

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Профессионально-педагогический колледж



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Профессионально-педагогического
колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Т.И. Кузнецова

2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ПМ.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
специальность
15.02.18 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА (ПО ОТРАСЛЯМ)

Рабочая программа рассмотрена
на заседании цикловой методической комиссии
Технических специальностей
протокол № 9 от «09» апреля 2025 г.
Председатель ЦМК Е.Э. Воеводина

Саратов 2025

Рабочая программа профессионального модуля ПМ 01 Техническое обеспечение эксплуатации роботехнических комплексов разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее СПО) 15.02.18 Техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства (по отраслям), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ от 27.11.2023 г. № 890.

Разработчик программы:

Хмырова С.С. – преподаватель высшей квалификационной категории
Профессионально-педагогического колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Сизов Ю.С. – преподаватель высшей квалификационной категории
Профессионально-педагогического колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

№ п/п	СОДЕРЖАНИЕ	
1.	ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	4
2.	СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	10
3.	УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ	28
4.	КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ (ВИДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)	32

1. ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

ПМ.01 Техническое обеспечение эксплуатации роботехнических комплексов

1.1 Область применения программы

Рабочая программа профессионального модуля является частью программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.18 Техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства (по отраслям).

1.2 Место профессионального модуля в структуре ППССЗ

Профессиональный модуль входит в профессиональный цикл ППССЗ

1.3 Цели и задачи профессионального модуля, требования к результатам освоения профессионального модуля

Изучение профессионального модуля направлено на освоение основного вида деятельности: **Техническое обеспечение эксплуатации роботехнических комплексов**

1.3.1. Перечень общих компетенций

Код	Наименование результата обучения
ОК01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
ОК04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде
ОК09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

1.3.2. Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1.	Планировать процесс выполнения своей работы на основе конструкторской и технологической робототехнологического комплекса
ПК 1.2.	Определять действительные значения контролируемых параметров предметов труда с использованием средств измерений
ПК 1.3.	Осуществлять диагностику неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов, и устройств робототехнологических комплексов
ПК 1.4.	Проектировать сборочные приспособления и технологическую оснастку для робототехнологического комплекса

1.3.3. В результате освоения профессионального модуля обучающийся должен:

Код ОК, ПК	Уметь	Знать	Владеть навыками
ОК.01	<ul style="list-style-type: none"> -распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; -анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; -определять этапы решения задачи; -выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; -составлять план действия; -определять необходимые ресурсы; -владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; -реализовывать составленный план; -оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника) 	<ul style="list-style-type: none"> -актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; -основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; -алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; -методы работы в профессиональной и смежных сферах; -структуру плана для решения задач; -порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности 	-
ОК.02	<ul style="list-style-type: none"> -определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации -выделять наиболее значимое в перечне информации, - структурировать получаемую информацию, оформлять результаты поиска 	<ul style="list-style-type: none"> -номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности -приемы структурирования информации -формат оформления результатов поиска информации -современные 	-

	<p>-оценивать практическую значимость результатов поиска</p> <p>-применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач</p> <p>-использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности</p> <p>-использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач</p>	<p>средства и устройства информатизации, порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства</p>	
ОК.03	<p>-определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности</p> <p>-применять современную научную профессиональную терминологию</p> <p>-определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования</p> <p>-выявлять достоинства и недостатки коммерческой идеи</p> <p>-определять инвестиционную привлекательность коммерческих идей в рамках профессиональной деятельности, выявлять источники финансирования</p> <p>-презентовать идеи открытия собственного дела в профессиональной</p>	<p>-содержание актуальной нормативно-правовой документации</p> <p>-современная научная и профессиональная терминология</p> <p>-возможные траектории профессионального развития и самообразования</p> <p>-основы предпринимательской деятельности, правовой и финансовой грамотности</p> <p>-правила разработки презентации</p> <p>-основные этапы разработки и реализации проекта</p>	-

	<p>деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> -определять источники достоверной правовой информации -составлять различные правовые документы -находить интересные проектные идеи, грамотно их формулировать и документировать -оценивать жизнеспособность проектной идеи, составлять план проекта 		
ОК 04	<ul style="list-style-type: none"> -организовывать работу коллектива и команды -взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности 	<ul style="list-style-type: none"> -психологические основы деятельности коллектива -психологические особенности личности 	
ОК09	<ul style="list-style-type: none"> -понимать относительно полно (общий смысл) высказывания на иностранном языке в различных ситуациях профессионального общения; - читать чертежи и техническую документацию на иностранном языке; - называть на иностранном языке инструменты, оборудование, оснастку, приспособления, станки используемые при выполнении профессиональной деятельности; - применять профессионально-ориентированную лексику иностранного 	<ul style="list-style-type: none"> - лексический и грамматический минимум, необходимый для чтения и перевода (со словарем) профессионально-ориентированного текста на иностранном языке; - лексический и грамматический минимум, необходимый для заполнения анкет, резюме, заявлений и др.; - основы разговорной речи на иностранном языке; - профессиональные термины и определения для чтения чертежей, инструкций, нормативной документации. 	

	языка при выполнении профессиональной деятельности;		
ПК 1.1	<p>-использовать нормативную документацию и инструкции по эксплуатации робототехнологических комплексов;</p> <p>-планировать проведение контроля соответствия качества робототехнологических комплексов требованиям технической документации</p> <p>-планировать работы по контролю, наладке, подналадке и техническому обслуживанию робототехнологических комплексов на основе технологической документации в соответствии с производственными задачами согласно нормативным требованиям;</p> <p>-читать чертежи</p>	<p>-параметры, подлежащие проверке при техническом обслуживании робототехнологических комплексов</p> <p>-руководящие материалы по выполнению технического обслуживания с периодическим контролем робототехнологических комплексов</p> <p>-система допусков и посадок</p> <p>-технические требования, предъявляемые к изготавливаемой продукции</p>	<p>Планирование работ по монтажу, наладке и техническому обслуживанию робототехнологических комплексов на основе организационно-распорядительных документов и требований технической документации</p> <p>Передача управления налаженным робототехнологическим комплексом оператору</p> <p>Информирование руководства о работе робототехнологических комплексов</p>
ПК 1.2	<p>-измерять силу затяжки резьбовых соединений</p> <p>-использовать необходимое оборудование и инструмент для оценки соответствия предметов труда техническим требованиям</p> <p>-проводить измерения параметров предметов труда</p> <p>-проводить измерения с использованием индикаторных нутромеров,</p>	<p>-принципы работы, технические характеристики используемого при измерениях оборудования</p> <p>-характеристики параметров состояния.</p> <p>-способы получения информации измеряемых величин контролируемых параметров</p>	<p>Инструментальный контроль работы робототехнологических комплексов</p> <p>Выборочная проверка качества предметов труда</p> <p>Проверка качества соединений разъемов (плотность, сила затяжки резьбовых соединений)</p> <p>Выявление и устранение повышенных шумов узлов робототехнологических комплексов</p> <p>Проверка силы затяжки фундаментных</p>

	<p>штангенциркулей, микрометров</p> <ul style="list-style-type: none"> -контролировать основные параметры предметов труда -пользоваться динамометрическими ключами -проводить измерения с использованием индикаторных нутромеров, штангенциркулей, микрометров 		<p>болтов</p> <p>Проверка точности позиционирования рабочих органов</p> <p>Оценка основных параметров предметов труда</p> <p>Проверка соответствия предметов труда техническим требованиям</p> <p>Выбирать и использовать контрольно-измерительные средства в соответствии с производственными задачами;</p>
ПК 1.3	<ul style="list-style-type: none"> -определять источники повышенного шума узлов и механизмов робототехнологических комплексов 	<ul style="list-style-type: none"> -принципы работы робототехнологических комплексов -основные понятия технической диагностики. -виды технического состояния робототехнологических комплексов. -характеристики надежности робототехнологических комплексов -методы диагностирования. -классификация методов диагностирования. 	<p>Визуальный контроль работы робототехнологических комплексов</p> <p>Определение правильности действий робототехнологических комплексов</p> <p>Проверка работы вспомогательных механизмов робототехнологических комплексов</p> <p>Диагностика причин захвата предметов труда</p> <p>Диагностика причин неисправности работы вспомогательных механизмов и устройств</p> <p>Диагностика причин неисправности работы основного технологического оборудования</p> <p>Диагностика причин неисправности работы робототехнологических комплексов</p>
ПК 1.4	<ul style="list-style-type: none"> -заливать жидкие смазки и наносить консистентную смазку 	<ul style="list-style-type: none"> -технологическая последовательность разборки, ремонта и 	<p>Устранение перекручиваний гибкой подводки</p>

	-заменять пневмо- и гидроаппаратуру робототехнологических комплексов -заменять энергонезависимые источники питания	сборки узлов и механизмов -требования охраны труда при выполнении технического обслуживания робототехнологических комплексов	Пополнение смазки в редукторах Замена фильтров системы смазки, системы охлаждения робототехнологических комплексов Замена батарей энергонезависимой памяти
--	---	---	--

1.4 Количество часов на освоение программы профессионального модуля:

Объем ОП – 460 часов,

включая:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося – 304 часа;

УП01.01 - 36 часов, ПП 01.01 - 108 часов;

самостоятельной работы обучающегося – 6 часа;

промежуточная аттестация 24 часов.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПМ.01 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ РОБОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

2.1 Тематический план профессионального модуля

Коды профессиональных и общих компетенций	Наименование разделов профессионального модуля	Суммарный объем нагрузки, час <i>(максимальная учебная нагрузка и практики)</i>	Объем времени, отведенный на освоение МДК									Практика		
			Обязательная аудиторная учебная нагрузка обучающегося					Самостоятельная работа обучающегося		Консультации	Промежуточная аттестация	Учебная (если предусмотрено) часов	Производственная (по специальности) часов	Экзменационный
			Всего часов	в т.ч. лаборат. занятия часов	в т.ч. практич. занятия часов	в т.ч., курсовая работа (проект) часов	в т.ч. семинар. занятия часов	Всего часов	в т.ч., курсовая работа (проект) часов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ПМ 01	Техническое обеспечение эксплуатации роботехнических комплексов													
ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ОК 09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3	МДК.01.01 Планирование материально-технического обеспечения эксплуатации робототехнических комплексов	152	146		100				-	-	6			
ПК 1.4	МДК.01.02 Осуществление диагностики неисправностей и отказов узлов и	76	64		48		-	6	-	-	6			

	систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов и устройств робототехнологических комплексов													
	МДК.01.03 Проектирование приспособлений и технологической оснастки	76	64		16			12						
	УП.01.01 Учебная практика Техническое обеспечение эксплуатации робототехнических комплексов	36										36		
	ПП.01.01 Производственная практика Техническое обеспечение эксплуатации робототехнических комплексов	108											108	
	Экзамен квалификационный	12												12
Всего:		460	274				-	18	-	-	12	36	108	12

2.2 Содержание обучения по профессиональному модулю ПМ.01 Техническое обеспечение эксплуатации роботехнических комплексов

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
1	2	3	4	5
МДК 01.01	Планирование материально-технического обеспечения эксплуатации роботехнических комплексов			
3 семестр 46ч лекций+26ч практических занятий				
Раздел 1.	Организация и технологии технической эксплуатации робототехнических комплексов			
Тема 1.1.	Содержание учебного материала			
Назначение, состав и классификация роботизированных комплексов	Назначение роботизированных комплексов (РК) в промышленности. Задачи и принципы работы роботизированных комплексов. Понятия механизация и автоматизация. Место применения РК и выполняемые ими функции при различных уровнях автоматизации. Состав и классификация робототехнических комплексов: по функциональному признаку, области применения, структурному признаку, компоновочному признаку, производственного подразделения	6	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	8		
	Классификация робототехнических комплексов по различным признакам. Построение схемы классификации	8	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе самостоятельная работа обучающихся			
Тема 1.2.	Содержание учебного материала			
	Назначение и виды конструкторской и технологической	8	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04,

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
Основные составляющие роботизированного комплекса	документации для роботизированного комплекса Виды информации, ее состав в соответствии с заданием и требованием разработанной технической документации на использование роботизированного комплекса Компоновка РТК и состав его оборудования. Общие требования к РК и его компонентам			ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Обобщенная структурная схема промышленного робота. Технические характеристики Безопасность при работе с промышленным роботом. Рабочая, безопасная и опасная зоны. Защитное оснащение: механические концевые упоры, устройство ограничения зоны оси, устройство контроля зоны оси. Общие меры безопасности при: техобслуживании и ремонте, выводе из эксплуатации	8	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	12		
	Расчет нагрузок. Расчет остановочного пути	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Опция ограничения зоны оси. Нормативы и предписания по безопасности промышленного робота Чтение и проработка чертежей и технологической документации Чтение принципиальных структурных схем, схем соединений и подключений	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Составление технической документации к схемам пневмоавтоматики Составление технической документации к	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	схемам электроавтоматики			
Тема 1.3. Основные положения по эксплуатации роботизированного комплекса	Содержание учебного материала			
	Общие сведения о порядке организации эксплуатации РК. Виды эксплуатационной документации РК. Содержание эксплуатационной документации. Виды технической документации. Нормативные требования ЕСКД и Международных стандартов при разработке технической документации	8	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	6		
Тема 1.4. Организация работ по техническому обслуживанию и ремонту роботизированного комплекса	Содержание учебного материала			
	Характеристика мероприятий технического обслуживания и ремонта РК. Первый пуск РК в работу. Правила пуска РК в работу. Техническое освидетельствование элементов РК	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Монтаж и сборка элементов РК. Проектная и техническая документация, организационная подготовка к монтажу РК. Правила организации монтажной площадки и приемки строительных и промышленных объектов под монтаж. Правила монтажа несущих конструкций элементов и способы сборки	6	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	специальных узлов и механизмов РК			
	Годовые планы и графики технического обслуживания и ремонта элементов РК. Годовой режим работы РК. Определение планируемых периодов простоя и работы РК. Определение составных элементов годового плана технического обслуживания и ремонта РК. Составление годовых и месячных графиков технического обслуживания и ремонта РК	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Методы организации технического обслуживания и ремонта РК. Виды технической документации по применению и эксплуатации РК различного назначения. Характеристика методов организации технического обслуживания и ремонта РК. <i>Другие формы контроля (средний балл по текущим оценкам успеваемости) по итогам 3 семестра</i>	2	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
4 семестр				
В том числе практических и лабораторных занятий		74		
	Технологические этапы проведения работ по техническому обслуживанию робототехнологических комплексов на основе технологической документации	6	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Монтаж робота. Осуществление работ по подготовке к проведению монтажа. Проверка элементной базы. Монтаж	12	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3,

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	робота. Определение бетона для фундамента робота			ПК 1.4
	Монтаж робота. Планирование и прокладка соединительных кабелей	8	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Монтаж робота. Подготовка робота к транспортировке (транспортировочное положение). Определение способа транспортировки	12	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Монтаж робота. Монтаж армополимерных анкеров, монтаж робота, схема электрических соединений. Установление регулятора давления и подключение подачи сжатого воздуха	12	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Выбор метода организации технического обслуживания и ремонта РК. Проведение работ по техническому обслуживанию пр Подготовка редуктора к замене масла. Техническое обслуживание компенсатора веса. Работы по очистке робота. Очистка и промывка деталей	12	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Вывод робота из эксплуатации напольного робота. Хранение промышленного робота. Утилизация деталей робота по группам материалов Составление годового графика технического обслуживания и ремонта. Составление месячных графиков технического обслуживания и плановых ремонтов	12	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
В том числе самостоятельная работа обучающихся	Презентация. Виды технической документации по применению и эксплуатации РК различного назначения.	6	3	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
Экзамен МДК 01.01		12		
4 семестр				
МДК 01.02	Осуществление диагностики неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов и устройств робототехнологических комплексов			
Раздел 2	Организация работ по диагностике, неисправностям и отказам устройств робототехнологических комплексов			
Тема 2.1.	Содержание учебного материала			
Организация работ по диагностированию узлов, механизмов и устройств робототехнологических комплексов	Диагностика и поиск неисправностей и отказов узлов, механизмов и устройств робототехнологических комплексов. Понятие технической диагностики. Виды и содержание операций по диагностированию узлов, механизмов и устройств робототехнологических комплексов. Параметры, методы общего диагностирования и углубленного диагностирования установок элементов РК. Функциональное диагностирование. Тестовое диагностирование	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04 ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Технические средства диагностирования. Применение средств диагностирования. Контрольно-измерительные приборы и аппаратура	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	28		
	Диагностика и поиск неисправностей и отказов узлов, механизмов и устройств робототехнологических комплексов. Понятие технической диагностики. Виды и содержание операций по диагностированию узлов, механизмов и устройств робототехнологических комплексов. Параметры, методы общего диагностирования и углубленного диагностирования	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	установок элементов РК. Функциональное диагностирование. Тестовое диагностирование Технические средства диагностирования. Применение средств диагностирования. Контрольно-измерительные приборы и аппаратура Диагностирование и определение основных характеристик промышленных роботов. Методы диагностирования функционального диагностирования состояния промышленных роботов			
	Основные неисправности работы робототехнологических комплексов и причины их возникновения	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Принципы сервисного обслуживания. Неисправности схем. Методы поиска неисправностей	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Стендовая аппаратура. Функциональный состав аппаратуры. Режимы работы. Контролируемые параметры	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Построение технологической карты проверки и наладки средств измерений	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Диагностирование силовых установок элементов РК на основе ДВС. Диагностирование приборов топливной аппаратуры ДВС, ДВС базовых машин-роботов. Диагностирование дизельных ДВС по качеству отработавших газов.	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Диагностирования гидравлических приводов машин-роботов. Диагностирование механических передач элементов РК	4	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3,

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
				ПК 1.4
Тема 2.2. Материально-техническое обеспечение робототехнологических комплексов	Содержание учебного материала	8		
	Виды технических эксплуатационных материалов элементов для РК. Виды и классификация моторных топлив для элементов РК. Виды и классификация смазочных, охлаждающих, пусковых, защитных материалов для элементов РК. Виды и классификация рабочих жидкостей гидравлические систем элементов РК.	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Оборудование и элементная база РК в соответствии с заданием и требованием технической документации	2	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Определение годовой потребности дизельного топлива на работу элементов РК. Определение годовой потребности рабочей жидкости гидросистем машин с учетом поэлементных затрат на работу элементов РК. Определение планируемой потребности электроэнергии на работу элементов РК грузоподъемного назначения	2	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий:	20		
	Моделирование и исследование качества контура автоматического регулирования	8	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Проектирование схем подключения блоков управления БРУ (Блок	6	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3,

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	регулирования и управления автоматике)			ПК 1.4
	Настройка механизмов МЭО (Эксплуатационный мехатронный механизм)	6	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Экзамен МДК 01.02		12		
4 семестр				
<i>МДК 01.03</i>	<i>Проектирование приспособлений и технологической оснастки</i>			
Раздел 3	Станочные приспособления, технологическая оснастка и их проектирование			
Тема 3.1. Общие сведения о станочных приспособлениях и технологической оснастке	Содержание учебного материала			
	Назначение приспособлений и их классификация по назначению, по их применяемости на различных станках, по степени универсальности и другим признакам. Основные принципы выбора приспособлений для единичного, серийного и массового производства. Основные конструктивные элементы приспособлений для станков с ЧПУ и обрабатывающих центров	2	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Базирование заготовок. Поверхности и базы обрабатываемой детали. Базирование заготовок в приспособлениях, правило шести точек. Принципы базирования, особенности базирования	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ.			
	Погрешности базирования. Выбор и обоснование схемы базирования заготовки в приспособлении	2	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Разработка схем базирования заготовок. Основные положения теории базирования. Разработка схем базирования заготовок. Расчет погрешности базирования заготовки в приспособлении. Выбор установочных элементов, назначение их точностных параметров. Типовые схемы установки заготовок в приспособлениях. Выбор установочных элементов, назначение их точностных параметров. Конструкции установочных элементов	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Тема 3.2. Классификация и конструкции установочных элементов приспособлений	Содержание учебного материала			ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	Назначение и требования, предъявляемые к установочным элементам приспособлений. Материал для их изготовления. Классификация установочных элементов приспособлений. Основные плоскостные опоры, их устройство и работа. Элементы приспособлений для установки заготовок по наружным цилиндрическим поверхностям, отверстию, центровым гнездам. Элементы приспособлений одновременно по нескольким поверхностям. Графическое изображение установочных устройств по ГОСТу. Погрешности установки	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	заготовки. Расчет размера срезанного установочного пальца. Прочностные расчеты деталей приспособления.			
Тема 3.3. Зажимные механизмы	Содержание учебного материала			
	Назначение и требования, предъявляемые к зажимным механизмам. Приводы зажимных механизмов: ручные, механизированные, автоматизированные. Зажимы: винтовые, эксцентриковые, клиновые, гидравлические, прихваты. Расчет усилия зажима и схемы действия сил. Графическое изображение зажимов по стандарту	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
Тема 3.4. Силовые приводы станочных приспособлений	Содержание учебного материала			
	Силовые приводы станочных приспособлений: назначение, принцип действия, классификация. Механические, гидравлические, пневматические приводы станочных приспособлений	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	<p>Расчет приводов станочных приспособлений. Расчет механического привода станочных приспособлений</p> <p>Расчет приводов станочных приспособлений. Расчет гидравлического привода станочных приспособлений. Расчет приводов станочных приспособлений. Расчет пневматического привода станочных приспособлений</p>	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
<p>Тема 3.5. Направляющие, настроечные и установочно-зажимные устройства приспособлений</p>	Содержание учебного материала			
	<p>Назначение направляющих элементов приспособлений. Кондукторные втулки, их конструкция и область применения. Особенности конструкции направляющих элементов, установов, щупы. Назначение установочно-зажимных устройств. Призматические, кулачковые, плунжерные, цанговые, мембранные, гидропластовые установочно-зажимные элементы, их конструкции, расчет усилий зажима</p>	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Расчет цангового зажима	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
<p>Тема 3.6. Делительные и поворотные устройств</p>	Содержание учебного материала			
	<p>Виды делительных и поворотных устройств. Основные требования и область применения. Фиксаторы, их</p>	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3,

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	конструктивные исполнения и точностные показатели. Примеры применения различных конструкций делительных и поворотных устройств			ПК 1.4
Тема 3.7. Корпуса приспособлений	Содержание учебного материала			
	Назначение корпусов приспособлений, требования к ним. Конструкции и методы изготовления корпусов. Методы центрирования и крепления корпусов на станках	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Тема 3.8. Универсальные и специализированные станочные приспособления	Содержание учебного материала			
	Назначение и виды универсально-наладочных приспособлений, их конструктивные особенности. Приспособления для токарных и шлифовальных станков: центры, поводковые устройства, токарные патроны, цанговые патроны, планшайбы, оправки. Приспособления для сверлильных станков: кондуктора скальчатые, накладные, поворотные. Приспособления для расточных, протяжных, зубообрабатывающих станков. Специализированные наладочные приспособления для станков с ЧПУ	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Расчет силы зажима в кулачковом патроне Исследование сил закрепления заготовки на электромагнитной плите	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Тема 3.9.	Содержание учебного материала			

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
Универсальные сборные (УСП) и сборно-разборные приспособления (СРП)	Назначение и требования, предъявляемые к УСП и СРП. Типовые комплекты деталей УСП СРП. Примеры собранных приспособлений для различных работ	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Компоновка универсально-сборочных приспособлений	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Тема 3.10. Технологическая оснастка станков с ЧПУ	Содержание учебного материала			
	Особенности обработки деталей на станках с ЧПУ. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ токарной группы: виды, конструкции, классификация. Технологическая оснастка для фрезерных ОЦ с ЧПУ: виды, конструкция, классификация	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Закрепление заготовок на станках с ЧПУ. Выбор станочного приспособления для токарного станка с ЧПУ. Закрепление заготовок на станках с ЧПУ. Выбор станочного приспособления для фрезерного ОЦ с ЧПУ	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Тема 3.11. Проектирование станочных	Содержание учебного материала			
	Исходные данные для проектирования приспособлений. Последовательность проектирования приспособления, оформление чертежа общего вида, формирование	4	1	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
приспособлений	спецификации. Особенности проектирования универсально-сборных, специализированных приспособлений. Расчеты, выполняемые при проектировании приспособлений. Техническое задание на проектирование приспособления. Экономическое обоснование проектирования приспособления			
	В том числе практических и лабораторных занятий	2		
	Сбор сведений о проектируемом приспособлении, его назначении, устройстве, принципе работы. Оформление технического задания на проектирование приспособления. Составление описания работы приспособления. Разработка эскиза приспособления. Выполнение сборочного чертежа приспособления. Выполнение детализовки нестандартных деталей приспособления. Разработка требований к эксплуатации проектируемого приспособления. Разработка приспособлений на долговечность. Разработка приспособления на безопасность эксплуатации. Разработка приспособления на надежность. Расчет приспособления на точность. Обоснование выбора типа приспособления и экономической эффективности его применения Зачет с оценкой МДК 01.03	2	2	ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 09, ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4
Экзамен квалификационный ПМ 01		12		
Учебная практика. Виды работ	-инструктаж по охране труда и пожарной безопасности в учебно-производственных мастерских; -ознакомление с нормативной и технологической документацией	36		ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	<p>(ГОСТами), нормативно-правовой базы технического регулирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> -выполнение расчетов по определению надежности приборов (показатели надежности для невосстанавливаемых приборов, показатели надежности для восстанавливаемых приборов, оценка показателей надежности прибора как сложного объекта); -выполнение расчетов по определению годности действительных размеров, используя, методы и методики выполнения измерений (расчет допусков и посадок гладких цилиндрических соединений, расчет предельных отклонений размеров с неуказанными допусками и пр.); -изучение регламента работ, выполняемых при ТО и ТР СК, построение графиков технического обслуживания оборудования, сервисного обслуживания); - составление дефектных ведомостей; -отработка навыков установки заготовок в приспособлениях, используя типовые схемы, расчет погрешности установки; -выполнение расчетов по проектированию приспособлений и технологической оснастки для роботизированной обработки (для станков с ЧПУ); -оформление и защита отчета по учебной практике 			
<p>Производственная практика. Виды работ</p>	<ul style="list-style-type: none"> -инструктаж по охране труда и пожарной безопасности на предприятии; -знакомство с предприятием, основными и вспомогательными цехами; -изучение структуры предприятия, взаимосвязи основных и вспомогательных цехов; -знакомство с эксплуатационными службами в технологических цехах; -знакомство с технологическим процессом и автоматизацией в 	108		ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3, ПК 1.4

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
	<p>основных и вспомогательных цехах предприятия;</p> <p>-участие в работах по техническому обслуживанию и ремонту гидравлических и пневматических устройств и систем электрического и электромеханического оборудования роботизированных линий и участков;</p> <p>-оформление и защита отчета по производственной практике</p>			
ИТОГО		460		

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению профессионального модуля

Реализация программы профессионального модуля требует наличия кабинета профессионального цикла для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, в том числе групповых, индивидуальных, письменных, устных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оборудование:

- рабочее место преподавателя;
- специализированная мебель (столы, стулья по количеству обучающихся);
- доска ученическая.

Технические средства обучения:

- компьютер (ноутбук);
- мультимедийный проектор, экран.

Учебно-наглядные пособия: плакаты, учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины, в том числе, видео-аудио материалы, компьютерные презентации.

Компьютер имеет доступ к электронно-библиотечным системам, выход в глобальную сеть Интернет, оснащен лицензионным программным обеспечением.

3.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации профессионального модуля

Основные учебные издания:

1. Виноградов, В. М. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность: учебное пособие / В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 161 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-536-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895498>

2. Иванов, А. А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 223 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014622-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2131473>

3. Клепиков, В. В. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 208 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013871-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2139179>

4. Клепиков, В. В. Станочные приспособления: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 319 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-583-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1989285>

5. Шишмарёв, В. Ю., Роботизированные системы и их промышленное применение: учебник / В. Ю. Шишмарёв. — Москва : КноРус, 2023. — 419 с. — ISBN 978-5-406-11557-2. — URL: <https://book.ru/book/949263>

Дополнительные учебные издания:

6. Блюменштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 220 с.

7. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие для СПО / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В. Б. Ступко. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 304 с.

Интернет-ресурсы:

8. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru>

9. Справочная правовая системы «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>

Методические указания для обучающихся по освоению профессионального модуля

10. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ.

11. Методические указания для обучающихся по выполнению заданий самостоятельной работы.

12. Методические указания по выполнению заданий практики.

3.3 Общие требования к организации образовательного процесса

При реализации компетентного подхода программа профессионального модуля предусматривает использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (применение электронных образовательных ресурсов, деловых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических тренингов, групповых дискуссий) в сочетании с внеаудиторной работой для формирования и развития общих и профессиональных компетенций обучающихся.

Реализация практических занятий осуществляется непосредственно в ППК СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Образовательная деятельность в форме практической подготовки организована при реализации:

МДК.01.01 Планирование материально-технического обеспечения эксплуатации робототехнических комплексов.

МДК.01.02 Осуществление диагностики неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов и устройств робототехнологических комплексов.

МДК.01.03 Проектирование приспособлений и технологической оснастки.

При проведении практики практическая подготовка организуется путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Учебная практика проводится на базе ППК СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Производственная практика проводится в организациях, направление деятельности которых соответствует профилю подготовки обучающихся при реализации:

МДК.01.01 Планирование материально-технического обеспечения эксплуатации робототехнических комплексов

МДК.01.02 Осуществление диагностики неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов и устройств робототехнологических комплексов

МДК.01.03 Проектирование приспособлений и технологической оснастки

Формы проведения консультаций для обучающихся: групповые, индивидуальные, письменные, устные.

Программа профессионального модуля реализуется в 3,4 семестрах 2 курса обучения. Освоению профессионального модуля должно предшествовать изучение учебных дисциплин общепрофессионального цикла: ОП.01 –ОП.15

3.4. Кадровое обеспечение образовательного процесса

Требования к квалификации педагогических кадров, обеспечивающих обучение по междисциплинарным курсам:

- наличие высшего профессионального образования соответствующего профилю преподаваемого модуля, направление деятельности которых соответствует области организации и проведения коммерческой деятельности;

- опыт работы в организациях соответствующей профессиональной сферы не менее 3 лет;

- прохождение стажировки в профильных организациях в организациях, направление деятельности которых соответствует области организации и проведения коммерческой деятельности, не реже 1 раза в 3 года.

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

4.1. Критерии оценки, формы и методы контроля и оценки результатов обучения

Код, наименование профессиональных компетенций	Критерии оценки результата	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
ПК 1.1. Планировать процесс выполнения своей работы на основе конструкторской и технологической робототехнологического комплекса	<p>-Приемы определения причин сбоев в работе роботизированных устройств выполнены на основе конструкторской и технологической робототехнологического комплекса и спланированы верно</p> <p>-Профилактика роботизированных устройств проведена качественно</p>	<p>Текущий контроль успеваемости:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опрос устный (фронтальный); - выполнение письменной работы; - выполнение практической работы (индивидуальная и групповая форма работы); - защита рефератов - собеседование по результатам выполненной работы;
ПК 1.2. Определять действительные значения контролируемых параметров предметов труда с использованием средств измерений	<p>-Действительные значения контролируемых параметров предметов труда с использованием средств измерений определяет верно</p>	<ul style="list-style-type: none"> - наблюдение за процессом выполнения заданий; - демонстрация выполнения видов работ практики; - выполнение письменной работы «Отчет по практике».
ПК 1.3. Осуществлять диагностику неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов, и устройств робототехнологических комплексов	<p>-Диагностику неисправностей и отказов узлов и систем промышленных роботов и вспомогательных механизмов, и устройств робототехнологических комплексов осуществляет верно</p>	<p>Межсессионная аттестация – тестирование.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.01 в форме экзамена.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.02 в форме экзамена.</p>
ПК 1.4. Проектировать сборочные приспособления и технологическую оснастку для робототехнологического комплекса	<p>-Сборочные приспособления и технологическую оснастку для робототехнологического комплекса проектирует верно</p>	<p>Промежуточная аттестация по МДК.01.03 в форме экзамена.</p> <p>Промежуточная аттестация по УП.01.01 в форме дифференцированного зачета.</p> <p>Промежуточная</p>

		<p>аттестация по ПП.01.01 в форме дифференцированного зачета.</p> <p>Промежуточная аттестация по ПМ.01 в форме экзамена квалификационного.</p>
--	--	--

Результаты (освоенные общие компетенции)	Основные показатели оценки результата	Формы и методы контроля и оценки
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	<p>Обоснованность постановки цели, выбора и применения методов и способов решения профессиональных задач.</p> <p>Оценка и самооценка эффективности и качества выполнения профессиональных задач</p>	<p>Текущий контроль успеваемости:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опрос устный (фронтальный); - выполнение письменной работы; - выполнение практической работы (индивидуальная и групповая форма работы); - защита рефератов - собеседование по результатам выполненной работы; - наблюдение за процессом выполнения заданий; - демонстрация выполнения видов работ практики; - выполнение письменной работы «Отчет по практике».
ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	<p>Использование различных источников, включая электронные ресурсы, медиаресурсы, Интернет-ресурсы, периодические издания по специальности для решения профессиональных задач</p>	<p>Межсессионная аттестация – тестирование.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.01 в форме экзамена.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.02 в форме экзамена.</p>
ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях	<p>Демонстрация ответственности за принятые решения.</p> <p>Обоснованность самоанализа и коррекция результатов собственной работы</p>	<p>Межсессионная аттестация – тестирование.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.01 в форме экзамена.</p> <p>Промежуточная аттестация по МДК.01.02 в форме экзамена.</p>

<p>ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде</p>	<p>Взаимодействие с обучающимися, преподавателями в ходе обучения, с руководителями учебной и производственной практик. Обоснованность анализа работы членов команды (подчиненных)</p>	<p>Промежуточная аттестация по МДК.01.03 в форме экзамена.</p> <p>Промежуточная аттестация по УП.01.01 в форме дифференцированного зачета.</p> <p>Промежуточная аттестация по ПП.01.01 в форме дифференцированного зачета.</p> <p>Промежуточная аттестация по ПМ.01 в форме экзамена квалификационного.</p>
<p>ОК09</p>	<p>- чтение чертежей и технической документации на иностранном языке проведено качественно с правильным прочтением условных знаков; - профессиональные термины и определения для чтения чертежей, инструкций, нормативной документации произносятся верно</p>	

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по профессиональному модулю

Показатели и критерии оценивания компетенций

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания содержатся в *приложении 1*.

Контрольные и тестовые задания

Контрольные задания содержатся в *приложении 1*.

Методические материалы

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, характеризующих формирование компетенций, содержатся в *приложении 1*.

**Контрольно-оценочные средства
для проведения промежуточной аттестации
по профессиональному модулю**

1.1. Форма промежуточной аттестации: Экзамен квалификационный.

1.2. Система оценивания результатов выполнения заданий

Оценивание результатов выполнения заданий промежуточной аттестации осуществляется на основе следующих принципов:

достоверности оценки – оценивается уровень сформированности знаний, умений, практического опыта, общих и профессиональных компетенций, продемонстрированных обучающимися в ходе выполнения задания;

адекватности оценки – оценка выполнения заданий должна проводиться в отношении тех компетенций, которые необходимы для эффективного выполнения задания;

надежности оценки – система оценивания выполнения заданий должна обладать высокой степенью устойчивости при неоднократных оценках уровня сформированности знаний, умений, практического опыта, общих и профессиональных компетенций обучающихся;

комплексности оценки – система оценивания выполнения заданий должна позволять интегративно оценивать общие и профессиональные компетенции обучающихся;

объективности оценки – оценка выполнения конкурсных заданий должна быть независимой от особенностей профессиональной ориентации или предпочтений преподавателей, осуществляющих контроль или аттестацию.

При выполнении процедур оценки заданий используются следующие основные методы:

- метод экспертной оценки;
- метод расчета первичных баллов;
- метод расчета сводных баллов;
- метод агрегирования.

Результаты выполнения заданий оцениваются в соответствии с разработанными критериями оценки.

Используется стобалльная шкала оценки для оценивания результатов обучения.

Перевод стобальной шкалы учета результатов в пятибалльную оценочную шкалу:

Оценка	Количество баллов, набранных за выполнение теоретического и практического задания
Оценка 5 «отлично»	90-100
Оценка 4 «хорошо»	76-89
Оценка 3 «удовлетворительно»	50-75
Оценка 2 «неудовлетворительно»	≤ 49

Контрольно-оценочные средства

Задание:

1. Собеседование по вопросам
2. Практическое задание

Примерные теоретические вопросы

1. Идеология проектирования робототехнологического комплекса в производстве
2. Принципы поточности технологических процессов в роботах-автоматах.
3. Последовательное и параллельное агрегатирование машин-автоматов.
4. Комбинированное агрегатирование машин-автоматов .
5. Блочно-модульный принцип проектирования автоматизированного оборудования.
6. Теория производительности машин-автоматов и автоматических линий.
7. Особенности автоматизации машинных технологических процессов.
8. Классификация машинного оборудования робототехнологического комплекса.
9. Этапы эволюции автоматизированного производства. Развитие промышленной робототехники.
10. Централизованная и децентрализованная системы управления.
11. Программирование технологического цикла работы машин-автоматов.
12. Средства непрерывного и порционного дозирования порошкообразных материалов.
13. Средства дозирования жидко-вязких материалов.
14. Средства ориентирования и загрузки штучных объектов обработки.
15. Структурные схемы гидравлических систем машин-автоматов.
16. Метод математической логики в проектировании гидравлических схем
17. Основные принципы построения релейных гидравлических схем.
18. Характеристика пневматических систем и средств автоматики машин-автоматов.
19. Пневматические исполнительные устройства.
20. Аналоговые вычислительные и преобразующие устройства.
21. Аппаратура управления струйного типа и ее логические функции.
22. Базовые схемы пневмоприводов машин-автоматов и автоматических линий.
23. Стабилизация параметров рабочей среды в пневматических системах.
24. Сведения о роторных машинах и автоматических роторных линиях в условиях эксплуатации в робототехнологических комплексах (по отраслям)
25. Конструкции технологических роторов машин-автоматов.
26. Привод инструментальных блоков технологического ротора.
27. Направления развития роторной техники.
28. Область применения и особенности робототехники в химических и нефтехимических производствах.

