_487.pdf - Adobe Reader

Файл Редактирование Просмотр Документ Инструменты Окно Справка

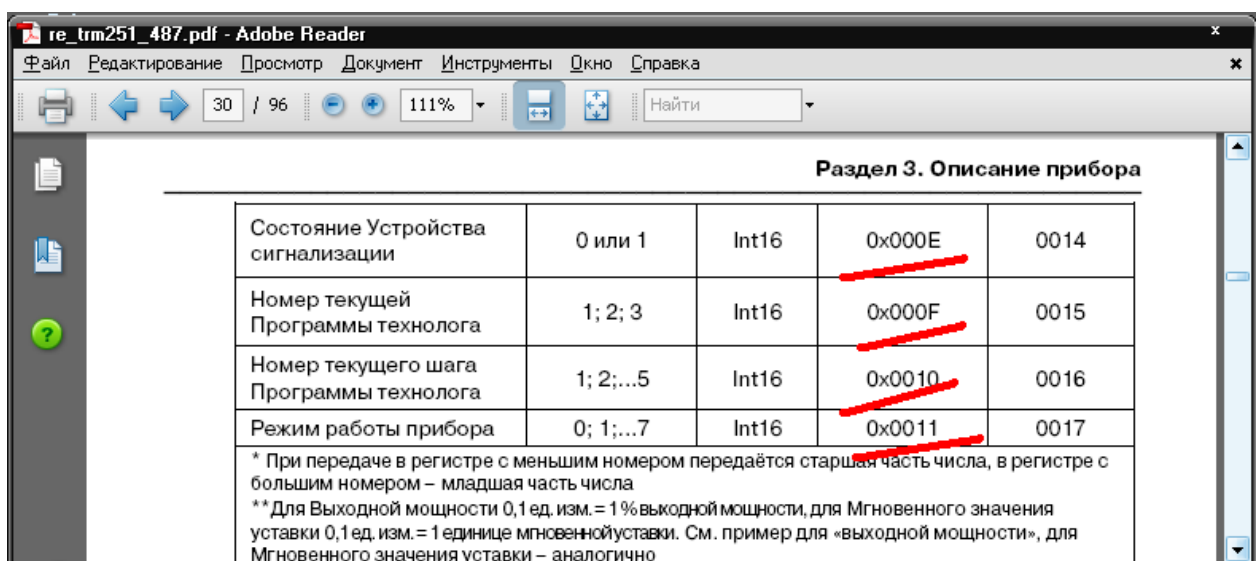
29 / 96 111% Найти

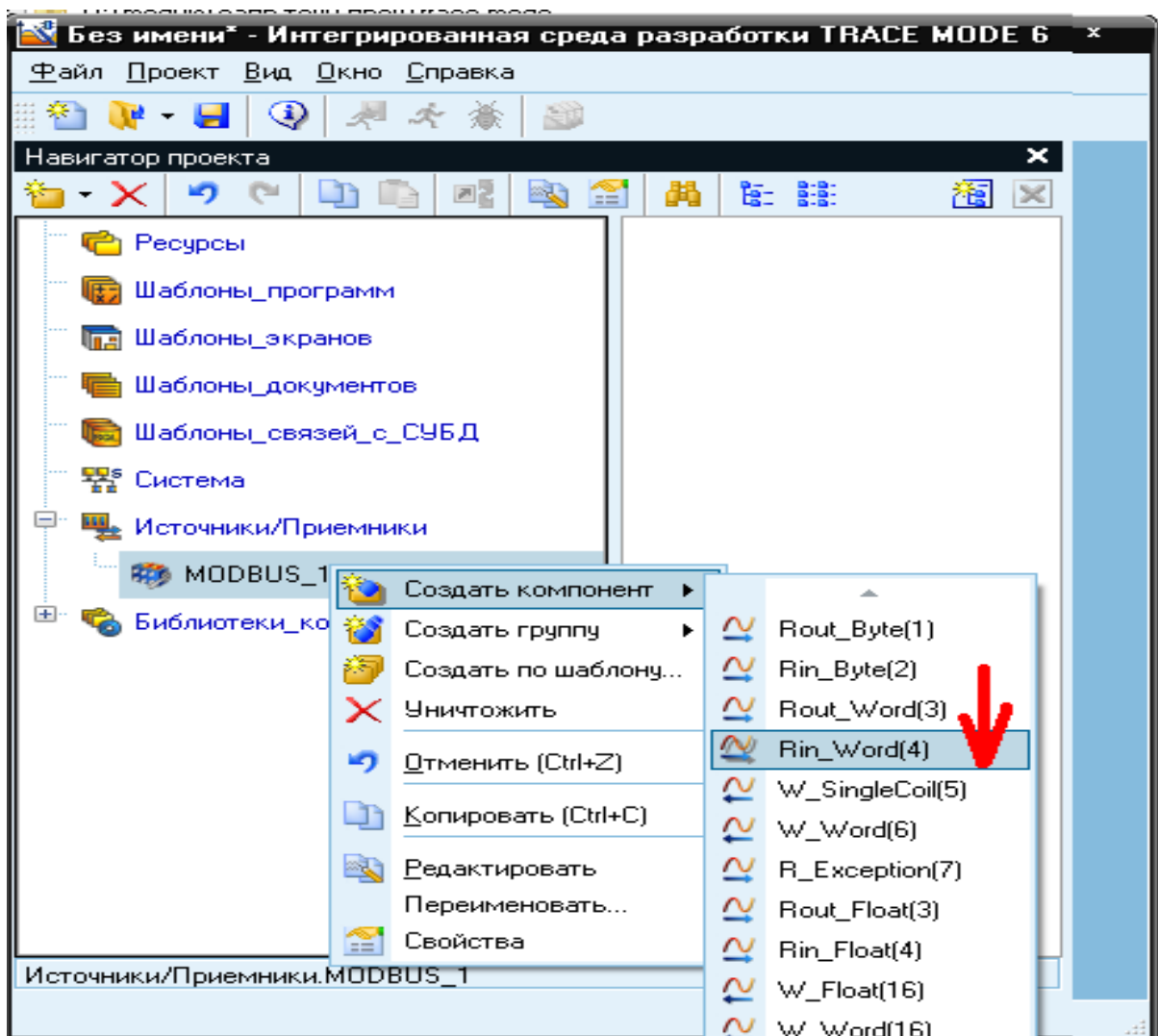
Точки в значении результата измерения на Входе 2 (параметр dot)	0; 1; 2; 3	Int16	0x0006	0006
Результат измерения на Входе 2 в формате целого числа	Соответствует типу данных	Signed Int32***	0x0007; 0x0008*	0007; 0008*
Статус измерения Входа 2 (код исключительной ситуации)	см. таблицу 3.7	Int16	0x0009	0009
Результат измерения Входа 2 в формате числа с плавающей точкой	Соответствует типу данных	Float32	0x000A; 0x000B*	0010; 0011*
Выходная мощность	0...1000**	Int16	0x000C	0012
Мгновенное значение уставки	Соответствует типу данных**	Signed Int16***	0x000D	0013

СОГЛАСНО СТРЕЛКЕ ПО ДОКУМЕНТАЦИИ!!

