

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
и профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой –
руководитель ОАР ИШИТР

А. А. Филипас

« ____ » _____ 2021 г.

ШИМ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В ЗАДАЧАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Проектирование систем управления» для бакалавров
по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2021

УДК 681.3

ШИМ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В ЗАДАЧАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Проектирование систем управления» для бакалавров по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»/ Составитель В. В. Курганов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. - 12 с.

Рецензент доцент, к.т.н. М. В. Скороспешкин

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изучению методическим семинаром отделения Автоматики и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета

Протокол № «___» от «_____» 2021 г.

Зав. кафедрой –

руководитель ОАР ИШИТР ТПУ _____ А. А. Филипас

Цель работы

Изучение возможностей и практическое применение ШИМ-преобразователей для задач регулирования.

1. ШИМ - преобразователь

Широтно-импульсный модулятор (ШИМ) это преобразователь, который генерирует выходную последовательность импульсов со скважностью, пропорциональной уровню сигнала на его входе.

ШИМ-сигнал генерируется аналоговым компаратором К (рисунок 1.1), на инверсный вход которого подаётся вспомогательный опорный пилообразный или треугольный сигнал U_n , значительно большей частоты, чем частота модулирующего сигнала U_m , который подаётся на прямой вход этого компаратора [1].

Частота повторения выходных импульсов ШИМ $U_{вых}$ равна частоте пилообразного или треугольного напряжения ($f=1/T$). В ту часть периода пилообразного напряжения, когда сигнал на инвертирующем входе компаратора выше модулирующего сигнала на прямом входе, на выходе отрицательное (нулевое) напряжение, в другую часть периода, когда сигнал на инвертирующем входе компаратора ниже сигнала на прямом входе — положительное напряжение.

В результате преобразования на выходе компаратора образуются периодические прямоугольные импульсы переменной шириной, скважность которых изменяется по закону модулирующего сигнала, а частота равна частоте опорного сигнала.

ШИМ преобразование широко используется в системах регулирования, в которых используются исполнительные механизмы с импульсным управлением типа МЭО (механизм электрический однооборотный) для поворота регулирующего органа на определённый градус, или с исполнительными механизмами типа МЭМ (механизм электрический многооборотный), для перемещения штока регулирующего органа на определённое расстояние. Другое название многооборотных электрических механизмов МЭП - механизм электрический прямоходный.

Следует помнить, что любой исполнительный механизм, и МЭО и МЭМ, имеет возможность перемещать регулирующий орган в двух направлениях. Например, если регулирующий орган - клапан, установленный на трубопроводе, то открывать его и закрывать, перемещая или поворачивая рабочий орган. Изменение направления движения рабочего органа достигается изменением коммутации цепей управления исполнительного механизма. Поэтому представленный на рисунке 1.1 принцип действия ШИМ-преобразователя является лишь примером преобразования аналогового сигнала в импульсный со скважностью, пропорциональной величине аналогового сигнала.

В промышленных исполнительных механизмах в качестве привода, как правило, используется трёхфазный электрический двигатель, изменение направления вращения в котором достигается за счет изменения чередования фаз питающего напряжения.