29. Примеры типовых конструкций роботов и роботизированных комплексов
30. Предпосылки создания безлюдных предприятий на базе машин-автоматов и автоматических линий с комплексной системой управления.
31. Основные понятия и определения в теории автоматического управления.
32. Классификация систем автоматического регулирования.
33. Статические характеристики, способы получения, представления и линеаризации.
34. Временные, переходные и частотные характеристики; передаточные функции, логарифмические частотные характеристики.
35. Структурные схемы. Правила преобразования структурных схем.
36. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем.
37. Типовые звенья и их характеристики. Примеры звеньев.
38. Методы описания объектов, свойства объектов. Статические, астатические и неустойчивые объекты. Примеры объектов.
39. Понятие состояния. Уравнение объекта в переменных состояния. Наблюдаемость и управляемость.
40. Построение АФЧХ разомкнутых и замкнутых систем. Построение вещественной частотной характеристики замкнутой системы с использованием номограмм.
41. Построение ЛЧХ разомкнутой одноконтурной системы.
42. Устойчивость линейных систем. Необходимые и достаточные условия устойчивости. Критерии устойчивости и области их применения.
43. Критерии устойчивости Гурвица, Рауса, Михайлова и Найквиста.
44. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.
45. Запас устойчивости. Способы определения запасов устойчивости.
46. Построение переходных характеристик систем.
47. Показатели качества машин-автоматов.
48. Способы повышения точности машин-автоматов.
49. Определение установившихся ошибок с использованием коэффициентов ошибок.
50. Корневые оценки качества машин-автоматов.
51. Интегральные оценки качества машин-автоматов.
52. Изменение свойств элементов системы за счет использования обратных связей.
53. Задачи и методы синтеза систем машин-автоматов и датчиков осязательства.
54. Синтез систем методом логарифмических характеристик.
55. Выбор корректирующих устройств последовательного типа с использованием логарифмических характеристик.
56. Нелинейные системы и их особенности. Основные методы исследования нелинейных систем.
57. Типовые нелинейности и их характеристики машин-автоматов.
58. Определение устойчивости и автоколебаний нелинейной системы по фазовым траекториям.
59. Метод гармонической линеаризации.
60. Прямой метод исследования устойчивости А.М. Ляпунова.
61. Критерий абсолютной устойчивости В.М. Попова.
62. Адаптивных систем управления в механообработке. Адаптивные системы предельного и оптимального управления.

- 63. Понятие чувствительности. Функции чувствительности. Условия нечувствительности.
- 64. Дискретные системы. Основные понятия и определения.
- 65. Амплитудно – импульсная модуляция. Передаточная функция модулятора
- 66. Частотные характеристики разомкнутых импульсных систем. Способы построения.
- 67. Устойчивость импульсных систем. Необходимые и достаточные условия устойчивости. Аналог критерия Гурвица.

Примерные практические задания

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Определение передаточных функций сложных многоконтурных систем

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться определять передаточную функцию многоконтурной системы автоматического регулирования и управления.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Преобразовать многоконтурную систему в одноконтурную методом эквивалентного преобразования структурных схем.
2. Определить передаточную функцию многоконтурной системы.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Системы, в которых имеется не только главная обратная связь, но и дополнительные связи (прямые и обратные) называются **многоконтурными**.

Усложнение современных АСР производится путем преобразования одноконтурных систем в многоконтурные с помощью подключения дополнительных датчиков, внешних обратных связей, корректирующих сигналов.

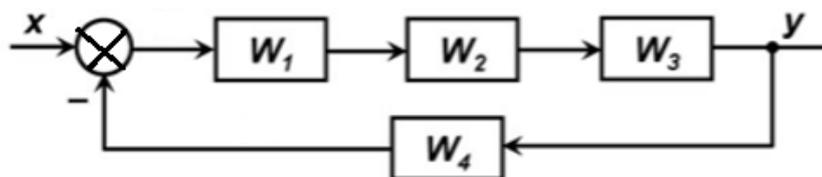


Рисунок 1 – Структурная схема многоконтурной системы

Для получения передаточной функции такой сложной системы необходимо выделить главный контур, а потом схему упростить по **правилам эквивалентного преобразования** структурных схем. Суть такого преобразования состоит в замене отдельных групп звеньев эквивалентным звеном, предварительно подсчитав его передаточную функцию. В конечном итоге многоконтурная система преобразуется в одноконтурную.

В процессе преобразования устанавливается также общая входная и выходная величины.

В итоге получаем одноконтурную систему с передаточной функцией:

$$W_{31}(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)$$

$$W_{32}(p) = \frac{W_{31}(p)}{1 + W_{31}(p) \cdot W_4(p)}$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Снятие кривой разгона объекта управления и определение основных параметров

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться экспериментальным путем снимать кривую разгона и по данной характеристике определять основные параметры: коэффициент объекта, запаздывание, постоянное время.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить методику экспериментального определения кривых разгона объекта управления и определить кривые разгона по каналам регулирования и возмущения для системы отопления.

2. Определить по кривой разгона методом графического построения основные параметры: коэффициент объекта, запаздывание, постоянное время.

3. Оформить лабораторную работу

4. Ответить на контрольные вопросы

2МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Изучаемый объект

Лабораторный стенд «Автоматизация системы отопления».



Рисунок 1 – Технологическое оборудование лабораторного стенда

Конструкция стенда позволяет имитировать весь технологический процесс работы системы отопления и обеспечивает выполнение режимов работы средств автоматизации и процессов контроля и регулирования технологических параметров таких, как температура, давление теплоносителя, а также температура окружающей среды.

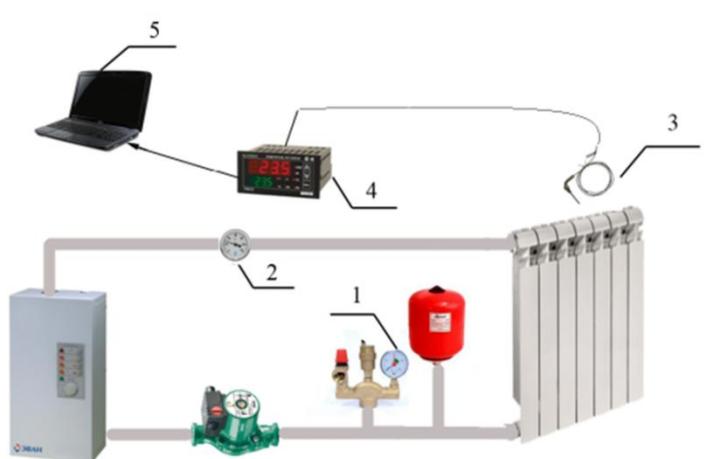
Системы автоматизации включают оборудование:

- 1 – датчик давления теплоносителя;
- 2 – датчик температуры теплоносителя;
- 3 – датчик температуры окружающей среды;
- 4 – ПИД – регулятор ОВЕН ТРМ 210;
- 5 – персональный компьютер.

Используются современные средства контроля технологических параметров потоками теплоносителя, средства сбора информации и управления процессом.

ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ 210 предназначен для точного поддержания заданных параметров в различных технологических процессах. Измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ 210 стенда имеет интерфейс связи с персональным компьютером.

С помощью компьютерной программы OwenProcessManager управления и системы сбора, обработки первичной информации, позволяет оперативно контролировать и обрабатывать все протекающие процессы, делать анализ и вносить необходимые корректировки в работу стенда.



1 - манометр; 2 – термометр; 3 – датчик температуры окружающей среды; 4 – измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ 210; 5-ПК с программным обеспечением OwenProcessManager

Рисунок 2 – Системы контроля и регулирования системы отопления

Кривая разгона – это график изменения регулируемой величины во времени при подачи на вход объекта скачкообразного возмущения, равного единице (1% хода регулирующего органа).

Таким образом, основными параметрами объектов регулирования, которые используются при расчетах необходимого закона регулирования и параметров настройки регулятора являются: коэффициент передачи K_p , постоянная времени $T_{об}$ и время запаздывания τ .

Построение кривой разгона по каналу регулирования

1. Задаем ступенчатое изменение $X_{рег}$, ждем, когда объект стабилизируется ($X_{вых}(t)=const$).

2. От момента задания возмущения до момента стабилизации по выходному каналу строим кривую разгона.

Кривая разгона с обозначениями параметров кривой

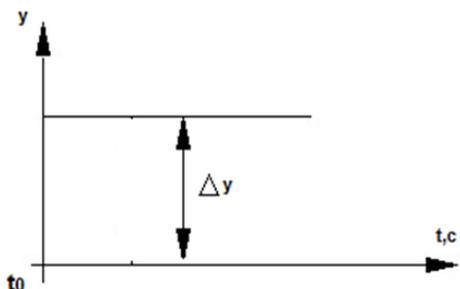


Рисунок 1а – График скачкообразного

регулируемой

единичного возмущения

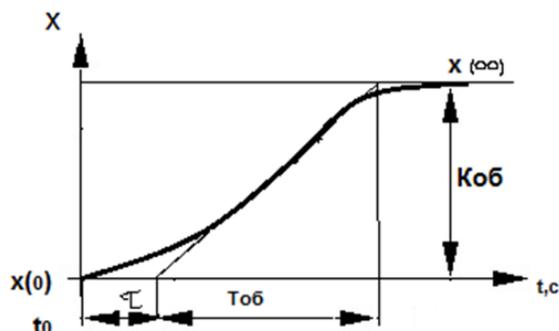


Рисунок 1б – График изменения

регулируемой

величины под действием

возмущения

Рисунок 1 – Кривая разгона для статических объектов

На рисунке 1 представлена типовая форма кривой разгона для статических объектов и показана методика определения параметров объекта регулирования.

После построения по кривой разгона необходимо найти:

- $t_{об}$ (с) – время запаздывания – отрезок времени от момента введения возмущения t_0 до точки пересечения касательной с линией начального установившегося значения регулируемой величины;

- $T_{об}$ (с) – постоянная времени – отрезок времени, отсекаемый касательной от начального до конечного установившегося значения регулируемой величины;

- $K_{об}$ – коэффициент передачи объекта – величина отклонения регулируемой величины в процессе самовыравнивания при возмущении, равном единице (1% хода регулирующего органа);

- $t_{об}/T_{об}$ – степень инерционности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Правила эквивалентного преобразования сложных систем управления

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться определять передаточную функцию многоконтурной системы автоматического регулирования и управления.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Преобразовать многоконтурную систему в одноконтурную методом эквивалентного преобразования структурных схем.
2. Определить передаточную функцию многоконтурной системы.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Одноконтурными называются такие системы, в которых звенья соединены между собой связями, образующими только один контур. Они имеют только одну главную отрицательную обратную связь.

В таких системах сигнал проходит через все звенья и возвращается в ту же точку по одному пути. Это простейшие системы для регулирования одного параметра, так называемые локальные системы.

Системы, в которых имеется не только главная обратная связь, но и дополнительные связи (прямые и обратные) называются **многоконтурными**.

Усложнение современных АСР производится путем преобразования одноконтурных систем в многоконтурные с помощью подключения дополнительных датчиков, внешних обратных связей, корректирующих сигналов.

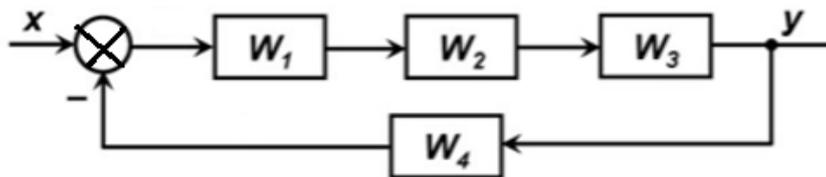


Рисунок 1 – Структурная схема многоконтурной системы

Для получения передаточной функции такой сложной системы необходимо выделить главный контур, а потом схему упростить по **правилам эквивалентного преобразования** структурных схем. Суть такого преобразования состоит в замене отдельных групп звеньев эквивалентным звеном, предварительно подсчитав его передаточную функцию. В конечном итоге многоконтурная система преобразуется в одноконтурную.

В процессе преобразования устанавливается также общая входная и выходная величины.

В итоге получаем одноконтурную систему с передаточной функцией:

$$W_{31}(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p)$$

$$W_{32}(p) = \frac{W_{31}(p)}{1 + W_{31}(p) \cdot W_4(p)}$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Интерфейс и принципы построения моделей в программном комплексе «МВТУ»

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Знакомство с принципами построения моделей, с интерфейсом ПК «МВТУ» и приобретение элементарных навыков работы с ним.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основной панелью программы.
2. Изучить основные элементы, позволяющие создавать модель и управлять ею.
3. Создать и исследовать простейшие виртуальные модели.
4. Оформить практическую работу.
5. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

3.1 Принципы моделирования в ПК «МВТУ»

Принцип моделирования в ПК "МВТУ" состоит в создании и исследовании виртуального аналога реальной системы – модели. Модель функционирует в соответствии с теми же уравнениями, что и моделируемая система. При моделировании не обязательно

записывать эти уравнения в явном виде, об этом позаботится программа. Модель составляется пользователем в специальном окне программы соединением отдельных виртуальных блоков, соответствующих элементам реальной системы.

Виртуальные блоки условно внешне представляются на рабочем пространстве окна модели прямоугольниками, т.е. они видимы исследователю, имеют входы и (или) выходы и функционируют в соответствии с определенными уравнениями, алгоритм решения которых реализуется в цифровом виде. Под функционированием виртуального блока понимается то, что он реагирует на виртуальные воздействия (функции времени), подаваемые другими блоками на его вход, определенным изменением величины выходного сигнала.

Взаимодействие между блоками условно отображается на рабочем пространстве окна модели в виде соединительных линий. Соединительные линии в ПК «МВТУ», как и блоки, являются однонаправленными, передают виртуальные воздействия только в одном направлении. Другими словами, последующие блоки и звенья не влияют на работу предыдущих. Для модели электрической цепи, например, это означает, что выходное сопротивление предыдущего блока значительно меньше входного сопротивления последующего блока. Сигналы, действующие в модели можно наблюдать и регистрировать виртуальными индикаторами. Для этого программа создает специальные окна с временными, частотными графиками, фазовыми портретами и др.

Параметры и характеристики блоков, как и структуру схемы модели, исследователь может изменять. Программа предоставляет возможность вычислять различные характеристики построенных моделей, в частности амплитудно-частотные, анализируя которые можно глубоко изучить свойства модели, а, следовательно, и моделируемой реальной системы.

Модель ПК «МВТУ» может быть сохранена в виде отдельного файла и, при необходимости, открыта вновь.

3.2 Интерфейс ПК «МВТУ»

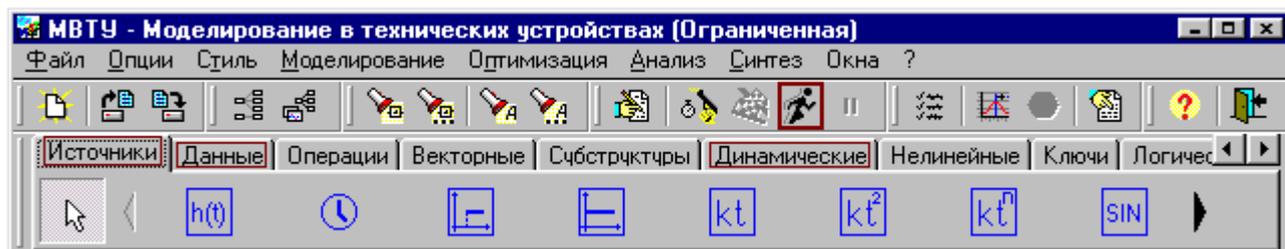
Интерфейс программы это совокупность средств, позволяющих человеку общаться с ней:

- вводить и получать данные,
- подавать управляющие воздействия и наблюдать реакцию на них программы,
- контролировать ход ее выполнения и т.п.

Программный комплекс «МВТУ» использует развитой графический интерфейс, позволяющий основную часть создания модели выполнить с помощью мыши, а

параметры элементов ввести с клавиатуры. Интерфейс ПК «МВТУ» состоит из основной панели (главного окна), имеющей меню и ряд кнопок управления, воспринимающих щелчки копков мыши, и совокупности окон, в которых строится модель и наблюдаются результаты ее работы.

Основная панель – главное окно программы, появляющееся в верхней части экрана после запуска ПК «МВТУ» (рисунок 1).



Выделены кнопка Пуск (Продолжить расчет) и три важных вкладки **Палитры** с наборами элементов (виртуальных блоков), которые будут использоваться при моделировании: **Источники** сигналов (генераторы) – вкладка открыта, **Данные** (индикаторы и регистраторы) и **Динамические** блоки (элементы линейных систем и систем в целом)

Рисунок 1 - Основная панель ПК «МВТУ»

Верхняя часть главного окна – панель управления. Она содержит меню и кнопки управления и настройки. Нижняя часть главного окна - это **Палитра** блоков – структурированный набор вкладок, содержащих образцы моделей различных элементов, которые могут быть вынесены в окно модели (схемное окно). При необходимости палитра блоков может быть перенесена на другое место или вовсе удалена с экрана для освобождения места для схемы модели, индикаторов и др. На рисунке 1 выделены три важных набора элементарных блоков: генераторы, индикаторы и модели линейных элементов, которые позволяют строить модели линейных систем и объектов и будут подробнее рассмотрены ниже. Кнопки в правой верхней части палитры позволяют просматривать и другие вкладки, с наборами соответствующих блоков, в частности, вкладку **Анимация**.

3.3 Основные элементы модели

Генераторы сигналов

Генераторы сигналов размещены на вкладке Источники основной панели (рисунок 2):

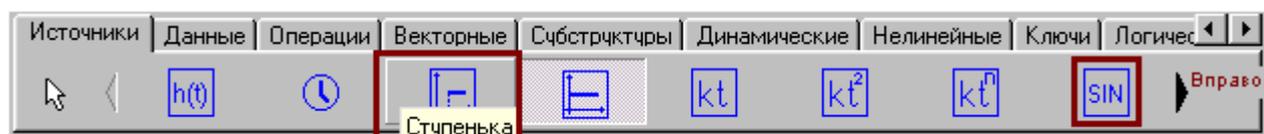


Рисунок 2 - Часть набора виртуальных генераторов, имеющих на вкладке **Источники**. Важными источниками сигналов являются генераторы ступенчатого и синусоидального сигналов. Кнопка со стрелкой Вправо позволяет посмотреть и другие источники сигналов

Элементы линейных систем

Блоки, моделирующие элементы линейных систем и объектов различной сложности помещены на вкладке **Динамические** (рисунок 3):



Рисунок 3 - На вкладке **Динамические** блоки помещены образцы моделей элементов линейных систем. Для начала, обратим внимание на интегратор, аperiodическое и колебательное звенья

Индикаторы и регистраторы

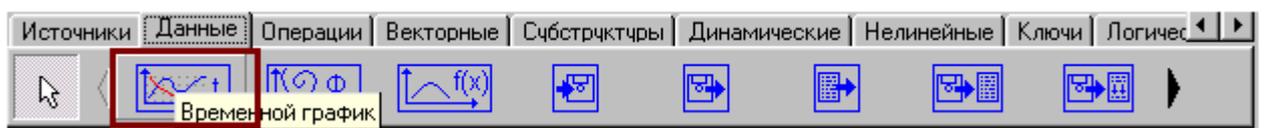


Рисунок 4 - Важный регистратор – виртуальный осциллограф (блок Временной график)

Примечание: программа позволяет создавать и собственные варианты индикаторов с помощью инструментов, расположенных на вкладке **Анимация** (в правой части **Палитры**).

Соединительные линии

Соединительные линии позволяют отобразить взаимодействие между отдельными элементами реальной системы. В ПК «МВТУ» соединительные линии однонаправленные: они передают виртуальные сигналы с выходов блоков на их входы. Это означает, что в моделируемых системах последующие блоки не должны влиять на работу предыдущих блоков. Такое требование следует выполнить при составлении функциональной схемы

моделируемой системы, должным образом выделяя ее функциональные элементы. Линии проводятся от одного блока модели к другому с помощью мыши. Пример соединительных линий можно видеть в левом нижнем окне модели рисунок 5.

3.4 Простая модель

На рисунке 5 показана простая модель, состоящая всего из одного блока – аperiodического звена и результаты его исследования, состоявшего в определении реакции этого звена на ступенчатое воздействие, так называемой переходной функции.

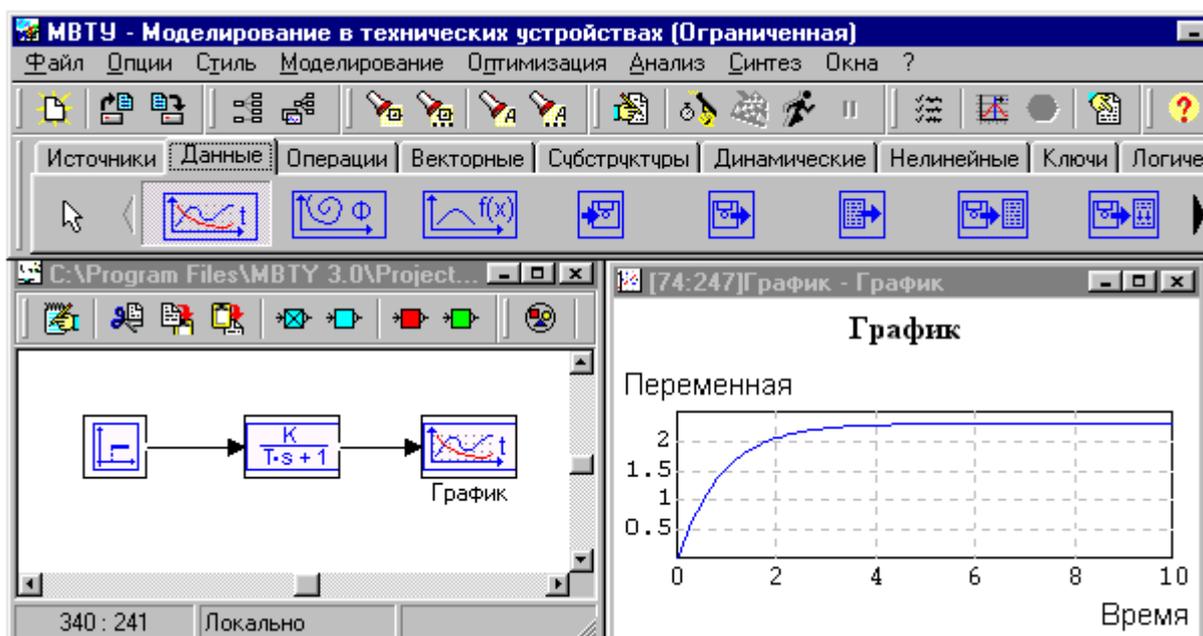


Рисунок 5 - Определение переходной функции аperiodического звена. На левое нижнее окно модели вынесены генератор ступенчатого сигнала, аperiodическое звено, осциллограф и соединены друг с другом. При запуске модели, нажатием на кнопку Пуск (Продолжить расчет CTRL+ F9) - бегущий человечек, на осциллографе появляется график реакции звена на ступенчатое воздействие – его переходная функция

Виртуальный генератор в нулевой момент времени подает на вход аperiodического звена ступенчатое единичное воздействие, на которое звено откликается все замедляющимся ростом выходного сигнала. Виртуальный осциллограф позволяет увидеть изменение выходного сигнала звена с течением времени и проанализировать его.

3.5 Поясняющие надписи.

Сопровождение модели поясняющими надписями позволяет облегчить ее восприятие и работу с ней. В пояснении нужно указать кто, когда и какую модель создал.

В ПК «МВТУ» можно создавать пояснения двух видов: заметку, текст которой виден вместе с блоками модели и комментариев, текст которого открывается в отдельном окне, при двукратном щелчке по квадратному блоку со знаком вопроса. Блоки заметки (без обозначения) и комментария (квадрат со знаком вопроса) «затерялись» в правой части вкладки Субструктуры (рисунок 6):

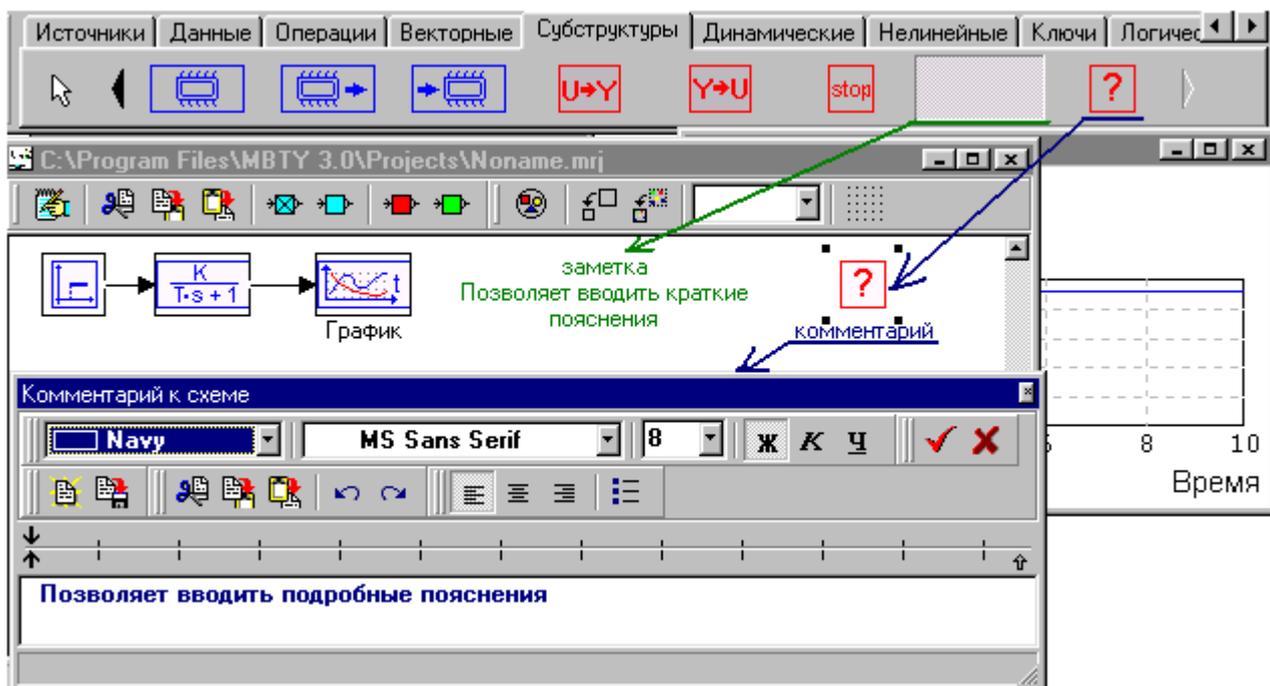


Рисунок 6 - Блоки заметка и комментарий выносятся на рабочее пространство окна модели с вкладки Субструктуры. Внизу показано окно просмотра и редактирования комментария

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

4.1. Запуск программы

Запустить программный комплекс «МВТУ» двойным щелчком по иконке на рабочем столе, или Пуск – Программы – МВТУ 3.0 – МВТУ 3.0. В верхней части экрана появится основное окно ПК "МВТУ" (рисунок 1).

4.2 Исследование аperiodического звена

Исследовать аperiodическое звено, построив модель рисунок 5. Для этого:

1) Создать новый проект:

Выбрать в главном меню **Файл** -> **Создать** или щелкнуть по соответствующей иконке основной панели (рисунок 7).

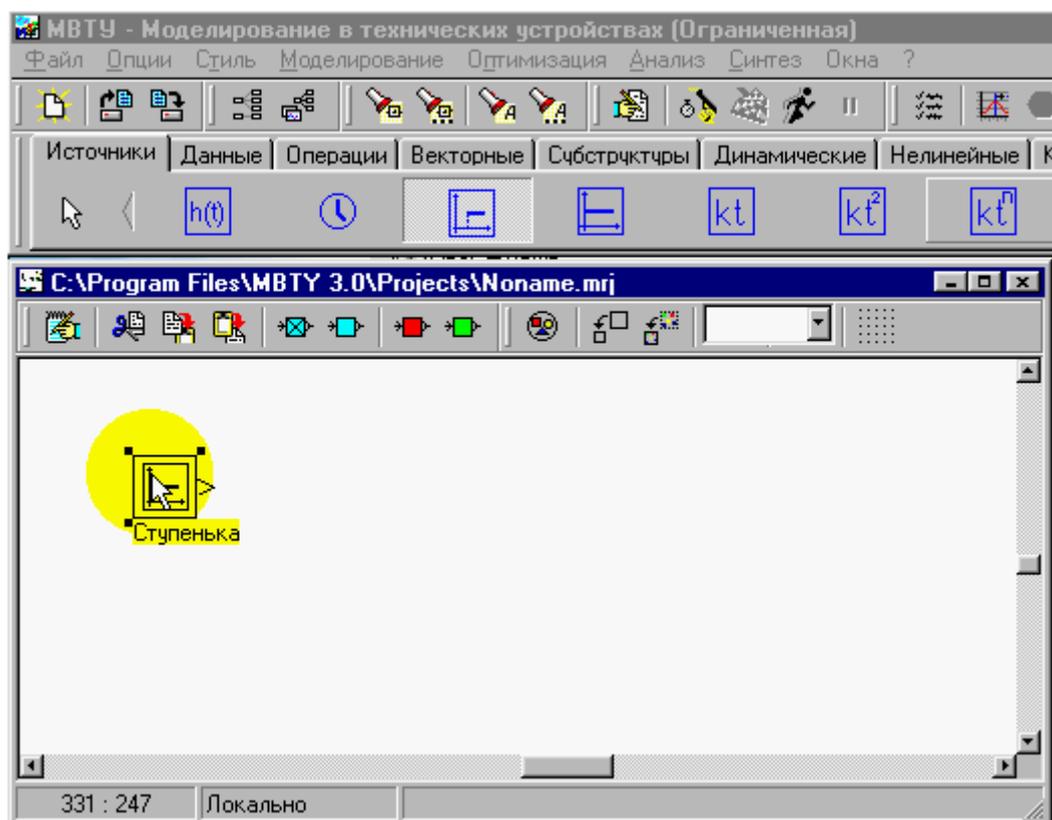


Рисунок 7 - Окно модели нового проекта, запускаемого кнопкой Новый, и вынесение генератора ступенчатого сигнала на рабочее пространство окна

2) Построить модель

Поместить на рабочее пространство окна модели блоки генератора ступенчатого сигнала с вкладки **Источники**, апериодического звена с вкладки **Динамические**, осциллографа (Временной график) с вкладки **Данные**. Для помещения блока следует щелкнуть по его обозначению на вкладке палитры, перенести курсор на нужное место рабочего пространства окна модели и вновь щелкнуть левой кнопкой.

Выровнять расположение блоков и соединить их. Соединение блоков требует определенной сноровки и навыка. Для соединения нужно щелкать на выходе одного блока, курсор принимает вид прицела, и при **отпущенной** кнопке мыши перемещать курсор к входу другого блока, где вновь щелкать левой кнопкой (рисунок 8). Если соединительная линия не удалась, то ее можно удалить, щелкнув по ней правой клавишей и выбрав пункт меню **Удалить линию в связи**.

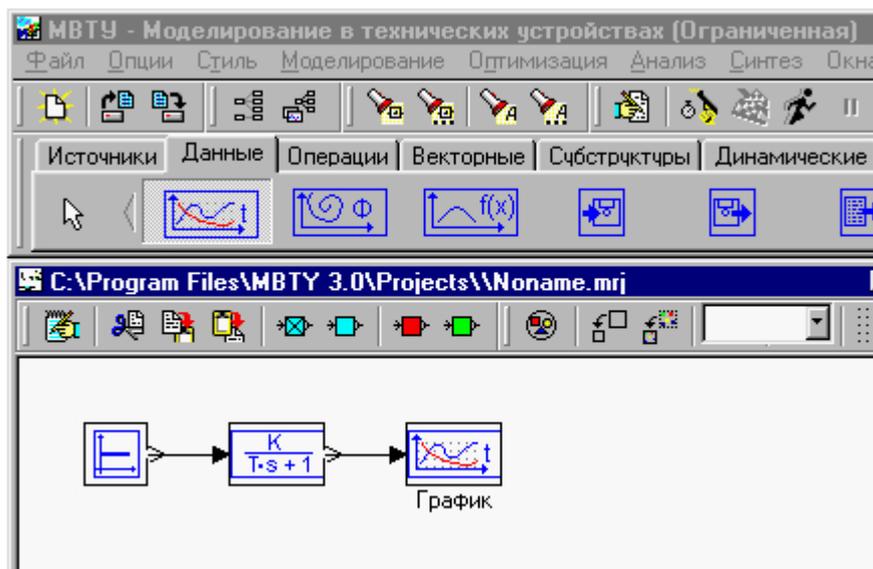


Рисунок 8 - Размещение блоков в окне модели и соединение их. Для приостановки анимации следует щелкнуть по кнопке Стоп браузера, а для продолжения – по кнопке Обновить

Дважды щелкнуть по блоку осциллографа (График), его появившееся окно переместить на свободное место вправо и подравнять размеры и расположение окон (рисунок 9).

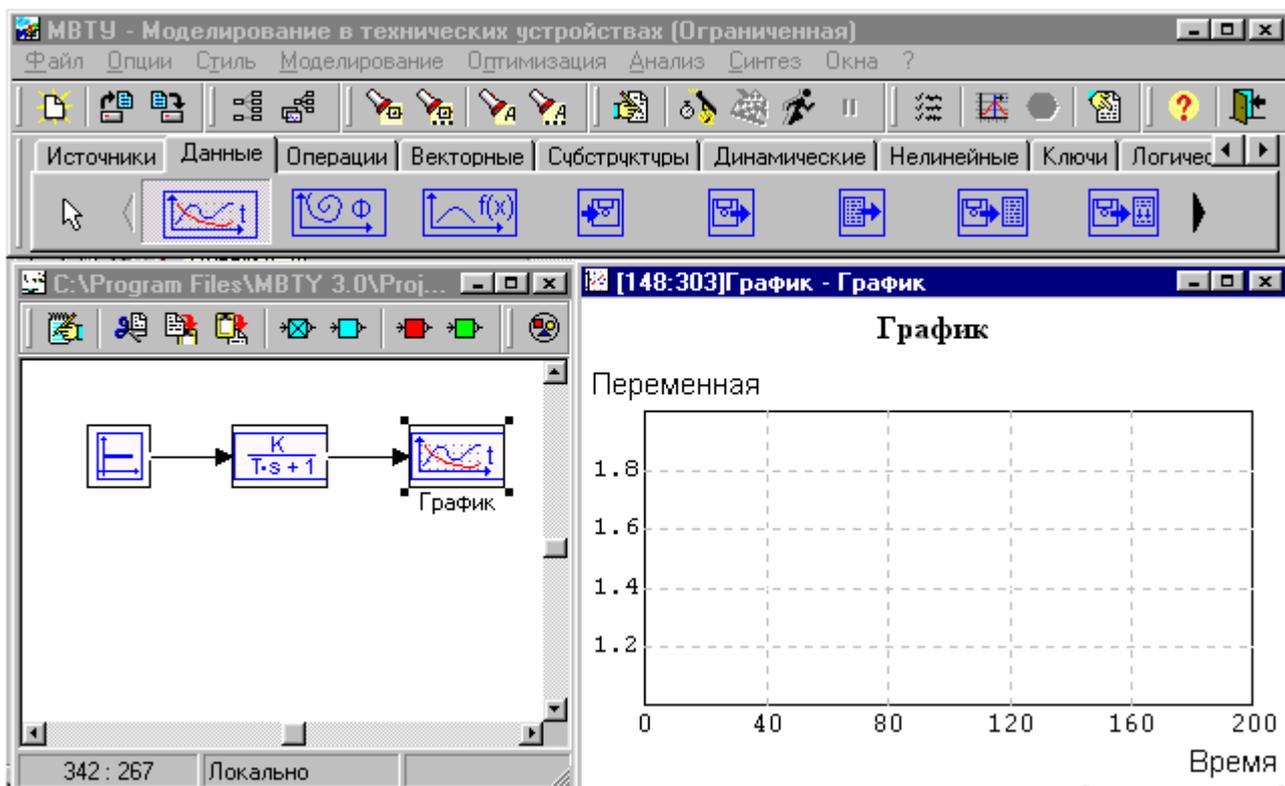


Рисунок 9 - Размещение окна виртуального осциллографа

3) Задание свойств блока аperiodического звена

Напомним, что передаточная функция аperiodического звена имеет вид:

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$$

где k – коэффициент усиления звена;

T – постоянная времени звена.

Щелкнуть правой клавишей по аperiodическому звену в окне модели, в появившемся меню выбрать Свойства. В появившемся окне ввести значение коэффициента усиления 2.3 и значение постоянной времени звена 0.9 сек (рисунок 10).

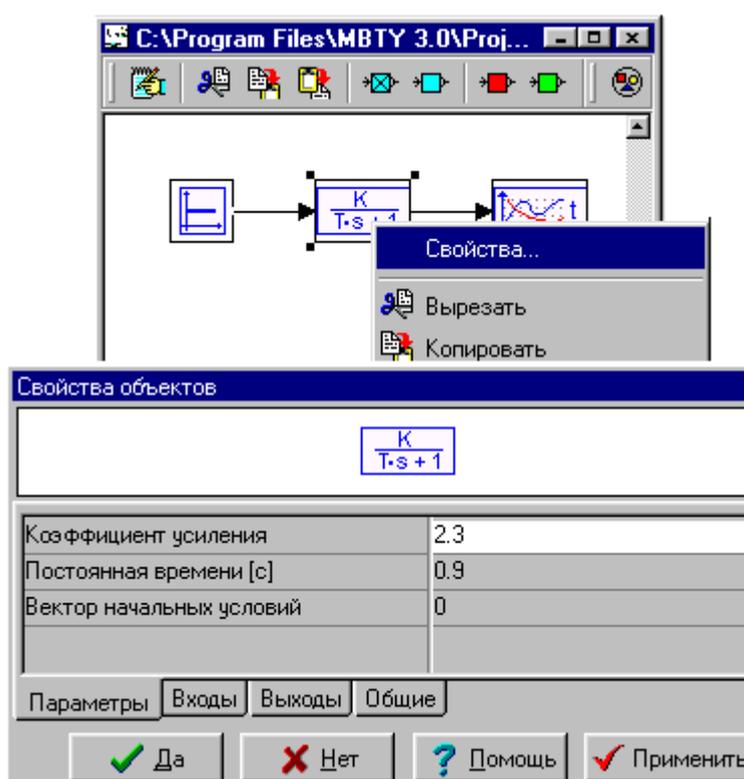


Рисунок 10 - Задание коэффициента усиления и постоянной времени исследуемого аperiodического звена

Щелкнуть по кнопке Да.

4) Запуск программы на счет.

Щелкнуть по кнопке Пуск (Продолжить расчет Ctrl+F9) с изображением бегущего человечка на основной панели (рисунок 9). Моделирование запущено.

На вход аperiodического звена будет подан ступенчатый виртуальный сигнал, на который блок отреагирует постепенным, все более медленным возрастанием сигнала до

его устанавливающегося значения. Отметим, что появится окно с пугающим предупреждением о том, что заданная точность не обеспечивается. Но это предупреждение относится только к первому шагу интегрирования, поэтому его окно следует просто закрыть и можно анализировать полученную переходную характеристику (рисунок 5).

5) Исследование свойств апериодического звена

Переходная функция апериодического звена имеет вид:

$$h(t) = k(1 - e^{-t/\tau})$$

Обратим внимание, что переходная функция апериодического звена с течением времени стремится к значению его коэффициента усиления, а касательная, проведенная в нулевой момент времени к кривой переходного процесса, пересекает уровень стабилизации сигнала в момент времени, равный постоянной времени звена. Это позволяет определять параметры апериодического звена по его известной переходной характеристике.

Проверьте это утверждение, меняя коэффициент усиления и постоянную времени звена. Результаты проверки сгруппируйте в таблице.

Если у вас еще осталось время, щелкните правой кнопкой по графику, в выпавшем меню выберите Свойства и поэкспериментируйте с ними: дайте содержательное название графику: **Переходная характеристика**, измените цвет и толщину линии графика, название переменной по оси ординат замените на более содержательное: **Выходной сигнал** (между словами нажать Enter).

