

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент

_____ К.М. Виноградов
_____ 2021 г.

Автоматизация системы управления робото-технологическим комплексом

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2021.036 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
Ст. преподаватель

_____ Т.Н. Усиевич
_____ 2021г.

Автор работы
студент группы ДО – 514

_____ А.В. Неваленов
_____ 2021г.

Нормоконтролер,
преподаватель

_____ О.С. Микерина
_____ 2021г.

Челябинск,
2021г

АННОТАЦИЯ

Неваленов, А.В. Автоматизация системы управления робототехнологическим комплексом – Челябинск: ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ), ИОДО; 2021, 50 с., 16 ил., 10 таблиц, библиогр. список – 12 наименований, 7 листов ф. А3.

Целью выполнения дипломной работы является разработка автоматизации системы управления робототехнологическим комплексом токарно-фрезерной обработки.

В данной работе был проведен обзор систем управления робототехнологическими комплексами механообработки, на основании которого разработана автоматизированная система управления комплексом токарно-фрезерной обработки на базе программируемого логического контроллера, внедрена SCADA система.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.079.11157 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	Автоматизация системы управления робототехнологическим комплексом	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Неваленов А.В.				Д	3	50
Провер.		Усиевич Т.Н.				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО		
н. Контр.		Микерина О.С.						
Утверд.		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	6
1.2 Обоснование автоматизации системы управления робототехнологическим комплексом токарно-фрезерной обработки.....	6
1.3 Функционально-стоимостный анализ базовой системы управления и пути ее совершенствования.....	12
1.5 Исходные данные для проектирования.....	17
2.РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	19
2.1 Описание последовательности работы механизмов, агрегатов.....	19
2.2 Основные сигналы системы автоматизации.....	22
2.3 Разработка алгоритма работы.....	23
3. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ..	24
3.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	24
3.2 Выбор электродвигателей.....	25
3.3 Выбор драйверов управления электродвигателями.....	26
3.4 Выбор датчиков.....	26
3.5 Выбор пусковых кнопок.....	28
3.6 Выбор светосигнальной лампы.....	29
3.7 Выбор блоков питания.....	30
3.8 Выбор автоматического выключателя.....	32
3.9 Выбор магнитного пускателя.....	33
3.10 Шкаф управления системы автоматизации.....	33
4. ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕКТА И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	35
4.1 Разработка структурной схемы системы управления.....	39
5.РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ.....	40
6. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	44
6.1 Список сигналов ПЛК.....	44
6.2 Программа для ПЛК	45
6.3 Выбор и программирование SCADA системы.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов и производств - область науки и техники, которая включает совокупность средств, методов и способов внедрения и обеспечения оптимального функционирования систем автоматизации и управления технологическими процессами и производствами.

С развитием техники роль автоматизации производственных процессов возрастает практически во всех сферах производства. Предприятие остаётся конкурентоспособным тогда, когда технологическое оборудование этого предприятия в большей или меньшей степени автоматизировано. Благодаря автоматизации технологических процессов уменьшается себестоимость изготовления единицы производства, что приводит к увеличению прибыли предприятия. С увеличением прибыли появляется возможность дальнейшего развития, а именно внедрение новых технологий в производство, более эффективных по быстрдействию и производительности и, что в наше время актуально, более экологичных.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Целью разработки является повышение производительности труда на производственном участке в результате замены ручного труда на машинный при загрузке (разгрузке) деталей, повышения качества обработки деталей.

Назначением разработки является создание автоматизированной системы управления РТК для токарно-фрезерной обработки, отвечающей за исполнительные механизмы и за прием сигналов с датчиков, кнопок и станков.

Виды операций, выполняемых объектом:

- Токарно-фрезерная обработка заготовок
- Загрузка (разгрузка) деталей в станки из накопителей
- Измерительный контроль обработанной детали на соответствие эталонным параметрам.