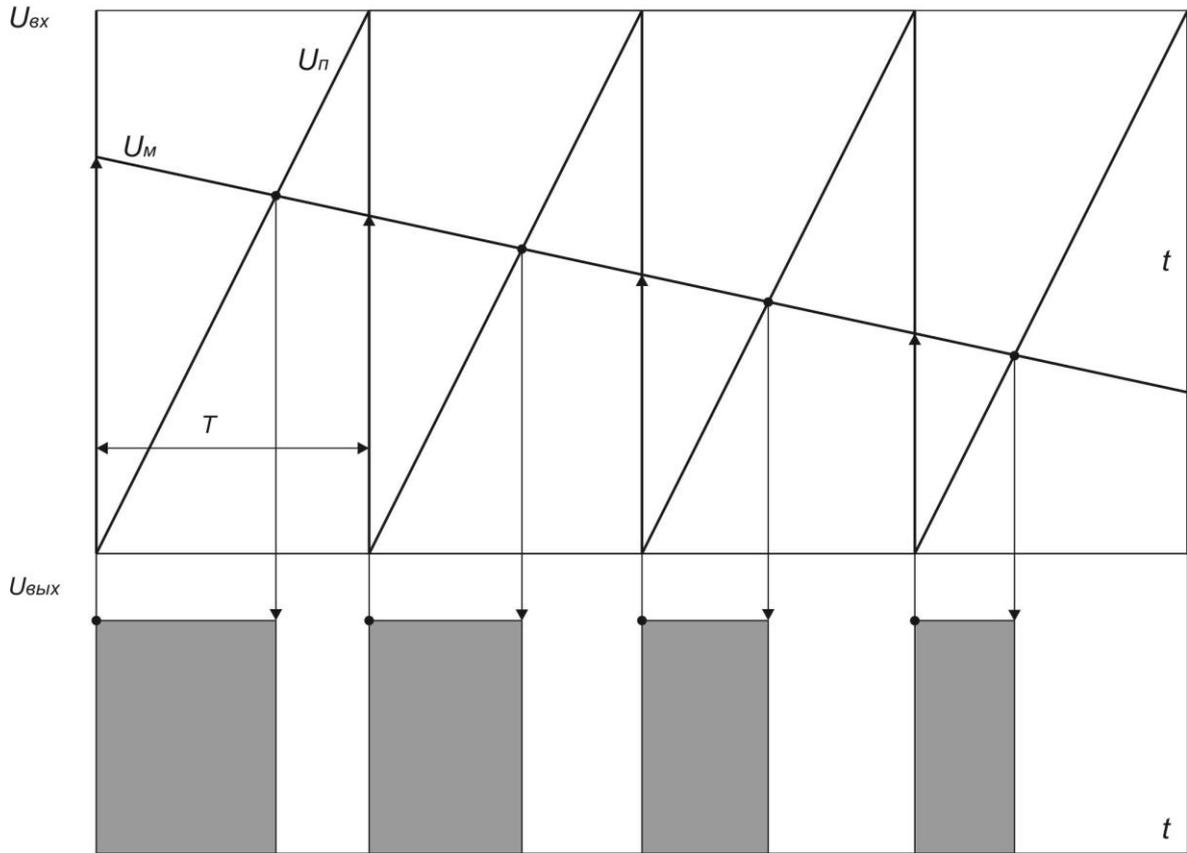
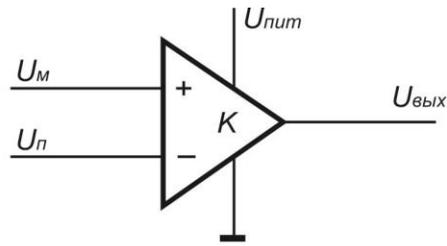


Рисунок 1.1 – Принцип действия широтно-импульсного модулятора на базе компаратора

На рисунке 1.2 представлена функциональная схема системы регулирования расхода жидкости.

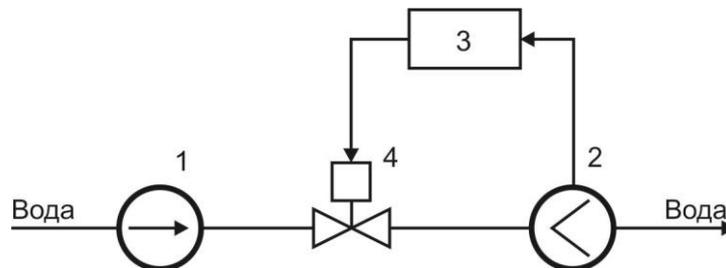


Рисунок 1.2 - Функциональная схема системы регулирования

Вода из емкости насосом (1) с постоянной производительностью прокачивается через трубопровод. Изменение производительности насос возможно с помощью ПЧВ, к которому он

подключен. Расход воды измеряется ультразвуковым расходомером Otrato (2) (диапазон измерения 0...5 л/мин). Выходной сигнал расходомера (4 ... 20 мА) подаётся на аналоговый вход контроллера (3). В соответствии с уставкой регулирования контроллер формирует сигналы открыть/закрыть на электрический исполнительный механизм (4), который перемещает регулирующий орган, изменяя сечение трубопровода. В результате изменения сечения изменяется расход воды.