Щелкните правой кнопкой по блоку осциллографа в окне модели, в выпавшем меню выберите Свойства, в появившемся окне перейдите на вкладку Общие и задайте в нижнем окне заголовок (название) блока: Осциллограф, который появится под блоком при щелчке по кнопке Да.

4.3 Сохранение проекта

В меню **Файл** выбрать **Сохранить как**, в появившемся окне указать путь к своей личной папке и, назвав проект **Perech_Ap_Zv.mrj**, сохранить его.

Кроме собственно проекта полезно сохранять и снимки экрана, с тем, чтобы прикладывать их к отчету. Для получения снимка следует нажать клавишу PrintScreen клавиатуры, запустить программу Paint (Пуск – Программы – Стандартные - Paint) и в меню Правка выбрать Вставить. Полученный снимок следует аккуратно обрезать и сохранить в личной папке.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Моделирование переходных процессов элементов систем автоматизации

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться строить переходные процессы элементов систем автоматизации.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить возможности моделирования с помощью программного комплекса (ПК) «МВТУ».

2. Освоить процедуры формирования структурной схемы моделирования, выбора метода и параметров интегрирования, ввода параметров блоков, вывода данных расчета (на примере моделирования переходных процессов типовых звеньев и звена общего вида).

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для выполнения работы необходимо изучить понятия структурных схем, типовых воздействий, переходных характеристик, типовых (элементарных) звеньев и их.

4 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. На простейшем демонстрационном примере моделирования типового звена осваиваются и приобретаются навыки самостоятельной работы в среде ПК «МВТУ»;

2. Каждый студент для заданных вариантов самостоятельно готовит исходные данные для моделирования типового звена (таблица 1) и звена общего вида (таблица 2) и выполняет на компьютере все процедуры, необходимые при моделировании, по аналогии с демонстрационным примером.

Демонстрационный пример построен применительно к типовому колебательному звену, передаточная функция которого

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K}{T^2 p^2 + 2bTp + 1}$$

где $X(p)$, $Y(p)$ – соответственно изображения по Лапласу входной и выходной величин при нулевых начальных условиях;

k , T , b – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени и коэффициент затухания ($k=1$, $T=1$, $b=0,5$).

Структурная схема колебательного звена, соответствующая его передаточной функции, показана на рисунке 1.

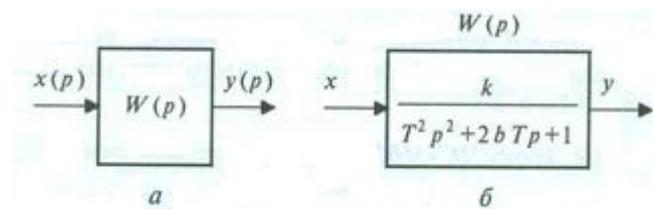


Рисунок 1 - Структурная схема звена: а – в общем виде; б – с раскрытием передаточной функции и отображением входной и выходной величин x и y

Задача моделирования звена заключается в получении графика переходного процесса выходной величины $y(t)$ при нулевых начальных условиях и ступенчатом входном воздействии, то есть получении его переходной функции (кривой разгона).

Исходные данные для демонстрационного примера подготовлены в виде структурной схемы моделирования (рисунок 2) и следующих параметров интегрирования:

- максимальный шаг интегрирования (на порядок меньше постоянной времени $T = 1$ с) 0,1 с;
- минимальный шаг интегрирования (на один-два порядка меньше максимального шага интегрирования) 0,001 с;
- время интегрирования (на один-два порядка больше постоянной времени $T = 1$ с) 15 с;
- точность интегрирования 0,001;
- шаг вывода результатов 0,01;
- метод интегрирования принят Адаптивный 1.

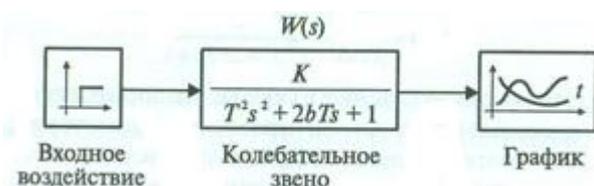


Рисунок 2 - Структурная схема моделирования колебательного звена, изображенная с использованием блоков библиотек ПК «МВТУ»

Последовательность использования подготовленных исходных данных:

1. Заполнение «Схемного Окна» необходимыми типовыми блоками.
2. Проведение линий связи на структурной схеме.

3. Ввод параметров структурной схемы.
4. Установка параметров интегрирования.
5. Оформление поясняющих надписей.
6. Открытие «Графического Окна» и изменение его размеров.

5 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для заданного типового элемента (таблица 9) и звена общего вида (таблица 10) подготовьте исходные данные и проведите моделирование переходного процесса при единичном ступенчатом входном воздействии в следующей последовательности:

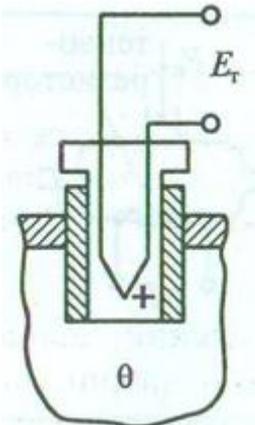
- подготовьте чертеж структурной схемы моделирования, используя библиотеку ПК «МВТУ»;

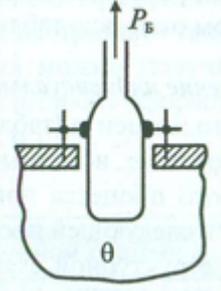
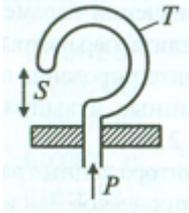
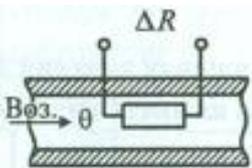
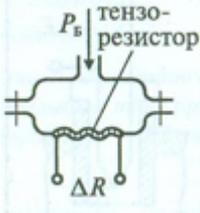
- исходя из числовых значений параметров передаточной функции элемента, определите параметры интегрирования (метод, точность, шаг, время интегрирования и шаг вывода результатов);

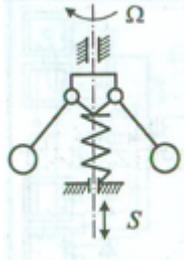
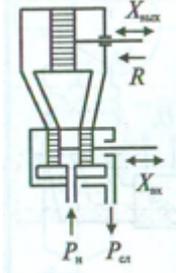
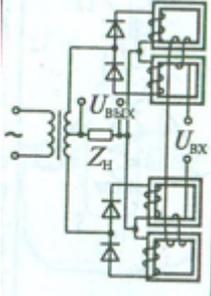
- введите исходные данные и выполните моделирование по аналогии с рисунками 1 и 2;

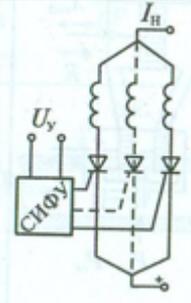
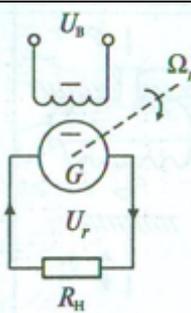
- снимите с экрана монитора данные расчета и постройте по ним графики переходных процессов или изображение графика скопируйте на носитель информации.

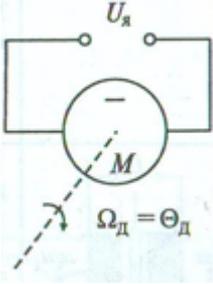
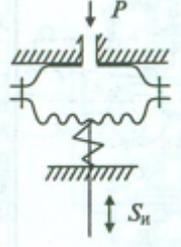
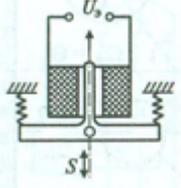
Таблица 1

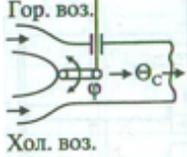
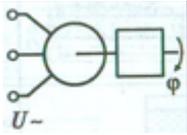
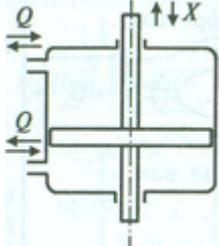
Вариант	Наименование элемента (входная величина, выходная величина)	Принципиальная схема	Передаточная функция
1	2	3	4
1	Термоэлектрический преобразователь, помещенный в защитный кожух (температура в объекте измерения θ , ЭДС на зажимах термоэлектрического преобразователя E_T)		$W(p) = \frac{E_T(p)}{\theta(p)} = \frac{k_{ТП}}{T_{ТП}(p)+1}, \text{ где}$ <p>$k_{ТП}$ – коэффициент передачи;</p> <p>$T_{ТП}$ – постоянная времени термоэлектрического преобразователя;</p> <p>$k_{ТП} = 0,0005 \div 0,001 \text{ В} / ^\circ\text{C}$;</p> <p>$T_{ТП} = 3 \div 10 \text{ с}$</p>

2	Термобаллон (температура в объекте измерения Θ , давление в термобаллоне P_B)		$W(p) = \frac{P_B(p)}{\Theta(p)} = \frac{k_B}{T_B(p)+1}, \text{ где}$ <p> k_B – коэффициент передачи; T_B – постоянная времени; $k_B = 0,001 \div 0,01$ МПа / $^{\circ}\text{C}$; $T_B = 0,001 \div 0,002$ с </p>
3	Трубка Бурдона для измерения давления (давление в объекте измерения P , перемещение свободного конца трубки Бурдона S)		$W(p) = \frac{S(p)}{P(p)} = \frac{k_S}{T_P(p)+1}, \text{ где}$ <p> k_S – коэффициент передачи; T_P – постоянная времени; $k_S = 0,5 \div 1,0$ мм / МПа; $T_P = 0,005 \div 0,001$ с </p>
4	Термометр сопротивления (температура Θ воздуха или газа, измерение сопротивления термометра сопротивления ΔR)		$W(p) = \frac{\Delta R(p)}{\Theta(p)} = \frac{k_{TC}}{T_{TC}(p)+1}, \text{ где}$ <p> k_{TC} – коэффициент передачи; T_{TC} – постоянная времени; $k_{TC} = 1 \div 10$ Ом / $^{\circ}\text{C}$; $T_{TC} = 3 \div 10$ с </p>
5	Тензометрический датчик давления (давление P_B , изменение сопротивления тензорезистора ΔR)		$W(p) = \frac{\Delta R(p)}{P_B(p)} = k_T, \text{ где}$ <p> k_T – коэффициент передачи; $k_T = 20 \div 100$ Ом / МПа </p>

6	Центробежный тахометр (частота вращения Ω , перемещения тяги тахометра S)		$W(p) = \frac{S(p)}{\Omega(p)} = \frac{k}{T^2 p^2 + 2bTp + 1}, \text{ где}$ <p> k – коэффициент передачи; T – постоянная времени; b – коэффициент затухания $k=0,05 \div 0,1 \text{ мс / рад}$; $T = 3 \div 10 \text{ с}$; $b=0,1 \div 0,8$ </p>
7	Гидроусилитель (перемещение золотника $X_{вх}$, перемещение поршня $X_{вых}$)		<p>а) $W(p) = \frac{X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = \frac{k}{p(T^2 p^2 + 2bTp + 1)},$ где</p> <p> k – коэффициент передачи (усиления); T – постоянная времени; b – коэффициент затухания $k = 5 \div 10$; $T = 0,01 \text{ с}$; $b = 0,2 \div 0,5$ </p> <p>б) $W(p) = \frac{X_{вых}(p)}{X_{вх}(p)} = \frac{k}{p}, \text{ при } T=0$</p>
8	Магнитный усилитель ($U_{вх}$, $U_{вых}$)		$W(p) = \frac{I_{вых}(p)}{U_{вх}(p)} = \frac{k_{МУ}}{T_{МУ}p + 1}, \text{ где}$ <p> $k_{МУ}$ – коэффициент усиления магнитного усилителя; $T_{МУ}$ – постоянная времени обмотки управления магнитного </p>

			<p>усилителя;</p> <p>$K_{\text{му}} = 10 \div 50$;</p> <p>$T_{\text{му}} = 0,01 \div 0,1 \text{ с}$</p>
9	<p>Управляемый тиристорный преобразователь электродвигателя постоянного тока (напряжение на входе в систему импульсно-фазового управления U_y, сила тока нагрузки I_H)</p>		<p>а) Для анализа САП с малым быстродействием</p> $W(p) = \frac{I_H(p)}{U_y(p)} = k_{\text{п}}, \text{ где}$ <p>$k_{\text{п}}$ – коэффициент усиления тиристорного преобразователя;</p> <p>б) Для анализа САП с большим быстродействием</p> $W(p) = \frac{I_H(p)}{U_y(p)} = k_{\text{п}} e^{-\tau p}, \text{ где}$ <p>τ – время запаздывания в цепи управления тиристором;</p> <p>$k_{\text{п}} = 5 \div 10 \text{ А/В}$;</p> <p>$\tau = 0,009 \div 0,015 \text{ с}$</p>
10	<p>Генератор постоянного тока с независимым возбуждением (напряжение на обмотке возбуждения U_B, напряжение на зажимах генератора U_G)</p>		$W(p) = \frac{U_B(p)}{U_G(p)} = \frac{k_{\Gamma}}{T_{\Gamma} p + 1}, \text{ где}$ <p>k_{Γ} – коэффициент передачи;</p> <p>T_{Γ} – постоянная времени генератора;</p> <p>b – коэффициент затухания</p> <p>$k_{\Gamma} = 2 \div 5$;</p> <p>$T_{\Gamma} = 0,05 \div 0,8 \text{ с}$</p>

11	<p>Электродвигатель постоянного тока с независимым возбуждением (напряжение на зажимах якоря $U_{я}$, частота вращения вала двигателя $\Omega_{д}$)</p>		$W(p) = \frac{\Omega_{д}(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_{д}}{T_{э}T_{м}p^2 + T_{м}p + 1}, \text{ где}$ <p>$k_{д}$ – коэффициент передачи;</p> <p>$T_{э}, T_{м}$ – соответственно электромагнитная и электромеханическая постоянные времени;</p> <p>$k_{д} = 5 \div 10$;</p> <p>$T_{э} = 0,002 \div 0,005 \text{ с}$;</p> <p>$T_{м} = 0,015 \div 0,02 \text{ с}$</p>
12	<p>Пневматический исполнительный элемент (давление в мембранной камере P, перемещение тяги $S_{и}$)</p>		$W(p) = \frac{S_{и}(p)}{P(p)} = \frac{k}{T_{и}p^2 + 2bT_{и}p + 1}, \text{ где}$ <p>$k_{и}$ – коэффициент передачи;</p> <p>$T_{и}$ – постоянная времени;</p> <p>b – коэффициент затухания;</p> <p>$k_{и} = 0,5 \div 1,0 \text{ мм/МПа}$;</p> <p>$T_{и} = 0,005 \div 0,01 \text{ с}$;</p> <p>$b = 0,1 \div 0,4 \text{ с}$</p>
13	<p>Электромагнит (электромагнитный исполнительный механизм) – (напряжение, подаваемое на электромагнит $U_{э}$, перемещение якоря электромагнита S)</p>		$W(p) = \frac{S(p)}{U_{э}(p)} = \frac{k_{э}}{(T_{э1}p + 1)(T_{э2}p + 1)}, \text{ где}$ <p>$k_{э}$ – коэффициент передачи;</p> <p>$T_{э1}$ – электромагнитная постоянная времени электромагнита;</p> <p>$T_{э2}$ – механическая постоянная</p>

			<p>времени электромагнита;</p> <p>$k_{\Theta} = 0,05 \div 0,1 \text{ мм/В};$</p> <p>$T_{\Theta 1} = 0,001 \div 0,0015 \text{ с};$</p> <p>$T_{\Theta 2} = 0,005 \div 0,01 \text{ с}$</p>
14	<p>Камера смешивания горячего и холодного воздуха (угол поворота заслонки φ, температура воздуха в камере смешивания Θ_c)</p>	 <p>Гор. воз. Хол. воз.</p>	$W(p) = \frac{\Theta_c(p)}{\varphi(p)} = \frac{k_c}{T_c p + 1}, \text{ где}$ <p>k_c – коэффициент передачи;</p> <p>T_c – постоянная времени камеры смешивания;</p> <p>$k_c = 50 \div 100 \text{ } ^\circ\text{C/рад};$</p> <p>$T_c = 0,01 \div 0,03 \text{ с}$</p>
15	<p>Электродвигательный исполнительный механизм (напряжение на статорной обмотке электродвигателя U, угол поворота φ вала редуктора)</p>	 <p>U – φ</p>	$W(p) = \frac{\varphi(p)}{U(p)} = \frac{k_{\Theta}}{p}, \text{ где}$ <p>k_{Θ} – коэффициент передачи;</p> <p>$k_{\Theta} = 2 \div 8 \text{ рад/с},$ определяется передаточным числом редуктора</p>
16	<p>Поршневой гидравлический исполнительный механизм (расход Q жидкости (масла), подаваемой в гидроцилиндр, перемещение X штока гидроцилиндра)</p>	 <p>Q Q X</p>	$W(p) = \frac{X(p)}{Q(p)} = \frac{k_{\Gamma}}{p}, \text{ где}$ <p>k_{Γ} – коэффициент передачи;</p> <p>$k_{\Gamma} = 0,003 \div 0,008 \text{ с/см}^2$</p>

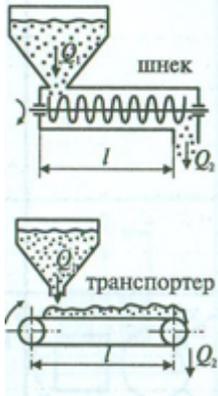
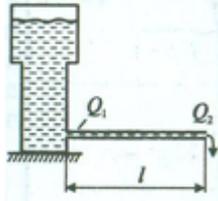
17	Шнековый (транспортный) исполнительный механизм-питатель (расход сыпучего материала на входе шнека Q_1 , расход сыпучего материала на выходе шнека Q_2)		$W(p) = \frac{Q_2(p)}{Q_1(p)} = e^{-\tau p}$, где e - основание натурального логарифма; τ - время запаздывания, с; $\tau = l/v$, где l – длина шнека (транспортёра), м; v – скорость перемещения материала, м/с; $\tau = 2 \div 8$ с
18	Протяженный водопровод (расход воды из водонапорной башни Q_1 , расход воды на выходе водопровода Q_2)		$W(p) = \frac{Q_2(p)}{Q_1(p)} = e^{-\tau p}$, где e - основание натурального логарифма; τ - время запаздывания, с; $\tau = l/v$, где l – длина водопровода, м; v – скорость движения воды, м/с; $\tau = 1 \div 3$ с

Таблица 2

Вариант	Передаточная функция	Значения параметров передаточных функций
1	$W(p) = \frac{b_3 p^3 + b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	$a_0 = 1; a_1 = 5c; a_2 = 1,2c^2;$ $a_3 = 0,9c^3; a_4 = 0,5c^4;$ $b_0 = 1; b_1 = 3c; b_2 = 0,8c^2;$ $b_3 = 0,3c^3$

2	$W(p) = \frac{b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	$a_0 = 1; a_1 = 5c; a_2 = 1,2c^2;$ $a_3 = 0,9c^3; b_0 = 1; b_1 = 3c;$ $b_2 = 0,8c^2$
3	$W(p) = \frac{b_1 p + b_0}{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	$a_0 = 1; a_1 = 5c; a_2 = 1,2c^2;$ $b_0 = 1; b_1 = 3c$
4	$W(p) = \frac{b}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	$a_0 = 1; a_1 = 5c; a_2 = 1,2c^2;$ $a_3 = 0,9c^3; a_4 = 0,5c^4;$ $b = 10$
5	$W(p) = \frac{b}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	$a_0 = 1; a_1 = 5c; a_2 = 1,2c^2;$ $a_3 = 0,9c^3; b = 10$
6	$W(p) = \frac{b_3 p^3 + b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p}$	$a_1 = 1c; a_2 = 1,2c^2; a_3 = 0,9c^3;$ $a_4 = 0,5c^4; b_0 = 1; b_1 = 3c;$ $b_2 = 0,8c^2; b_3 = 0,3c^3$
7	$W(p) = \frac{T_0 p + 1}{T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$	$T_0 = 2c; T_1 = 4c; T_2 = 1,1c;$ $T_3 = 0,9c$
8	$W(p) = \frac{T_0 p + 1}{T_4^4 p^4 + T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + p}$	$T_0 = 2c; T_2 = 4c; T_2 = 1,1c;$ $T_4 = 0,9c$
9	$W(p) = \frac{k}{T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$	$k = 10; T_1 = 4c; T_2 = 1,1c;$ $T_3 = 0,9c$
10	$W(p) = \frac{k}{T_4^4 p^4 + T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + p}$	$k = 10; T_2 = 4c; T_3 = 1,1c;$ $T_4 = 0,9c$
11	$W(p) = \frac{T_0 p + 1}{T_5^5 p^5 + T_4^4 p^4 + T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$	$T_0 = 0,7c; T_1 = 3c; T_2 = 1,2c;$ $T_3 = 0,9c; T_4 = 0,8c; T_5 = 0,5c$

12	$W(p) = \frac{k}{T_5^5 p^5 + T_4^4 p^4 + T_3^3 p^3 + T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$	$k = 10; T_1 = 3c; T_2 = 1,2c;$ $T_3 = 0,9c; T_4 = 0,8c; T_5 = 0,5c$
----	--	---

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое структурная схема элемента САР?
2. Какие виды типовых воздействий используются в автоматике?
3. Что такое переходная функция (кривая разгона)?
4. Как выбираются параметры интегрирования?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

Определение устойчивости системы автоматического управления и регулирования методом алгебраических критериев Гурвица и Рауса

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Используя алгебраические критерии Гурвица и Рауса, определить устойчивость системы.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Используя алгебраические критерии Гурвица и Рауса, по заданным параметрам своего варианта (таблица 1) по характеристическому уравнению, определить устойчивость системы.
2. Оформить практическую работу.
3. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.

Критерий Гурвица читается: для того чтобы система была устойчивой, необходимо, чтобы все коэффициенты характеристического уравнения и все определители Гурвица были положительными.

Анализ устойчивости ведется в следующем порядке:

- 1) Составляется характеристическое уравнение системы:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0.$$

2) Составляется главный определитель Гурвица:

- по главной диагонали выписываются все коэффициенты уравнения, начиная с « a_1 » до последнего « a_n » в порядке возрастания индексов;
- столбцы дополняются вверх от диагонали, путем вписывая коэффициентов с последовательно возрастающим индексом;
- вниз от диагонали столбцы дополняются вписыванием коэффициентов с последовательно убывающим индексом;
- на место коэффициентов, имеющих индексы больше и меньше нуля, подставляются нули.

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & & & a_n \end{vmatrix}$$

3) На основании главного определителя подсчитываются все остальные определители Гурвица.

$$\Delta_1 = a_1; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} \quad \text{и т.д.}$$

Алгебраический критерий устойчивости Рауса.

Устойчивость систем определяется путем заполнения таблицы Рауса, которая является упрощенной схемой определителей Гурвица.

Таблица - Таблицы Рауса

Номер строки	Значение λ	Номер столбца		
		1	2	3
1	-	$c_{11} = a_0$	$c_{21} = a_2$	$c_{31} = a_4$
2	-	$c_{12} = a_1$	$c_{22} = a_3$	$c_{32} = a_5$
3	$\lambda_3 = \frac{a_0}{a_1}$	$c_{13} = a_2 - \lambda_3 a_3$	$c_{23} = a_4 - \lambda_3 a_5$	$c_{33} = a_6 - \lambda_3 a_7$
4	$\lambda_4 = \frac{a_1}{c_{13}}$	$c_{14} = a_3 - \lambda_4 c_{23}$	$c_{24} = a_5 - \lambda_4 c_{33}$	$c_{34} = a_7 - \lambda_4 c_{43}$
5	$\lambda_5 = \frac{c_{13}}{c_{14}}$	$c_{15} = c_{23} - \lambda_5 c_{24}$	$c_{25} = c_{33} - \lambda_5 c_{34}$	$c_{35} = c_{43} - \lambda_5 c_{44}$

Таблица Рауса заполняется в следующем порядке:

- 1) первая строка заполняется вписыванием коэффициентов с четными индексами.
- 2) вторая строка заполняется вписыванием коэффициентов с нечетными индексами.

3) подсчитываются вспомогательные величины « λ ».

4) подсчитываются коэффициенты всех остальных строк и столбцов.

Любой коэффициент таблицы Рауса определяется по формуле:

$$C_{K,i} = C_{K+1,i-2} - \lambda_i C_{K+1,i-1}, \text{ где}$$

k – номер столбца;

i – номер строки.

Формулировка критерия Рауса:

Для того чтобы система была устойчивой, необходимо и достаточно, чтобы все коэффициенты характеристического уравнения и все величины первого столбца таблицы Рауса были положительными.

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Таблица 1 - Варианты практической работы

Вариант	Характеристическое уравнение	Вариант	Характеристическое уравнение
1	$6p^4+3p^3+2p^2+4p+1=0$	17	$5p^3+2p^2+5p+1=0$
2	$3p^3+5p^2+3p+1=0$	18	$7p^3+4p^2+4p+1=0$
3	$7p^4+3p^3+2p^2+4p+1=0$	19	$2p^4+5p^3+6p^2+2p+1=0$
4	$7p^3+2p^2+5p+1=0$	20	$9p^3+5p^2+4p+1=0$
5	$3p^3+4p^2+4p+1=0$	21	$2p^4+5p^3+4p^2+2p+1=0$
6	$2p^4+5p^3+6p^2+2p+1=0$	22	$4p^3+7p^2+5p+1=0$
7	$2p^3+5p^2+2p+1=0$	23	$6p^3+6p^2+4p+1=0$
8	$2p^4+3p^3+4p^2+4p+1=0$	24	$3p^3+4p^2+2p+1=0$
9	$3p^3+4p^2+2p+1=0$	25	$2p^4+6p^3+3p^2+4p+1=0$
10	$7p^3+4p^2+4p+1=0$	26	$4p^4+3p^3+9p^2+2p+1=0$
11	$2p^4+2p^3+3p^2+5p+1=0$	27	$5p^3+5p^2+6p+1=0$

12	$2p^3+4p^2+2p+1=0$	28	$5p^3+4p^2+3p+6p+1=0$
13	$5p^4+5p^3+7p^2+6p+1=0$	29	$7p^4+p^3+3p^2+2p+1=0$
14	$9p^3+2p^2+7p+1=0$	30	$6p^3+4p^2+4p+1=0$
15	$5p^4+7p^3+2p^2+4p+1=0$	31	$3p^3+4p^2+2p+1=0$
16	$3p^3+7p^2+3p+1=0$	32	$6p^3+2p^2+4p+1=0$

Примечание: № варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7

Определение устойчивости систем автоматического регулирования по критерию Найквиста

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Используя графический критерий Найквиста, по характеристическому уравнению определить устойчивость системы.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По характеристическому уравнению своего варианта (таблица 1) построить годограф в комплексной плоскости при изменении частоты от 0 до ∞ .
2. По виду годографа определить устойчивость системы.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

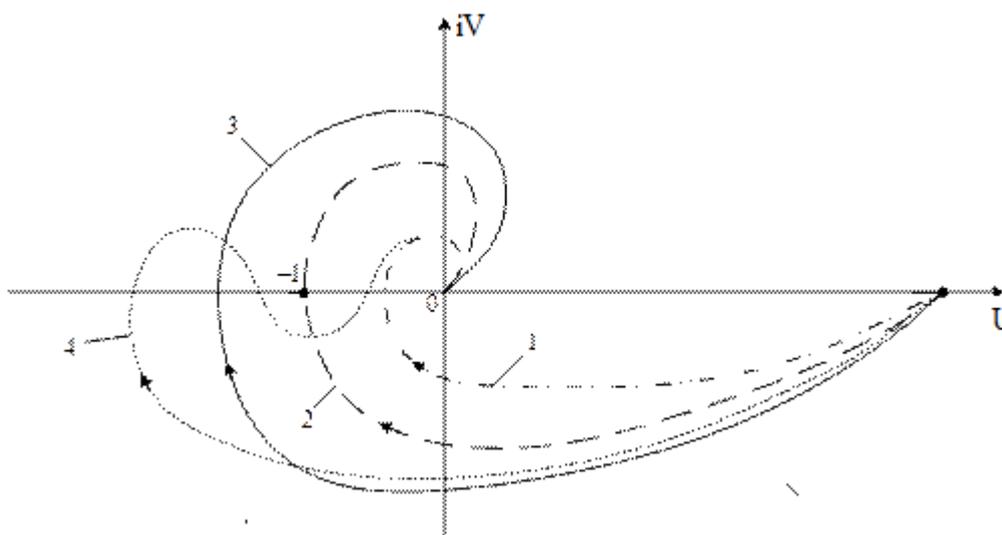
Критерий Найквиста позволяет судить об устойчивости системы по амплитудно-фазовой характеристике разомкнутого контура системы. В этом заключается существенное преимущество критерия, так как построение амплитудно-фазовой характеристики разомкнутого контура для большинства реальных систем оказывается проще, чем построение годографа Михайлова. Особенно упрощается это построение для одноконтурных систем, состоящих из типовых звеньев. А в тех случаях, когда неизвестно математическое описание одного или нескольких конструктивных элементов системы и

оценка их свойств возможна только путем экспериментального определения частотных характеристик, критерий Найквиста является единственно пригодным.

Критерий Найквиста является частотно–графическим критерием. Он определяет устойчивость системы в замкнутом состоянии по расположению в комплексной плоскости амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы.

Критерий Найквиста имеет следующую формулировку:

Автоматическая система управления устойчива, если амплитудно-фазовая характеристика разомкнутого контура не охватывает точку с координатами (-1, i0). Эта формулировка справедлива для систем, которые в разомкнутом состоянии устойчивы. Таковыми являются большинство реальных систем, состоящих из устойчивых элементов.



На рисунке, а характеристики 1 и 4 соответствуют устойчивым системам, характеристика 3 – неустойчивой, а характеристика 2 – нахождению системы на границе устойчивости

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Таблица 1 - Варианты практической работы

Вариант	Характеристическое уравнение	Вариант	Характеристическое уравнение
1	$8p^3+5p^2+5p+1=0$	17	$4p^4+6p^3+3p^2+p+1=0$
2	$6p^3+4p^2+2p+1=0$	18	$5p^3+5p^2+4p+1=0$
3	$9p^4+5p^3+6p^2+p+1=0$	19	$4p^4+2p^3+3p^2+p+1=0$
4	$7p^3+9p^2+9p+1=0$	20	$7p^3+6p^2+5p+1=0$
5	$2p^4+5p^3+4p^2+p+1=0$	21	$3p^3+4p^2+3p+1=0$
6	$4p^3+7p^2+6p+1=0$	22	$2p^4+5p^3+6p^2+p+1=0$
7	$6p^3+5p^2+7p+1=0$	23	$12p^3+5p^2+2p+1=0$

8	$2p^3+4p^2+6p+1=0$	24	$2p^4+2p^3+3p^2+7p+1=0$
9	$7p^4+6p^3+7p^2+4p+1=0$	25	$3p^3+5p^2+2p+1=0$
10	$4p^4+3p^3+8p^2+2p+1=0$	26	$7p^3+4p^2+p+1=0$
11	$9p^3+p^2+6p+1=0$	27	$2p^4+3p^3+3p^2+5p+1=0$
12	$5p^3+4p^2+3p+5p+1=0$	28	$4p^3+3p^2+2p+1=0$
13	$7p^4+4p^3+3p^2+2p+1=0$	29	$3p^4+5p^3+5p^2+6p+1=0$
14	$6p^3+4p^2+4p+1=0$	30	$9p^3+2p^2+7p+1=0$
15	$3p^3+p^2+8p+1=0$	31	$3p^4+7p^3+2p^2+4p+1=0$
16	$6p^3+2p^2+4p+1=0$	32	$8p^3+7p^2+3p+1=0$

Примечание: № варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую систему называют устойчивой?
2. Как читается критерий устойчивости Найквиста?
3. Как строится годограф?
4. Как читается критерий устойчивости Найквиста?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8

Инструменты частотного анализа систем управления в программном комплексе
«МВТУ»

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить порядок построения частотных характеристик системы автоматического регулирования (САР) и их краткий анализ.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Построить модель САР третьего порядка и подготовить ее для проведения частотного анализа.
2. Построить годограф Михайлова.
3. Построить годограф Найквиста.
4. Оформить практическую работу.
5. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Частотные характеристики линейной САР позволяют косвенно судить о ее качестве. Более того, эти характеристики позволяют оптимизировать параметры и структуру САР для получения требуемых ее свойств. Частотные характеристики представляют в той или иной форме зависимость коэффициента усиления системой синусоидального сигнала от частоты этого сигнала. Анализируя частотные характеристики системы можно установить степень ее устойчивости и определить меры для ее стабилизации. Анализ частотных характеристик проводится с помощью критериев устойчивости Михайлова и Найквиста.

Ниже проведено рассмотрение способов построения частотных характеристик и их анализа на примере САР третьего порядка, наиболее простой из САР, способных терять устойчивость. Поскольку цель работы прежде всего состоит в освоении инструментов ПК «МВТУ», пример выбран так, чтобы большинство настроек сохранялось по умолчанию, с тем, чтобы легче было ухватить общую идею работы с инструментами и создать базу для изучения нюансов и подробностей.

3.1. Порядок построения модели

В качестве примера выберем очень простую одноконтурную схему системы автоматического регулирования частоты вращения вала двигателя постоянного тока (рисунок 1).

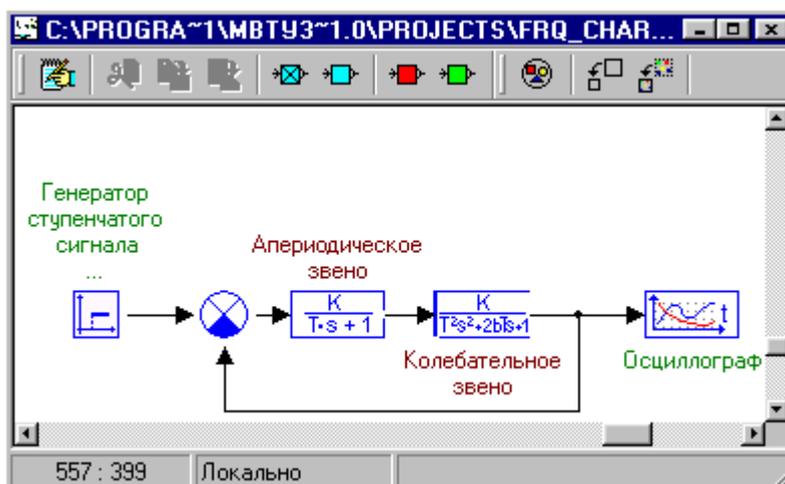


Рисунок 1 - Модель САР частоты вращения вала двигателя постоянного тока (ДПТ). П-регулятор и тиристорный преобразователь моделируются апериодическим звеном, а двигатель – колебательным звеном

Назначение рассматриваемой САР – поддержание частоты вращения вала двигателя в соответствии с величиной задающего воздействия, поступающего на устройство сравнения системы регулирования. Для изучения характеристик САР, на нее в данном случае подается сравнительно сложный для восприятия, быстро меняющийся в нулевой момент времени ступенчатый сигнал. Можно считать, что если система удовлетворительно отследит этот быстрый сигнал, то при работе в реальных условиях, когда большую часть времени на нее поступают плавные сигналы, качество слежения, т.е. поддержания требуемого значения частоты вращения, будет еще лучше.

Контур моделируемой САР включает в себя П-регулятор, тиристорный преобразователь и двигатель постоянного тока. Для упрощения модели в данном случае П-регулятор объединен с тиристорным преобразователем, так, что они совокупно моделируются апериодическим звеном с коэффициентом усиления, равным произведению их коэффициентов усиления. Двигатель постоянного тока (ДПТ) моделируется колебательным звеном, влияние возмущений на работу ДПТ в данном учебном примере не рассматривается. В обратной связи реальной САР установлен тахогенератор - датчик частоты вращения вала. Это безинерционное пропорциональное звено, которое мы отнесем к ДПТ, скорректировав его коэффициент усиления, с тем, чтобы сделать обратную связь единичной. Апериодическое звено можно рассматривать как обобщенную модель регулятора, а колебательное звено – как объект управления.

Построение модели.

Порядок вынесения блоков в окно модели и их соединения вам известен из первой лабораторной работы. При желании можно убрать обрамление блоков, выбрав в главном меню ПК «МВТУ» **Опции – Настройки**, убрав галочку в пункте **Рисовать обрамление** и щелкнув по кнопке **Да**.

В дополнение к тем блокам, которые уже рассматривались в практической работе 9, в схеме рисунка 1 установлен блок сравнения (**Сравнивающее устройство**) с вкладки **Операции** Палитры блоков. Этот блок вычисляет сигнал ошибки, т.е. разность между сигналом задания, поступающим слева, и выходным сигналом колебательного звена, пропорциональным частоте вращения вала двигателя.

На схеме рисунка 1 появился еще один новый элемент – **ветвление**. После того, как выход колебательного звена подключен к входу осциллографа, от этой линии следует сделать ответвление к нижнему входу сравнивающего устройства. Это требует определенной сноровки и навыка. Один из простых способов проведения линии состоит в следующем. Необходимо, все время удерживая нажатой клавишу Ctrl щелкнуть по линии

правой кнопкой мыши. На линии появится точка. Продолжая удерживать Ctrl, щелкнуть по точке левой кнопкой мыши. Курсор примет вид прицела. Продолжая удерживать клавишу Ctrl, перемещать курсор к точкам поворота линии, где щелкать левой клавишей. Продолжать действия вплоть до подключения линии к входу блока, после чего отпустить клавишу Ctrl. С течением времени это операция не будет встречать затруднений, но на первом этапе, если линия получится неудачной, ее можно удалить, щелкнув по ней правой клавишей и выбрав в выпавшем меню **Удалить линию в связи (Ctrl+Del)**.

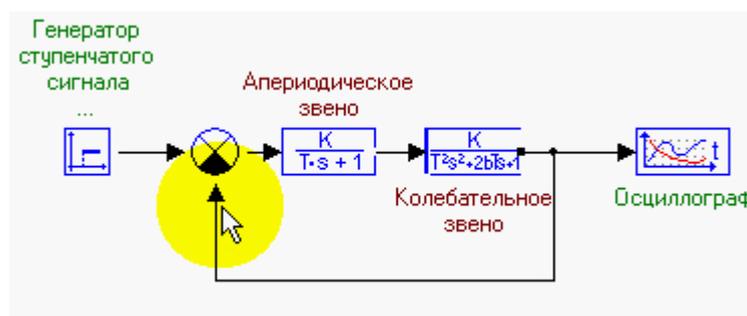


Рисунок 2 - Порядок создания ветвления и проведения линии связи. На всем протяжении операции следует удерживать нажатой клавишу Ctrl. По исходной линии следует сначала щелкнуть правой кнопкой, по возникшей точке и в углах поворота создаваемой линии следует щелкать левой кнопкой мыши. Анимацию можно остановить щелчком по кнопке **Стоп** в верхней части браузера, а запустить вновь – щелчком по кнопке **Обновить**

Далее следует задать значения коэффициентов усиления блоков регулятора и двигателя. Дважды щелкнув по аperiodическому звену, введем в появившемся окне коэффициент усиления **2.1** и щелкнем **Да** (рисунок 3).