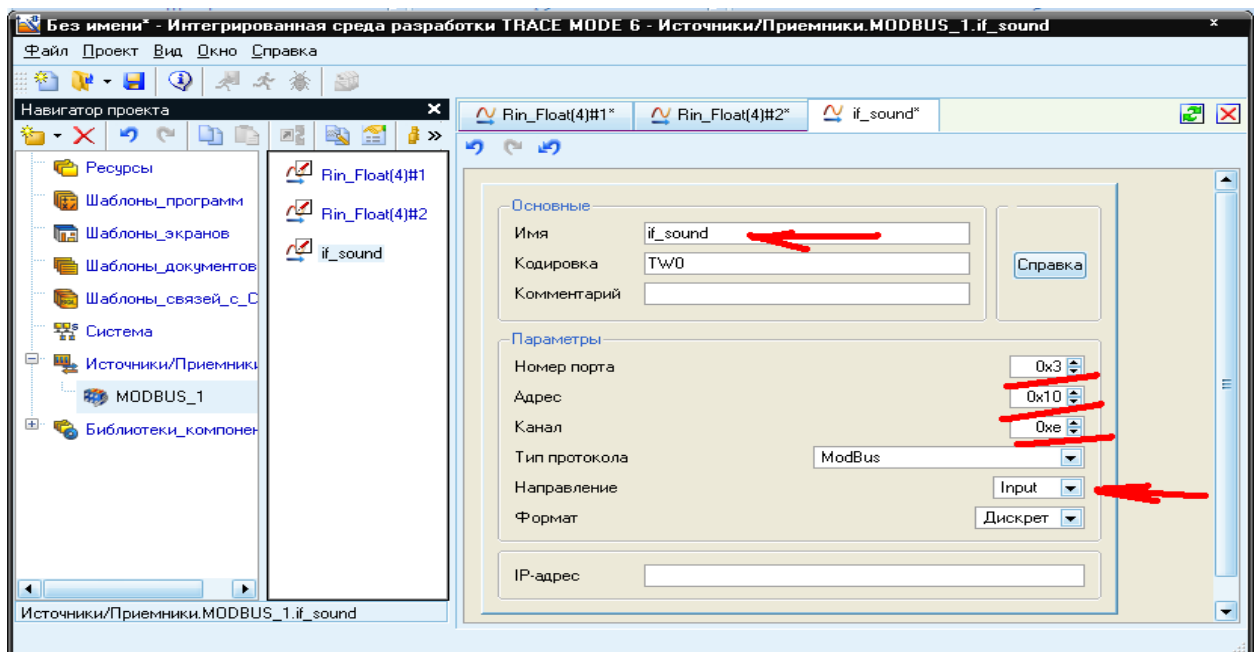


Настроим!!!