Электрическая схема управления электрическим исполнительным механизмом приведена на рисунке 1.3. Управлять ИМ можно как от контроллера в автоматическом режиме, так и в ручном режиме кнопками. При достижении регулирующим органом конечных положений срабатывают конечные выключатели, которые отключают привод и включают световую сигнализацию.

Обратите внимание на то, что в схеме отсутствует защита от одновременного формирования сигналов «открыть» и «закрыть».

Постарайтесь исключить подобные ситуации в разрабатываемых вами алгоритмах!

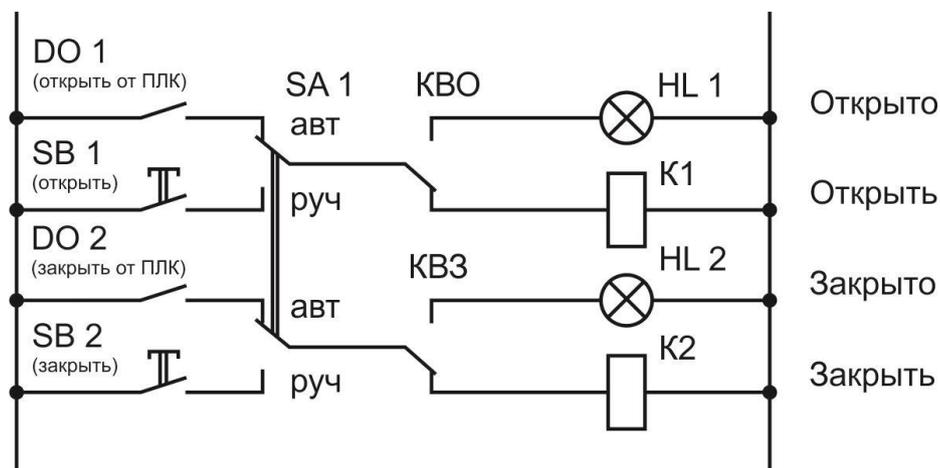


Рисунок 1.3 - Схема управления электрическим исполнительным механизмом

Обозначения, принятые на схеме:

- DO 1, DO 2 – выходные дискретные сигналы типа «сухой контакт» ПЛК;
- SB 1, SB 2 – кнопки управления открыть/закрыть;
- SA 1 – переключатель выбора режима Автоматический/ручной;
- KBO (KB3) – конечный выключатель «открыт» («закрето»);
- HL 1, HL 2 – сигнальная лампа положения «открыто» («закрето»);
- K1, K2 – электромагнитные реле.

Рассмотрим структурную схему контура регулирования расхода жидкости, представленную на рисунке 1.4. На рисунке 1.4 используются следующие обозначения:

$y(t)$ – регулируемая величина;

$g(t)$ – уставка регулирования;

$e(t) = g(t) - y(t)$ – ошибка регулирования;

$u(t)$ – управляющее воздействие, формируемое ПИД-регулятором;

u_+ – управляющее воздействие «открыть», формируемое ШИМ-преобразователем;

u_- – управляющее воздействие «закрыть», формируемое ШИМ-преобразователем.