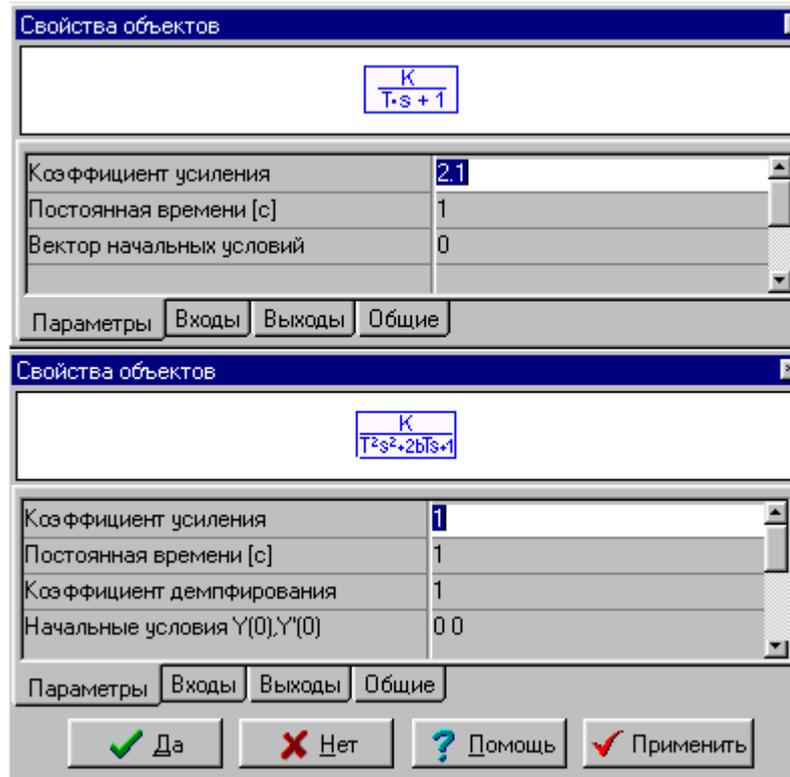


Рисунок 3 - Диалоговые окна для установки значений параметров аperiodического и колебательного звеньев

Аналогичную операцию проделаем с колебательным звеном, убедимся, что его коэффициент усиления **равен 1** и нажмем **Да**.

Схема построена, параметры введены. Остается дважды щелкнуть по блоку осциллографа в окне модели, переместить появившееся окно графика в правую часть экрана и подравнять его размеры так, как показано на рисунке 4.

Запустить модель, щелчком по кнопке **Пуск (Продолжить расчет)** – бегущий человечек.

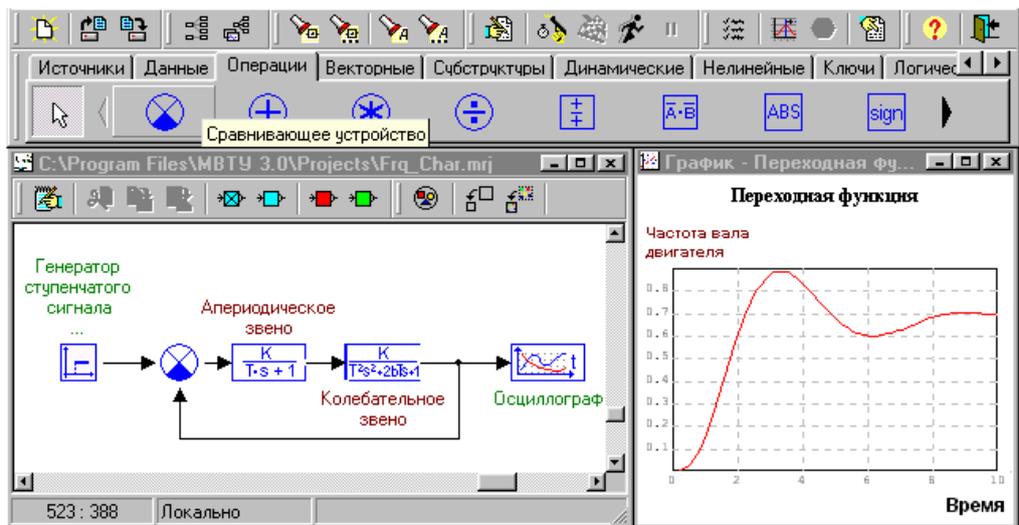


Рисунок 4 - Исходная схема САР и график ее переходной функции

Как видно на рисунке 4, заданные значения коэффициентов усиления и других параметров, оставленных по умолчанию, привели к устойчивой системе, но переходная функция стремится к стационарному значению со значительным переколебанием.



Рисунок 5 - По мере увеличения коэффициента усиления аperiodического звена, а значит и всего контура, переходная функция становится все более колебательной и в итоге система теряет устойчивость: размах свободных колебаний при неизменном входном сигнале становится все больше с течением времени

Увеличение коэффициента усиления приводит к ухудшению устойчивости системы и одновременно улучшает качество ее в установившемся режиме. Задача проектировщика найти здесь разумный компромисс.

3.2. Подготовка модели к проведению ее частотного анализа

Для проведения частотного анализа модели нужно указать, какие ее звенья будут подвергнуты такому анализу. Для этого следует отметить условный вход анализируемого фрагмента схемы и его условный выход. В данном случае условным входом будет вход САР, а условным выходом – ее выход.

В программном комплексе «МВТУ» условный вход и условный выход обозначают с помощью блока **В память**, расположенном на вкладке **Субструктуры** (рисунок 6). Два таких блока следует вынести на окно модели и присоединить к входу и к выходу САР. Двойным щелчком по блоку, присоединенному ко входу САР вызвать окно задания названий переменных и изменить название **Y1** на более содержательное: **Вход**. Переменную **Y2** назвать **Выход** аналогичным образом. Для украшения схемы введем поясняющие надписи к этим блокам. Щелчком правой кнопки по левому блоку вызовем меню, выберем **Свойства** и на вкладке **Общие** введем поясняющую надпись **sin(wt)**, что напомним о том, что частотный анализ проводится с использованием гармонического сигнала, частота которого изменяется в некоторых пределах. Аналогично, для правого блока запишем **A*sin(wt+fi)**, что поясняет то, что линейная система изменяет амплитуду и начальную фазу синусоидального сигнала, на нее подаваемого и эти изменения зависят от частоты.

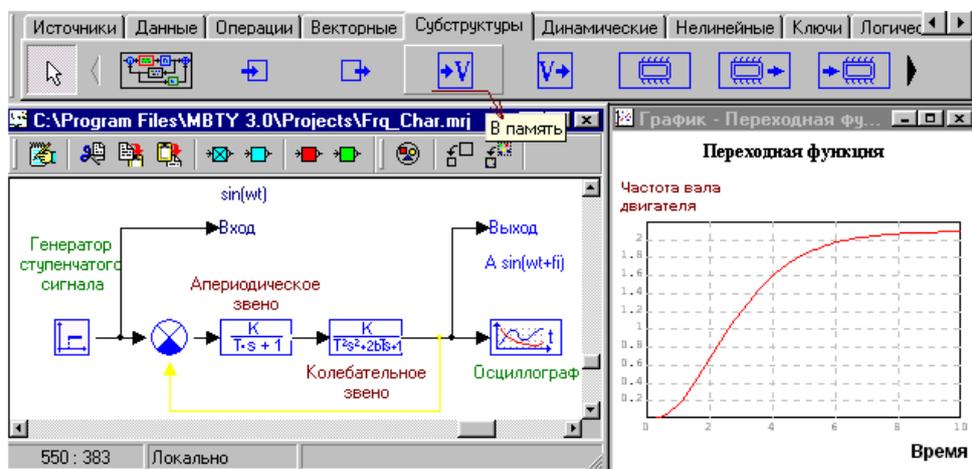


Рисунок 6 - Указание условных входа и выхода анализируемого фрагмента схемы с помощью двух блоков **В память** с вкладки **Субструктуры**. Обратная связь, условно показанная желтым цветом, изображена на схеме, но фактически отсутствует, поскольку весовой коэффициент по нижнему входу устройства сравнения задан равным нулю (рисунок 7), т.е. контур САР разомкнут. Переходная функция разомкнутой САР монотонно и асимптотически стремится к своему максимуму. Следовательно, разомкнутый контур устойчив.

Отметим, что в соответствии с критериями устойчивости частотному анализу должна быть подвергнута разомкнутая САР. Особенность ПК «МВТУ» в том, что он проверяет, все ли входы и выходы соединены и если это не так, то не позволяет проводить моделирование. Поэтому не всегда можно разорвать обратную связь удалением соединительной линии. В данном случае можно просто установить коэффициент веса сравнивающего устройства по нижнему входу равным нулю. Для этого следует дважды щелкнуть по устройству сравнения в окне модели и в появившемся окне заменить второй весовой множитель с -1 на 0 (рисунок 7).

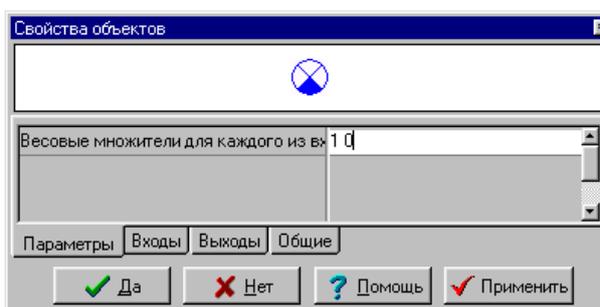


Рисунок 7 - Для размыкания контура первый весовой множитель устройства сравнения оставлен равным 1, а второй задан равным нулю

Примечание: Для наглядного изображения размыкания и замыкания обратной связи может применен блок **Ключ управляемый** с вкладки Палитры блоков **Ключи** (рисунок 7.1).

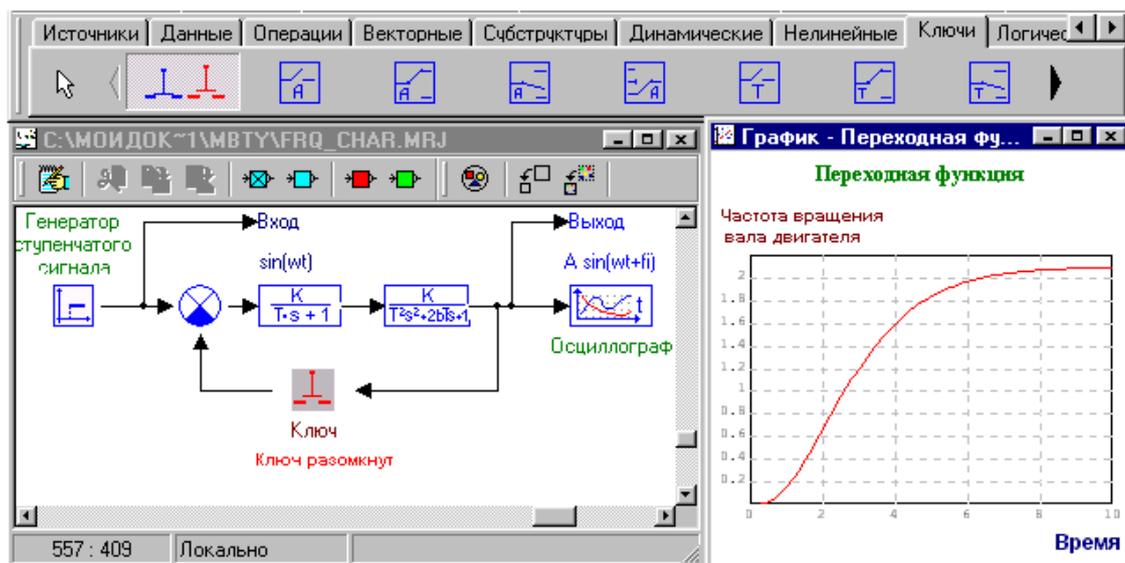


Рисунок 7.1 - Управляемый ключ позволяет видеть его состояние и менять его на обратное двойным щелчком по блоку. Как видно, переходные характеристики САР в замкнутом и разомкнутом состоянии существенно отличаются

3.3. Оценка устойчивости разомкнутого контура САР по критерию Михайлова

На рисунке 6 по графику переходной функции хорошо видно, что разомкнутый контур устойчив. Поэтому проверка его устойчивости по критерию Михайлова проводится здесь только с методической целью изучения порядка проведения этого исследования в «МВТУ». Отметим, что в маловероятном случае, когда невозможно получить непосредственно переходную функцию разомкнутого контура, необходимость обеспечения его устойчивости может потребовать применения именно критерия Михайлова. Необходимость же проверки устойчивости разомкнутого контура диктуется условием практического применения критерия Найквиста, который в свою очередь необходим для оценки устойчивости замкнутого контура и выработки мер по его стабилизации.

В главном меню «МВТУ» **Анализ** выбрать **Частотный анализ**. Появляется окно Параметры частотного анализа, в котором следует щелкнуть по кнопке Создать окно **Годографов**. Это добавит в окно нижнюю часть (рисунок 8):

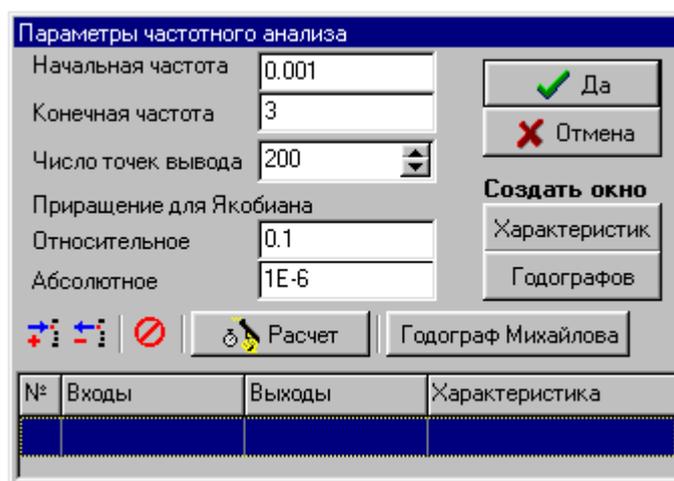


Рисунок 8 - Окно задания параметров частотного анализа для построения годографа Михайлова (годографа характеристического полинома разомкнутой САР)

Методом проб и ошибок в окне рисунка 8 подбирается значение конечной частоты так, чтобы на графике можно было бы видеть какие квадранты, и в каком порядке проходит годограф. Остальные значения установить такими, какие показаны на рисунке 8.

Щелкнуть по кнопке **Годограф Михайлова** в окне **Параметры частотного анализа**. Немедленно появляется окно с годографом:

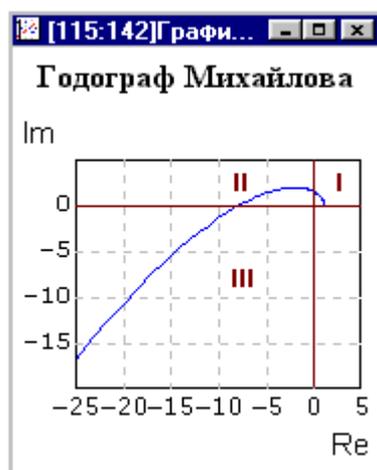


Рисунок 9 - Годограф характеристического полинома разомкнутой САР третьего порядка проходит три квадранта в положительном направлении. Разомкнутая САР устойчива

В нашем случае удачное задание значения конечной частоты в 3 рад/сек позволяет увидеть, что годограф начинается на действительной оси в точке $(1, 0j)$ и при увеличении частоты последовательно проходит против часовой стрелки три квадранта. Увеличение конечной частоты не выводит годограф из третьего квадранта. В соответствии с критерием Михайлова такая система устойчива, что впрочем, мы и так знаем из рисунке б.

Окно рисунка 9 может потребовать подбора его параметров и цвета линии. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой по окну и применить Автомасштаб, если график не виден, или выбрать Свойства и задать такие значения концов осей координат и число делений, чтобы масштабы осей стали одинаковыми. Кроме того, здесь же задается название годографа и цвет линии.

Нетрудно доказать, что последовательное соединение конечного числа устойчивых звеньев устойчиво. Поскольку разомкнутая САР состоит из двух устойчивых звеньев, то она структурно устойчива. Это значит, что при любом сочетании параметров апериодического и колебательного звеньев годограф характеристического полинома будет начинаться на действительной оси и последовательно проходить против часовой стрелки три квадранта. Тем не менее, существуют и неустойчивые системы третьего порядка, например, замкнутая САР рисунок 4 при коэффициенте усиления контура 8.4 (рисунок 5). В этом случае, годограф характеристического полинома замкнутой САР (годограф

Михайлова) начинается на действительной оси, из первого квадранта сразу переходит в четвертый, а потом в третий квадрант (рисунок 10):

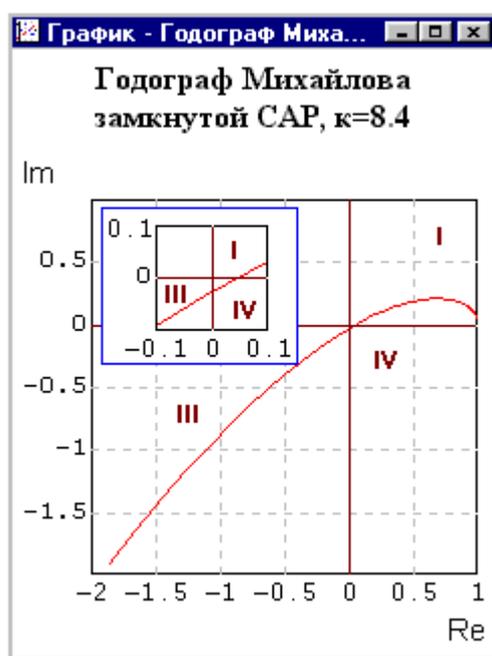


Рисунок 10 - Годограф характеристического полинома неустойчивой САР. Состояние САР близко к границе устойчивого и неустойчивого режимов работы: годограф проходит вблизи начала координат

Как видно на рисунке 5 и рисунке 10, при коэффициенте усиления контура, равном 8.4, замкнутая САР неустойчива, и находится близко к границе устойчивого и неустойчивого режимов работы.

Итак, если указан фрагмент схемы, для которого следует построить годограф Михайлова, то вся процедура построения сводится к четырем щелчкам левой кнопкой мыши: **Анализ – Частотный анализ – Создать окно Годографов - Годограф Михайлова**. При необходимости можно добавить **Автомасштаб**, щелкнув правой кнопкой по графику.

3.4. Оценка устойчивости замкнутой САР по критерию Найквиста

Полезную работу выполняет замкнутая САР, она-то и должна быть устойчивой. Годограф комплексного коэффициента передачи разомкнутой САР позволяет с помощью критерия Найквиста судить не только о факте, но, косвенно, и о степени устойчивости замкнутой САР. По этому годографу можно определить косвенные параметры качества: запасы устойчивости САР по амплитуде и по фазе.

Убедитесь, что обратная связь САР в схеме рис. 6 разомкнута: второй весовой коэффициент устройства сравнения (по нижнему входу) должен быть равен 0 (рисунок 7). Проверьте и при необходимости установите исходное значение коэффициента усиления апериодического звена равное 2.1. Сделайте контрольный запуск модели, с тем, чтобы переходная функция имела вид, показанный на рисунке 6.

Выберете **Анализ – Частотный анализ** – появится окно **Параметры частотного анализа**, в котором следует выбрать пункт Создать окно **Годографов**. Появятся окно годографов, которое временно нужно убрать на задний план, а на передний вызвать окно **Параметры частотного анализа**, рисунок 8. В нем следует выбрать построение годографа Найквиста. Для этого нужно щелкнуть в окне **Параметры частотного анализа** по кнопке с красным плюсом +, в результате чего в нижнем поле появится нумерованная строка с номером 1. Щелкнуть по синей графе **Входы** и в появившемся окне выбрать переменную **Вход**, введенную нами ранее в блоке **В память**, определившем начало фрагмента анализируемой схемы (рисунок 6). В следующей графе **Выходы** аналогичным способом выбрать переменную **Выход**. В последней графе выбрать **Найквиста** (рисунок 11).

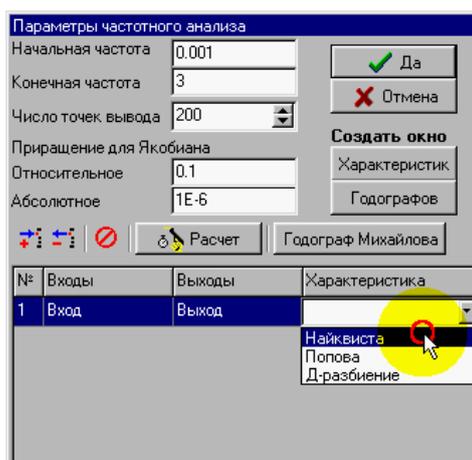


Рисунок 11 - Задание входной и выходной переменных, определяющих фрагмент схемы, для которого будет построен годограф и выбор типа годографа – годограф Найквиста

Остается щелкнуть по кнопке **Расчет** в окне **Параметры частотного анализа** и через короткое время годограф будет построен. При конечной частоте 3 рад/сек (рисунок 11) годограф слегка не дошел до начала координат, поэтому изменим значение конечной частоты на 100 и вновь щелкнем по кнопке **Расчет**. Оформим внешний вид окна, в частности сделаем одинаковыми масштабы осей. Результат на рисунке 12.

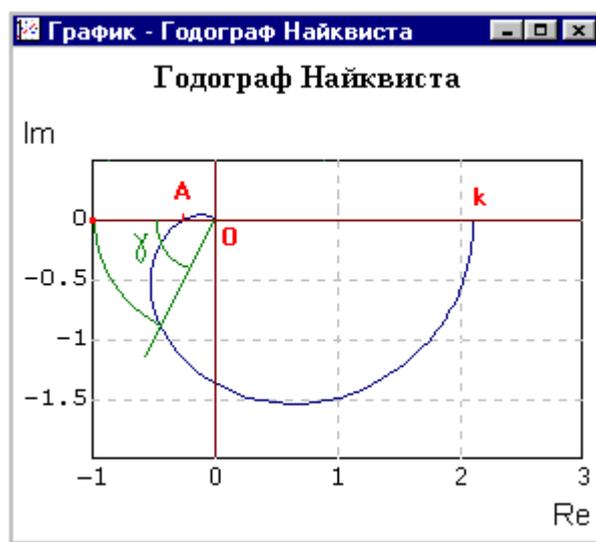


Рисунок 12 - Годограф комплексного коэффициента передачи разомкнутого контура САР с дополнительной прорисовкой. Выделена точка $(-1, 0j)$. Если годограф не охватывает эту точку, как в данном случае, замкнутая система устойчива. Отметим, что для правильной оценки запаса по фазе, масштабы осей должны быть одинаковыми

Точка А на рисунке 12 соответствует значению комплексного коэффициента передачи $W(j\omega)$ на частоте ω_l . Частота, на которой модуль коэффициента передачи равен единице называется частотой среза $\omega_{ср}$.

Как видно на рисунке 12, анализируемая САР имеет хорошие запасы устойчивости по амплитуде $1/OA=1/0.25= 4$ раза = 12 дБ и по фазе $\gamma= 720$. Это свидетельствует о том, что в переходном режиме качество САР будет вполне удовлетворительным. В то же время, коэффициент усиления контура равен $k = 2.1= 6$ дБ, что косвенно говорит о низком качестве работы моделируемой САР в установившемся режиме. Эта величина должна составлять для статической системы $20 \div 40$ дБ. Отсюда следует, что для обеспечения удовлетворительного качества работы системы необходима структурная коррекция исходной САР, которая может быть осуществлена введением ПИ-регулятора в контур управления.

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

4.1. Запуск программы

Запустить программный комплекс «МВТУ» двойным щелчком по иконке на рабочем столе, или Пуск – Программы – МВТУ 3.0 – МВТУ 3.0. В верхней части экрана появится основное окно ПК "МВТУ" (рисунок 1).

4.2 Построение модели

Постройте модель замкнутой САР частоты вращения вала двигателя постоянного тока рисунок 1, определите ее переходную функцию, соотнесите с рисунка 4. Дополните схему и окно осциллографа содержательными надписями. Оформление блоков, при желании, можно убрать, выбрав в главном меню «МВТУ» **Опции – Настройки**, убрав галочку в пункте Рисовать оформление и щелкнув по кнопке **Да**.

Проверьте, как влияет изменение коэффициента усиления аperiodического звена на вид переходной функции замкнутой системы.

В качестве дополнительного задания, по выполнении основной части работы, можно проверить, как влияет изменение коэффициента усиления контура на установившееся значение ошибки регулирования. Для этого может быть использован либо еще один осциллограф, который следует подключить к выходу устройства сравнения, либо в имеющемся можно добавить еще один вход. Из этого исследования можно сделать вывод о том, что увеличение коэффициента усиления контура приводит к уменьшению установившегося значения ошибки, но время установления увеличивается ввиду повышения колебательности переходного процесса.

Сделайте выводы.

Верните исходное значение коэффициента усиления аperiodического звена, равное 2.1 и для контроля еще раз запустите модель на счет.

Сделайте снимки экрана, сохраните проект в личной папке с названием Frq_Char.mrj

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9

Моделирование и исследование качества контура автоматического регулирования

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать динамические и статические процессы в замкнутой системе с пропорциональным (П), интегральным (И), пропорционально-интегральным (ПИ) законами регулирования.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить возможности моделирования с помощью программного комплекса (ПК) «МВТУ».
2. Освоить процедуры формирования структурной схемы моделирования, выбора метода и параметров интегрирования, ввода параметров блоков, вывода данных расчета.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Принцип моделирования в ПК "МВТУ" состоит в создании и исследовании виртуального аналога реальной системы – модели. Модель функционирует в соответствии с теми же уравнениями, что и моделируемая система. При моделировании не обязательно записывать эти уравнения в явном виде, об этом позаботится программа. Модель составляется пользователем в специальном окне программы соединением отдельных виртуальных блоков, соответствующих элементам реальной системы.

Виртуальные блоки условно внешне представляются на рабочем пространстве окна модели прямоугольниками, т.е. они видимы исследователю, имеют входы и (или) выходы и функционируют в соответствии с определенными уравнениями, алгоритм решения которых реализуется в цифровом виде. Под функционированием виртуального блока понимается то, что он реагирует на виртуальные воздействия (функции времени), подаваемые другими блоками на его вход, определенным изменением величины выходного сигнала.

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Задание 1. Для последовательного соединения заданного апериодического звена и усилительного звена подготовьте исходные данные и проведите моделирование переходного процесса при **единичном ступенчатом входном воздействии** в следующей последовательности:

- 1) подготовьте чертеж структурной схемы моделирования, используя библиотеку ПК «МВТУ» по аналогии с рисунком 4; скопируйте чертеж в отчет практической работы;
- 2) исходя из числовых значений параметров передаточных функции элементов, определите параметры интегрирования (метод, точность, шаг, время интегрирования и

шаг вывода результатов); внесите расчетные параметры интегрирования в отчет профессионального задания;

3) введите исходные данные и выполните моделирование;

4) скопируйте изображение исходного (по заданным параметрам) графика переходного процесса в отчет практической работы.

Задание 2.

1 Исследование динамических и статических процессов в замкнутой системе с пропорциональным законом регулирования производится в следующем порядке:

- предварительно установить задание в форме постоянного входного воздействия - константа (значение сигнала 1) и подключить внешнюю обратную связь, установив коэффициент обратной связи $k = 1$;

- исследовать переходные характеристики при различных значениях коэффициента k пропорционального регулятора (**три варианта переходных процессов**) с условием выполнения параметров интегрирования и заданного значения сигнала 1;

- для выбранных значений k регулятора зафиксировать переходные характеристики, сформулировать и записать выводы.

2 Исследование динамических и статических свойств замкнутой системы с интегральным регулятором выполняется в следующей последовательности:

- предварительно вместо пропорционального регулятора установить интегральный регулятор с передаточной функцией k/s ;

- установить задание в форме постоянного входного воздействия и подключить внешнюю обратную связь, установив коэффициент обратной связи $k = 1$;

- исследовать переходные характеристики при различных значениях коэффициента k интегрального регулятора (**три варианта переходных процессов**) с условием выполнения параметров интегрирования и заданного значения сигнала 1;

- для выбранных значений k регулятора зафиксировать переходные характеристики, сформулировать и записать выводы.

3 Исследование динамических и статических свойств замкнутой системы с пропорционально - интегральным регулятором выполняется аналогично вышеуказанным пунктам.

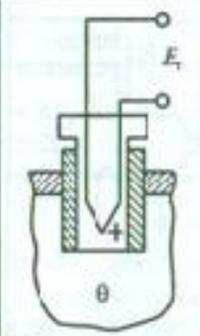
Оформите отчет.

Содержание отчета. Отчет должен содержать структурные схемы моделирования исследуемых контуров регулирования и графики переходных процессов, построенные по результатам моделирования, а также выводы по работе.

Демонстрационный пример

Демонстрационный пример построен применительно к последовательному соединению апериодического звена 1 порядка (таблица 1) и усилительного звена (таблица 2).

Таблица 1 - Исходные данные типового динамического звена

Наименование элемента (Входная величина. Выходная величина)	Принципиальная схема	Передаточная функция
Термопара, помещенная в защитный кожух (Температура в объекте измерения θ . ЭДС на зажимах термопары E_T)		$W(p) = \frac{E_T(p)}{\theta(p)} = \frac{k_{ТП}}{T_{ТП}p + 1}$ <p>где $k_{ТП}$ – коэффициент передачи; $T_{ТП}$ – постоянная времени термопары; $k_{ТП} = 0,0005 - 0,001 \text{ В/}^\circ\text{С}$; $T_{ТП} = 3 + 10 \text{ с}$</p>

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП}p + 1},$$

где $X(p)$, $Y(p)$ – соответственно изображения по Лапласу входной и выходной величин при нулевых начальных условиях;

K , T – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени ($k=0,001$, $T=10\text{с}$).

Структурная схема апериодического звена, соответствующая его передаточной функции, показана на рисунке 1.

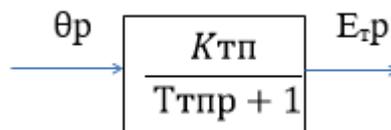


Рисунок 1 - Структурная схема звена с раскрытием передаточной функции и отображением входной и выходной величин

Исходные данные усилительного звена

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K_y}{T_y p + 1},$$

где $X(p)$, $Y(p)$ – соответственно изображения по Лапласу входной и выходной величин при нулевых начальных условиях;

K , T – соответственно коэффициент передачи, постоянная времени ($k=50$, $T=0,1$ с).

Структурная схема усилительного звена, соответствующая его передаточной функции, показана на рисунке 2.

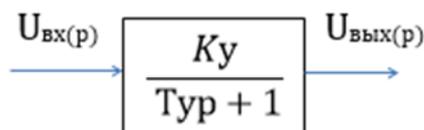


Рисунок 2 - Структурная схема звена с раскрытием передаточной функции и отображением входной и выходной величин

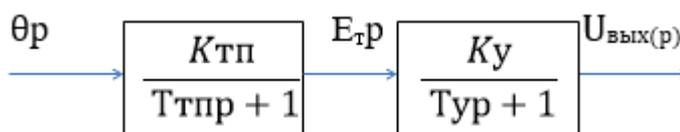


Рисунок 3 - Структурная схема последовательного соединения звеньев

Задача моделирования звена заключается в получении графика переходного процесса выходной величины $y(t)$ при нулевых начальных условиях и постоянном входном воздействии, то есть получении его переходной функции (кривой разгона).

Параметры передаточных функций (таблица 1) исходной структурной схемы (рисунок 1) следующие: $T_{ТП} = 10$ с; $k_{ТП} = 0.01$; $T_y = 0,1$ с; $K_y = 50$.

Руководствуясь методикой подготовки исходных данных, выберем метод и зададим параметры интегрирования:

- метод интегрирования «Рунге-Кутга классический 45»;
- исходя из наибольшей постоянной времени $T_{ТП} = 10$ с, принимаем первоначальное время интегрирования (на один-два порядка больше постоянной времени) 100 с;
- исходя из наименьшей постоянной времени $T_{му} = 0,1$ с, принимаем первоначальное значения шага интегрирования: максимального (на порядок меньше постоянной времени) 0,01 с, минимального (на один-два порядка меньше максимального шага интегрирования) 0,001 с;

- интервал выдачи данных 0,01 с;
- точность интегрирования 0,001.

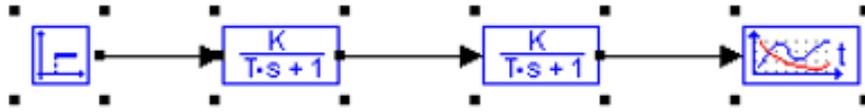


Рисунок 4 - Структурная схема моделирования соединения звеньев, изображенная с использованием блоков библиотек ПК «МВТУ»

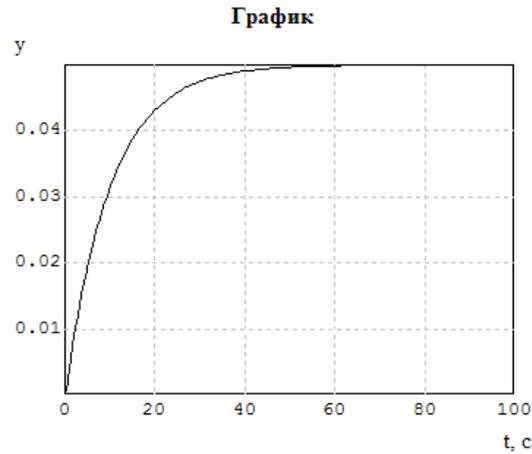


Рисунок 5 -Переходной процесс с начальными условиями (время интегрирования 100)

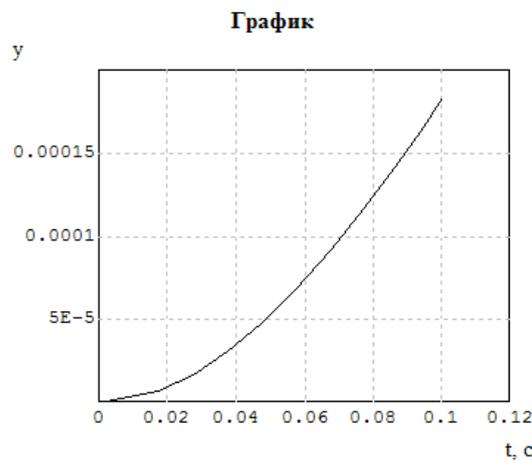


Рисунок 6 -Переходной процесс с начальными условиями (время интегрирования 0.1)

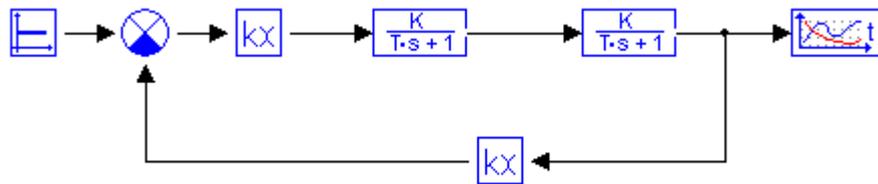


Рисунок 7- Структурная схема моделирования с П-регулятором

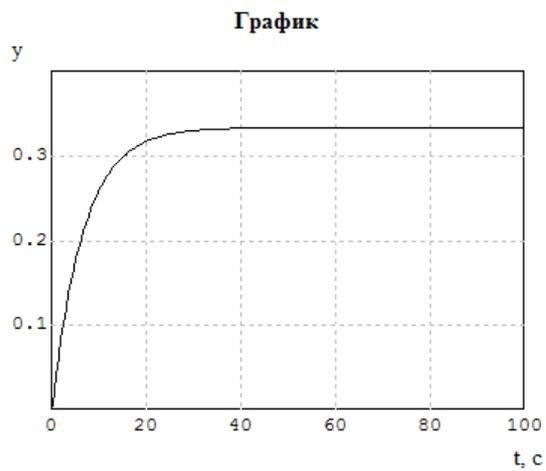


Рисунок 8 - Переходной процесс контура регулирования с П-регулятором $K_p=10$

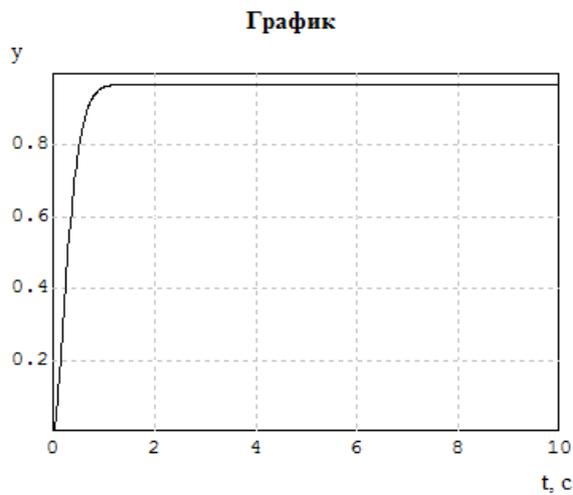


Рисунок 9 - Переходной процесс контура регулирования с П-регулятором $K_p=600$

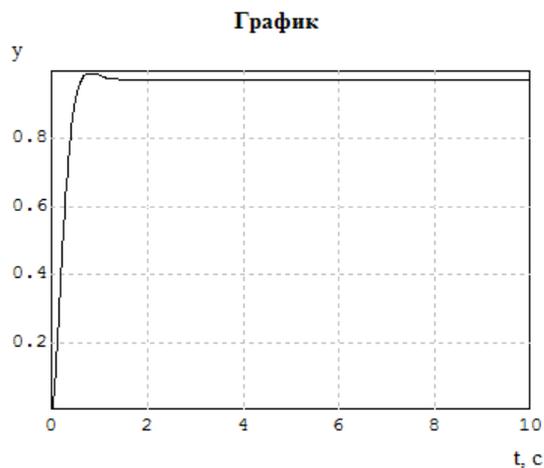


Рисунок 10 - Переходной процесс контура регулирования с П-регулятором $K_{II}=800$

Вывод относительно П-регулятора: Обоснование оптимальных параметров регулирования

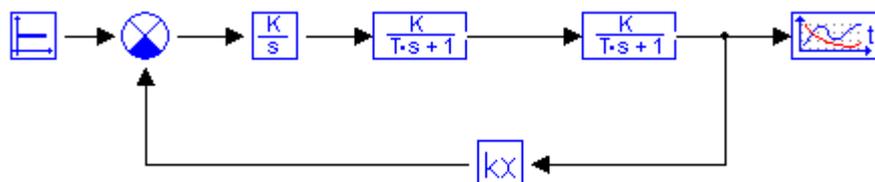


Рисунок 11 - Структурная схема моделирования с И-регулятором

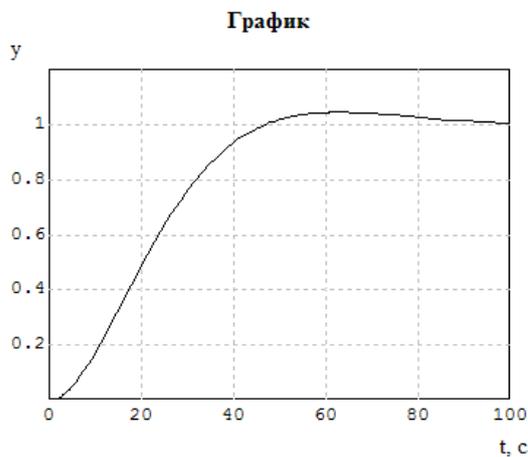


Рисунок 12 - Переходной процесс контура регулирования с И-регулятором $K_{II}=0,1$

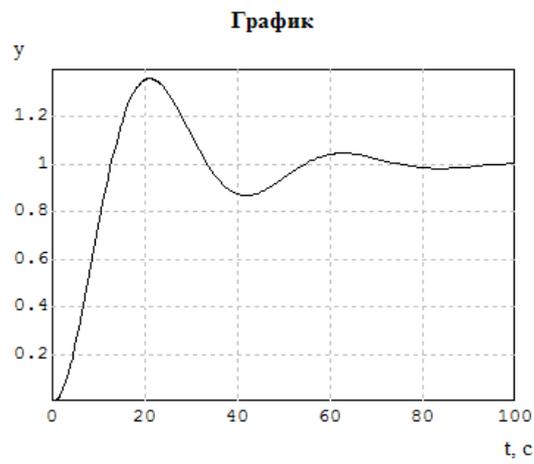


Рисунок 13 - Переходной процесс контура регулирования с И-регулятором $K_i=5$

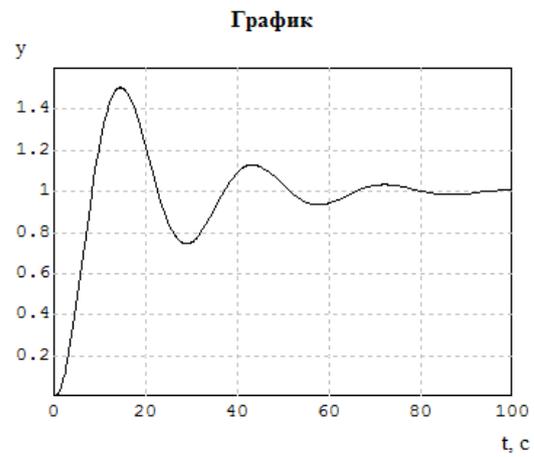


Рисунок 14 - Переходной процесс контура регулирования с И-регулятором $K_i=10$

Вывод относительно И-регулятора: Обоснование оптимальных параметров регулирования.