1.1 Обоснование автоматизации системы управления робототехнологическим комплексом токарно-фрезерной обработки

Применение промышленных роботов (ПР) способствует улучшению условий труда работающих, повышается производительность труда, уменьшается потребность в рабочей силе. Из-за быстрой переналадки, применение ПР делает автоматизацию целесообразной экономически, при частой смене объектов производства и замене труда рабочих низкой квалификации.

Во время оценки ПР необходимо учесть, что он не всегда способен полностью заменить человека, который обслуживает технологическое оборудование, а лишь освобождает рабочего от однотипного, монотонного труда, внести изменения в характер труда, содержание, приближая его труд к наладочной работе.

Основные источники экономической эффективности ПР и роботизированные технологические комплексы (РТК): повышение производительности оборудования или повышение производительности труда в результате замены ручного труда при загрузке (выгрузке) деталей (заготовок), оснастки, транспортировании деталей и выполнении основных технологических операций (сварки, сборки и т. д.); повышение ритмичности производства; увеличение значения коэффициента сменности оборудования без увеличения количества рабочих; снижение процента брака; повышение стабильности качества; уменьшение размеров оборотных средств в незавершенном производстве; уменьшение времени установки и снятия детали; увеличение норм обслуживания станков одним рабочим.

Применение роботов может привести к разрешению социальных задач, а именно: к изменению характера труда и созданию новых условий труда рабочего персонала в промышленности, к сокращению количества травм и уменьшению профессиональных заболеваний, текучести кадров.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Промышленные роботы и построенные на их основе (РТК) являются перспективным средством комплексной автоматизации производственных процессов. Применение РТК позволяет значительно повысить производительность оборудования, снизить долю ручного труда и существенно повысить качество и надёжность выпускаемой продукции.

Все процессы производства, которые должны протекать безопасно и экономически выгодно, нуждаются в системе управления того или иного вида. Среди технических средств автоматизации в последнее время широко распространились промышленные логические контроллеры, которые при умеренной цене несут собой достаточную вычислительную мощность и гибкость.

Целью разработки является повышение производительности труда на производственном участке в результате замены ручного труда на машинный при загрузке (разгрузке) деталей, повышения качества обработки деталей.

Назначением разработки является создание автоматизированной системы управления РТК для токарно-фрезерной обработки, отвечающей за исполнительные механизмы и за прием сигналов с датчиков, кнопок и станков.

Виды операций, выполняемых объектом:

- Токарно-фрезерная обработка заготовок
- Загрузка (разгрузка) деталей в станки из накопителей
- Измерительный контроль обработанной детали на соответствие эталонным параметрам.

1.2 Общая характеристика робототехнологического комплекса

В разрабатываемом проекте системы управления РТК токарно-фрезерной обработки участвуют:

- токарный станок с ЧПУ FCL-450TMS (см. рисунок 1);
- фрезерный станок с ЧПУ V30i (см. рисунок 2);
- робот на базе электромеханических передач и шаговых двигателей;
- система управления на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК110M02;
- два накопителя.

Характеристики токарного станка с ЧПУ FCL-450TMS представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики станка FCL-450TMS

Модель	FCL-450TMS	FC-550TMS	FC-580TMS
Число осей	станд: 5 осей доп: 7 осей (С-ось)		
Диаметр обточки над станиной	ф600 мм	Ф 650 мм	
Макс. диаметр обточки	Ф245 мм	Ф490 мм	Ф470 мм
Рабочая длина	260 м	500 мм	470 мм
Модель	FCL-450TMS	FC-550TMS	FC-580TMS

					Лист
ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ					7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Продолжение таблицы 1 – Технические характеристики станка FCL-450TMS