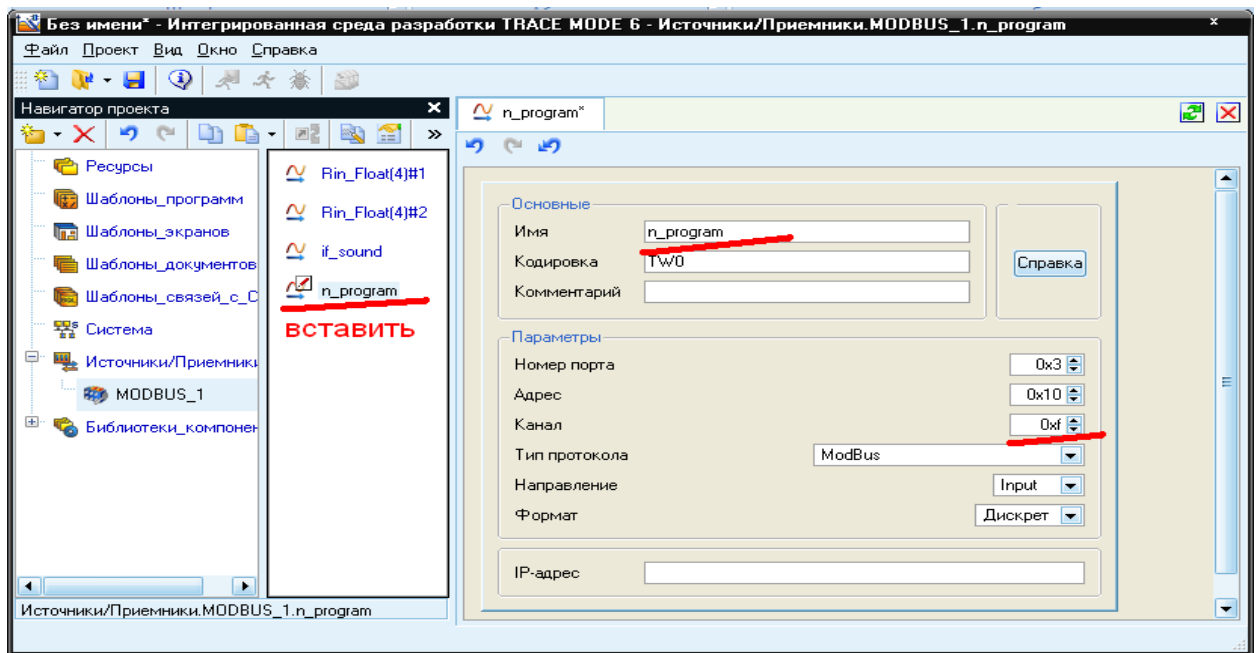


Согласно стрелке

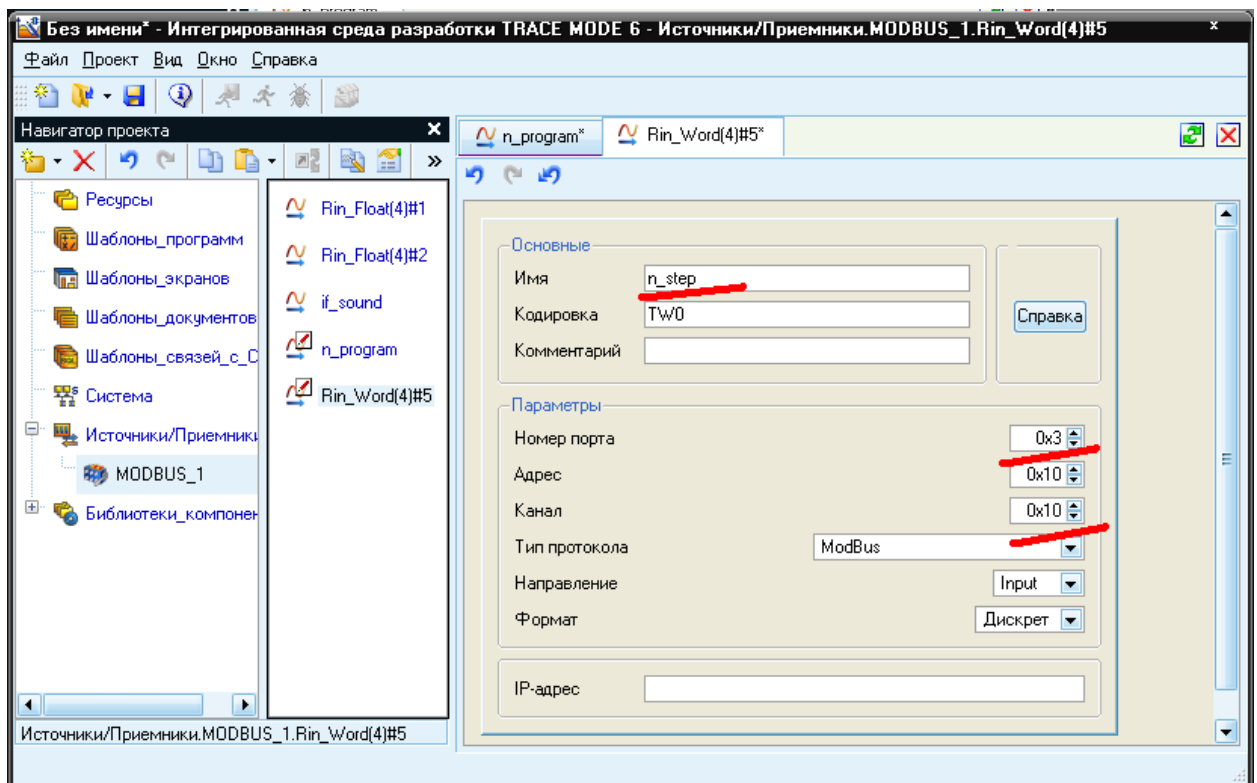


Согласно подчёркиванию и стрелке...

Скопируем?



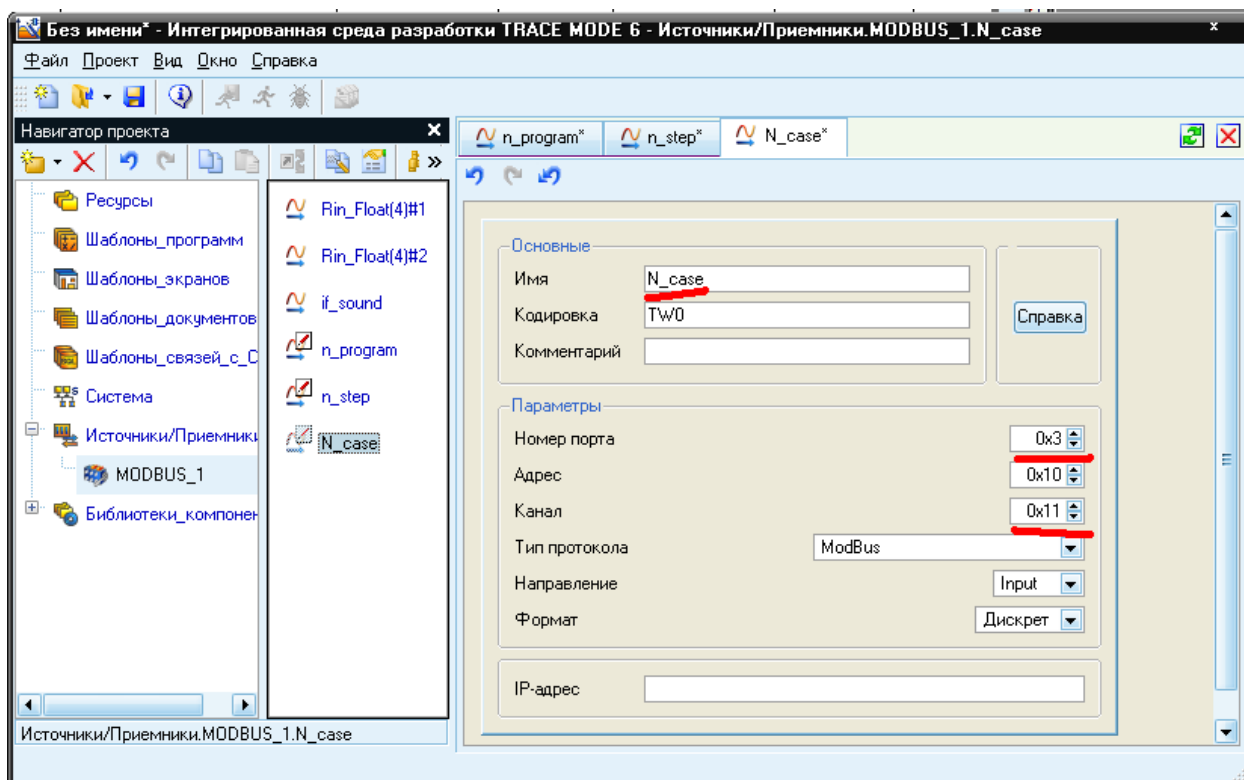
Согласно подчеркиванию.