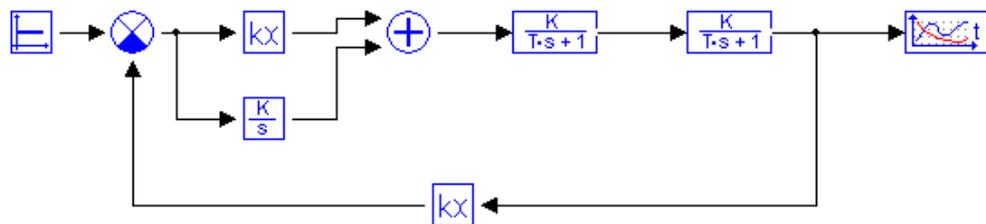


Рисунок 15 - Структурная схема моделирования с ПИ-регулятором

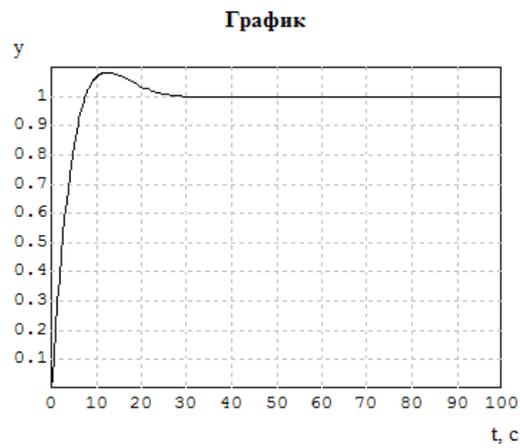


Рисунок 16 -Переходной процесс контура регулирования с ПИ-регулятором $K_p=50, K_i=10$

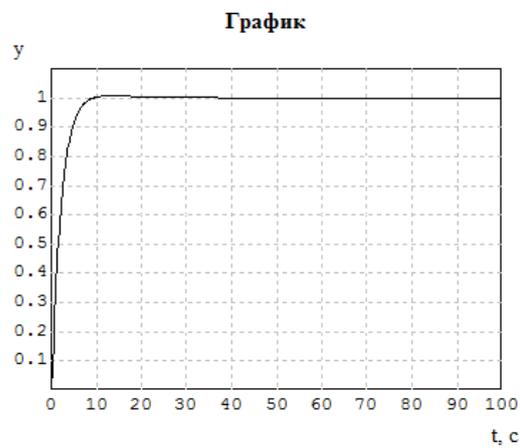


Рисунок 17 - Переходной процесс контура регулирования с ПИ-регулятором $K_p=90, K_i=10$

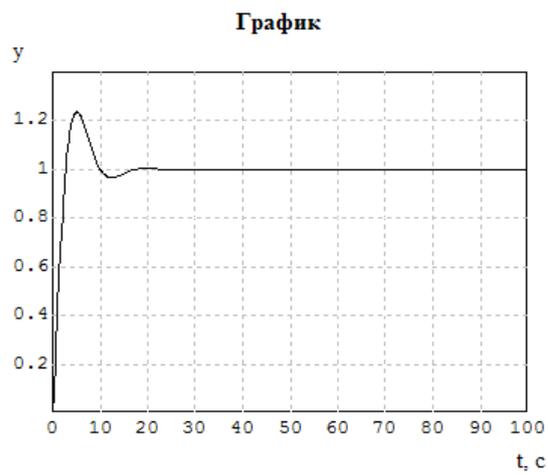


Рисунок 18 - Переходной процесс контура регулирования с ПИ-регулятором $K_p=90, K_i=50$

Вывод относительно ПИ-регулятора: Обоснование оптимальных параметров регулирования

Выводы: Достоинства и недостатки регуляторов, рекомендации к их использованию

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10

Изучение устройства, работы, органов настройки и правил подключения пневматических регуляторов комплекса СТАРТ-2

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить устройство, работу пневматических регуляторов комплекса СТАРТ-2.
2. Изучить правила подключения пневматических регулятора.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

2 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотрите принципиальные схемы пневматических регуляторов комплекса СТАРТ-2.
2. Ознакомьтесь с принципом действия пневматического регулятора ПР3.31-М1.
3. Выделите достоинства и недостатки регулятора ПР3.31-М1.
4. Изучите схемы и правила подключения пневматических регуляторов.
4. Сделайте вывод об изученном материале.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пневматические приборы и регуляторы системы «СТАРТ» построены на определенном сочетании нескольких элементов УСЭППА.

Все приборы системы «СТАРТ» выполнены по одному принципу. Элементы УСЭППА, из которых комплектуются все приборы, установлены на ножках (соединительных трубках) на плате (основании) из органического стекла. Связь между элементами осуществляется через каналы в ножках и внутри платы. Плата, в свою очередь, имеет соединение 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. Дальность передачи пневматических сигналов до 300 м при внутреннем диаметре трубопровода 6 мм. Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха 5 – 50 °С при относительной влажности не более 80%.

Все элементы системы «СТАРТ» построены на базе пневматического многомембранного реле. Конструктивно базовый элемент (пневматическое трехмембранное реле) представляет собой набор из четырех прямоугольных шайб, разделенных тремя мембранами (резинотканевыми), стянутых по периметру винтами. Мембраны соединены общим штоком, торцы которого служат заслонками сопел, расположенных в верхней и нижней крышках. К верхнему соплу обычно подводится давление питания 0,14 МПа, а нижнее сопло, как правило, связано с атмосферой.

Регулирующее устройство ПР3.31-М1.

Устройство регулирующее пневматическое пропорционально–интегральное ПР3.31-М1 применяется в АСУ ТП на опасных производственных объектах нефтегазовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и других отраслях промышленности.

Регулятор может быть использован для работы с датчиками, приборами контроля, задатчиками или другими устройствами со стандартными пневматическими сигналами на выходе и входе.

Действие регулятора основано на принципе компенсации сил, при котором механические перемещения чувствительных элементов близки к нулю. Вследствие этого регулятор обладает высокой чувствительностью.

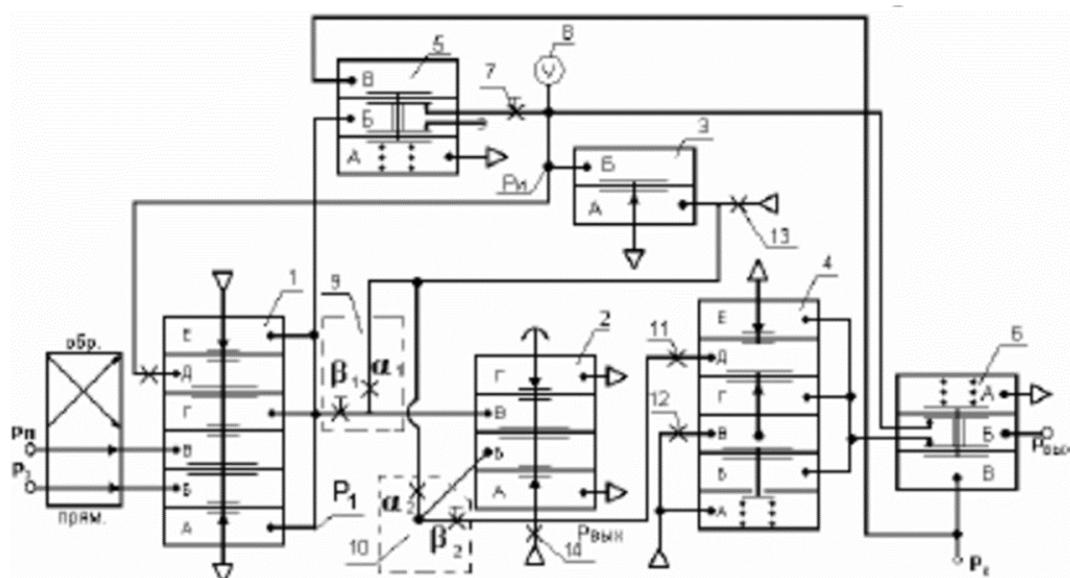


Рисунок 1 – Принципиальная схема пневматического регулятора ПР3.31-М1

Сигналы, поступающие от задатчика и от измерительного прибора в виде давления сжатого воздуха, действуют на мембраны элемента сравнения.

Силы, развиваемые действием разности сигналов регулируемой величины и задания на устройства сравнения, уравниваются силами, развиваемыми действием сигналов единичной отрицательной и регулируемой положительной обратной связи.

Пропорциональная составляющая регулятора вводится путем воздействия на отрицательную обратную связь, интегральная составляющая вводится посредством воздействия на положительную обратную связь. Каждая из обратных связей вносит соответствующую составляющую в общее регулирующее воздействие регулятора.

Степень воздействия этих составляющих встраивается регулируемыми сопротивлениями зоны пропорциональности и времени интегрирования.

Линейность статических характеристик достигается за счёт введения двух сумматоров в прямой канал и в линию обратной связи операционного усилителя.

Регулятор состоит в основном из элементов аналоговой техники: пятимембранного и трехмембранного элементов сравнения, повторителя–усилителя мощности, повторителя, регулируемых и нерегулируемых пневмосопротивлений, ёмкости. Кроме того, в регулятор входят дискретные элементы – два клапана.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 11

Изучение конструкции и схем подключения гидравлических и электрогидравлических регуляторов

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить устройство, работу гидравлических регуляторов.
2. Изучить правила подключения гидравлических и электрогидравлических регулятора.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

2 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотрите структурную схему гидравлической автоматической системой регулирования (АСР).

2. Ознакомьтесь с принципом действия гидравлической АСР.
3. Выделите достоинства и недостатки гидравлических регуляторов.
4. Ознакомьтесь с принципом действия электрогидравлическим регулятором РЭГ.
5. Изучите схемы подключения гидравлических регуляторов.
4. Сделайте вывод об изученном материале.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

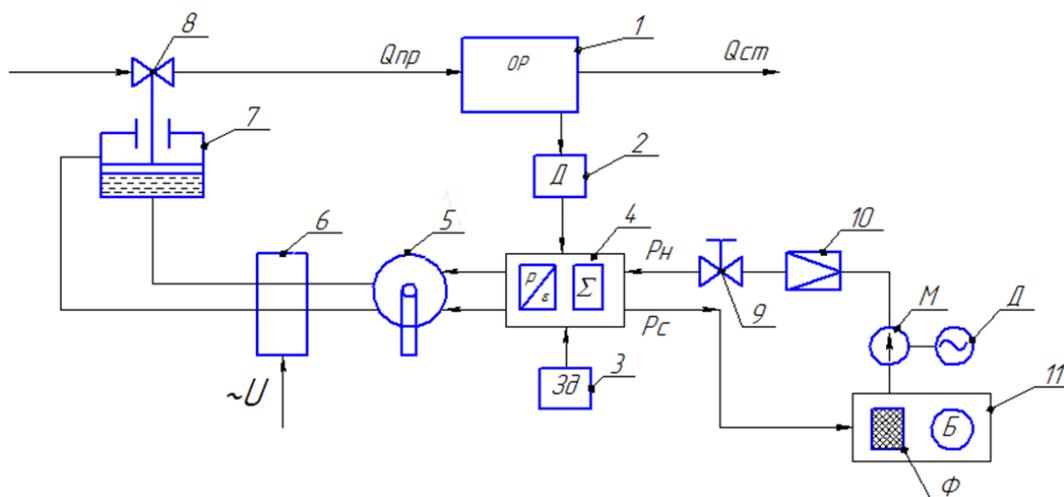


Рисунок 1 - Структурная схема гидравлической автоматической системы регулирования

На рисунке 1 изображены элементы:

- 1- объект регулирования
- 2- датчик регулируемой величины
- 3- задатчик регулируемой величины
- 4- гидравлический регулятор
- 5- кран дистанционного управления исполнительным механизмом
- 6- переключающее устройство для отключения командных цепей от внешних сигналов
- 7- поршневой исполнительный механизм
- 8- регулирующий орган

К регулятору подводится две трубных линии: P_H – напор ($P_H=6-12 \text{ кгС/см}^2$) и P_C – слив в масляный бак.

9- дроссель для установки давления питания $P_{пит}$, от него будет зависеть мощность исполнительного механизма и скорость его перемещения

- 10- обратный клапан
- 11- маслonaпорная установка
- Б- масляной бак
- Ф- фильтр
- М- маслонанос
- Д- двигатель или привод насоса

Принцип работы:

При заданном значении регулируемой величины на выходе регулятора два одинаковых давления P_1 и P_2 . Усилия на поршень исполнительного механизма будут одинаковые и исполнительный механизм неподвижен.

При изменении параметра на выходе регулятора создаются разные давления, т.е. разность давлений $\Delta P = P_1 - P_2$. Под действием этой разности исполнительный механизм перемещает регулирующий орган и приводит параметр к заданному значению.

Гидравлические регуляторы применяются там, где для перемещения затвора регулирующего органа необходимы большие перестановочные усилия. В них для перемещения затвора регулирующего органа используется несжимаемая жидкость под давлением, обычно трансформаторное масло. В зависимости от управляющих элементов, входящих в конструкцию гидравлических регуляторов, они подразделяются на золотниковые, дроссельные и струйные.

Гидравлические регуляторы применяются в металлургической, химической, энергетической и других отраслях промышленности. Применение гидравлических регуляторов определяется тем, что они позволяют обеспечить:

- надежную работу в помещениях с высокой влажностью и температурой;
- независимость работы автоматики от внешнего источника энергии;
- достижение любой необходимой скорости перемещения регулирующего органа и создания повышенных усилий для обеспечения его герметичности при закрытии;
- использование регулирующих клапанов условным диаметром от 50 до 1000 мм при однотипном комплекте регулирующих приборов;
- изменение при наладке и эксплуатации скорости перемещения регулирующего органа (в отличие от исполнительных устройств с электроприводами, имеющими постоянную скорость).

Регулятор РЭГ

В данном регуляторе для формирования сигналов о текущих заданном и действительном значениях регулируемого параметра и для формирования закона регулирования используется электрическая энергия, а для перемещения исполнительного механизма – гидравлическая энергия давления масла $8 \div 12 \text{ кгС/см}^2$.

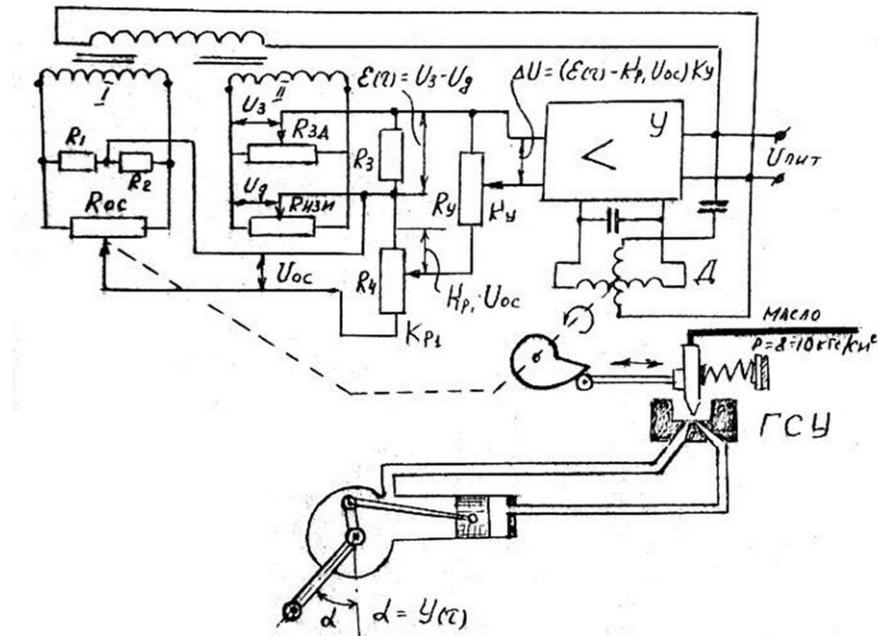


Рисунок 2 –Электрогидравлический регулятор РЭГ

Регулятор РЭГ состоит из элементов:

ГСУ – гидравлический струйный усилитель

Входная электрическая схема регулятора содержит два моста: измерительный и мост обратной связи. Мосты питаются напряжением переменного тока. С потенциометра $R_{зд}$ снимается сигнал U_3 , пропорциональный заданному текущему значению регулируемого параметра. С потенциометра $R_{изм}$, встроенного в прибор и измеряющего текущее значение регулируемого параметра, снимается сигнал U_d , пропорциональный действительному текущему значению регулируемого параметра. На сопротивлении R_3 формируется сигнал рассогласования $\varepsilon(\tau)$, равный разности сигналов U_d и U_3 , т.е. $\varepsilon(\tau) = U_3(\tau) - U_d(\tau)$.

Мост обратной связи содержит два равных сопротивления R_1 и R_2 (для формирования средней точки напряжения питания моста) и сопротивление R_{0c} , движок которого механически связан с валом двигателя D . На выходе моста формируется напряжение обратной связи U_{0c} , часть которого $K_{p1} \cdot U_{0c}$ сравнивается с напряжением рассогласования $\varepsilon(\tau)$. При среднем положении движка R_{0c} значение U_{0c} равно нулю.

На вход электронного усилителя подается сигнал $\Delta U = K_y \cdot (\varepsilon(\tau) - K_{p1} \cdot U_{oc})$. Сопротивление R_y определяет значение масштабного коэффициента K_y , задающего чувствительность регулятора.

При наличии сигнала ΔU он усиливается до величины, достаточной для перемещения конденсаторного двигателя D , включенного на выходе усилителя U . Двигатель D при вращении поворачивает профилированное лекало, воздействующее на перемещение струйной трубки гидравлического струйного усилителя – ГСУ и перемещает в соответствующем направлении движок реостата обратной связи K_{oc} . При смещении движка со среднего положения появляется сигнал обратной связи U_{oc} .

Направление вращения двигателя выбрано таким образом, чтобы сигнал $K_{p1} \cdot U_{oc}$ компенсировал сигнал рассогласования $\varepsilon(\tau)$ и в момент равенства сигнала $\Delta U = 0$ на входе усилителя двигатель останавливается, т.е. обеспечивается условие $\varepsilon(\tau) = K_{p1} \cdot U_{oc}$.

Одновременно лекало (профилированный кулачок), поворачиваясь, отклоняет струйную трубку ГСУ от среднего положения на величину, пропорциональную рассогласованию $\varepsilon(\tau)$.

При отклонении струйной трубки ГСУ от среднего положения гидравлический поршневой кривошипный исполнительный механизм начинает перемещаться со скоростью, пропорциональной отклонению струйной трубки, а значит и величине $\varepsilon(\tau)$.

При отклонении струйной трубки от среднего положения образуется разность давлений в сопловых отверстиях ГСУ и линиях к исполнительному механизму ИМ.

Исполнительный механизм начинает перемещаться со скоростью, пропорциональной величине разности давлений, т.е. отклонению трубки от среднего положения.

По мере движения ИМ величина $\varepsilon(\tau)$ начинает уменьшаться, т.е. значение ΔU меняет свой знак, изменение фазы сигнала ΔU на входе усилителя заставит двигатель D перемещаться в обратном направлении, и по мере достижения величиной U_d значения U_z , струйная трубка и движок реостата R_{oc} снова вернутся в исходное среднее положение. Двигатель останавливается, процесс регулирования закончен.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 12

Исследование динамических характеристик теплового объекта и настройка регулятора РП4-У

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством системы автоматического регулирования температуры на базе регулятора РП4-У.
2. Научиться на практике определять динамические свойства объектов.
3. Получить навыки настройки ПИ-регулятора.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкцией лабораторного стенда.
2. Проведите исследования функционирования автоматической системы регулирования температуры.
3. Выполните настройку регулятора РП4-У.
4. Оформите практическую работу;
5. Ответьте на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

3.1 Общие сведения о работе

Одним из методов экспериментального определения динамических свойств объектов управления является снятие переходной характеристики объекта (кривой разгона). Для этого на вход объекта при отключенной системе автоматического регулирования (в режиме ручного управления) подают воздействие в форме единичной ступенчатой функции и, фиксируя изменение во времени выходной величины объекта, получают кривую разгона. По данной кривой можно определить характеристики объекта управления при его приближении типичной передаточной функции, по которым, в свою очередь определяются параметры настройки регулятора.

3.2 Описание лабораторного стенда

Объектом исследования в данной работе является тепловой объект, состоящий из нагревательного элемента и термоэлектрического преобразователя, величина термо-ЭДС которого представляет собой выходную величину. Входной величиной является напряжение на нагревательном элементе, которое изменяется синхронно с величиной угла поворота однооборотного исполнительного механизма МЭО и может задаваться как

вручную, так и системой автоматического регулирования, выполненной на основе регулятора РП4-У. Контроль температуры осуществляется при помощи прибора Диск-250.

Общий вид лабораторного стенда приведен на рисунке 1.



Лабораторный стенд включает следующее оборудование:

- объект управления (нагревательный элемент);
- датчик температуры (термоэлектрический преобразователь);
- показывающий и регистрирующий приборы А-543 и Диск-250;
- регулятор РП4-У;
- задатчик РЗД-22;
- блок управления БРУ-32;
- пускатель ПБР-2М;
- исполнительный механизм МЭО;
- регулирующая заслонка.

Рисунок 1 - Общий вид лабораторного стенда

Объект управления состоит из нагревательного элемента и термоэлектрического преобразователя. На объекте управления установлена заслонка, которая позволяет изменять условия теплообмена и тем самым вносить возмущения в его работу. Сигнал действительного значения температуры поступает на регулятор РП4-У, работающий по ПИ-закону регулирования, где сравнивается с заданием, величина которого

устанавливается задатчиком РЗД-22. В условиях автоматического регулирования (режим работы устанавливается переключателем на блоке ручного управления БРУ-32) управляющее воздействие, вырабатываемое регулятором через бесконтактный реверсивный пускатель ПБР-2М воздействует на исполнительный механизм МЭО. Для контроля за положением вала механизма МЭО используется указатель положения, встроенный в блок ручного управления БРУ-32, шкала которого отградуирована в процентах от максимального поворота МЭО. Для управления установкой в режиме ручного управления на блоке БРУ-32 имеются кнопки «больше» и «меньше».

Структурная схема лабораторного стенда приведена на рисунке 2.

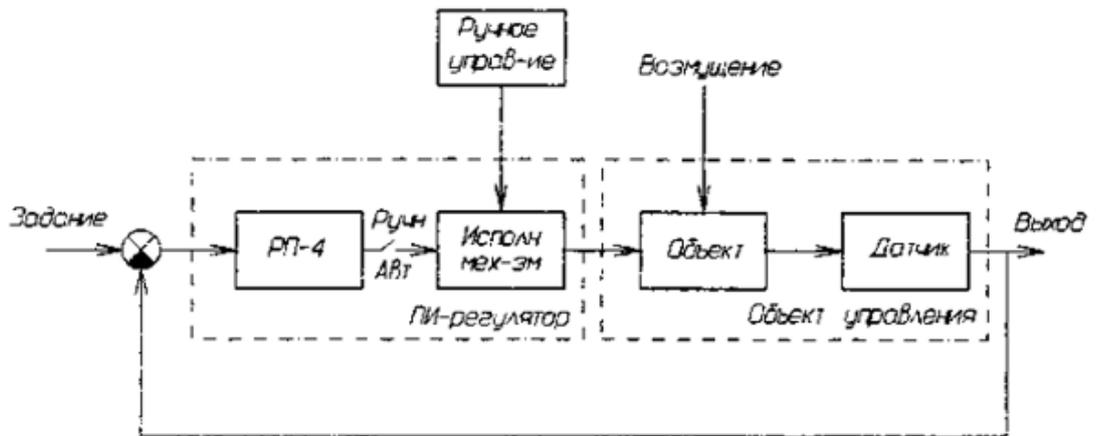
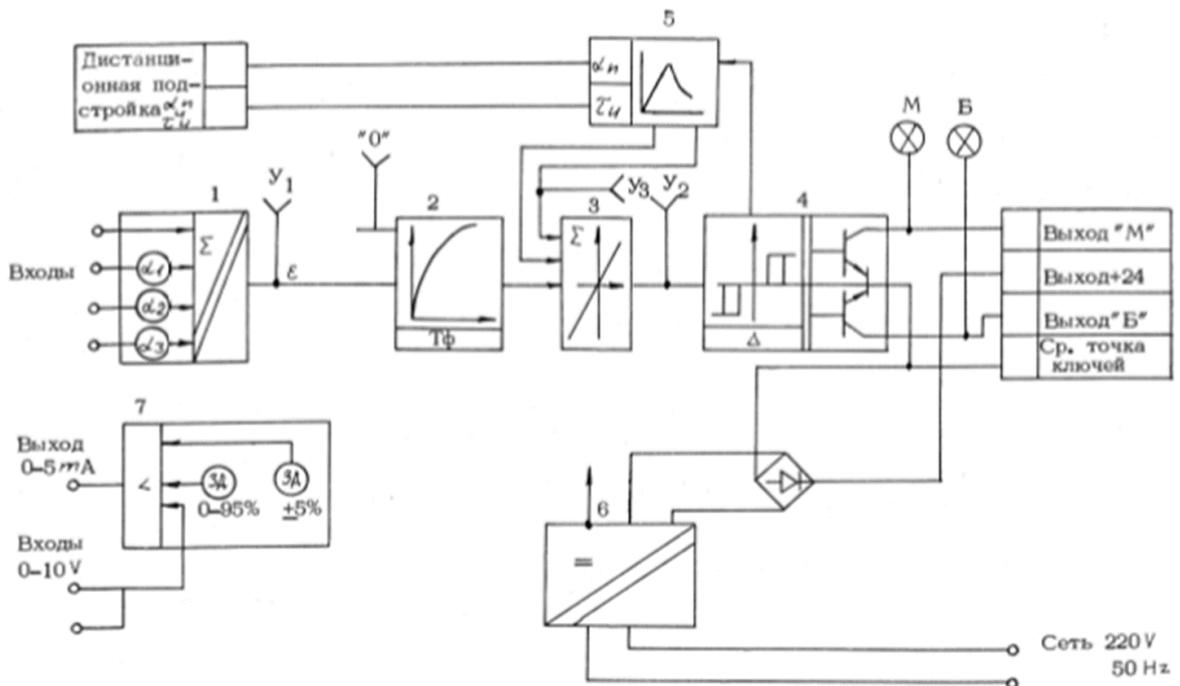


Рисунок 2 - Структурная схема лабораторного стенда

3.3 Функциональная схема регулятора РП4-У-М1.



1 – входной сумматор; 2 – демпфер; 3 – операционный усилитель-сумматор; 4 – трехпозиционный нуль-орган; 5 – инерционное звено отрицательной обратной связи; 6 – источник питания; 7 – задатчик

Рисунок 3 – Функциональная схема регулятора РП4-У

Схема работает следующим образом:

Сигналы регулируемого параметра и задания поступают на входы сумматора 1, в котором происходит их алгебраическое суммирование и формируется сигнал рассогласования ε . Сигнал рассогласования поступает на демпфер 2, представляющий собой инерционное RC-звено с регулируемой постоянной времени T_f . С выхода демпфера 2 сигнал рассогласования поступает на вход операционного усилителя-сумматора 3, с выхода которого поступает на вход трехпозиционного нуль-органа 4, имеющего регулируемую зону нечувствительности " Δ ". При сигнале рассогласования, превышающем порог срабатывания устройства регулирующего, нуль-орган срабатывает и скачком подает сигнал в цепь отрицательной обратной связи, представляющей активное инерционное RC-звено 5, и на выходные ключи, коммутирующие цепи внешней нагрузки. При срабатывании положительной или отрицательной полярности сигнала рассогласования на выходе соответствующего ключа появляется напряжение. При отключенной цепи отрицательной обратной связи устройство представляет собой трехпозиционный нуль-орган с гистерезисом. При включенной цепи отрицательной обратной связи и сработавшем состоянии нуль-органа 4 сигнал отрицательной обратной связи на выходе инерционного звена 5 начинает плавно увеличиваться и компенсировать сигнал рассогласования на входе операционного усилителя-сумматора 3. Сигнал на входе нуль-органа 4 плавно уменьшается до порога отпускания, после чего нуль-орган отключается, сигналы на выходе устройства и на входе отрицательной обратной связи скачком уменьшаются до нуля. Сигнал отрицательной обратной связи на выходе инерционного звена 5 начинает плавно уменьшаться, а сигнал на входе нуль-органа 4 возрастать до порога срабатывания $\sigma_{ср}$, после чего нуль-орган срабатывает, включает выходные ключи и подает сигнал в цепь отрицательной обратной связи. При сохранении сигнала рассогласования цикл повторяется. Таким образом, регулятор РП4 формирует на своем выходе импульсы, чередующиеся паузами. Интегрирование этих импульсов при помощи исполнительного механизма постоянной скорости позволяет получить пропорционально-интегральный ПИ-закон регулирования.

В схеме устройства предусмотрена дистанционная дискретная в три ступени или аналоговая подстройка коэффициента передачи и постоянной времени интегрирования. Дискретная подстройка осуществляется путем закорачивания входов II и III ступеней внешними контактами с их общим входом. Аналоговая – путем подачи на входы подстроек $X_{ап}$ и X_t и сигнала постоянного тока (0-10) В. Контроль срабатывания устройств по направлениям работы осуществляется при помощи световых индикаторов "М" и "Б".

Для контроля работы устройства служат контрольные гнезда "0" - "У3".

Питание схемы осуществляется от источника питания 6.

3.4 Органы настройки регулятора РП4-У

Органы настройки регулятора расположены на его боковой панели выдвижного шасси и показаны на рисунке 4.



Рисунок 4 - Органы настройки регулятора РП4-У

На панели управления установлены следующие органы:

- " α_1 ", " α_2 ", " α_3 " – для масштабирования входных сигналов;
- "ЗАДАНИЕ" – для плавной установки сигнала внутреннего задатчика;
- "Тф" – для установки постоянной времени демпфирования;
- " $\alpha_{п}$ " – для установки коэффициента передачи;
- " $t_{и}$ " – для установки постоянной времени интегрирования;
- " Δ " – для установки требуемого значения зоны нечувствительности;
- " $t_{и}$ " – для установки длительности интегральных импульсов;
- "У1" – гнездо для контроля работы входной схемы;
- "У2" – гнездо для контроля работы усилителя регулирующей схемы;
- "У3" – гнездо для контроля работы интегратора обратной связи;
- "0" – гнездо общее;

- "М", "Б" – индикаторы для контроля работы устройств по направлениям.

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

4.1 Снять экспериментальные данные и построить кривую разгона.

4.2 Проверить настройку и работоспособность регулятора РП4-У, произведя в указанной ниже последовательности следующие действия:

–отключить питание $\sim 220\text{В}$, обеспечивая этим нулевые значения сигналов на входе регулятора РП4-У;

–выдвинуть шасси РП4-У, и установить следующие значения параметров настройки регулятора: Задание = 0 (обе ручки «задание» и ручка внешнего задатчика в положении «0»), $\alpha_{\text{П}}=5\text{с}/\%$, $\tau_{\text{И}}= 100\text{с}$, $T_{\text{Ф}}= 0$, $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_{\Sigma} = 1$, $t_{\text{И}} = 0,1\text{с}$, $\Delta = 0,4\%$;

–подать питание $\sim 220\text{В}$ на стенд, проверить состояние индикаторов М и Б, расположенных на лицевой панели регулятора, они не должны гореть;

–вращением ручки внешнего задатчика в соответствующем направлении добиться срабатывания регулятора по направлению «М»;

–вращением ручки внешнего задатчика в противоположном направлении добиться срабатывания регулятора по направлению «Б»;

–выходные напряжения «М» и «Б» должны быть в пределах 21,6- 26,4В. Осциллографом можно проверить форму сигналов «М» и «Б» - сигналы должны иметь вид прямоугольных импульсов;

–установить сигнал внешнего задатчика равным «0».

4.3 Проверить с помощью блока БРУ-32 работоспособность исполнительного механизма и переместить регулирующую заслонку в закрытое положение: установить режим ручного управления, нажать кнопку М и, удерживая ее в этом положении, закрыть заслонку приводом исполнительного механизма (кнопку М удерживать до отключения ИМ конечным выключателем).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 13

Проектирование схем подключения входных и выходных сигналов микропроцессорного регулятора РП5-М1

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать электрическую принципиальную схему типовой системы регулирования на базе регулятора РП5-М1 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить функциональную схему микропроцессорного регулятора РП5-М1.
2. Изучить подключение микропроцессорного регулятора РП5-М1.
3. Разработать принципиальную схему типовой системы регулирования на базе регулятора РП5-М1.
3. Спроектировать принципиальную схему в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Регулятор представляет собой компактный одноканальный контроллер, предназначенный для построения систем контроля и регулирования технологических процессов. Применяется в электротехнической, нефтехимической, металлургической, пищевой и других отраслях промышленности.

Регулятор может эффективно решать различные задачи управления объектами, формируя совместно с электрическим исполнительным механизмом постоянной скорости П, ПИ, ПИД, двух и трехпозиционный законы регулирования. Например, для измерения и регулирования давления, расхода, разрежения, уровня, температуры, мощности, скорости перемещения и других параметров, которые могут быть преобразованы в сигналы постоянного тока и напряжения.

Регулятор оснащен средствами оперативного управления, которые представляют собой набор кнопок, цифровых и единичных индикаторов. Эти средства позволяют изменять режимы работы, устанавливать задание, вручную управлять исполнительным устройством, контролировать сигналы и индицировать ошибки.

Регулятор - программируемое устройство. Программирование сводится к простой процедуре конфигурирования аналоговых входов и установке параметров настройки.

Функциональная схема

Функциональная схема регулятора приведена на рисунке 1.

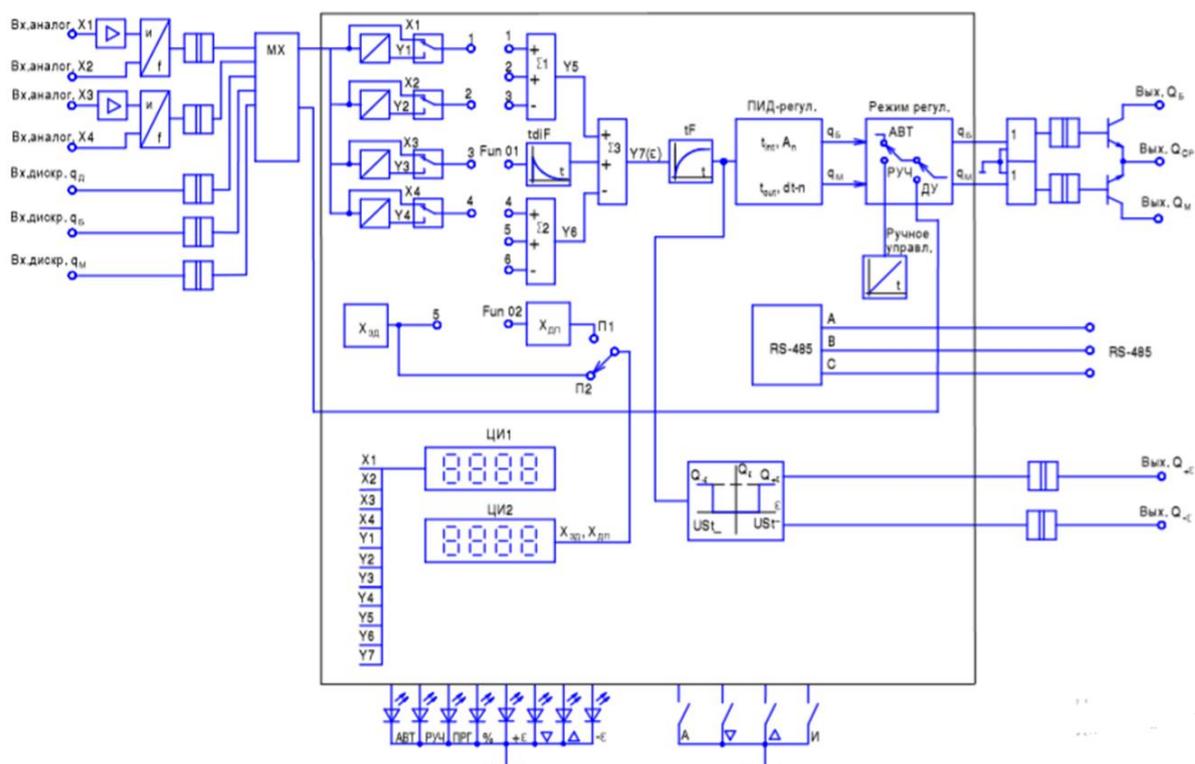


Рисунок 1 – Функциональная схема регулятора РР5-М1

Часть элементов функциональной структуры реализована аппаратно, часть - программно.