Внутр. конус торца шпинделя	L:ASA A2-5 R:ASA A2-5	L:ASA A2-6 R:ASA A2-5		L:ASA A2-8 R:ASA A2-6	
Отверстие шпинделя, мм	φ56	φ61	φ56	Φ90	φ61
Диаметр прутка, мм	φ45	φ51	φ45	Φ77	φ51
Диапазон скоростей шпинделя, об/мин	10-6000	10-4200	10-5000	10-3500	10-4200
Скорость службы инструмента	Доп: 25-4000 об/мин				
Число скоростей шпинделя	Бесступенчатая регулировка				
Диаметр гидравлического патрона, мм	φ169	φ210	φ169	φ254	φ210
Револьверная головка					
Кол-во позиций инструмента револьверной головки (случайный выбор)	Станд: гидравл. Ls-200-12Т Доп: Серво Ls-200-12Т	Станд: гидравл. Ls-240-12Т Доп: Серво Ls-240-12Т			
Размер инструмента для наружной обработки	20x20 мм		25x25 мм		
Размер инструмента для внутр. обработки	φ32 мм		Φ40 мм		
Перемещение оси X	165 мм	280 мм			
Перемещение оси Z	310 мм	560 мм	540 мм		
Перемещение оси E	260 мм	500 мм	470 мм		
Скорость быстрого перемещения оси X	30 м/мин				

Продолжение таблицы 1 – Технические характеристики станка FCL-450TMS

Скорость быстрого перемещения оси Z	30 м/мин					
Скорость быстрого перемещения оси E	20 м/мин					
Скорость подачи резания (оси X и Z)	0,001-500 мм/об					
Двигатель главного шпинделя (непрерыв.), кВт	a p 12i	5,5	a p 18i	9	a p 22i	11
Двигатель главного шпинделя (30 мин), кВт		7,5		11		15
Двигатель контр-шпинделя (непрерыв), кВт	a бi	5,5	a бi	5,5	a 8i	7,5
Двигатель контр-шпинделя (30 мин), кВт		7,5		7,5		11
Двигатель оси X	a 8Bi/3000 1,6кВт			a 12Bi/3000 3,0 кВт		
Двигатель оси Z	a 8i/3000 1,6кВт					
Модель	FCL-450TMS	FC-550TMS		FC-580TMS		
Двигатель оси E	a 8i/3000 1,6кВт					
Двигатель гидравлического насоса	1,5 кВт					
Двигатель насоса подачи СОЖ	750 Вт					
Объем гидробака	60 л					
Объем бака СОЖ	100 л					
Занимаемое пространство, ДхШ	3750x2000 мм					
Высота	2000 мм		4150x2100 мм			
Вес нетто/брутто	4550/5470 кг		6440/7030 кг		6540/7130 кг	



Рисунок 1 – Токарный станок FCL450-TMS

Характеристика фрезерного станка V30i представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики станка V30i

Наименование	Ед. изм.	«Зонтик» (Станд.)	«Рука» (Опция.)
Рабочий диапазон			
Перемещение по оси X	мм	760	
Перемещение по оси Y	мм	510	
Перемещение по оси Z	мм	510+110	610
Расстояние от поверхности стола до торца шпинделя	мм	195-805	
Наименование	Ед. изм.	«Зонтик» (Станд.)	«Рука» (Опция.)
Расстояние от оси шпинделя до колонны	мм	515	
Стол			
Размеры рабочей поверхности стола (ДхШ)	мм	890x500	
Допустимая нагрузка		300	
Т-пазы		12Тх100х5	
Шпиндель			
Скорость вращения	Об/мин	8000	

Продолжение таблицы 2 – Технические характеристики станка V30i

Конус шпинделя		№.40	
Внутренний диаметр подшипника шпинделя		70	
Подачи			
Скорость быстрых перемещений по осям X/Y/Z	м/мин	36/36/36	
Максимальная скорость рабочей подачи	м/мин	10	
УАСИ			
Количество инструментальных мест в магазине	шт.	20	24
Макс. диаметр инструмента (при установленных соседних)	мм	100	80
Макс. длина инструмента	мм	250	
Время смены инструмента	сек.	7.5/13	3/10
Двигатели FANUC (SIEMENS)			
Мощность двигателя привода шпинделя FANUC (SIEMENS)	кВт	11 (12)	
Мощность двигателей приводов по осям X/Y/Z FANUC (SIEMENS)	кВт	1,6/3/3 (2,3/2,3/3,3)	
Габаритные размеры			
Размеры (ДхШхВ)	мм	2100 x 3275 x 2630	
Вес	кг	4500	
Суммарная потребляемая мощность	кВт	25	



Рисунок 2 – Фрезерный станок V30i

1.3 Функционально-стоимостный анализ базовой системы управления и пути её совершенствования

Структурная модель (СМ) – это упорядоченное представление элементов объекта и отношений между ними, дающее представление о составе материальных составляющих объекта, их основных взаимосвязях и уровнях иерархии. Структурная модель базового варианта многопозиционного рабочего места показана на рисунке 7, проектируемой линии на рисунке 17.