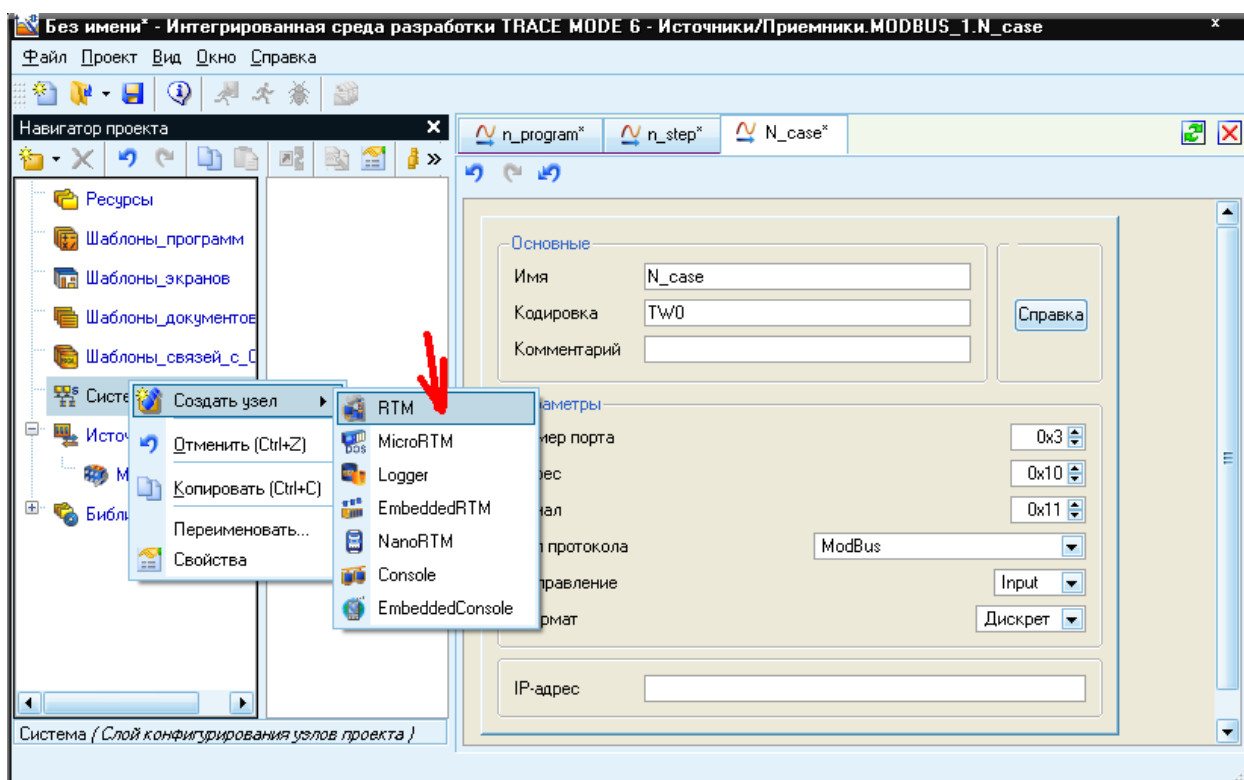
Согласно подчёркиванию

Копируем!!!

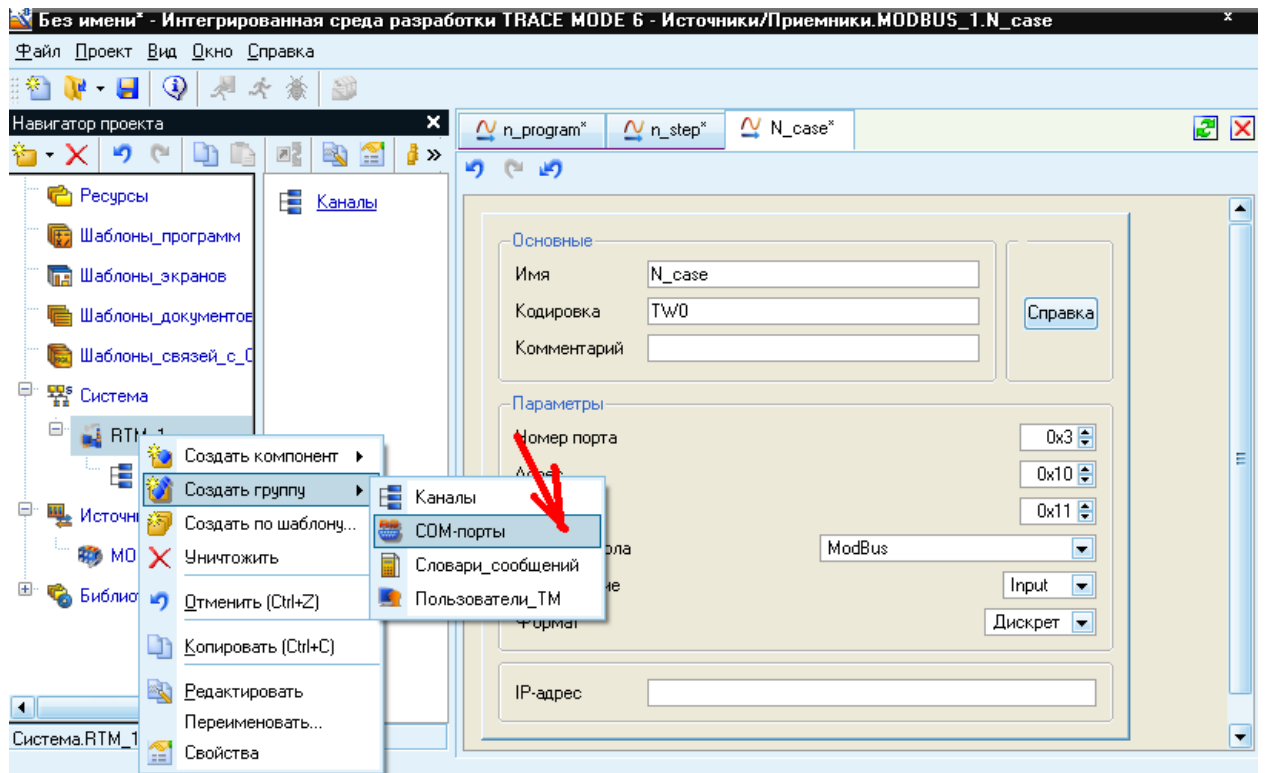
Вставляем!!!