Регулятор рассчитан на прием аналоговых и дискретных сигналов и выдачу дискретных и импульсного сигналов. Формирование импульсного сигнала типа «больше» - «меньше» выполняется программно, эти сигналы поступают на пускатель исполнительного механизма через транзисторные ключи.

Аппаратура ввода (входные УСО), представляющая собой входные усилители на аналоговых входах 1 и 3, преобразователи «напряжение – частота» для каждой пары аналоговых входов, гальванические разделители аналоговых и дискретных сигналов и управляемый процессором коммутатор преобразует входные сигналы в цифровую форму. Аппаратура вывода (выходные УСО) формирует управляющие выходные сигналы QБ и QМ на импульсном выходе и дискретные сигналы Q+ε и Q-ε.

Регулятор имеет исполнение с каналом интерфейсной связи RS-485.

Классификация входов и выходов:

1) Аналоговые входы

Регулятор имеет четыре аналоговых входа. Унифицированные сигналы 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА могут быть поданы на все четыре входа. Для других видов сигналов есть некоторые ограничения:

- сигналы напряжения постоянного тока 0-50 мВ могут быть поданы на входы 1 и 3;

- сигналы от термопар могут быть поданы на входы 1, 3, однако при этом ко входу 4 необходимо подключить ЭЧМ 50М для компенсации э.д.с. «холодных спаев» термопары, причем один на 2 входа. В данном случае регулятор будет иметь три входных сигнала;

- сигналы от термопреобразователей сопротивления могут быть поданы на входы 2 и 4.

Все аналоговые входы регулятора в исходном состоянии не «привязаны» к каким-либо функциям регулятора. Такая привязка, а также определение вида входного сигнала для каждого входа, осуществляется пользователем и реализуется в процессе программирования.

2) Дискретные входы

В регуляторе предусмотрено 3 дискретных входа, которые имеют следующее назначение:

- вход дискретный q_d – для переключения регулятора на дистанционный режим управления (ДУ);

- вход дискретный q_b , вход дискретный q_m - для управления исполнительным механизмом в сторону «больше» и в сторону «меньше» соответственно в режиме ДУ.

3) Импульсный выход. Дискретные выходы.

Один трехпозиционный импульсный выход типа «больше» - «меньше» предназначен для управления исполнительным механизмом и представляет собой управляемые ШИМ - сигналом транзисторные ключи с нагрузочной способностью 0,2А при напряжении 24В от внешнего источника. Длительность управляющего импульса постоянна. Длительность периода обратно пропорциональна величине сигнала рассогласования. Минимальная длительность управляющего импульса задается в кольце параметров настройки. Дискретные выходы $Q+\epsilon$ и $Q-\epsilon$ - связаны с порогом срабатывания нуля - органа, контролирующего величину сигнала рассогласования « ϵ ». Эти дискретные

выходы активизируются при превышении сигналом рассогласования порогов срабатывания нуля - органа.

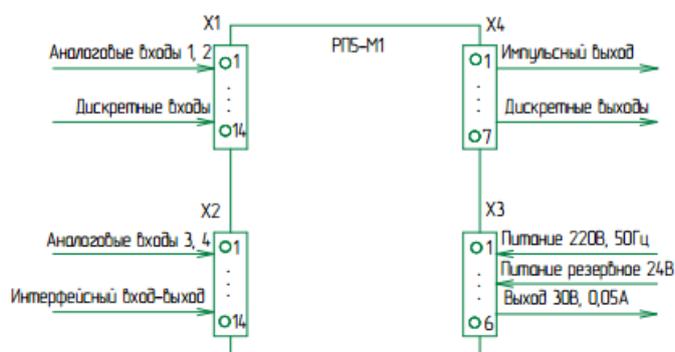
4) Интерфейсный вход-выход

Интерфейсный вход-выход предназначен для связи регулятора с внешним управляющим устройством в форме последовательного кода RS-485.

Особенности организации ввода-вывода

Ввиду того, что аналоговые входы регулятора универсальны, т.е. к ним можно подключить различные аналоговые сигналы, схема внешних соединений жестко не фиксирована. В каждом случае она зависит от конкретного набора входных и выходных сигналов.

Все внешние цепи подключаются к регулятору с помощью четырех клеммных колодок «под винт» X1-X4 в соответствии с рисунком 2.

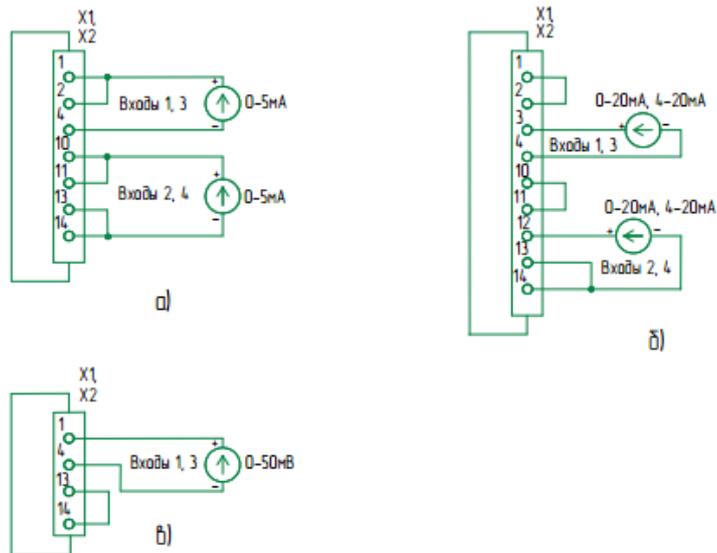


X1-X4 - клеммные колодки

Рисунок 2 - Организация входов и выходов

Подключение входных аналоговых сигналов

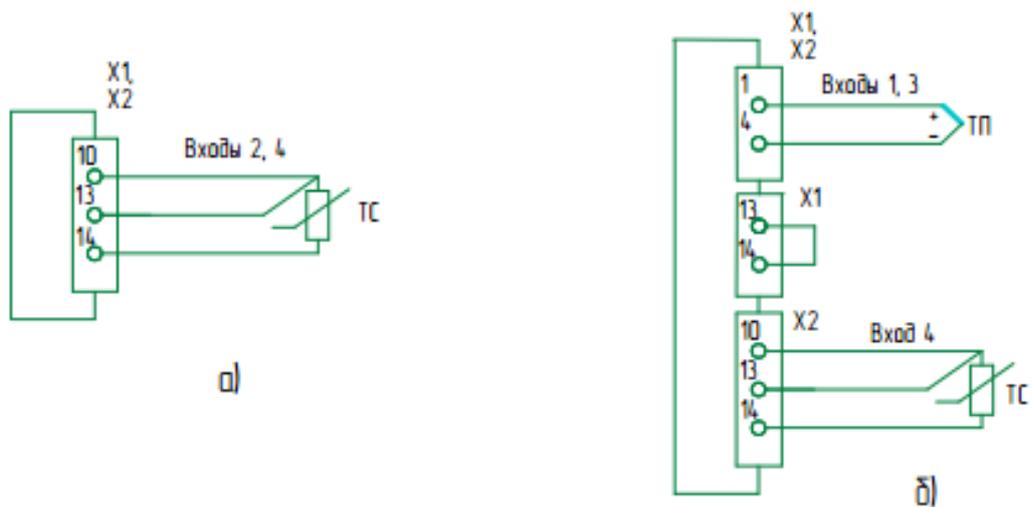
В регуляторе обеспечивается возможность подключения аналоговых сигналов в различном сочетании. На рисунке 3 приведены варианты их подключения.



- а) - подключение сигналов 0 – 5 мА;
- б) - подключение сигналов 0 – 20, 4 – 20 мА;
- в) - подключение сигналов 0 – 50 мВ

Рисунок 3 - Схемы подключения токовых входных сигналов

Здесь и далее запись «Входы 1, 3» (или «Входы 2, 4») означает, что входы 1, 2 подключаются к клеммной колодке X1, входы 3, 4 подключаются к клеммной колодке X2.



- а) - подключение термopеобразователей сопротивления для входов 2, 4;
- б) - подключение термопар для входов 1, 3

Рисунок 4 - Схемы подключения термopеобразователей сопротивления и термопар

Для случая подключения термопар к входам 1, 3 необходимо ко входу 4 подключить элемент чувствительный медный (ЭЧМ 50М), компенсирующий э.д.с. «холодных спаев» термопары.

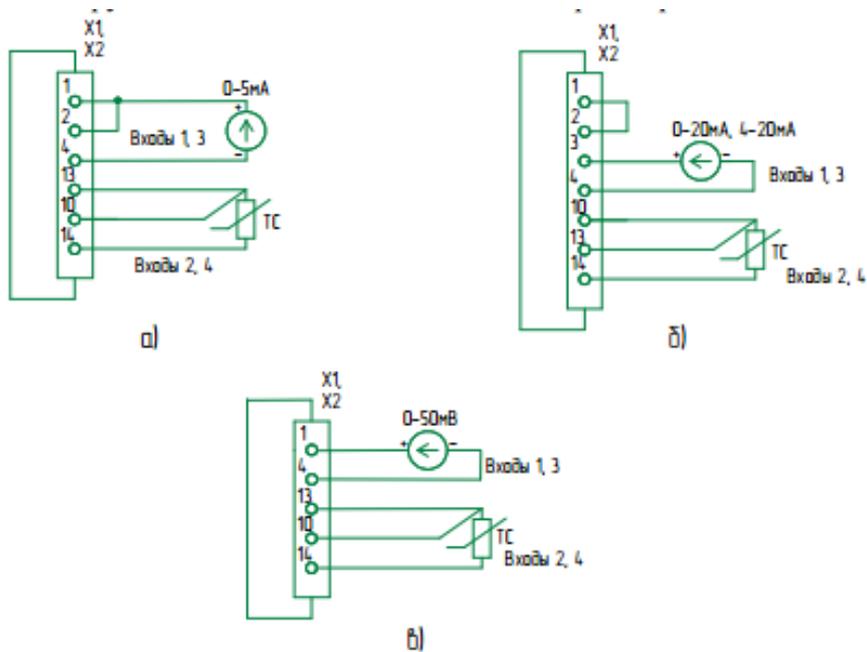
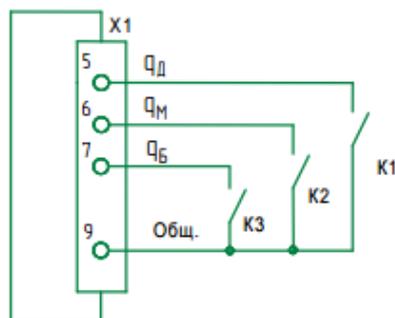


Рисунок 5 - Схемы подключения аналоговых сигналов в различном сочетании

Подключение входных дискретных сигналов

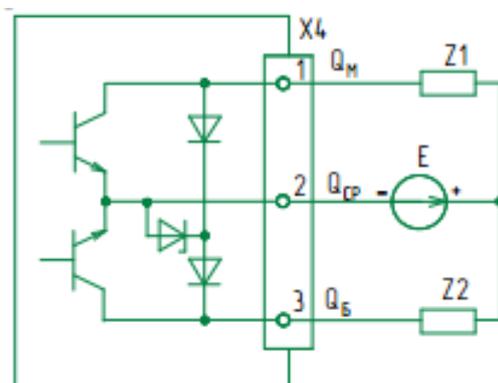


K1, K2, K3 - контакты внешних управляющих устройств

Рисунок 6 - Схема подключения дискретных сигналов дистанционного управления

Подключение импульсного выхода

Импульсный выход типа «больше» - «меньше» выполнен в виде пассивных транзисторных ключей, поэтому для коммутации нагрузки требуется внешний нестабилизированный источник питания постоянного тока. Коммутационная способность выходных ключей – 24 В при токе до 0,2А. Защита выходных ключей от перенапряжения при коммутации осуществляется ограничительными диодами.



X4 - клеммная колодка;

E - внешний источник постоянного тока;

$E = 24 \text{ В}, I_n \leq 0,2 \text{ А};$

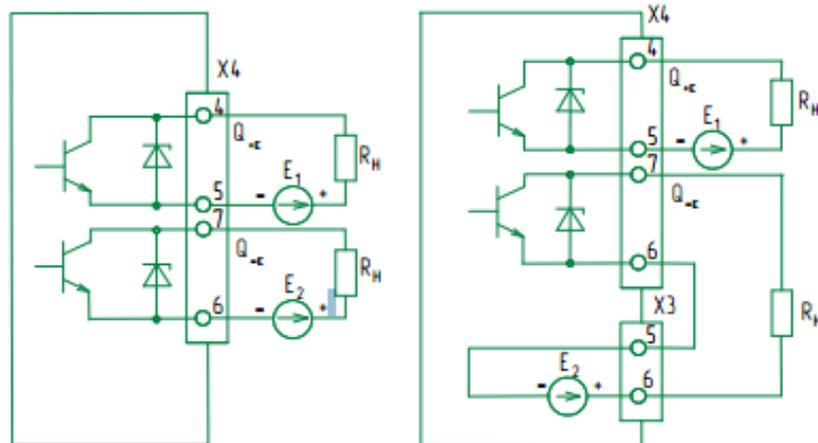
Z1, Z2 - внешняя нагрузка

Рисунок 7 - Схема подключения импульсного выхода

Подключение дискретных выходов

Дискретные выходы Q+ε и Q-ε представляют собой пассивные транзисторные ключи, поэтому для коммутации нагрузки необходимо иметь внешний источник напряжения постоянного тока.

Коммутационная способность дискретных выходов – 24В при токе до 0,2А в соответствии с рисунком 8.

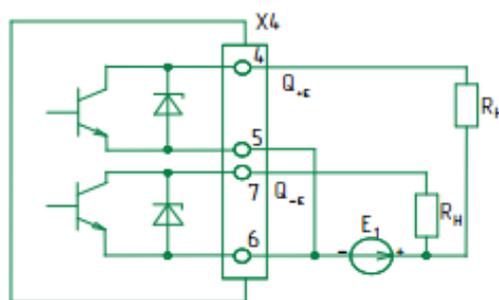


X4 - клеммная колодка
 E₁, E₂ - внешние источники питания
 24 В, I_н ≤ 0,2 А
 R_н - сопротивления нагрузки

а)

X3 – клеммная колодка
 E₁ - внешний источник питания
 24 В, I_н ≤ 0,2 А
 E₂ - внутренний источник
 питания 30 В, I_н ≤ 0,05 А

б)



E₁ - внешний источник питания 24 В, I_н ≤ 0,2 А

в)

Рисунок 8 - Схемы подключения дискретных выходов

Если суммарный ток нагрузки двух дискретных выходов (или одного дискретного выхода) не превышает 0,05А, то их можно запитать от внутреннего источника напряжения постоянного тока.

Дискретные выходы, подключенные по схеме рисунка 8в, будут гальванически связаны между собой.

Организация цепей питания

Основным питанием для регулятора является промышленная однофазная сеть переменного тока 220В, 50Гц. Если к регулятору подключено и резервное питание 24В постоянного тока, то в случаях перерыва или отключения промышленной сети питание регулятора автоматически переходит на резервное с возможностью обратного

автоматического перехода после восстановления промышленной сети в соответствии с рисунком 9.

В регуляторе имеется внутренний источник напряжения (30 ± 3 В постоянного тока с нагрузочной способностью 0,05А для питания, при необходимости, внешних цепей.

Для подключения цепей питания используется клеммная колодка X3.

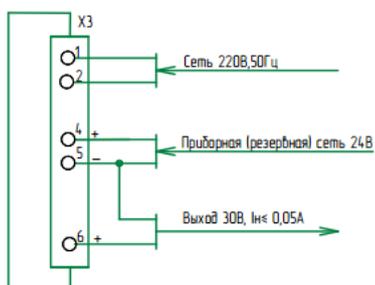
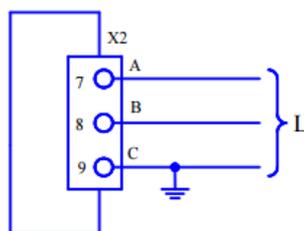


Рисунок 9 - Организация цепей питания

Подключение регулятора к внешнему абоненту



L – кабель, экранированная витая пара;

X2 – клеммная колодка

Рисунок 10 - Подключение регулятора к каналу интерфейсной связи RS-485

Подключение регулятора к блокам БРУ, БОР и ПБР

Подключение регулятора к блокам БРУ, БОР и ПБР приведено на рисунках 11,12.

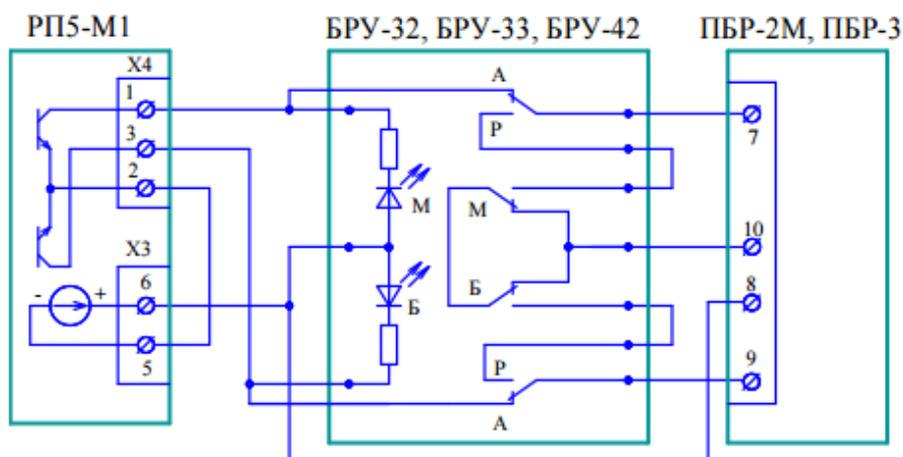


Рисунок 11 - Схема соединений регулятора RP5-M1 с блоками ручного управления БРУ и пускателями бесконтактными ПБР

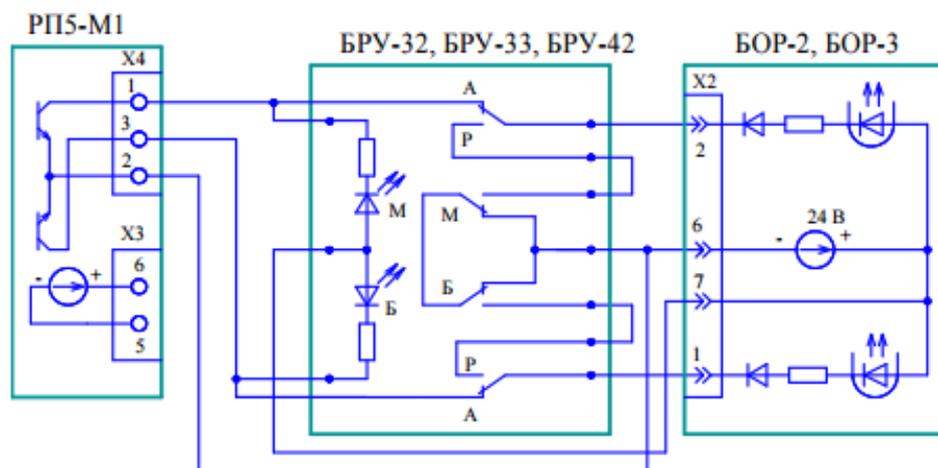


Рисунок 12 - Схема соединений регулятора РП5-М1 с блоками ручного управления БРУ и блоками оптореле БОР

Схема подключений регулятора РП5-М1

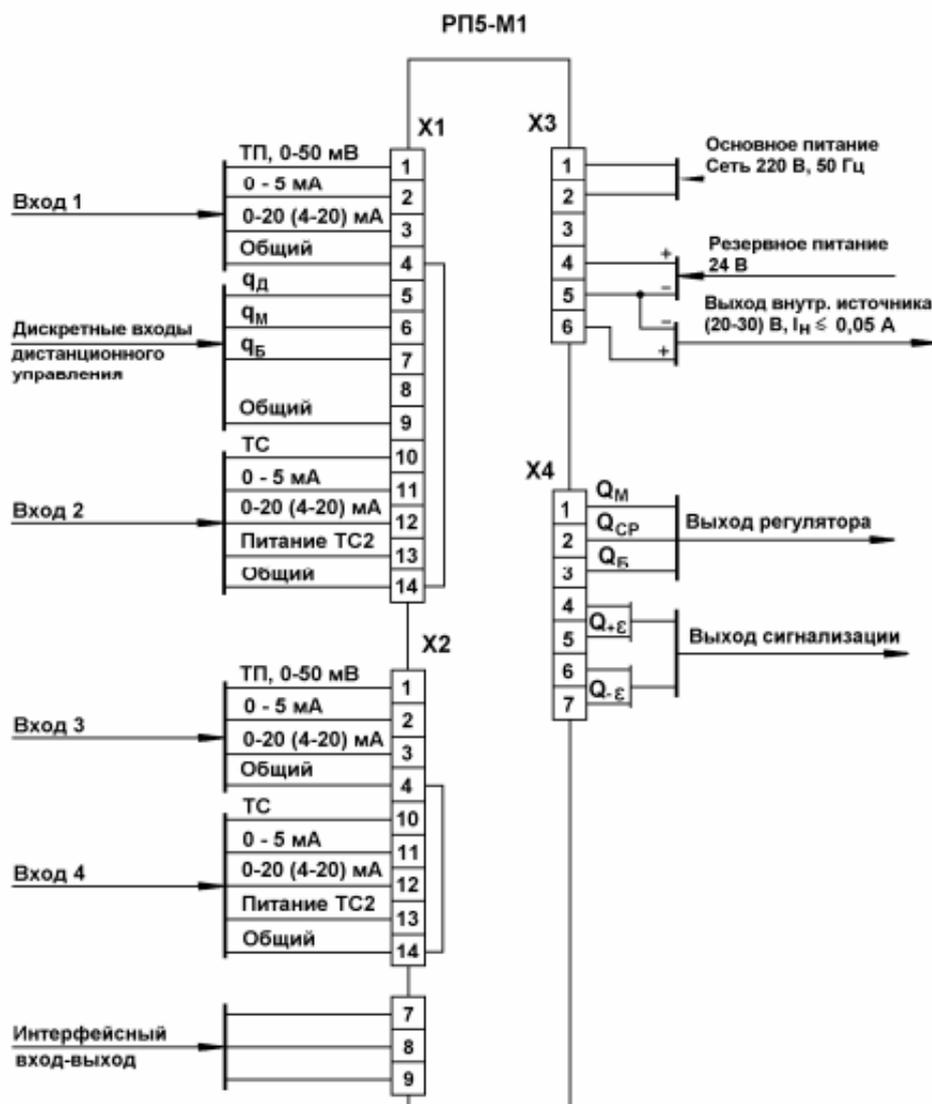


Рисунок 13 - Схема подключений регулятора РП5-М1

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать принципиальную схему типовой системы регулирования на базе регулятора РП5-М1.
2. Спроектировать принципиальную схему в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 14

Проектирование схем подключения датчиков типа РЗД-12, РЗД-22

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы подключения задающих устройств типа РЗД-12 и РЗД-22 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить электрические принципиальные схемы задающих устройств.
2. Изучить подключение задающих устройств типа РЗД-12 и РЗД-22.
3. Разработать принципиальную схему подключения задающих устройств типа РЗД-12 и РЗД-22 к электрическому регулятору.
3. Спроектировать принципиальную схему подключения задающих устройств к электрическому регулятору в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Задатчики ручные РЗД относятся к изделиям Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) и рассчитаны на применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) и предназначены для выполнения операций:

- РЗД-12 – ручная установка задания для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения;
- РЗД-22 – ручная установка сигналов задания для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения, преобразование одного вида унифицированного сигнала постоянного тока или напряжения в другой.

Задатчик РЗД-12.

Это ручной потенциометрический задатчик с сопротивлением 10 или 2,2 кОм в зависимости от исполнения.

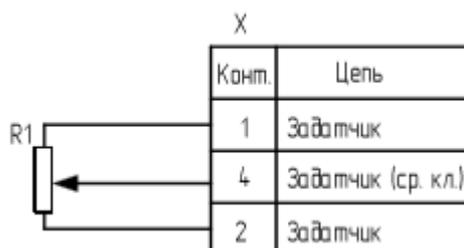


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная задатчика РЗД-12

Задатчик РЗД-22.

На передней панели задатчика расположена ручка установки задания с визиром, шкала на 50 делений, табличка для нанесения надписей. Ручка насажена на ось потенциометра, закрепленного на панели. К передней панели крепятся также подстроечные резисторы, доступ к которым осуществляется через отверстие с соответствующими надписями, находящимися под табличкой. Остальные элементы схемы расположены на печатной плате, которая крепится к боковинам с помощью винтов.

Соединение задатчика с внешними цепями осуществляется при помощи разъема, расположенного на задней панели. На задней панели имеется винт для заземления задатчика.

Схема электрическая принципиальная задатчика РЗД-22 представлена на рисунке 2. Задатчик состоит из регулируемого делителя напряжения, усилителя постоянного тока и источника питания. В состав усилителя постоянного тока входят операционный усилитель А и усилитель, собранный на транзисторе V10.

В основу работы задатчика положено управление выходным напряжением операционного усилителя, собранного на интегральной микросхеме, с помощью регулируемого делителя напряжения на одном из входов операционного усилителя. Делитель напряжения состоит из потенциометра и набора резисторов, которые могут подключаться параллельно или последовательно к потенциометру в зависимости от диапазона изменения входного сигнала. Усилитель постоянного тока охвачен отрицательной обратной связью. Сигнал обратной связи снимается с измерительного резистора, включаемого последовательно с нагрузкой. Этим обеспечивается пропорциональность изменения выходного тока транзистора входному напряжению усилителя постоянного тока. Источник питания состоит из трансформатора Т с двумя вторичными обмотками, напряжение вторичных обмоток которого выпрямляется

диодными мостами V6, V8 и сглаживается конденсаторами C3 и C4 соответственно. Питание операционного усилителя задатчика осуществляется от стабилизатора тока, выполненного на транзисторе V3, стабилитроне V5 и резисторах R10, R11. В режиме задатчика напряжение на делитель поступает со стабилитрона V4.

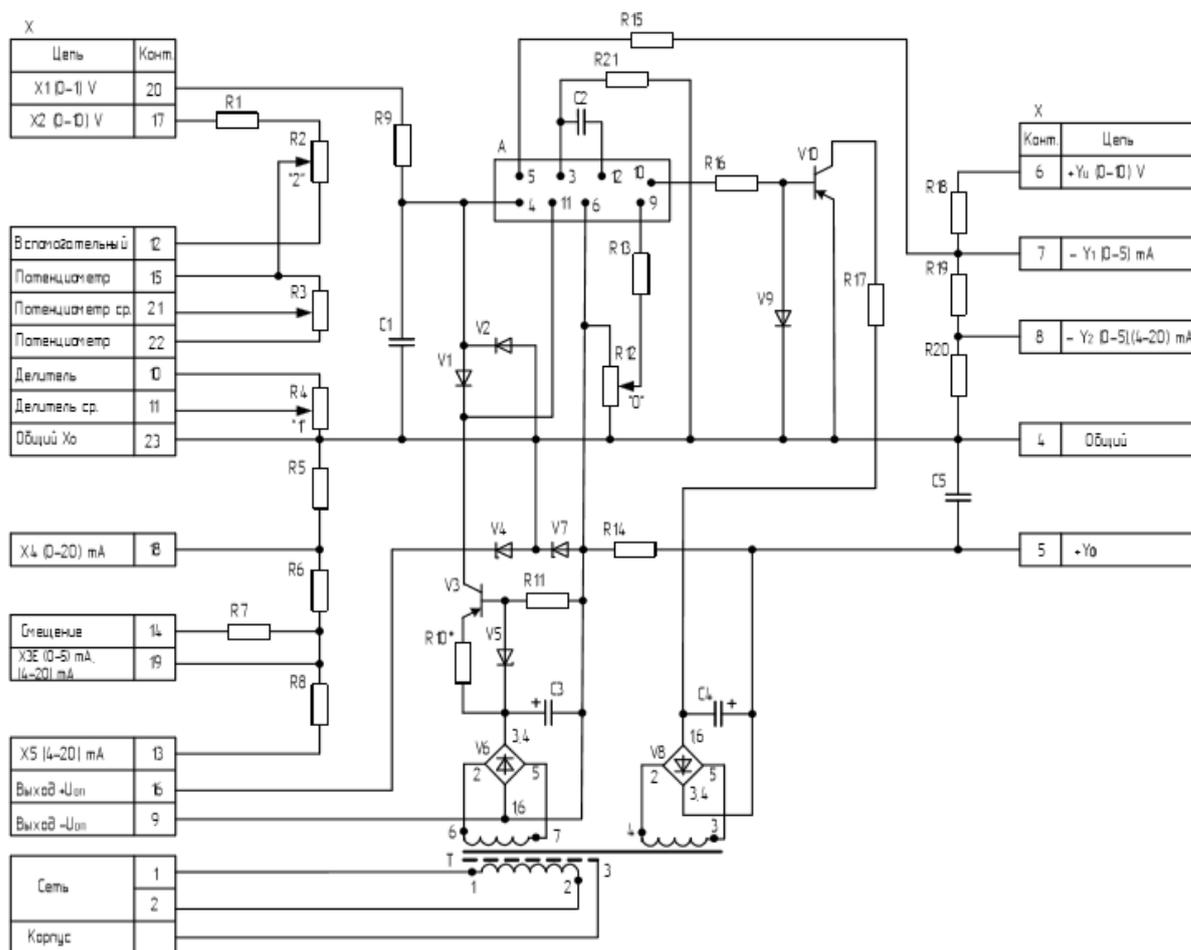


Рисунок 2 - Схема электрическая принципиальная задатчика РЗД-22

Схемы подключения нагрузки РЗД-22 для выходных сигналов задания представлены на рисунках 3, 4, 5:

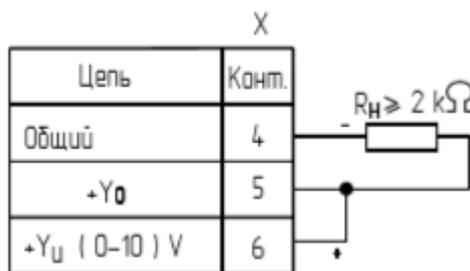


Рисунок 3 - Схемы подключения нагрузки РЗД-22 для выходного сигнала (0-10) В



Рисунок 4 - Схемы подключения нагрузки РЗД-22 для выходного сигнала (0-5) мА

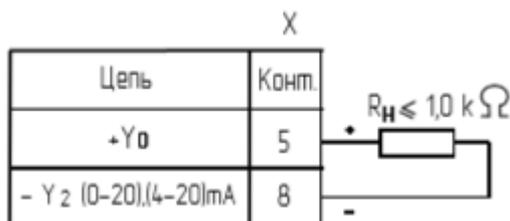


Рисунок 5 - Схемы подключения нагрузки РЗД-22 для выходных сигналов (0-20), (4-20) мА

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать принципиальную схему подключения задающих устройств типа РЗД-12 и РЗД-22 к электрическому регулятору.
2. Спроектировать принципиальную схему в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 15

Проектирование схем подключения блоков управления БРУ

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы подключения блоков управления типа БРУ-22, БРУ-32 и БРУ-42 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить электрические принципиальные схемы блоков управления типа БРУ-22, БРУ-32 и БРУ-42.
2. Изучить подключение блоков управления типа БРУ-22, БРУ-32 и БРУ-42.
3. Разработать принципиальные схемы подключения блоков типа БРУ-22, БРУ-32 и БРУ-42 в схемах автоматического управления и регулирования.

3. Спроектировать принципиальные схемы в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Блоки ручного управления комплекса АКЭСР рассчитаны на применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) и предназначены для переключения и индикации режимов цепей управления исполнительными устройствами, отображения положений регулирующих органов исполнительных устройств.

Выпускаются трех типов:

- 1) БРУ-22
- 2) БРУ-32
- 3) БРУ-42

Таблица – Функциональные возможности блоков

Условное обозначение	Выполняемые функции
БРУ-22	Ручное или дистанционное переключение цепей управления на два положения, световая индикация положения цепей; управление исполнительными механизмами.
БРУ-32	Ручное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно, кнопочное управление интегрирующими исполнительными механизмами, световая индикация выходного сигнала регулирующего устройства с импульсным выходным сигналом, отображение положения регулирующего органа на стрелочном индикаторе.
БРУ-42	Ручное или дистанционное переключение с автоматического режима управления на ручной и обратно, кнопочное управление интегрирующими исполнительными механизмами, световая индикация режимов управления, выходного сигнала регулирующего устройства с импульсным выходным сигналом, отображение положения регулирующего органа на стрелочном индикаторе.

Блоки конструктивно состоят из литого корпуса, защищенного кожухом и рассчитаны на щитовой утопленный монтаж, на вертикальной плоскости. Крепление блока к щиту осуществляется винтами за панель корпуса.

В задней части блоков находится колодка для внешних соединений.

Схемы электрические принципиальные блоков БРУ

Блоки БРУ-22, БРУ-42 содержат реле с магнитной блокировкой, которое выполняет функции переключателя на два положения. Переключение реле происходит при прохождении импульса постоянного тока через соответствующую обмотку.

Напряжение питания, снимаемое с выпрямительного моста, сглаживается конденсатором, используется для переключения реле и питания индикаторов единичных.

Функциональные возможности блока БРУ- 42.

Кнопка "☒" позволяет переключать контакты блока в режим управления "РУЧНОЙ", кнопка " О " - в противоположное состояние (режим управления "АВТОМАТИЧЕСКИЙ").

Группа контактов кнопок "▶" и "◀" служит для управления исполнительными устройствами.

Вторые группы контактов кнопок "▶" и "◀" выведены на выходную колодку и служат для коммутации внешних цепей.

Индикаторы единичные "☒" и "О" через неподвижный контакт группы К1.1 реле К1 попеременно связаны с плюсом внутреннего источника питания, служат для индикации режимов управления "РУЧНОЙ" и "АВТОМАТИЧЕСКИЙ".

Индикаторы единичные "▶" и "◀" служат для индикации импульсных выходных сигналов регулирующих устройств.

Переключение блока в один из режимов управления может производиться также дистанционно: замыканием контактов 2 и 37 или 2 и 34 или 3 и 1.

Переключающие группы контактов реле выведены на контакты разъема. После включения питания, блок переходит в режим управления, определяемый замкнутой цепью дистанционного управления.

Блок содержит стрелочный указатель, осуществляющий индикацию аналоговых сигналов 0-5 мА, 4-20 мА или 0-10 В.

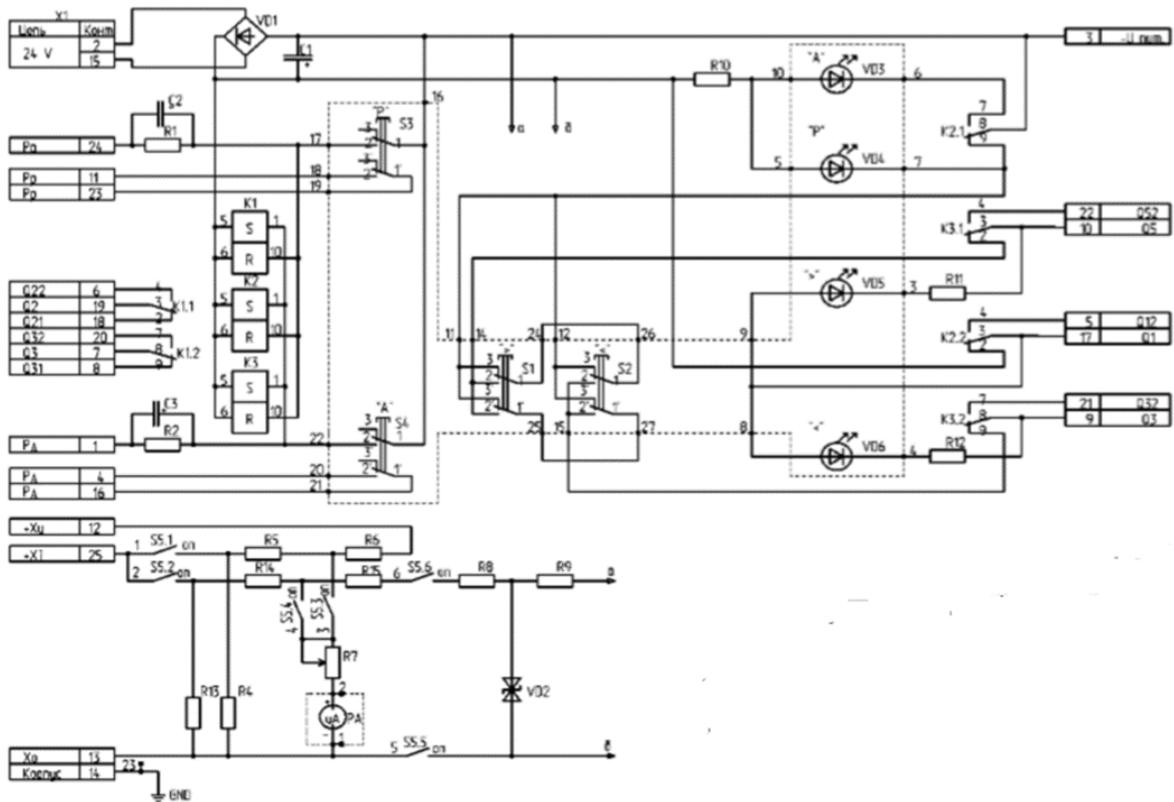


Рисунок - Схема электрическая принципиальная блока БРУ-42

Функциональные возможности блока БРУ-22.

Работа блока в принципе не отличается от БРУ-42, за исключением некоторых функций. Кнопка "▶" позволяет переключать контакты реле блока в положение, изображенное на схеме. Переключение реле в противоположное состояние возможно при соединении контакта 31 с контактом 34 и нажатии кнопки "◀".

Дистанционное переключение реле блока возможно при попеременном замыкании и размыкании контактов 2-35, 2-36 или 2-37, 2-34.