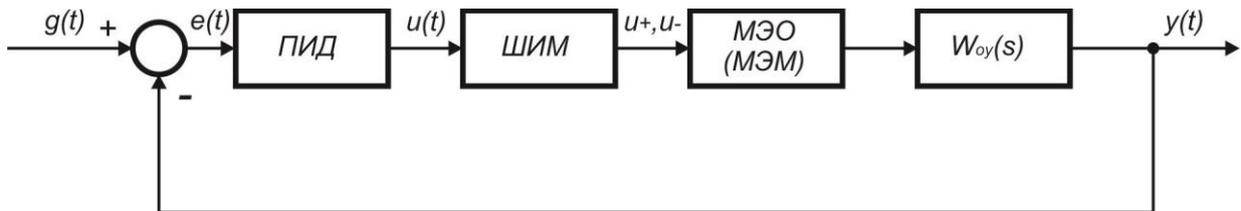


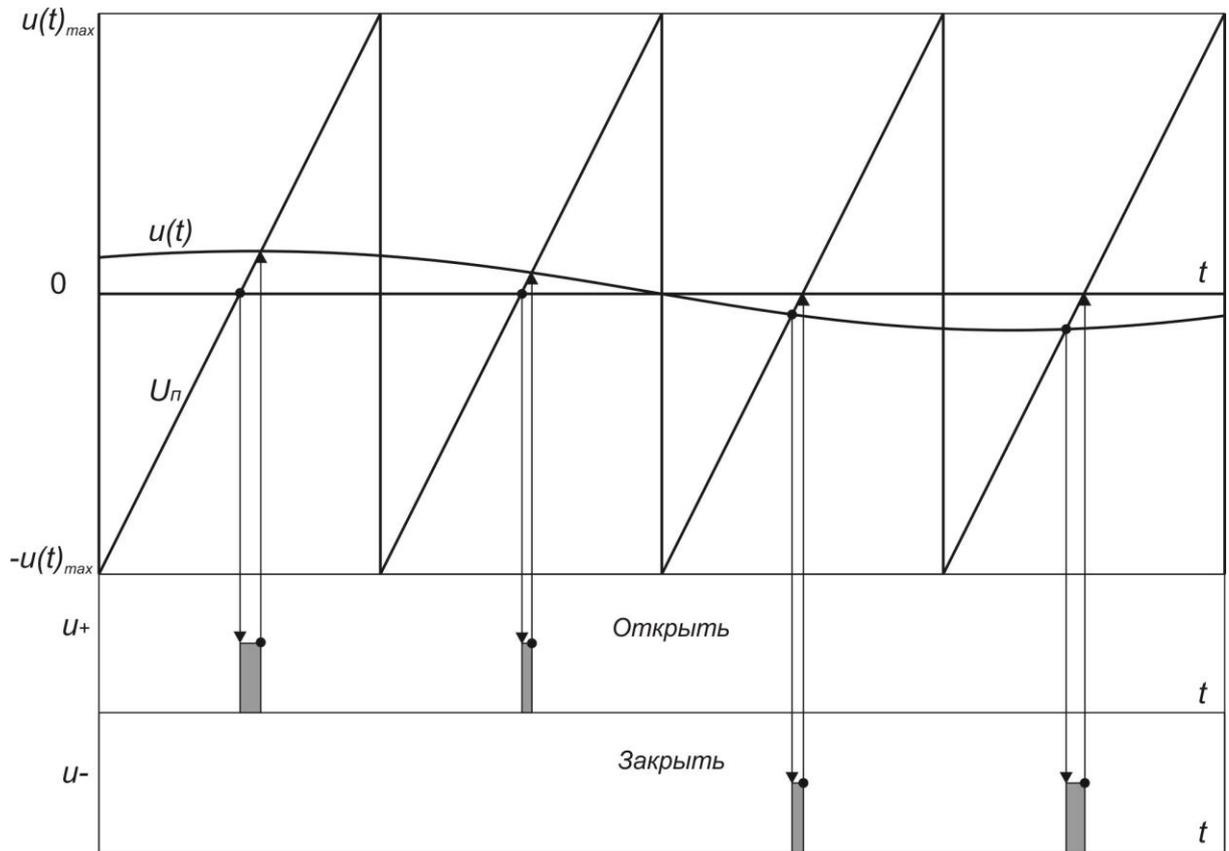
Рисунок 1.4 – Структура системы регулирования расхода