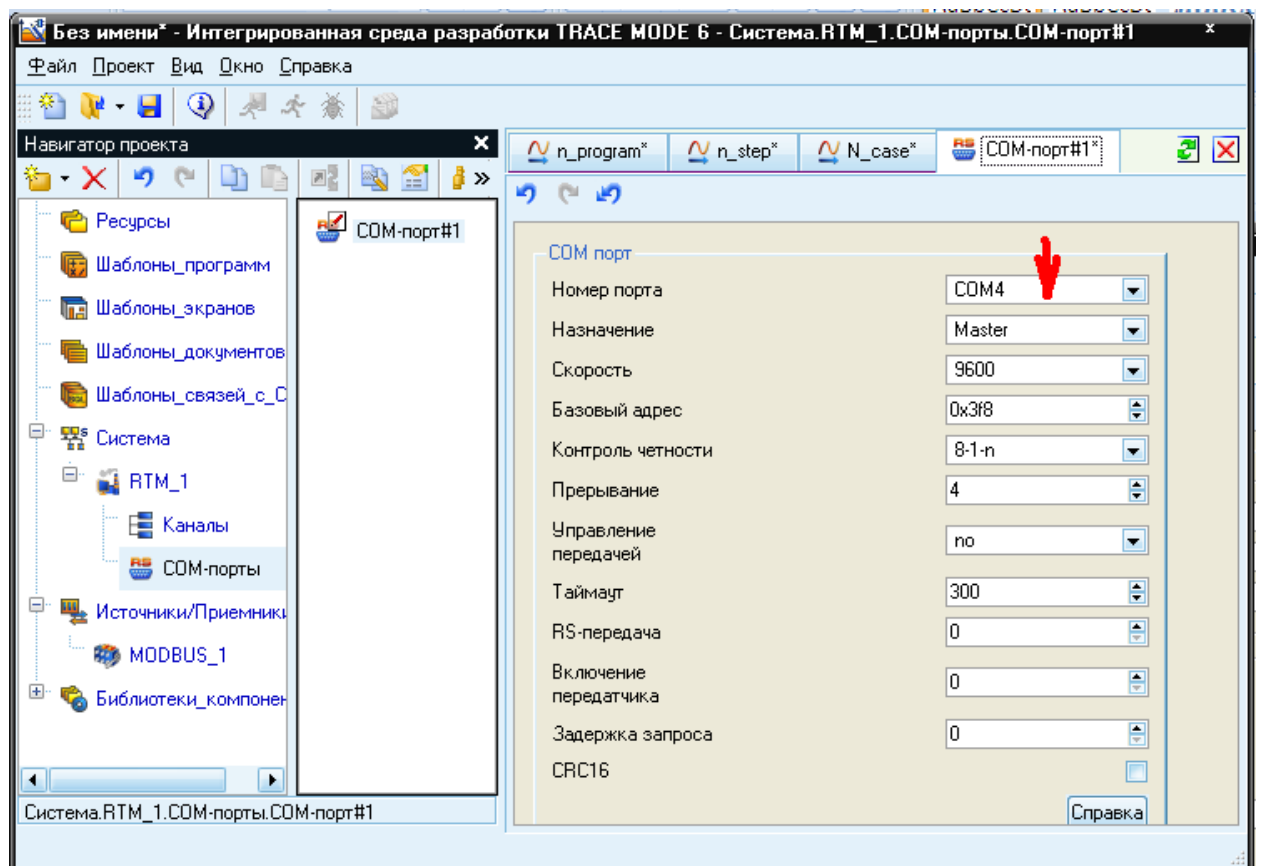
Согласно подчеркиванию



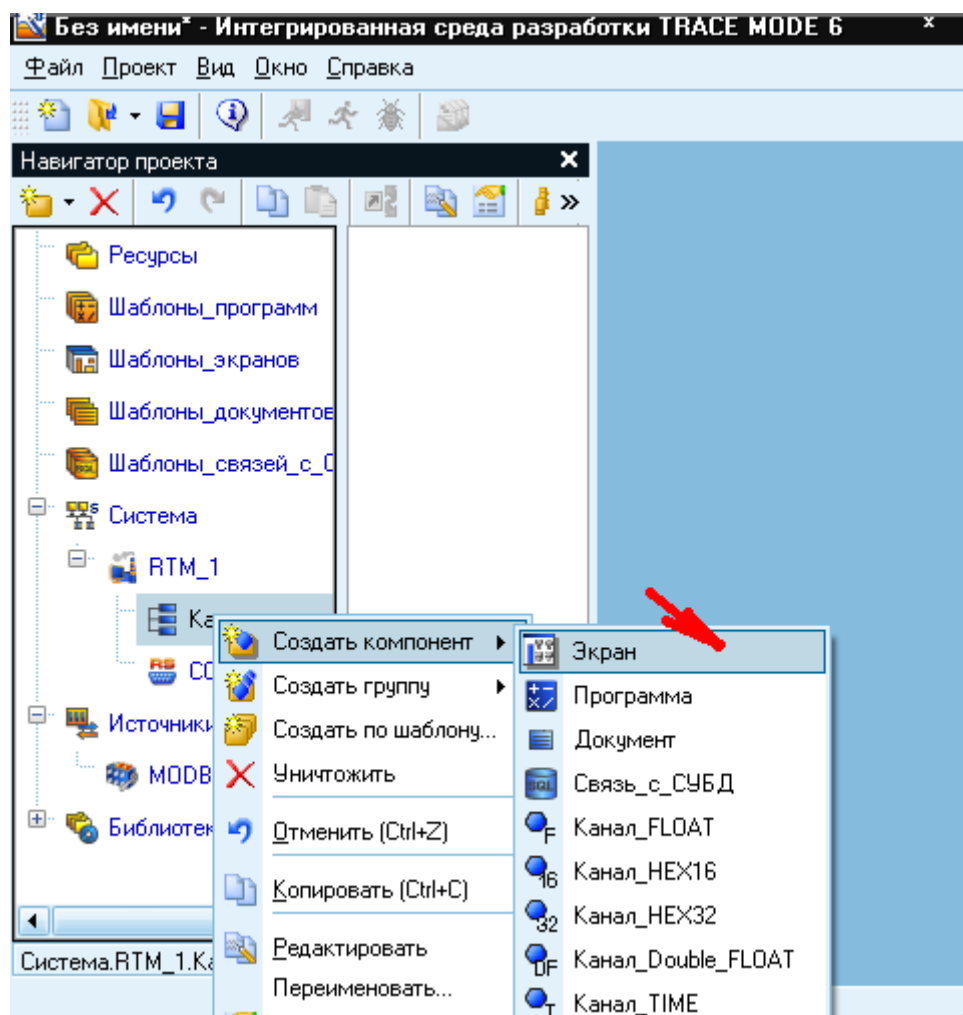
Создадим узел!