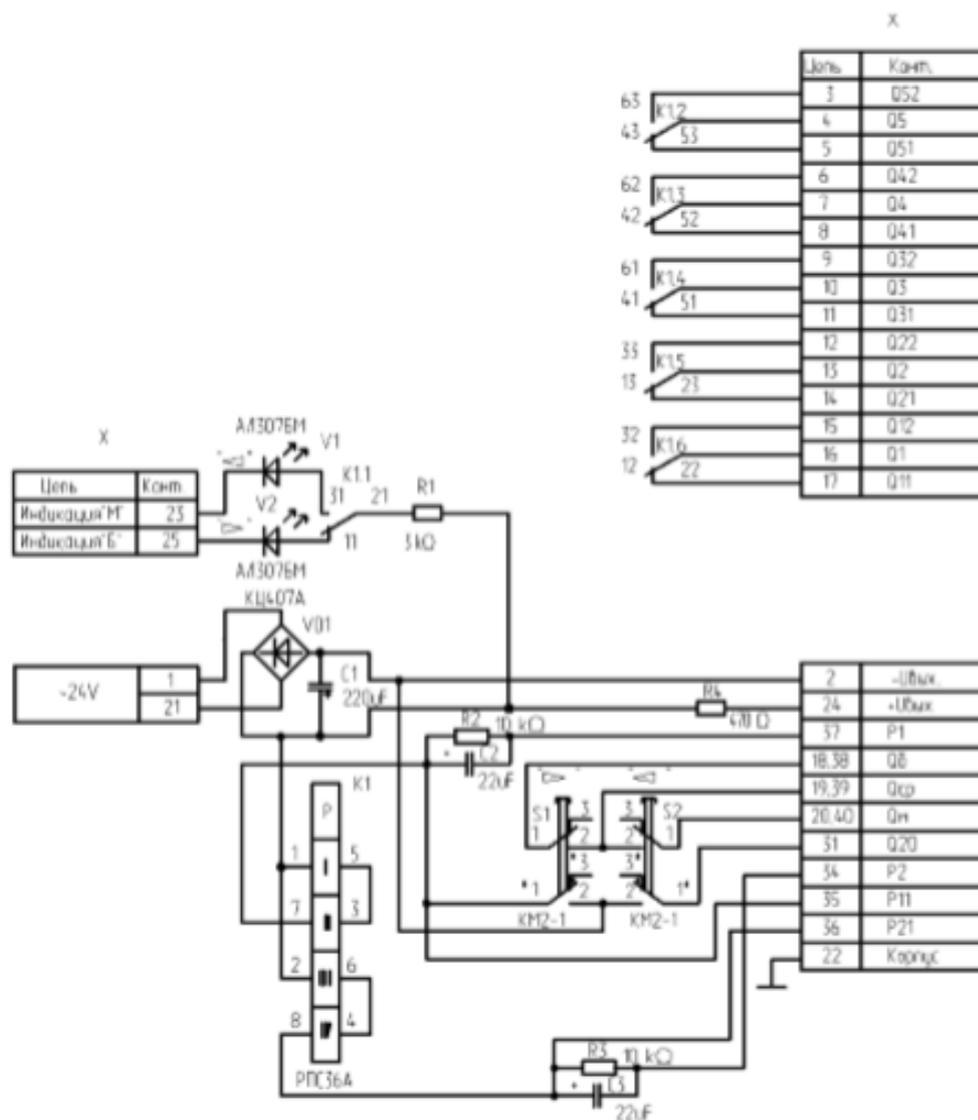


Рисунок - Схема электрическая принципиальная блока БРУ-22

Функциональные возможности блока БРУ-32.

Переключатель режимов предназначен для ручного переключения цепей управления. Нажатое и не нажатое положение переключателя имеют фиксацию. Нажатое, с поворотом против часовой стрелки, положение соответствует режиму управления "АВТОМАТИЧЕСКИЙ", не нажатое - режиму управления "РУЧНОЙ". Остальные функции аналогичны с блоком БРУ-42.

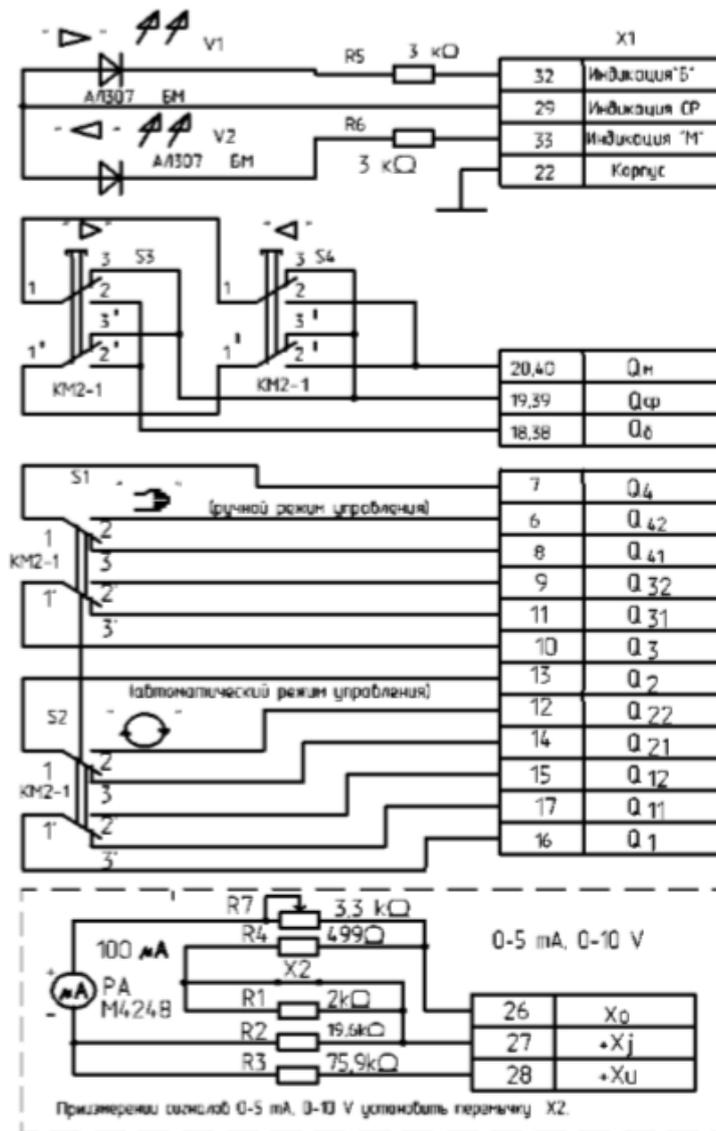


Рисунок – Схема электрическая принципиальная блока БРУ-32

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 16

Разработка системы каскадного регулирования на базе регуляторов Р17 и Р27

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы каскадного регулирования на базе регуляторов Р17 и Р27 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить схемы электрические принципиальные регуляторов Р17 и Р27.

2. Изучить схемы подключения регуляторов Р17 и Р27.
3. Разработать схемы каскадного регулирования на базе регуляторов Р17 и Р27.
3. Спроектировать принципиальные схемы в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Аналоговый регулятор Р17.

Блок регулирующий аналоговый Р17 с непрерывным выходным сигналом предназначен для применения в схемах автоматического регулирования различных технологических процессов.

Блок выполняет следующие функции:

- алгебраическое суммирование входных сигналов постоянного тока;
 - введение информации о заданном значении регулируемой величины;
 - формирование выходного непрерывного электрического сигнала для воздействия на управляемый процесс в соответствии с одним из следующих законов регулирования: пропорциональным (П), пропорционально-дифференциальным (ПД), пропорционально-интегральным (ПИ), пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД);
 - ручное управление нагрузкой и безударное переключение режимов работы с ручного на автоматическое и обратно (в комплекте с внешним блоком управления);
 - ограничение выходного сигнала;
 - масштабирование входных сигналов;
 - демпфирование сигнала отклонения;
 - гальваническое разделение входных цепей друг от друга и от выходных цепей.
- Электрическая принципиальная схема блока приведена на рисунке 1.

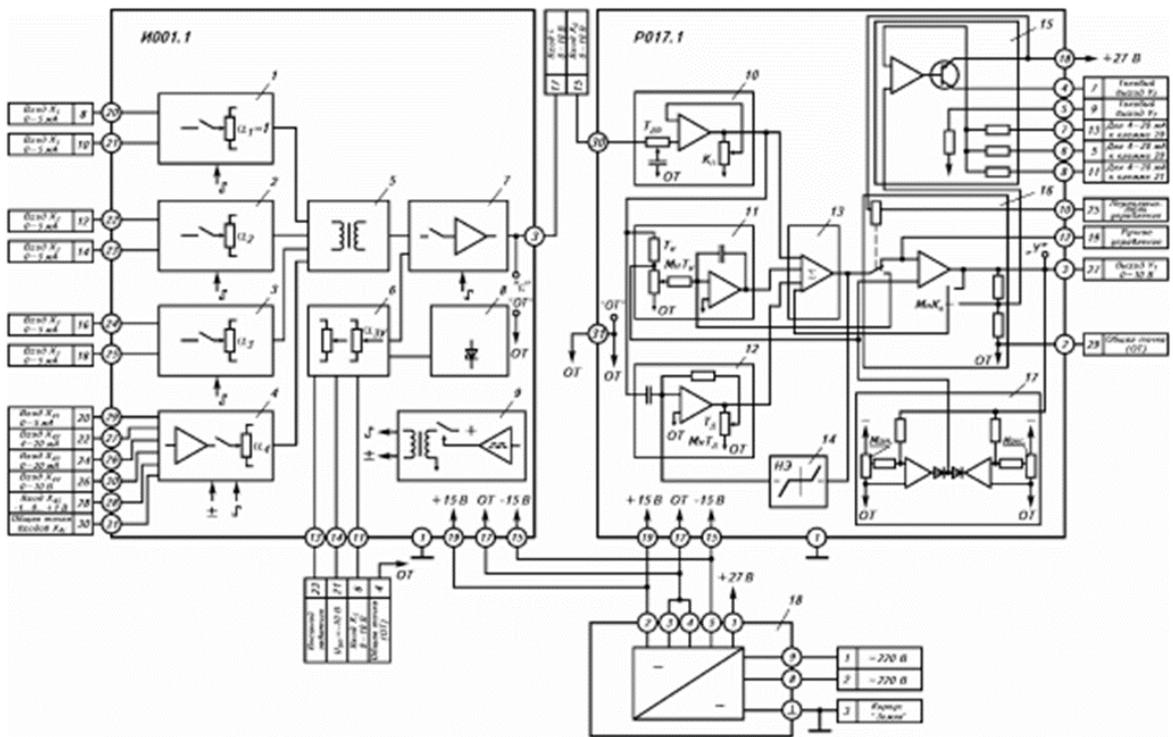


Рисунок 1 – Электрическая принципиальная схема P17

Электрическая принципиальная схема блока P17:

1-3 - модуляторы; 4 - усилитель-модулятор; 5 - сумматор; 6 - корректор; 7 - демодулятор-усилитель; 8 - источник опорного напряжения; 9 - генератор; 10 - входной усилитель; 11 - интегратор; 12 - дифференциатор; 13 - сумматор; 14 - нелинейный элемент; 15 - преобразователь напряжения в ток; 16 - выходной усилитель; 17 - ограничитель; 18 - источник питания ИПС01;

α_{1-4} - масштабные коэффициенты; u - внешнее задающее устройство; T_d - постоянная времени демпфирования; $OТ$ - общая точка; K_p - коэффициент изменения пропорциональности; T_i - постоянная времени интегрирования; M_n - множитель; T_d - постоянная времени дифференцирования

Измерительный модуль И001.1 осуществляет суммирование и масштабирование входных сигналов, введение информации о заданном значении регулируемой величины, формирование и усиление сигнала отклонения регулируемой величины от заданного значения.

Регулирующий модуль P017.1 осуществляет формирование выходного непрерывного электрического сигнала блока в соответствии с П-, ПД-, ПИ- или ПИД-законами регулирования, двустороннее регулируемое ограничение выходного сигнала,

демпфирование сигнала отклонения, а также в комплекте с внешним блоком управления ручное управление выходным сигналом и безударное переключение режимов работы.

Схема подключения регулятора Р17.

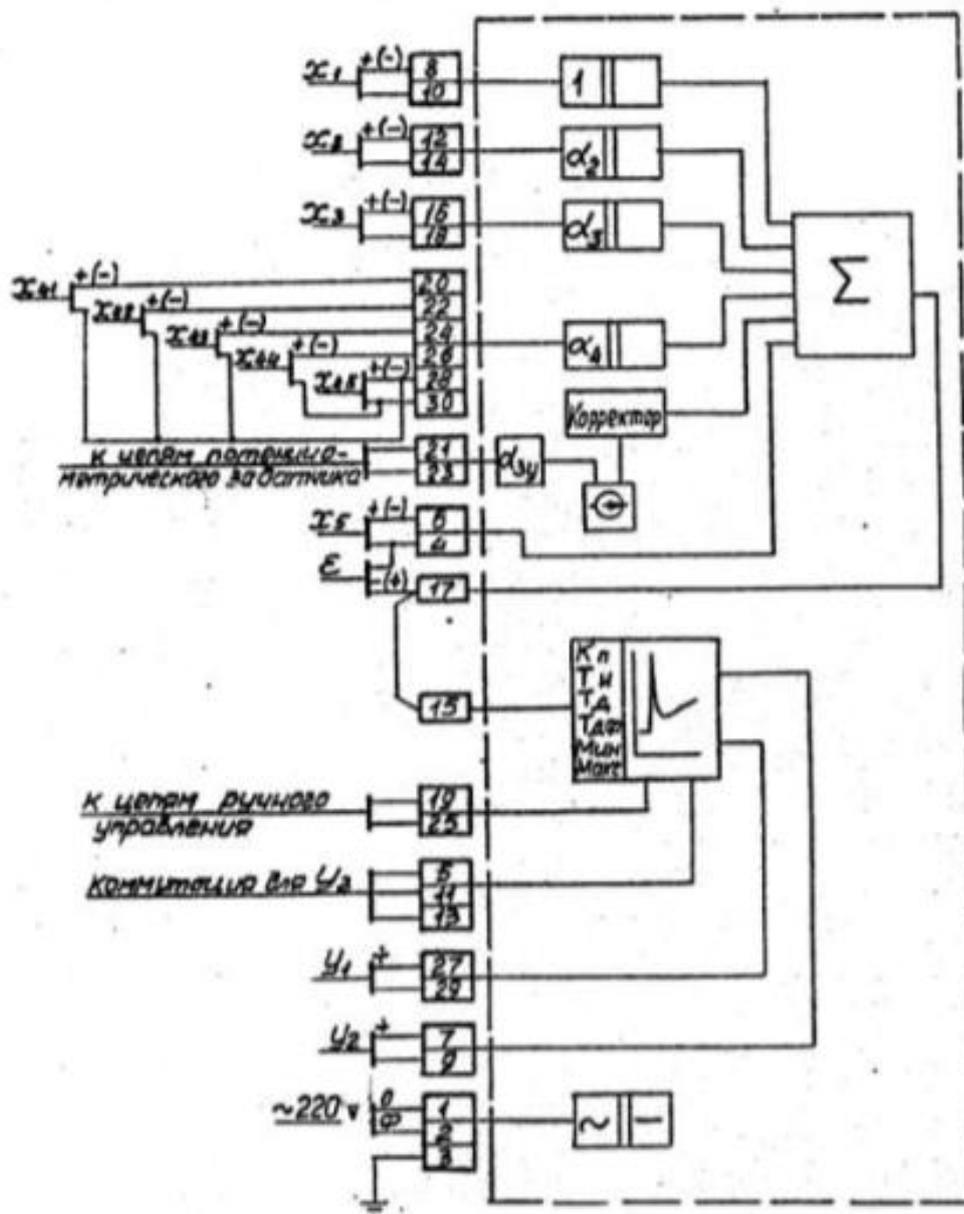


Рисунок 2 – Схема подключения блока Р17

Импульсный регулирующий блок Р27.

Блок регулирующий с импульсным выходным сигналом типа Р27 предназначен для применения в схемах автоматического регулирования технологических параметров в различных отраслях промышленности.

Блок выполняет следующие функции:

- суммирование унифицированных входных сигналов постоянного тока;

- введение информации о заданном значении регулируемой величины, формирование и усиление сигнала отклонения регулируемой величины от заданного значения;
- формирование выходного импульсного электрического сигнала для воздействия на управляемый процесс в соответствии с одним из следующих законов регулирования: пропорциональный (П) совместно с датчиком положения исполнительного механизма;
- пропорционально-интегральный (ПИ) совместно с исполнительным механизмом; пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) совместно с исполнительным механизмом; трехпозиционный и двухпозиционный;
- масштабирование входных сигналов;
- демпфирование сигнала отклонения;
- гальваническое разделение входных и выходных цепей, а также входных цепей друг от друга;
- индикация выходного сигнала;
- введение запрета на управление нагрузкой.

Принципиальная электрическая схема блока приведена на рисунке 3.

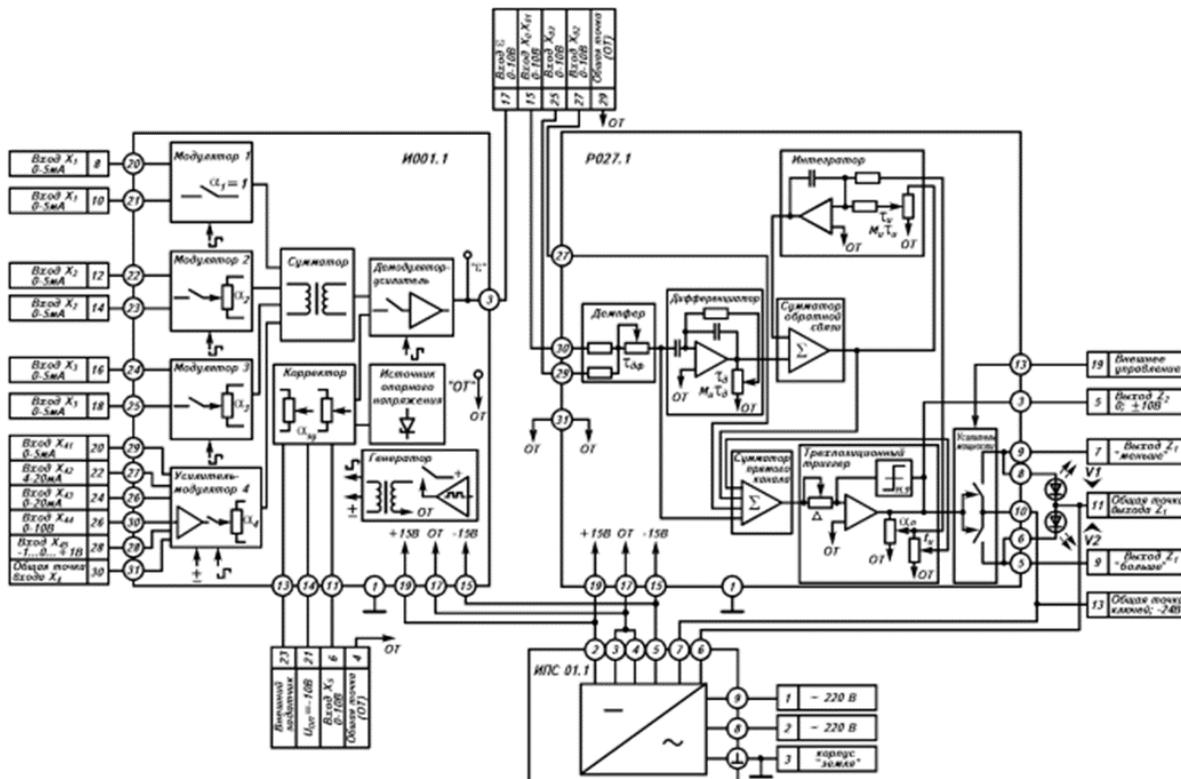


Рисунок 3 - Принципиальная электрическая схема

Измерительный модуль осуществляет суммирование и масштабирование входных сигналов, введение информации о заданном значении регулируемой величины, формирование и усиление сигнала отклонения регулируемой величины от заданного значения.

Регулирующий модуль осуществляет формирование выходных импульсных электрических сигналов блока Z1, Z2 в соответствии с ПИ, ПИД, трехпозиционным или двухпозиционным законами регулирования, демпфирование сигнала отклонения, гальваническое разделение входных и выходных цепей модуля, введение запрета на управление нагрузкой.

Исполнение регулирующего модуля, определяемое номинальными диапазонами изменения основных параметров настройки, и группа модуля, определяемая допускаемыми отклонениями указанных параметров от номинальных значений, соответствуют исполнению и группе блока (таблица 2).

К выходу Z1 регулирующего модуля подключены светодиоды V1, V2, расположенные на передней панели блока и являющиеся индикаторами выходного сигнала Z1.

Источник питания формирует напряжение постоянного тока для питания измерительного и регулирующего модулей.

Измерительный модуль содержит следующие функциональные узлы:

- модуляторы 1; 2; 3;
- усилитель-модулятор 4;
- сумматор;
- демодулятор-усилитель; узел корректора; источник опорного напряжения;
- генератор.

Модуляторы 1; 2; 3 преобразуют унифицированные сигналы постоянного тока 0 - плюс 5 мА (соответственно X1, X2, X3) в сигналы напряжения переменного тока. Сигналы X2, X3 умножаются при этом на масштабные коэффициенты соответственно 2, 3.

Усилитель-модулятор 4 суммирует сигналы постоянного тока X41 (0 - плюс 5 мА); X42 (плюс 4 - плюс 20 мА); X43 (0 - плюс 20 мА);

X44 (0 - плюс 10 В); X45 (минус 1 - 0 - плюс 1 В), преобразует их алгебраическую сумму в сигнал переменного тока и умножает на масштабный коэффициент 4.

Сигналы с выходов модуляторов 1; 2; 3 и усилителя-модулятора 4 суммируются сумматором, обеспечивающим гальваническое разделение всех суммируемых входных сигналов друг от друга и от выходного сигнала.

Выходные сигналы сумматора и узла корректора $X_{кор}$, а также входной сигнал постоянного тока X_5 (0 - плюс 10 В) поступают на вход демодулятора-усилителя, который преобразует выходной сигнал сумматора в напряжение постоянного тока и суммирует все поступающие на него сигналы, формируя выходной сигнал модуля (сигнал отклонения).

Генератор формирует напряжение переменного тока практически прямоугольной формы частотой около 20 кГц для коммутации ключей модуляторов и демодулятора, а также напряжение постоянного тока, гальванически изолированное от общего питания модуля, для питания усилителя-модулятора 4.

Источник опорного напряжения питает узел корректора и внешнее потенциометрическое задающее устройство, подключаемое к блоку.

Питание модуля осуществляется стабилизированным напряжением постоянного тока плюс 15 и минус 15 В, поступающим от источника питания ИПС01.1.

Регулирующий модуль содержит следующие функциональные узлы: демпфер, дифференциатор, сумматор прямого канала, трехпозиционный триггер, интегратор, сумматор канала обратной связи и усилитель мощности (рисунок 2).

Сумма входных сигналов X_{01} и X_{03} модуля преобразуются демпфером по апериодическому закону с постоянной времени t_d и поступает на вход сумматора прямого канала, где суммируется с входным сигналом X_{02} модуля. Выходной сигнал сумматора прямого канала управляет трехпозиционным триггером с зоной нечувствительности D .

Сумматор прямого канала и трехпозиционный триггер охвачены функциональной отрицательной обратной связью через апериодическое звено, представляющее собой интегратор с постоянной времени, охваченный жесткой отрицательной обратной связью через сумматор канала обратной связи. При наличии сигналов на входе модуля в контуре, охваченном отрицательной функциональной связью, возникает режим периодических включений, в результате которых на выходе трехпозиционного триггера формируется последовательность импульсов, полярность и скважность которых зависит от полярности и величины входных сигналов модуля. Эти импульсы подаются на выход Z_2 модуля непосредственно, а на выход Z_1 - через усилитель мощности. В результате интегрирования выходных импульсов (например, исполнительным механизмом) формируется ПИ - закон регулирования. При этом постоянная времени интегрирования равна постоянной времени интегратора t_i , а коэффициент передачи p определяется степенью функциональной отрицательной обратной связи.

Длительность импульса t_i регулируется путем изменения степени жесткой положительной обратной связи, охватывающей трехпозиционный триггер через сумматор прямого канала.

В модуле предусмотрено также формирование дифференциальной составляющей закона регулирования для входных сигналов X_{01} и X_{03} . Для этого сумма указанных сигналов с выхода демпфера подается на вход дифференциатора, представляющего собой реальное дифференцирующее звено с постоянной времени T_d . Выходной сигнал дифференциатора поступает на вход сумматора обратной связи. В результате для входных сигналов X_{01} , X_{03} после интегрирования выходных импульсов модуля формируется ПИД-закон регулирования.

Питание модуля осуществляется от источника питания ИПС01.1 стабилизированным напряжением плюс 15 и минус 15 В и выпрямленным двухполупериодным напряжением со средним значением 24 В.

При отключенной дифференциальной составляющей для всех входных сигналов реализуется ПИ-закон регулирования. В модуле предусмотрена возможность отключения также и интегральной составляющей. В этом случае реализуются трехпозиционный и двухпозиционный законы регулирования. При охвате регулятора жесткой отрицательной обратной связью с выхода датчика положения выходного органа исполнительного механизма реализуется П-закон регулирования.

Схема подключения Р27.

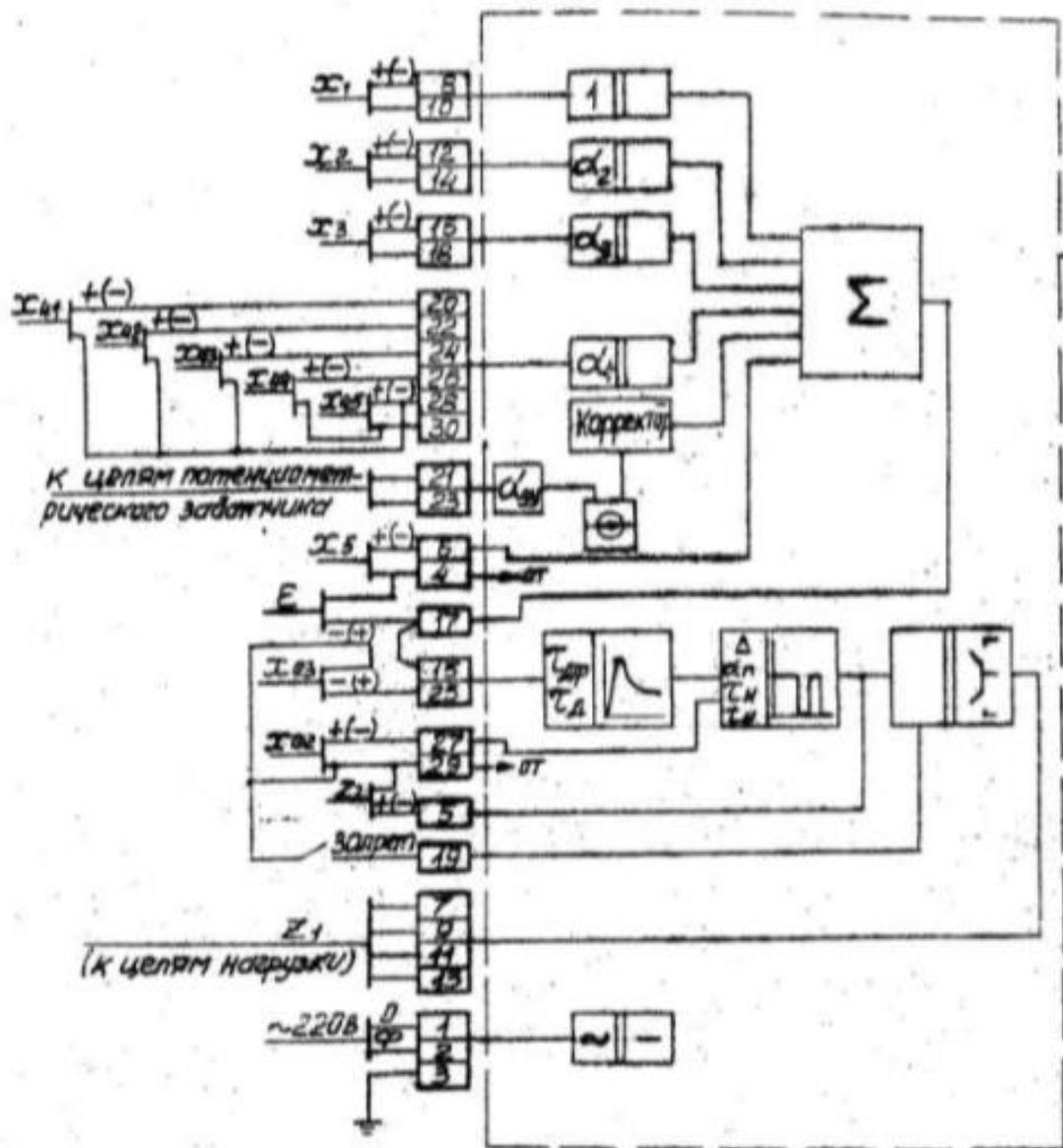


Рисунок 4 – Схема подключения блока P27

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать схемы каскадного регулирования на базе регуляторов P17 и P27: системы регулирования соотношения «газ-воздух» с коррекцией по анализу дымовых газов.
2. Спроектировать схемы каскадного регулирования в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 17

Изучение схемы подключения датчиков типа ЗУ-11 и ЗУ-05

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы подключения задающих устройств типа ЗУ-11 и ЗУ-05 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

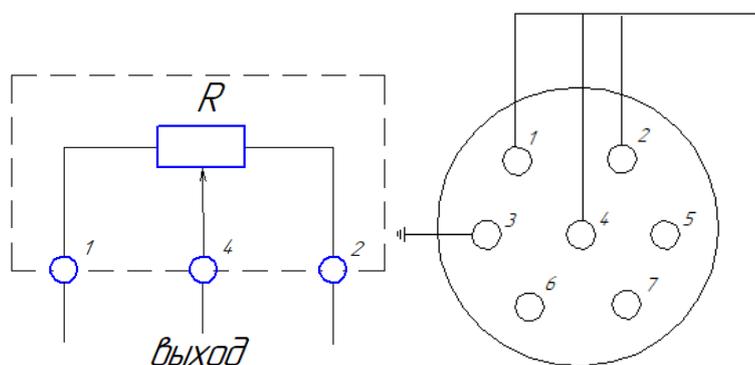
1. Изучить электрические принципиальные схемы задающих устройств.
2. Изучить подключение задающих устройств типа ЗУ-11 и ЗУ-05.
3. Разработать принципиальную схему подключения задающих устройств типа ЗУ-11 и ЗУ-05 к электрическому регулятору.
3. Спроектировать принципиальную схему подключения задающих устройств к электрическому регулятору в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Задающее устройство ЗУ-11

Устройство задающее потенциометрическое ЗУ-11 предназначено для применения в схемах автоматического регулирования в качестве вспомогательного устройства к регулирующим приборам ручного потенциометрического задатчика.

Устройство задающее потенциометрическое ЗУ-11 конструктивно выполнено в едином корпусе. На лицевую панель устройства вынесена шкала потенциометрического задатчика с ручкой управления. Выходной клеммник выполнен на штепсельном разъеме. Монтаж щитовой, утопленный на вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскости. Крепление устройства к плоскости щита осуществляется двумя винтами.



Устройство задающее токовой ЗУ-05

Предназначено для применения в системах автоматического регулирования производственных процессов в качестве ручного токового задатчика. На передней панели размещена ручка «Задание», при помощи которой устанавливается выходной ток устройства в пределах 0-5 мА, оцениваемый по шкале 0-100 %.

Принципиальная схема.

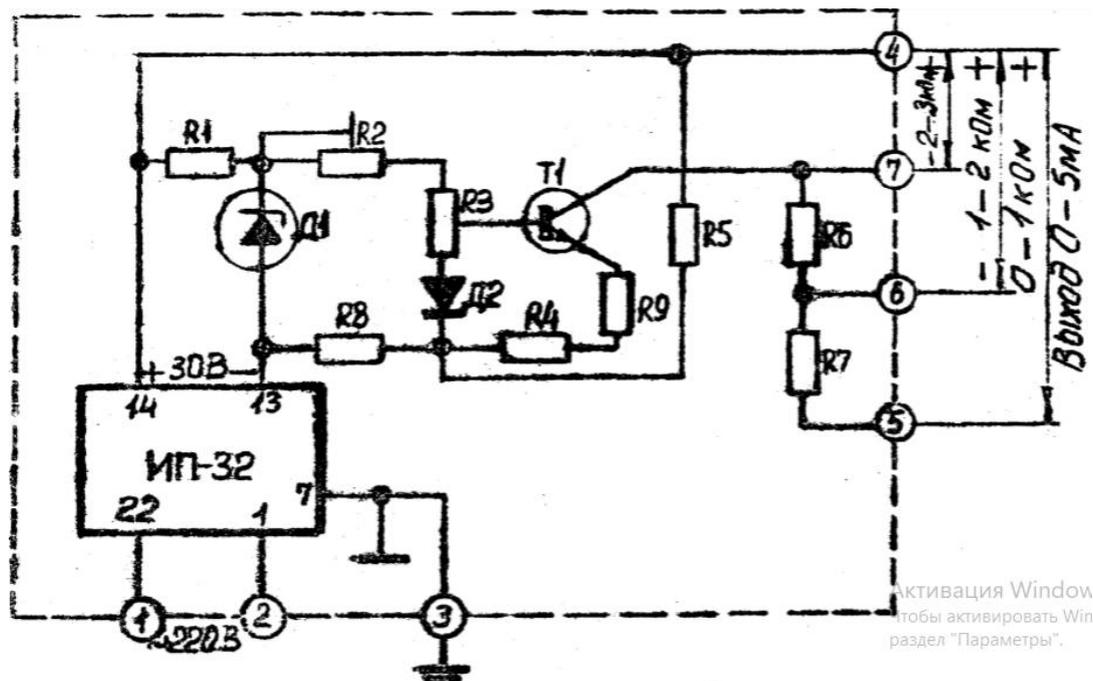


Рисунок 3 – Принципиальная схема задающего устройства ЗУ-05

ЗУ-05 представляет собой регулируемый источник постоянного тока, выполненный на транзисторе Т1, включенном по схеме с общим эмиттером. Рабочая точка транзистора стабилизирована с помощью последовательной отрицательной обратной связи (резистор R4), которая одновременно повышает выходное сопротивление усилителя. Нагрузка включается в коллекторную цепь транзистора – на клеммы 4-5, 4-6, 4-7 в зависимости от величины сопротивления нагрузки. Резисторы R6, R7 являются балластными. Выходной сигнал снимается с движка потенциометра R8.

Питание цепей нагрузки и входных цепей транзистора осуществляется от источника питания ИП-32.

Питание входных цепей стабилизировано с помощью стабилитрона Д1, рабочий ток в который задается резистором R1. Для компенсации динамического сопротивления

стабилитрона Д1 применена мостовая схема (R1, R4, R5, Д1). С помощью подстроечного резистора R2 устанавливается необходимый диапазон действия ручки потенциометра R8.

Диод Д2, включенный во входную цепь усилителя, осуществляет температурную стабилизацию величины выходного тока.

Источник питания ИП-32 содержит силовой трансформатор. На первичную обмотку трансформатора через клеммы 1-22 модуля подается напряжение переменного тока 220В. Ко вторичной обмотке подключается выпрямительный мост Д1. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсатором С1 и подается на клеммы 14-13 модуля. Клемма 7 соединяется с землей.

Схема внешних соединений ЗУ-05

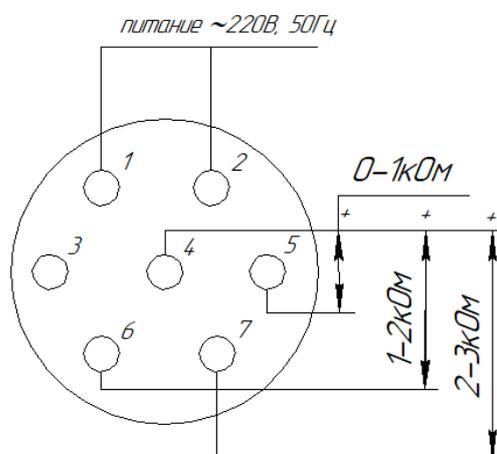


Рисунок 4 - Схема внешних соединений ЗУ-05

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать принципиальную схему подключения задающих устройств типа ЗУ-11 и ЗУ-05 к электрическому регулятору.

2. Спроектировать принципиальную схему в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 18

Изучение схем подключения блоков управления БУ

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы подключения блоков управления типа БУ-12 и БУ-21 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить электрические принципиальные схемы блоков управления типа БУ-12 и БУ-21.
2. Изучить подключение блоков управления типа БУ-12 и БУ-21.
3. Разработать принципиальные схемы подключения блоков типа БУ-12 и БУ-21 в схемах автоматического управления и регулирования.
3. Спроектировать принципиальные схемы в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Блок управления аналогового регулятора БУ-12.

Блок управления аналогового регулятора БУ12 предназначен для применения в схемах автоматического регулирования технологических параметров в качестве блоков управления, а также вспомогательных устройств к регулирующим приборам.

Функциональные возможности:

- безударное переключение цепей нагрузки аналогового регулирующего прибора с автоматического управления на ручное и обратно;
- ручное управление током нагрузки;
- контроль тока нагрузки (с помощью внешнего миллиамперметра 0...5 мА; $R_{вн}$ — не более 50 Ом).

Принципиальная схема.

Блок содержит два синхронно работающих, но гальванически развязанных регулируемых источника тока.

Питание регулируемых источников тока осуществляется от источника питания ИП-31, содержащего два гальванически изолированных выпрямителя. Каждый из двух источников тока представляет собой однокаскадный усилитель постоянного тока, выполненный соответственно на транзисторах Т1 и Т2, включенных по схеме с общим

эмиттером. Рабочие точки транзисторов стабилизированы с помощью последовательной отрицательной обратной связи (резисторы R8 и R12), которая одновременно повышает выходное сопротивление усилителей. Нагрузка включается в коллекторные цепи соответствующего усилителя: для транзистора T1 – к клеммам 11-12 через балластный резистор R11, для транзистора T2 – к клеммам 17-18, 17-19, 17-20 (в зависимости от величины сопротивления нагрузки). Резисторы R15, R16 являются балластными. Входной сигнал усилителя снимается с движков спаренного потенциометра R4а-R4б.