Для настройки ШИМ-преобразователя необходимо формализовать условия формирования сигнала, а именно:

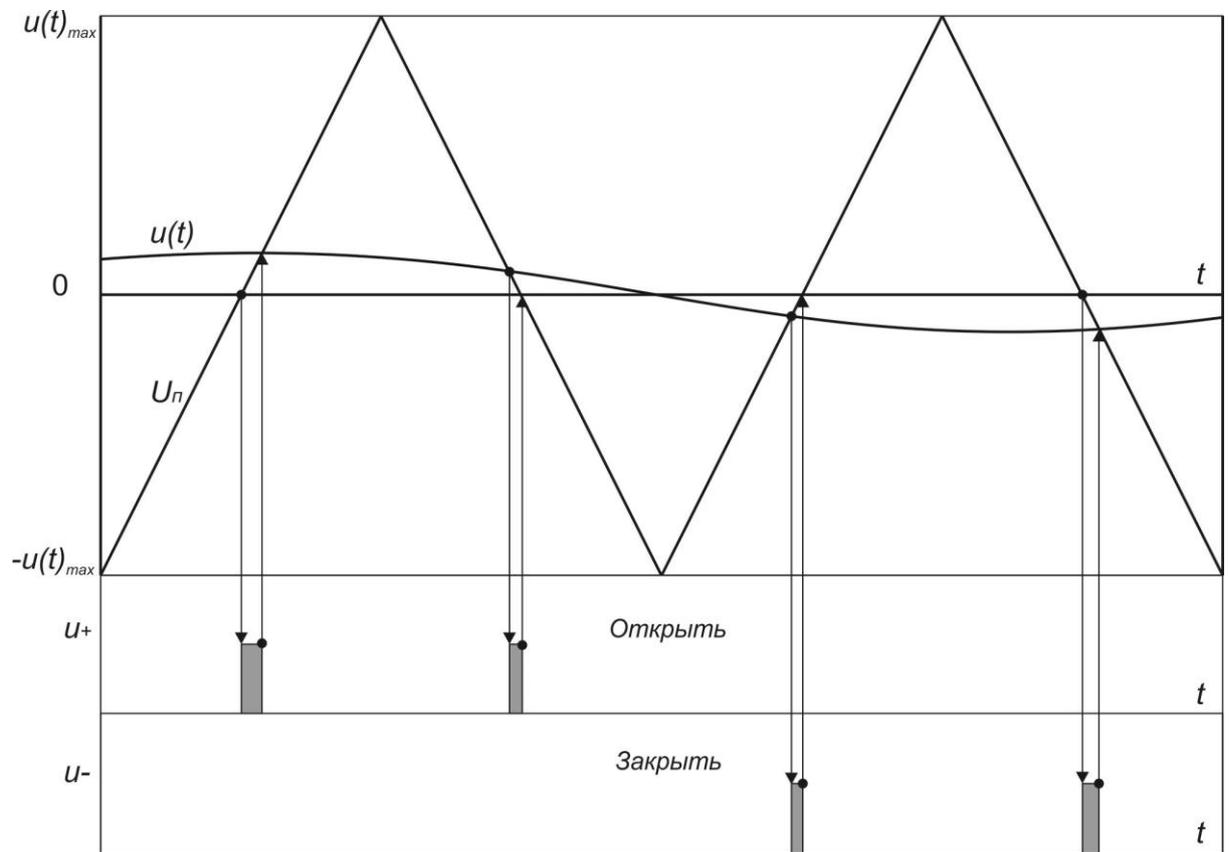
- направление движения исполнительного механизма;
- длительность сигнала управления.

На этапе отладки ШИМ-преобразователя ПИД-регулятор может быть исключен из системы или коэффициенты его должны быть выбраны такими, чтобы не оказывать влияния на работу ШИМ-преобразователя ($K_p=1$; $T_i=1000$, $T_d=0$).