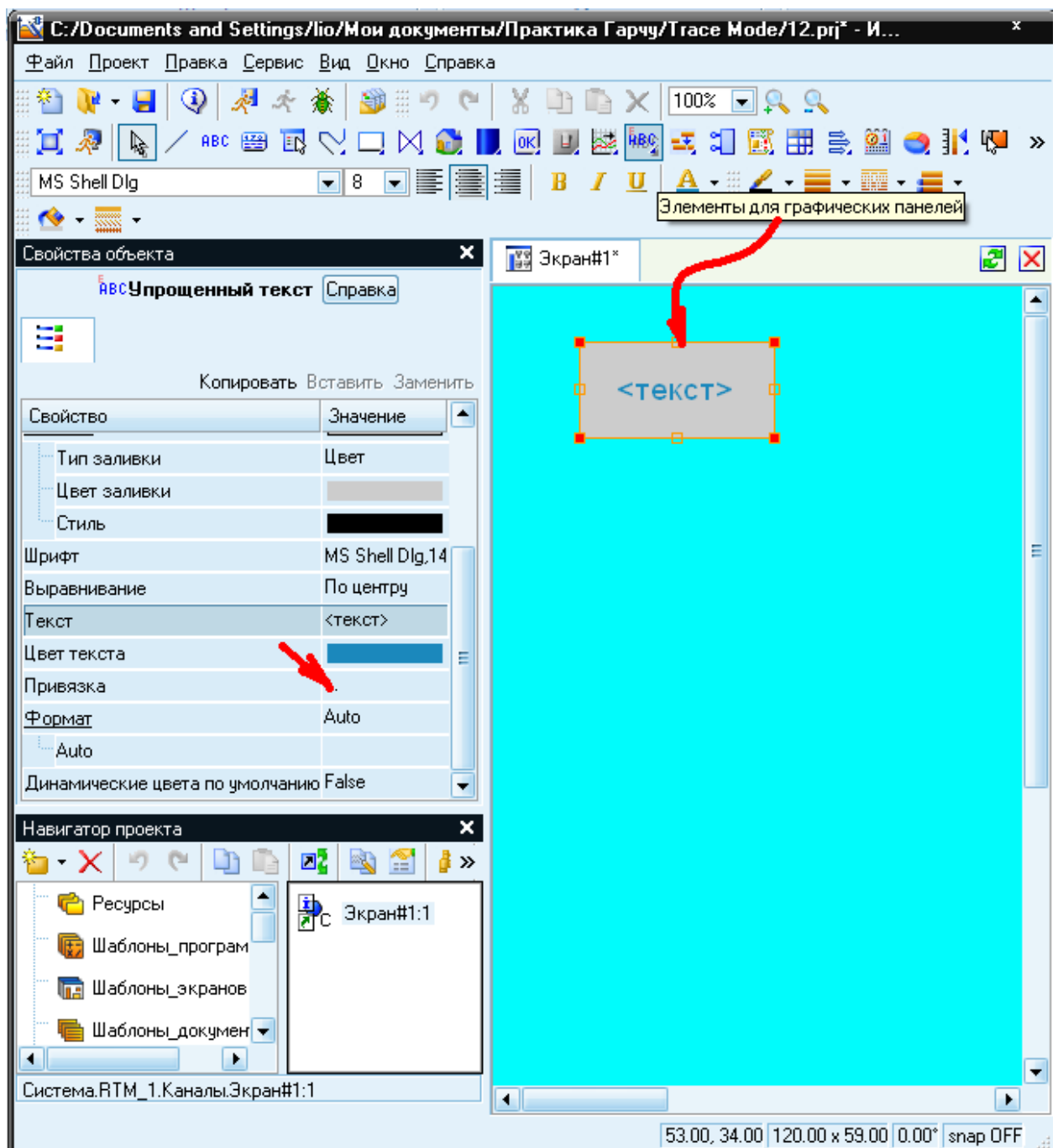
Создать группу согласно стрелке



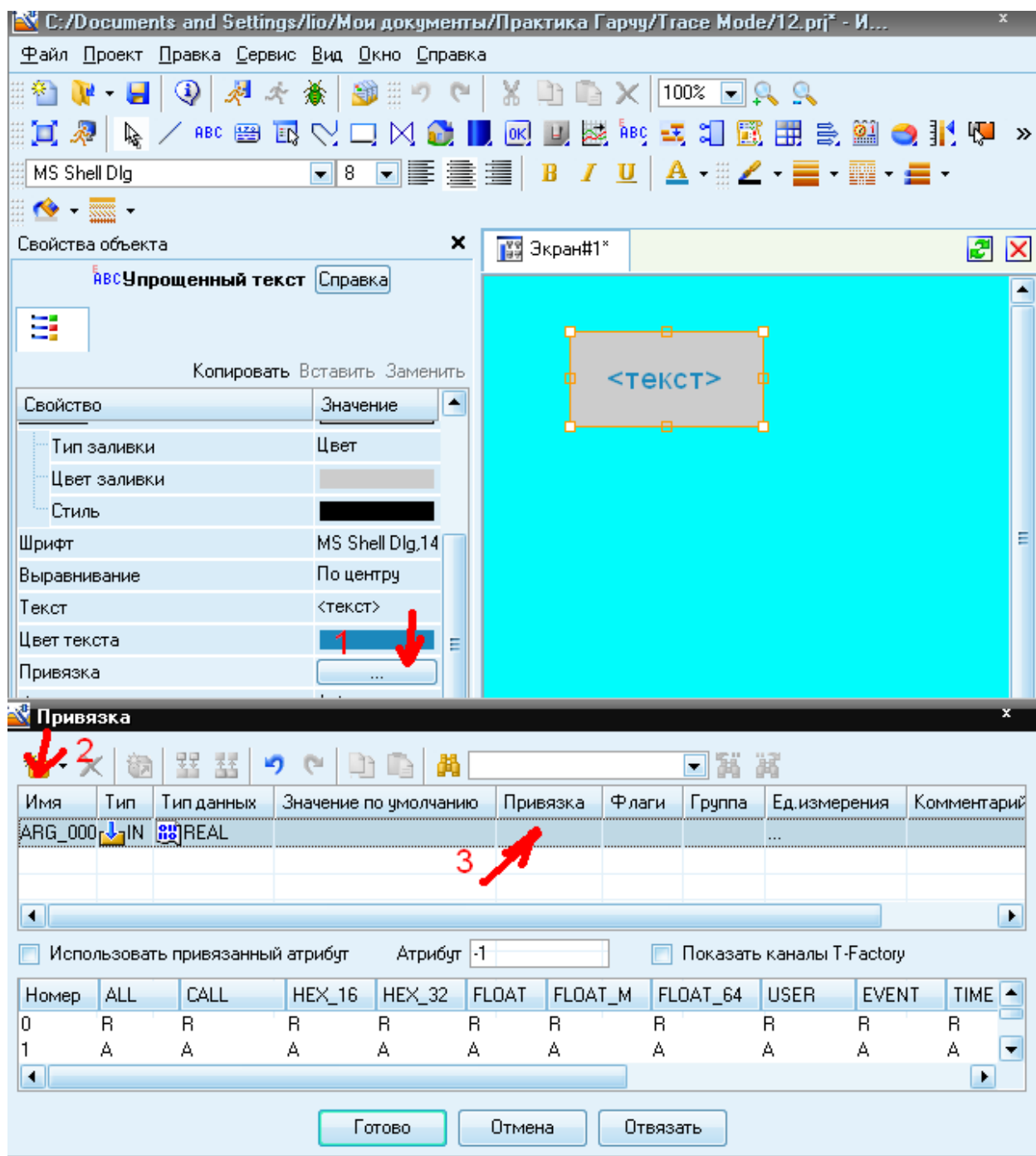
Определим порт?