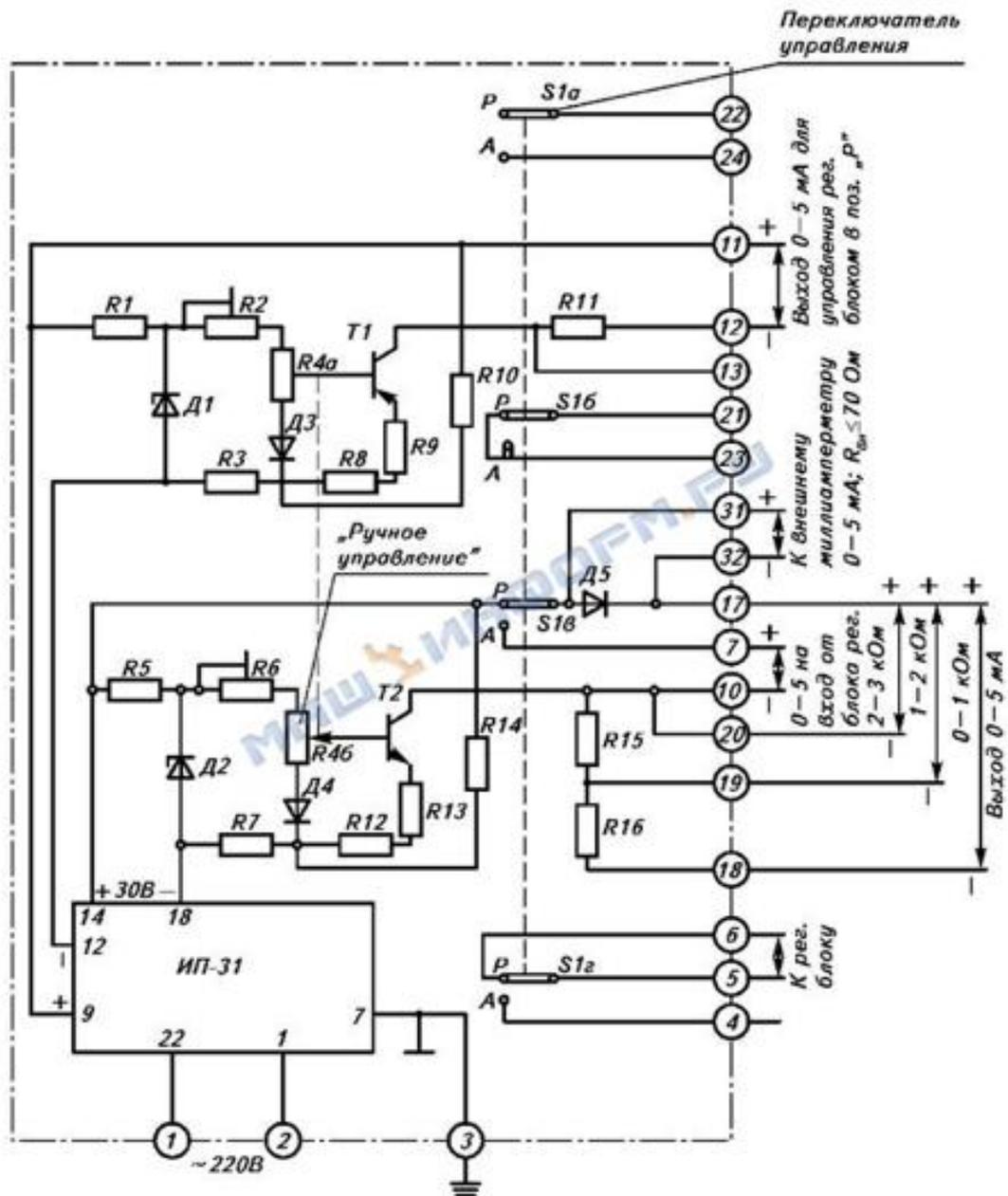


Рисунок 1 – Принципиальная схема блока БУ-12

Питание входных цепей стабилизировано с помощью стабилитронов Д1 и Д2. Рабочий ток стабилитронов задается соответственно резисторами R1 и R5. Для компенсации динамического сопротивления стабилитронов Д1 и Д2 применены мостовые схемы (R1, R10, R3, Д1 и R5, R14, R7, Д2). С помощью подстроечных резисторов R2 и R6 устанавливается необходимый диапазон действия ручки потенциометра R4а-R4б. Диоды Д3 и Д4, включенные во входные цепи усилителей, осуществляют температурную стабилизацию выходного тока.

Клеммы 31-32 блока, зашунтированные диодом Д5, служат для контроля выходного тока усилителя 2 с помощью внешнего миллиамперметра. При отключенном миллиамперметре цепь тока замыкается через открытый диод Д5. При подключении миллиамперметра диод Д5 закрывается и весь ток поступает в рамку миллиамперметра.

Контакты S1в переключателя управления в положении "Р" – ручное подключают цепь нагрузки к выходу блока БУ-12, а в положении "А" автоматическое - к выходу аналогового регулирующего блока. Контакты S1г переключателя управления коммутируют цепи аналогового регулирующего блока, обеспечивающие плавное («безударное») переключение с автоматического управления на ручное и обратно.

Контакты S1а, S1б переключателя управления могут быть использованы для коммутации различных цепей схемы управления объектом.

Источник питания типа ИП-31 содержит силовой трансформатор. На первичную обмотку трансформатора подается напряжение переменного тока 220 В. Ко вторичным обмоткам подключены полупроводниковые выпрямительные мосты. Выпрямленное напряжение фильтруется конденсаторами и подается на клеммы модуля.

Схема внешних соединений.

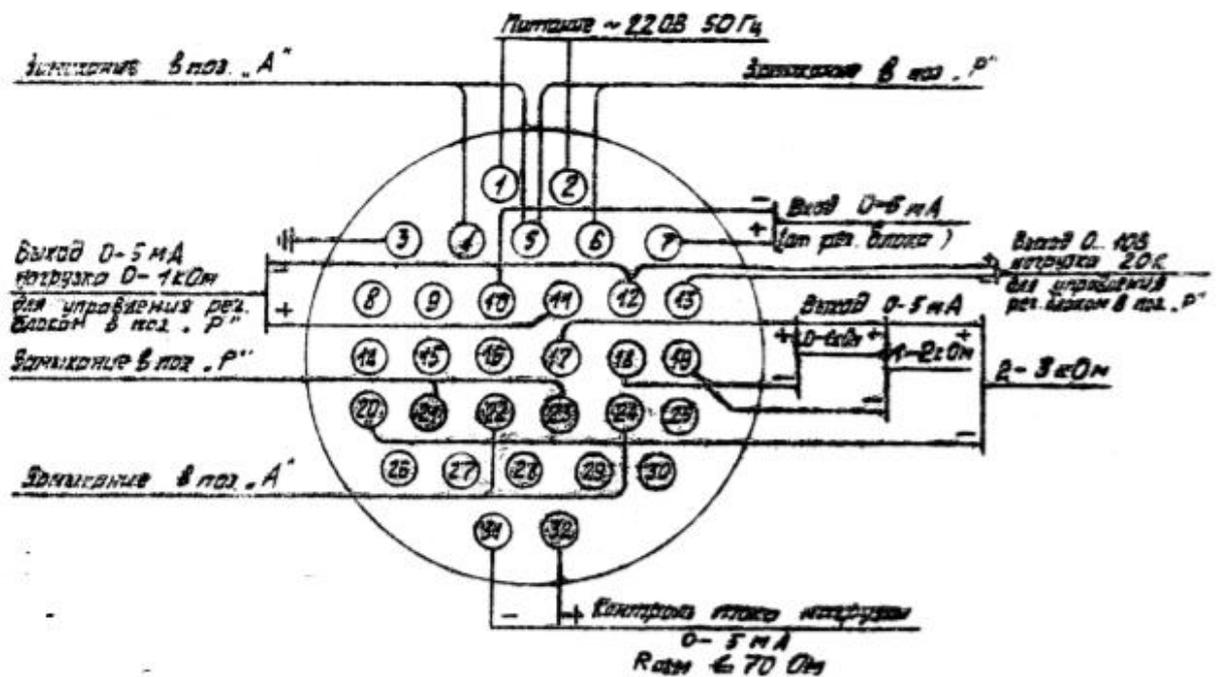


Рисунок 2 – Схема внешних соединений блока БУ-12

Блоку управления релейного регулятора БУ-21.

Блок управления релейного регулятора БУ-21 предназначен для ручного переключения управления с нагрузкой релейного регулирующего блока с автоматического «А» на ручное «Р» или внешнее «В» для коммутации цепей ручного управления.

Блок управления БУ 21 конструктивно выполнен в одном корпусе и крепится к плоскости двумя винтами.

На лицевую панель блока управления вынесены:

- световые индикаторы «Б» - больше и «М» - меньше;
- кнопка индикации «И»;
- кнопки ручного управления в сторону «Б» и «М»;
- переключатель управления нагрузкой на три фиксированных положения: «А» - автоматическое, «Р» - ручное и «В» - внешнее.

Электрическая принципиальная схема блока управления БУ 21.

SA1, SA2, SA3, SA4 - переключатели;

VD1, VD2 - светодиоды;

VD3, VD4 - диоды;

R1 - сопротивление;

1-32 - контакты

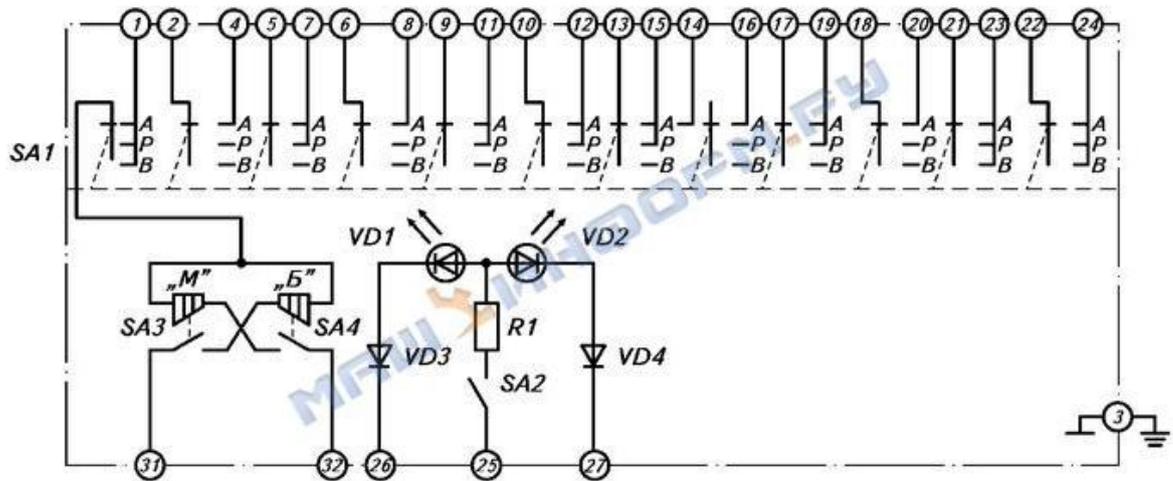


Рисунок 3 - Принципиальная схема блока управления БУ 21

Выходная клеммная колодка блока выполнена на штепсельном разъеме:

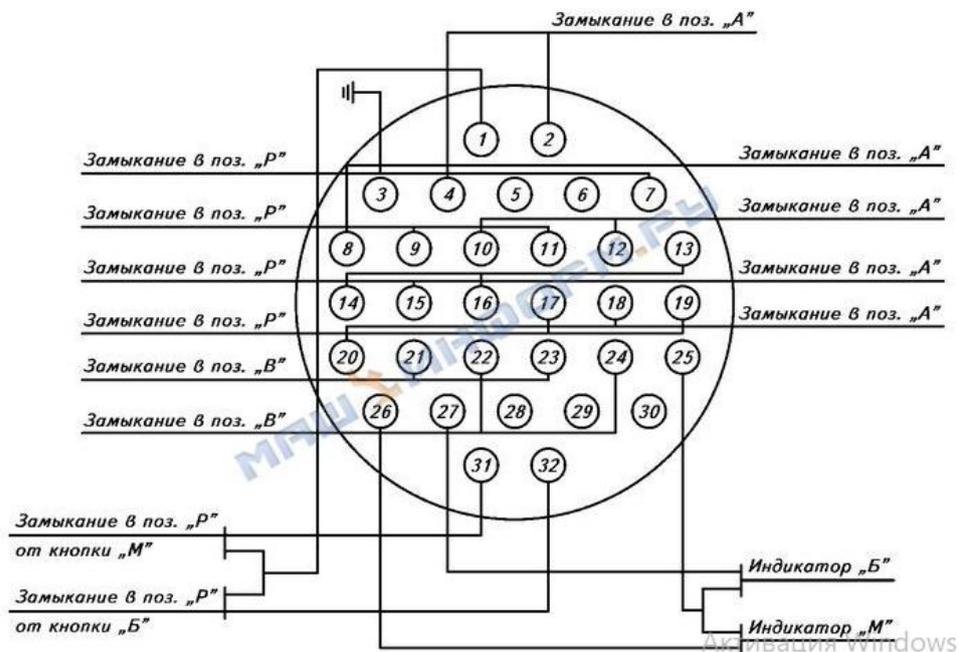


Рисунок 4 - Схема внешних соединений блока БУ-21

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать принципиальную схему подключения блока управления БУ-21 и электрического регулятора.
2. Спроектировать принципиальную схему в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 19

Разработка системы регулирования температуры на базе регулятора РС 29

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться проектировать схемы автоматического регулирования температуры на базе регулятора РС 29 в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить электрические принципиальные регуляторов РС29.
2. Изучить схемы подключения регуляторов РС29.
3. Разработать схемы автоматического регулирования температуры на базе регулятора РС 29.
3. Спроектировать принципиальные схемы в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Регулирующие приборы типа РС29 предназначены для формирования пропорционально-интегрального или пропорционально-интегрально-дифференциального закона регулирования совместно с электрическим исполнительным механизмом постоянной скорости.

Приборы РС29М широко применяются в системах автоматизации объектов промышленной энергетики и теплоснабжения, а также на более мощных энергетических установках. Работают обычно в комплекте с усилителями У29.3М.

Функциональные возможности:

- регулирование по ПИ, П и трехпозиционному; двухпозиционному законам регулирования, а при использовании динамического преобразователя по ПИД закону;
- переключение вида управления с автоматического на ручное и обратно; ручное управление исполнительным механизмом;

- сигнализация предельных отклонений регулируемой величины от заданного значения;

- цифровая индикация одного из четырех параметров по выбору (для исполнений с цифровой индикацией):

- 1) заданного значения регулируемой величины;
- 2) отклонения регулируемой величины от заданного значения;
- 3) положения исполнительного механизма;
- 4) дополнительного параметра.

Регулирующие приборы типа РС29.2.

Приборы типа РС29.2 предназначены:

- для поддержания постоянного заданного значения разности температур (температуры) в системах автоматического регулирования различных теплотехнических процессов и системах горячего водоснабжения (исполнения РС29.2.22М, РС29.2.23М);

- для регулирования разности температур теплоносителей (температуры теплоносителя) в нелинейной (линейной) зависимости от температуры наружного воздуха в системе регулирования отопительных котельных на ЦТП и т.п. (исполнения РС29.2.32М, РС29.2.33М).

Подключение прибора РС29.2М.

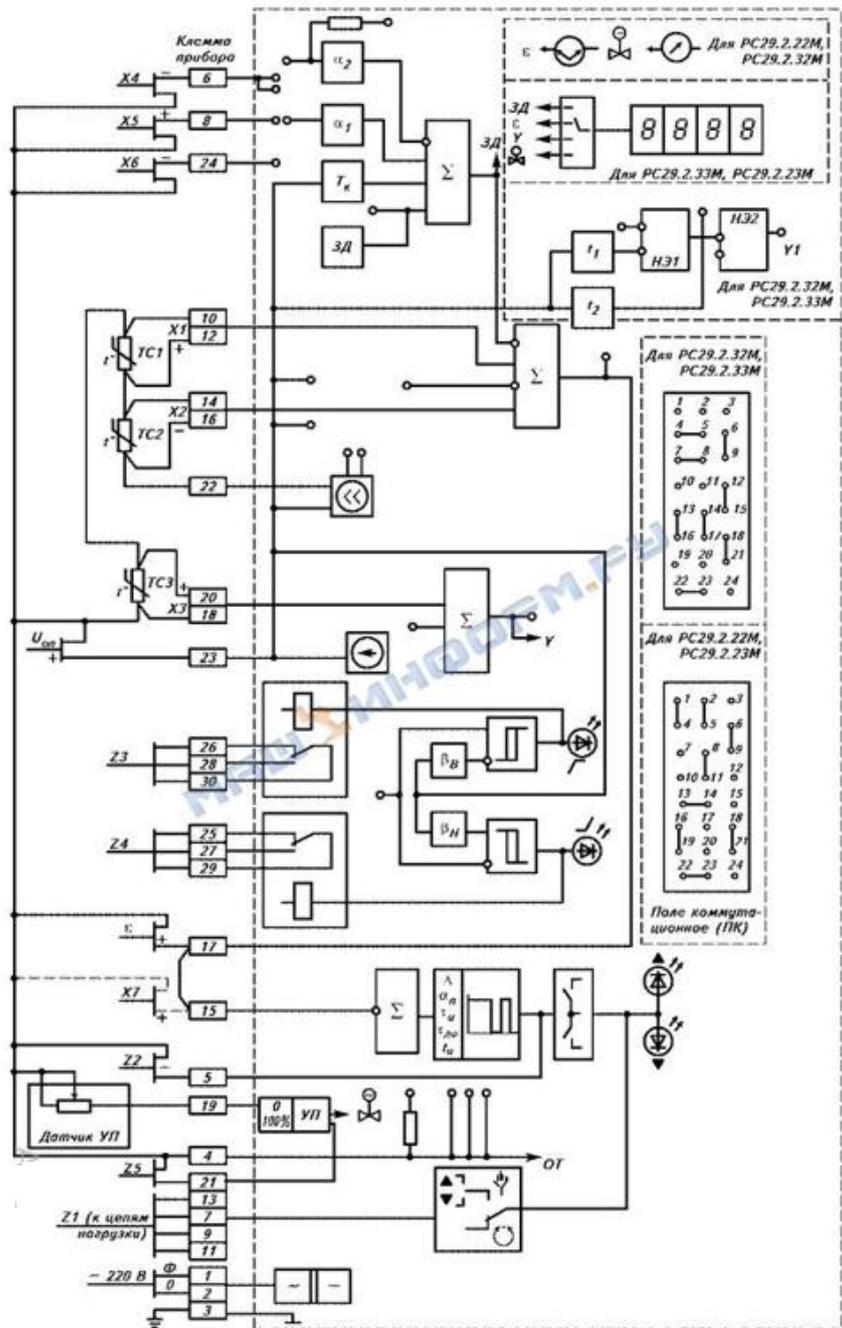


Рисунок 1 - Схема подключения прибора РС29.2М

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Разработать схемы автоматического регулирования температуры на базе регулятора РС 29.2М.
2. Спроектировать схемы автоматического регулирования температуры в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 20

Изучение схем подключения бесконтактных пускателей ПБР-2М

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство, работу и схемы подключения бесконтактных пускателей ПБР-2М.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить принцип работы пускателя ПБР-2М.
2. Изучить схемы подключения пускателя ПБР-2М.
3. Спроектировать схемы подключения пускателя ПБР-2М в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-2М

Пускатель предназначен для бесконтактного управления электрическим исполнительным механизмом с однофазным конденсаторным электродвигателем и имеет две модификации: ПБР-2М и ПБР-2М1.

Пускатель ПБР-2М - для механизмов, имеющих электромагнитный тормоз, а ПБР-2М1 - для механизмов, имеющих механический тормоз.

Электрическое питание пускателя осуществляется от сети однофазного переменного тока с номинальным напряжением 220, 230 или 240 В и частотой 50 или 60 Гц.

Устройство и принцип работы ПБР-2М.

Пускатель состоит из платы, кожуха и передней панели.

На передней панели расположены две клеммные колодки для подключения пускателя к внешним цепям, а также винт заземления. Клеммные колодки закрываются крышками.

На плате устанавливаются элементы схемы пускателя. Плата вставляется в кожух и закрепляется двумя винтами.

Пускатель рассчитан на установку на вертикальной или горизонтальной плоскости. Положение в пространстве – любое.

Принцип работы пускателя.

Схема пускателя состоит из схемы управления бесконтактными ключами, силовой схемы, коммутирующей напряжение питания механизма, и источника питания для дистанционного управления пускателем.

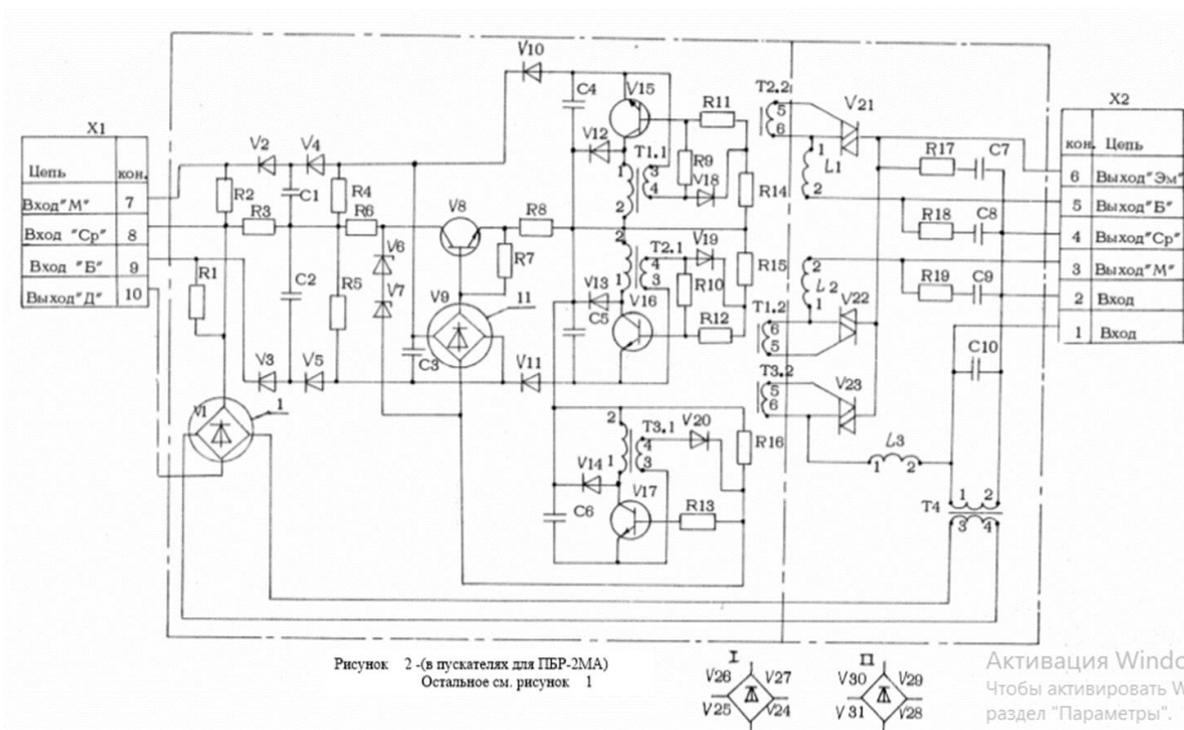


Рисунок – Схема электрическая принципиальная пускателя ПБР-2М

В схеме управления резисторы R1, R2 задают входное сопротивление пускателя при малом уровне входного сигнала. Резистор R3 ограничивает бросок входного тока при подаче сигнала управления на вход пускателя. Конденсаторы C1, C2 и диоды V2, V3 сглаживают пульсацию управляющего сигнала. Транзистор V8, резисторы R4, R5 и диодная матрица V9 исключают включение блокинг-генераторов при подаче сигнала управления на оба входа.

Стабилитроны V6, V1 предназначены для защиты транзистора V8 от пробоя при перегрузке пускателя по входному сигналу.

Блокинг-генераторы, формирующие импульсы управления симмисторами, состоят из транзисторов V15 - V17 (V15, V16), диодов V12 - V14 (V10 - V13), V18 - V20 (V18, V19), трансформаторов T1 – T3 (T1, T2), конденсаторов C4 – C6 (C4, C5), резисторов R8 - R16.

В силовой схеме симмисторы V21 - V23 (V21, V22) коммутируют напряжение, от которого осуществляется электрическое питание механизма, а конденсаторы C7 -C9 (C8,

С9) и резисторы R17 - R19 (R18, R19) улучшают условия коммутации. Дроссели L1 - L3 (L1, L2) ограничивают величину ударного тока при аварийных перегрузках симмисторов.

Схема источника питания цепи дистанционного управления состоит из трансформатора Т4 и диодной матрицы V1. Вывод источника с отрицательным потенциалом соединен с клеммой 10 (выход “Д”), с положительным - с клеммой 8 (выход “Ср”).

Входной сигнал управления пускателем - постоянное напряжение (24 ± 6) В - подается на клеммы 8-7 или 8-9. На клемму 8 (вход “Ср”) подается положительный потенциал, на клеммы 7 (вход “М”) или 9 (вход “Б”) отрицательный потенциал сигнала управления.

Обозначение “М” (меньше) и “Б” (больше) приняты условно.

В исходном состоянии (входные сигналы отсутствуют) напряжения питания на схеме управления нет, симмисторы закрыты.

При подаче управляющего сигнала на клеммы 8-7 (8-9) заряжаются конденсаторы С1 (С2) и С3.

Напряжение с конденсатора С3 через диодную матрицу V9 подается на вход эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе V8.

Напряжение с выхода эмиттерного повторителя подается на блокит-генераторы, выполненные на транзисторах V15 (V16), V17 и трансформаторах Т1 (Т2), Т3. Блокит-генераторы формируют импульсы, отпирающие симмисторы V22 (V21) и V23. Питающее напряжение с клеммы 1 через открытый симмистор V23 и последовательно соединенный с ним V22 (V21), подается на выход пускателя клемму 3 (5).

В скобках указаны позиции элементов ПБР-2М1.

Схемы внешних соединений пускателя.

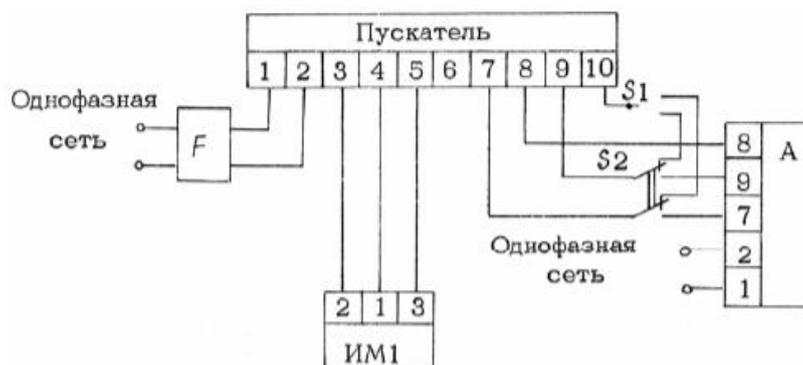


Рисунок 2 - Схема внешних соединений пускателя ПБР-2М1

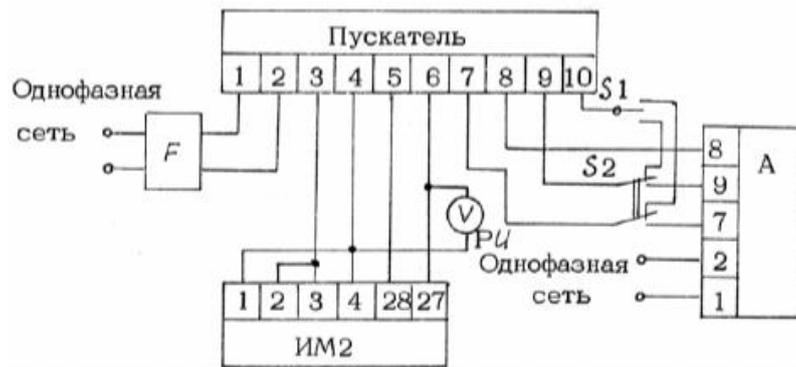


Рисунок 3 - Схема внешних соединений пускателей ПБР-2М, ПБР-2МА с механизмами, имеющими электромагнитный тормоз

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Изучить схемы подключения пускателя ПБР-2М.
2. Спроектировать схемы подключения пускателя ПБР-2М в программе КОМПАС, используя прикладные библиотеки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 21

Настройка механизмов МЭО

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить устройство и работу механизмов МЭО, а также произвести его настройку и регулировку.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить устройство и работу механизмов МЭО в лаборатории.
2. Произвести настройку и регулировку механизма МЭО.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Устройство и работа МЭО.

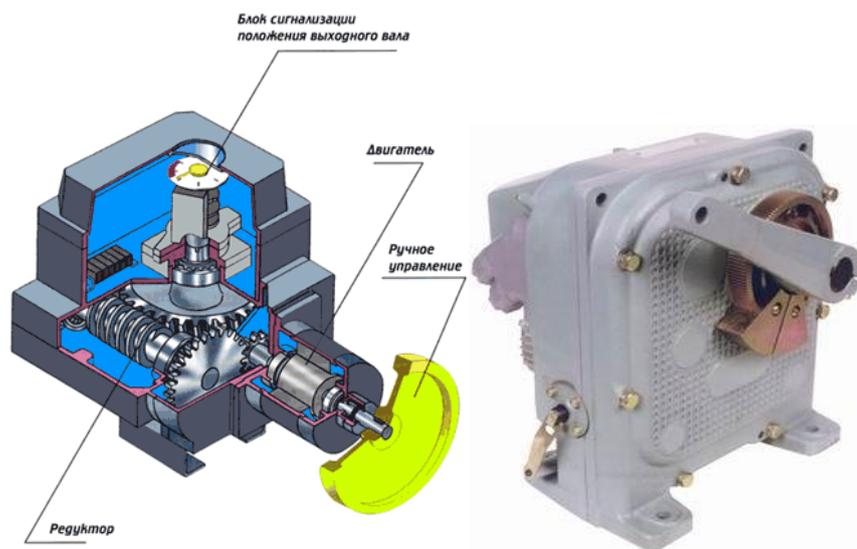


Рисунок 1 – Механизм МЭО

Редуктор

Редуктор является основным узлом механизмов для понижения частоты вращения и повышения крутящего момента, создаваемого электроприводом до требуемого значения на выходном валу механизмов.

В корпусе редуктора размещена червячная передача, которая через промежуточные шестерни связана с электроприводом.

Электропривод

Электропривод служит для передачи вращения через редуктор и создания требуемого крутящего момента на выходном валу механизма и обеспечения точной остановки выходного вала.

Электропривод включает в себя электрический низкооборотный синхронный трехфазный электродвигатель или однофазный электродвигатель, и подтормаживающее устройство, состоящее из кольца, кольца тормозного, кольца фрикционного и пружины. Подтормаживающее устройство предназначено для уменьшения величины выбега выходного вала. Однофазные электродвигатели оснащены фазосдвигающим устройством (блоком конденсаторов) и резистором, которые размещаются в корпусе редуктора.

Работа электродвигателя основана на использовании в качестве рабочего поля зубцовых гармоник, вызванных периодическим изменением магнитной проводимости рабочего зазора из-за зубчатого строения статора и ротора.

При перезагрузке электродвигателя, вызванной нагружением вала механизма крутящим моментом, значительно превышающим номинальной (например, при

неправильном выборе механизма по крутящему моменту, при работе механизма на «упор» или при заедании регулирующего органа (арматуры) электродвигатель выпадет из синхронизма и издает шум, похожий на шестеренчатый треск. Это явление возможно также при ударах по электродвигателю при небрежной транспортировке и монтаже механизма, так как в этом случае нарушается равномерность воздушного зазора между ротором и статором.

Блок сигнализации положения

Блок сигнализации положения предназначен для преобразования положения выходного сигнала механизма в пропорциональный электрический сигнал и сигнализации о крайних и промежуточных его положениях. В механизмах может быть установлен один из блоков:

Тип блока сигнализации положения (датчика) выходного вала: И – индуктивный (БСПИ) Р – реостатный (БСПР) У – токовый (БСПТ, БСПТ – ПВТ6) М – блок концевых выключателей (БКВ, БСП – ПВТ6)

Концевые выключатели используются для сигнализации положения выходного вала и остановки его в крайних положениях.

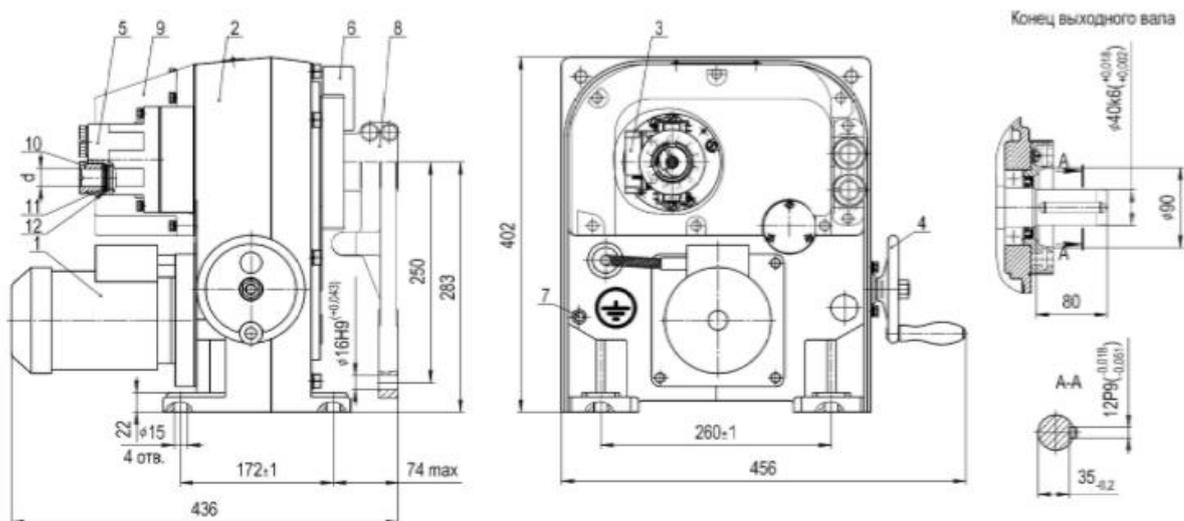
Путевые выключатели используются для сигнализации положения выходного вала в промежуточных положениях или дублирования концевых выключателей.

Ручной привод

Ручной привод (для механизмов МФОФ) или съемная рукоятка (для механизмов МЭО) служит для перемещения выходного вала (регулирующего органа) при монтаже и настройке механизмов, а также в аварийных ситуациях (отсутствии напряжения питания). Перемещение выходного вала осуществляется вращением маховика ручного привода или съемной рукоятки, установленных в торце вала электродвигателя. Направление вращения указано на маховике или корпусе механизма.

Для включения ручного привода в механизмах МЭОФ необходимо надавить на маховик в осевом направлении. При этом кулачки муфты сцепления ручного привода должны зайти в пазы, расположенные на валу электродвигателя. Вращение маховика осуществляется двумя руками. По окончании операции ручного управления маховик под действием пружины возвратится в исходное состояние.

В механизмах МЭО съемная рукоятка устанавливается только при монтаже, настройке и в аварийных ситуациях при необходимости ручного управления.



1- привод; 2 – редуктор; 3 – блок сигнализации положения; 4 – привод ручной; 5 – ввод штуцерный; 6 – упор; 7 – болт заземления; 8 – рычаг; 9 – крышка; 10 – гайка; 11 – прокладка; 12 – шайба

Рисунок 2 –Габаритные и установочные размеры механизма

4 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

1. Указания по включению и опробованию работы механизма:

Для ввода механизма в действие на месте эксплуатации необходимо произвести его настройку и регулировку. Настройку и регулировку механизма производить в следующей последовательности:

- снять упоры 6 (рисунок 2), перемещая ручным приводом 4 рычаг 8 механизма определить крайние положения рабочего угла поворота рычага;
- установить упоры в крайних положениях рабочего угла поворота рычага;
- установить регулирующий орган в среднее положение;
- снять крышку 9 и провести настройку блока сигнализации положения в соответствии с эксплуатационной документацией на блок;
- установить крышку на место и закрепить винтами;
- пробным включением проверить работоспособность механизма.

2. Настройка концевых выключателей:

- установить выходной орган механизма в положение «Закрыто»;
- ослабить гайку для перемещения кулачков блока сигнализации положения БСП;
- кулачок переместить в положение, при котором загорается световой индикатор

«М»;

- затянуть гайку;
- установить выходной орган механизма в положение «Открыто»;
- ослабить гайку для перемещения кулачков;
- кулачок переместить в положение, при котором загорается световой индикатор

«Б»;

- затянуть гайку.

3.Продемонстрируйте преподавателю выполненную работу.

1.3.2. Критерии оценки

Критерии оценки результатов выполнения теоретического задания		Баллы в соответствии с критериями оценки
		Максимальный балл – 2,0
1	<p>Демонстрирует глубокое, полное знание и понимание программного материала.</p> <p>Последовательно, самостоятельно раскрывает основное содержание вопроса.</p> <p>Выводы аргументированы, основаны на самостоятельно выполненном анализе, обобщении данных.</p> <p>Четко и верно даны определения понятий и научных терминов.</p> <p>Дает верные, самостоятельные ответы на вопросы.</p>	2,0
2	<p>Демонстрирует недостаточно глубокое, полное знание и понимание программного материала.</p> <p>Недостаточно последовательно, но самостоятельно раскрывает основное содержание вопроса.</p> <p>Выводы основаны на самостоятельно выполненном анализе, обобщении данных, но в отдельных случаях недостаточно аргументированы.</p> <p>Недостаточно четко и верно даны определения понятий и научных терминов.</p> <p>При ответе на вопросы допускает несущественные ошибки, которые может исправить самостоятельно.</p>	1,5
3	<p>Демонстрирует в отдельных вопросах, неглубокое владение знаниями программного материала.</p> <p>Излагает программный материал фрагментарно, не всегда последовательно.</p> <p>Допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии.</p> <p>При ответе на вопросы допускает неточности.</p>	0,8
4	<p>Студент демонстрирует незнание и непонимание программного материала.</p> <p>Основное содержание учебного материала не раскрыто; допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии.</p> <p>Затрудняется отвечать на вопросы, при ответе допускает серьезные ошибки.</p>	0

Критерии оценки практического задания

Ситуация 1-6		
	Задача №1 Произвести выбор программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Определено ПО для построения модели элемента автоматизации	0,5
	Неверно определено ПО для построения модели элемента автоматизации	0
	Задача №2 Разработать логическую схему элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Верно разработана логическая схема элемента	0,5
	Верно разработана логическая схема элемента с незначительными отклонениями	0,25
	Неверно разработана логическая схема элемента	0
	Задача №3 Произвести оптимизацию схемы элемента	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Верно выполнена оптимизация схемы элемента	0,5
	Оптимизация выполнена с незначительными отклонениями	0,25
	Неверно выполнена оптимизация схемы элемента	0
	Задача №4 Провести виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Использована верная методика тестирования	0,5
	Неверно использована верная методика тестирования	0
	Задача №5 Произвести оценку функциональности элемента автоматизации	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Оценка функциональности элемента автоматизации произведена и обоснована	0,5
	Оценка функциональности элемента автоматизации произведена и обоснована с незначительными замечаниями	0,25
	Неверно произведена оценка функциональности элемента автоматизации	0
	Задача №6 Сформировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.	Максимальный балл – 0,5 баллов
	Верно построена схема, заполнены требуемые документы	0,5
	Построена схема, заполнены требуемые документы с незначительными неточностями	0,25
	Неверно сформирован пакет документации	0
	ИТОГО	3

1.4. Материально-техническое обеспечение для проведения промежуточной аттестации

Аттестация проводится в кабинете общепрофессиональных дисциплин и междисциплинарных курсов

1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение для проведения промежуточной аттестации

Основные учебные издания:

1. Виноградов, В. М. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность: учебное пособие / В.М. Виноградов, А.А. Черепяхин. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 161 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-536-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895498>

2. Иванов, А. А. Основы робототехники: учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 223 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014622-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2131473>

3. Клепиков, В. В. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 208 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013871-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2139179>

4. Клепиков, В. В. Станочные приспособления: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 319 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-583-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1989285>

5. Шишмарёв, В. Ю., Роботизированные системы и их промышленное применение: учебник / В. Ю. Шишмарёв. — Москва: КноРус, 2023. — 419 с. — ISBN 978-5-406-11557-2. — URL: <https://book.ru/book/949263>

Дополнительные учебные издания:

6. Блюменштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 220 с.

7. Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие для СПО / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В. Б. Ступко. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 304 с.

Интернет-ресурсы:

8. Информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru>

9. Справочная правовая системы «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>

Методические указания для обучающихся по освоению профессионального модуля

10. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ.

11. Методические указания для обучающихся по выполнению заданий самостоятельной работы.

12. Методические указания по выполнению заданий практики.