На рисунке 1.5 представлены варианты формирования сигналов открыть/закрыть для различных видов опорного пилообразного напряжения.



А)



Б)

Рисунок 1.5 – Формирование сигналов открыть/закреть с помощью ШИМ

2. Задание на выполнение работы

Задание на выполнение лабораторной работы представлено в таблице 1. Задание выбирать в соответствии с вариантом. Решение задачи должно в точности соответствовать заданию.

Таблица 1 – Варианты заданий для выполнения лабораторной работы

Вариант	Тип пилы	Задание
1	А	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать программу регулирования расхода жидкости с использованием широтно-импульсного регулирования.2. Исследовать влияние длительности периода ШИМ на качество регулирования.3. Уставка регулирования 3,5 л/мин.4. Максимальное отклонение расхода (абсолютная ошибка) от уставки не должно превышать 5 %.
2	Б	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать программу регулирования расхода жидкости с использованием широтно-импульсного регулирования.2. Исследовать влияние длительности периода ШИМ на качество регулирования.3. Уставка регулирования 2 л/мин.4. Максимальное отклонение расхода (абсолютная ошибка) от уставки не должно превышать 5 %.
3	А	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать программу регулирования расхода жидкости с использованием широтно-импульсного регулирования.2. Исследовать влияние длительности периода ШИМ на качество регулирования.3. Уставка регулирования 2,5 л/мин.4. Максимальное отклонение расхода (абсолютная ошибка) от уставки не должно превышать 5 %.
4	Б	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать программу регулирования расхода жидкости с использованием широтно-импульсного регулирования.2. Исследовать влияние длительности периода ШИМ на качество регулирования.3. Уставка регулирования 3 л/мин.4. Максимальное отклонение расхода (абсолютная ошибка) от уставки не должно превышать 5 %.
5	А	<ol style="list-style-type: none">1. Разработать программу регулирования расхода жидкости с использованием широтно-импульсного регулирования.2. Исследовать влияние длительности периода ШИМ на качество регулирования.3. Уставка регулирования 2,3 л/мин.4. Максимальное отклонение расхода (абсолютная ошибка) от уставки не должно превышать 5 %.

Методические указания к выполнению работы

- 2.1 Изучите содержание лабораторной работы.
- 2.2 Ознакомьтесь с расположением элементов на лабораторном стенде. Обратите внимание на наличие режимов работы исполнительного механизма «ручной» и «автоматический». В ручном режиме доступно управление исполнительным механизмом с помощью кнопок. В автоматическом режиме те же функции выполняет контроллер.
- 2.3 Разработайте алгоритм решения задачи и определите необходимые для её решения сигналы ввода и вывода.
- 2.4 Все необходимые для решения задачи сигналы подключены к контроллеру. «Условная» схема подключения устройств приведена на рисунке 2.1. Такое упрощение допущено с целью определения адресов сигналов ввода/вывода.