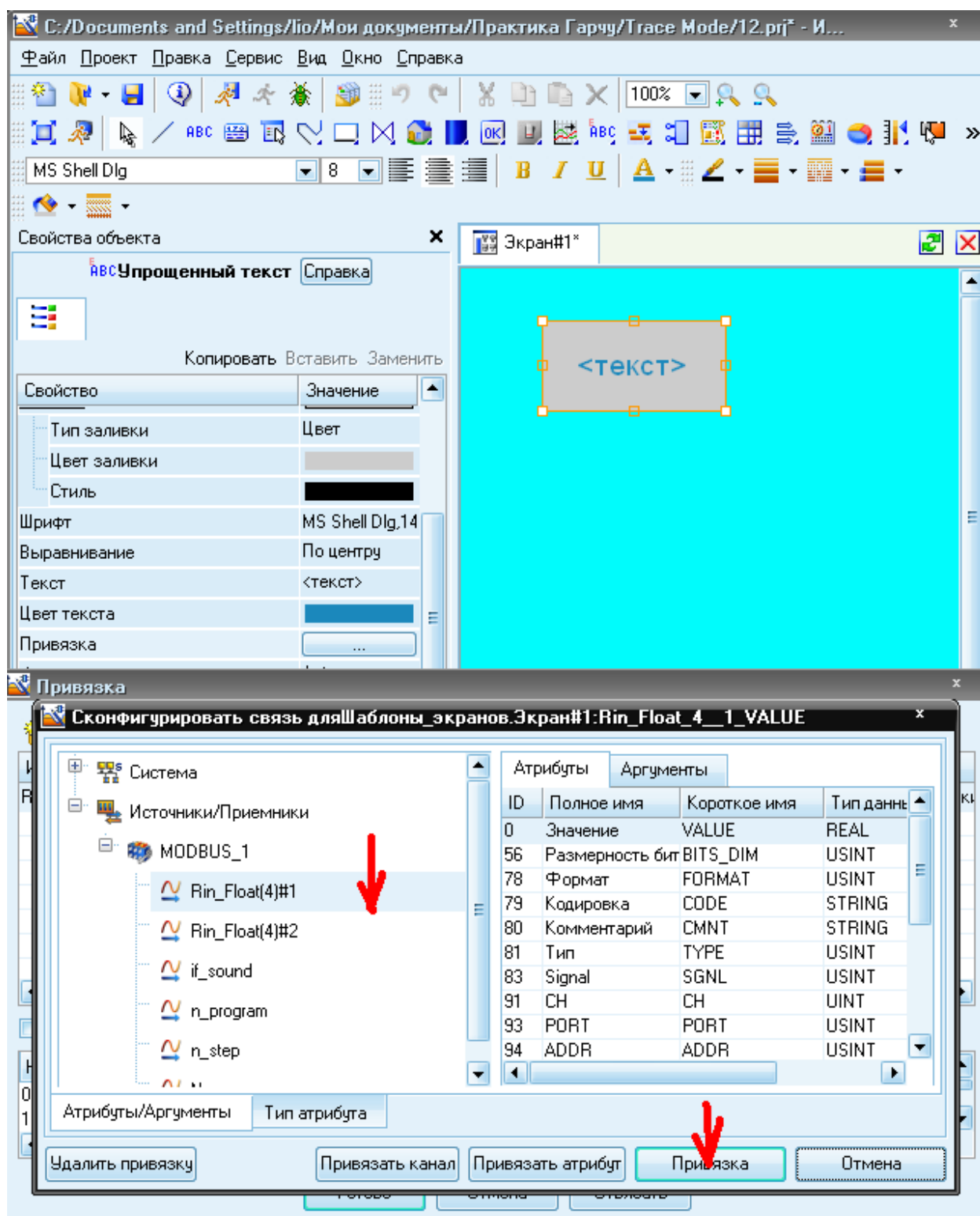
Создадим экран!!



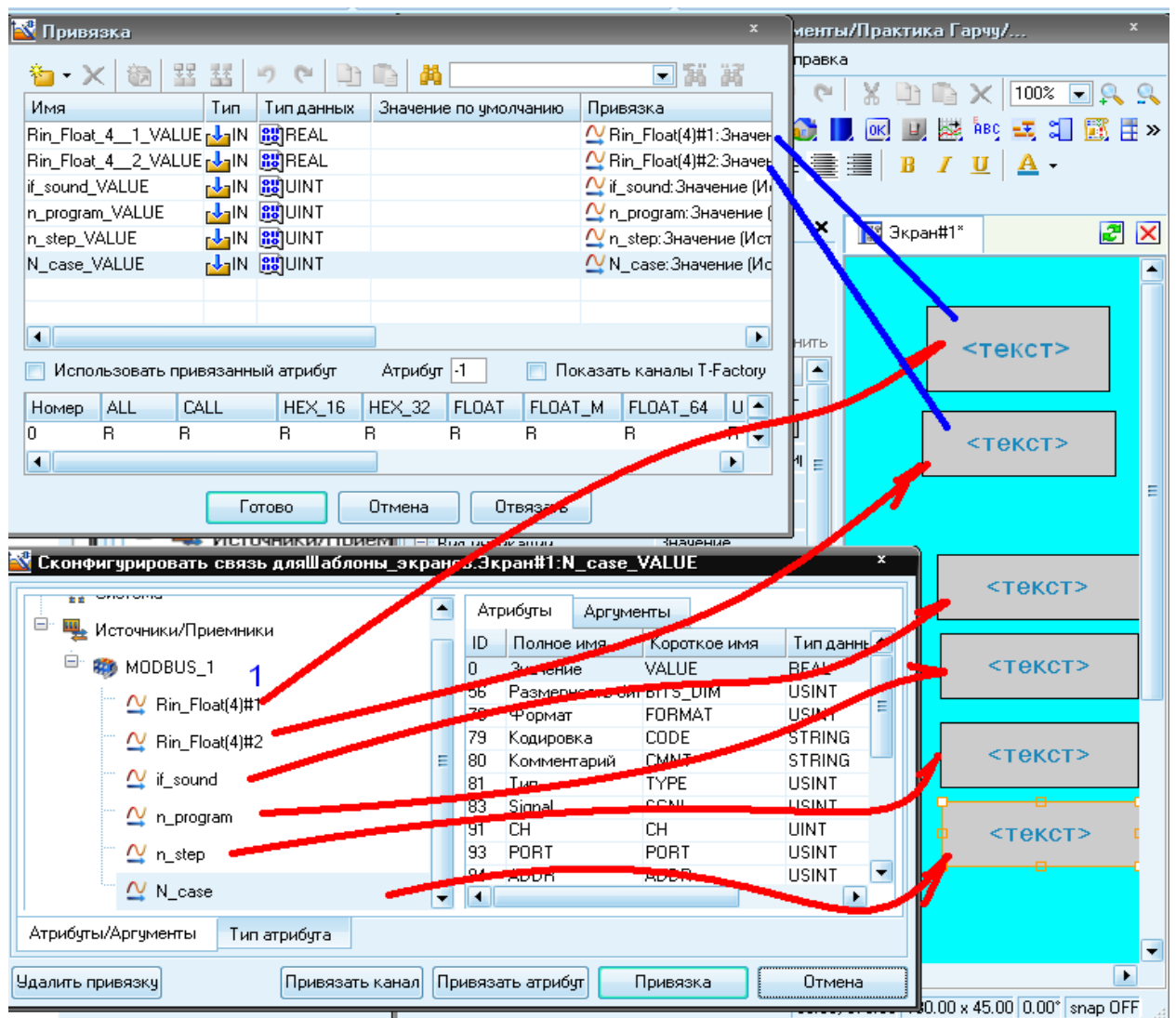
Создадим элемент текста! Запустим определение привязки.



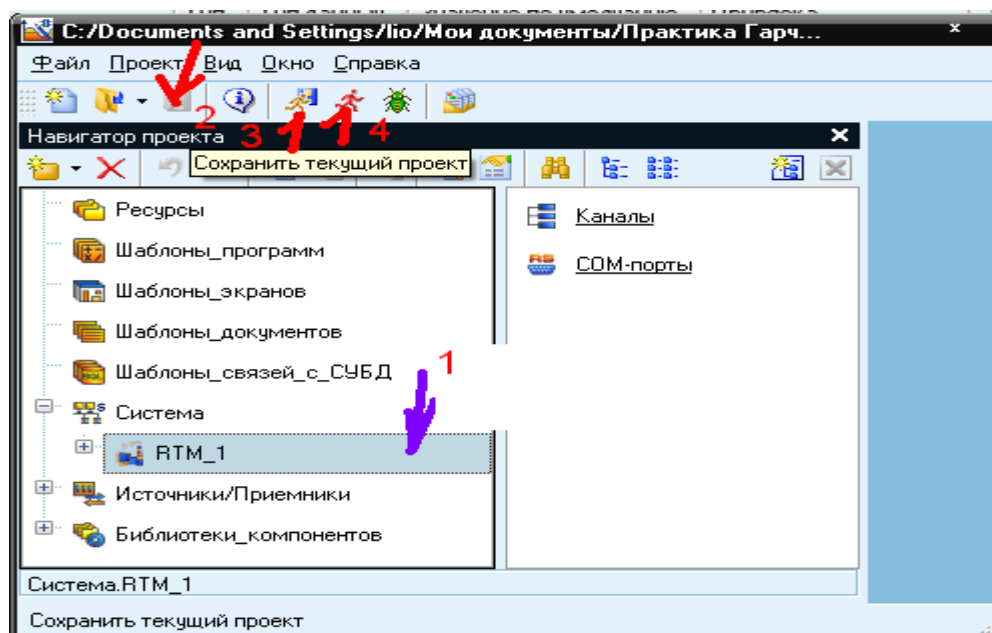
По пунктам.



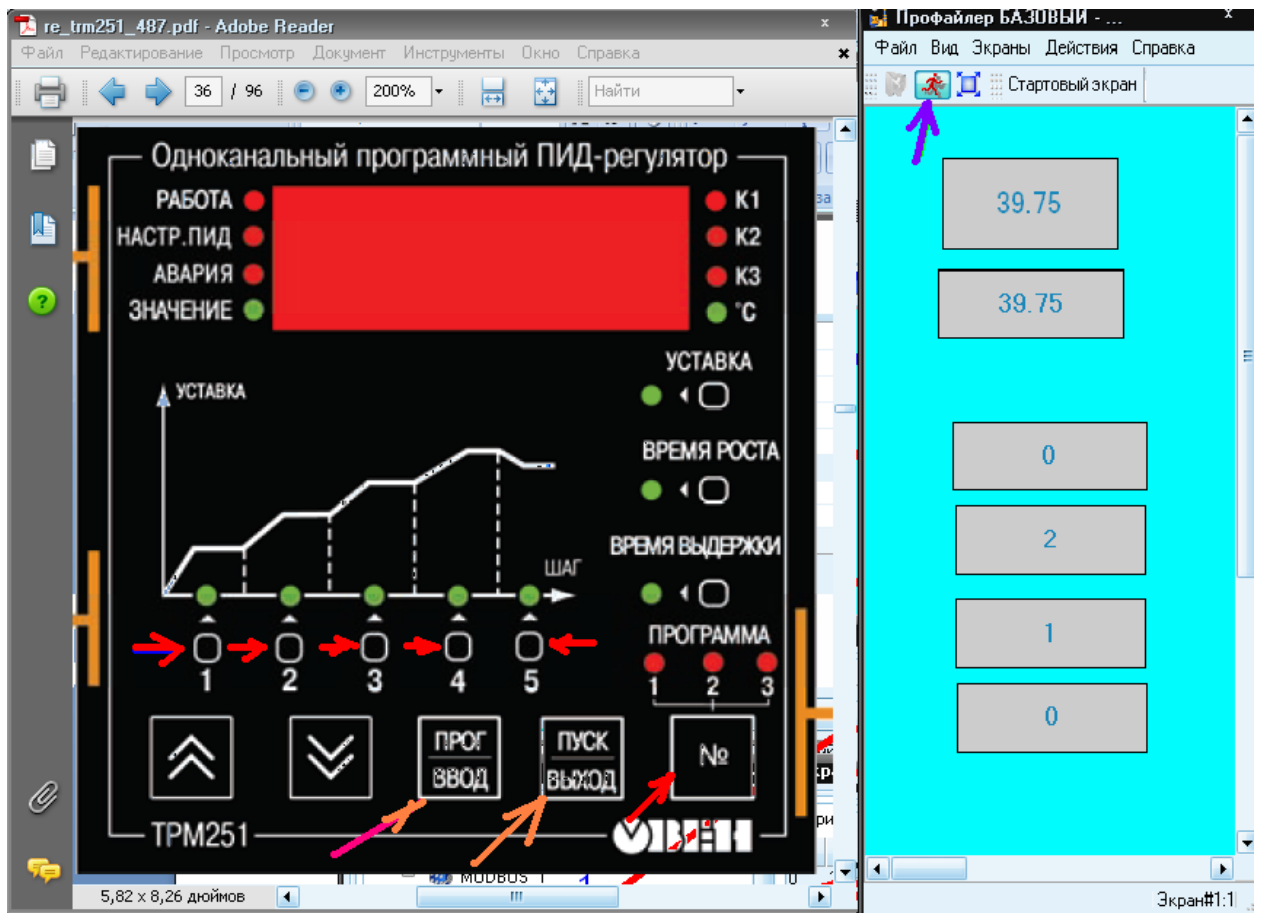
Согласно стрелкам.



Разнесём привязку.



Согласно рисунку. По пунктам)))



Нажимая кнопки на приборе видим изменения?

Литература

1. Нестеров А.Л. Проектирование АСУ ТП.- СПб.: ДЕАН, 2006.
2. Попович Н.Г. Автоматизация производственных процессов и установок. – М.: Высш.шк., 2004
3. Капустин Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении.
М.: Высш.шк., 2004
4. Соснин О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. –
М.: Академия, 2009
5. В. Ю. Шишмарев Средства измерений. –М.: Академия, 2010
6. Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко Методы и средства измерений. –М.: Академия, 2008
7. В. Ю. Шишмарев Типовые элементы систем автоматического управления. –М.: Академия, 2009
8. Ю. М. Келим Типовые элементы систем автоматического управления. – М.: Форум, Инфра-М, 2004
9. Ю.Н. Федоров.Справочник инженера по АСУ ТП. –М.: Форум, Инфра-Инженерия, 2008
10. Аристова Н.И., Корнеева А.И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУ ТП. М., ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ» , 2001
11. Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г., Фролов С.В. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры. М:
«Издательство Машиностроение», 2004