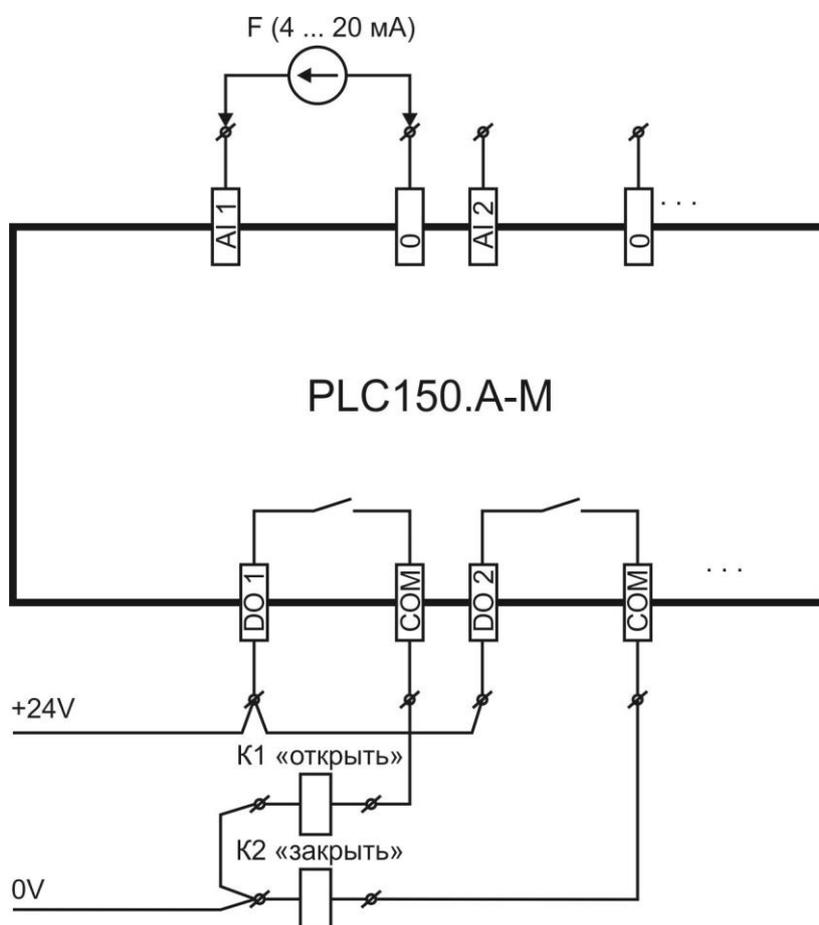


Рисунок 2.1 – Схема подключения входных и выходных сигналов PLC150

Внимание: не допускайте работу насоса на закрытый регулирующий клапан

- 2.5 Включите компьютер. Выполните вход:
логин: **ADMIN**
пароль: **Безопасность025** (русскими буквами на латинской раскладке)
- 2.6 Запустите Codesys V2.3.

- 2.7 Создайте новый проект.
- 2.8 Выберите целевую платформу PLC150.A-M
- 2.9 Язык реализации программы выбирается по собственному желанию.
- 2.10 Выберите вкладку «Ресурсы» -> «Конфигурация ПЛК» и настройте входы и выходы контроллера.
Сигналы ввода вывода могут быть описаны только в этой вкладке.
Обратите внимание! Сигнал измерения расхода 4...20 мА
- 2.11 Реализуйте разработанный алгоритм на выбранном языке программирования.
- 2.12 Разработайте общий алгоритм регулирования расхода в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 1.4.
- 2.13 Полученные результаты покажите преподавателю.
- 2.14 Сделайте выводы и оформите отчет. Отчет выполняется один на подгруппу.

3 Контрольные вопросы

1. Принцип действия ультразвукового расходомера.
2. Как влияют коэффициенты ПИД-регулятора на процесс регулирования.
3. Какие факторы влияют на точность результатов при решении поставленной задачи.

4 Содержание отчета

1. Титульный лист
2. Вариант задания
3. Алгоритм регулирования.
4. Графики переходных процессов
5. Выводы
6. Ответы на контрольные вопросы

Замечания

Литература

1. Сабанин В.Р. Автоматические системы регулирования на основе нейросетевых технологий / В.Р. Сабанин, Н.И Смирнов, А.И. Репин // Труды Международной научной конференции Control-2003. М.: Издательство МЭИ, 2003.С. 45—51.

ШИМ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ В ЗАДАЧАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Методические указания

Составитель Курганов Василий Васильевич

Подписано к печати _____.

Формат 60x84-16. Бумага «Классика»

Печать RISO. Усл. печ. л. 1.16. Уч. – изд. л. 1.05.

Заказ №

. Тираж экз.

	<p>Томский политехнический университет Система менеджмента качества Томского политехнического университета сертифицирована NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000</p>	
<p>ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.</p>		