Функциональная модель (ФМ) – это логико-графическое изображение состава и взаимосвязей функций объекта, получаемое по средствам их формулировки и установления порядка подчинения. ФМ многопозиционного рабочего места показана на рисунке 8, проектируемой линии на рисунке 18.

В данной работе производится функционально-стоимостной анализ базового варианта - многопозиционного рабочего места, и проектируемого варианта – РТК.

ФСМ объекта пригодна для выявления ненужных функций и элементов в объекте (бесполезных и вредных); определения функциональной достаточности и полезности материальных элементов объекта; распределения затрат по функциям; оценки качества исполнения функций; выявления дефектных функциональных зон в объекте; определения уровня функционально-структурной организации изделия. Построение ФСМ осуществляется путем совмещения ФМ и СМ объекта.

ФСМ базового и проектируемого вариантов представлены в таблице 4 и таблице 12 соответственно.

Оценка значимости функции ведется последовательно по уровням ФМ (сверху вниз), начиная с первого. Для главной и второстепенной, т.е. внешних

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

функций объекта при оценке их значимости исходным является распределение требований потребителей (показателей качества, параметров, свойств) по значимости (важности).

Нормирующим условием для функции является следующее

$$\sum_{j=1}^n r_{ij} = 1, \quad (1)$$

где r_{ij} – значимость j -ой функции, принадлежащей i -ому уровню функциональной модели, $j = 1, 2, \dots, n$;

n – количество функций расположенных на одном уровне функциональной модели и относящихся к общему узлу вышестоящего уровня.

Для внутренних функций определение значимости ведется исходя из их роли в обеспечении функций вышестоящего уровня.

Определение относительной важности функции R .

Учитывая многоступенчатую структуру ФМ, наряду с оценкой значимости функций по отношению к ближайшей вышестоящей определяется показатель относительной важности функции любого i -го уровня R_{ij} по отношению к изделию в целом:

$$R_{ij} = \prod_i^{G-1} r_{ij}, \quad (2)$$

где G – количество уровней ФМ.

В случае, если одна функция участвует одновременно в обеспечении нескольких функций верхнего уровня ФМ, ее значимость определяется для каждой из них отдельно, а относительная важность функции для объекта в целом рассчитывается как сумма значений R_{ij} по каждой ветви ФМ (от i уровня до первого), проходящей через эту функцию.

Оценка качества исполнения функций Q – обобщенного (комплексного) показателя качества варианта исполнения функций оценивается по формуле:

$$Q_v = \sum_{n=1}^m \beta_n \cdot P_{nv}, \quad (3)$$

где β_n – значимость n потребительского свойства;

P_{nv} – степень удовлетворения n свойства в v варианте;

m – количество свойств.

Важным элементом качества исполнения функций является функциональная организованность изделий, которая определяется следующими показателями [4]:

– показатель актуализации функций, определяется коэффициентом актуализации:

$F_{\Pi}=6$ – количество необходимых функций

$F_{Об}=9$ – общее количество функций;

$$k_{af} = \frac{F_{\Pi}}{F_{Об}} = \frac{6}{9} = 0.66 \quad (4)$$

– показатель сосредоточения функций, определяется коэффициентом сосредоточения:

$F_{осн}=6$ – количество основных функций;

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

$$k_{CF} = \frac{F_{очн}}{F_{об}} = \frac{6}{9} = 0.66 \quad (5)$$

показатель гибкости функций, определяется коэффициентом гибкости:

$F_{п}=5$ – количество потенциальных функций;

$$k_{2F} = \frac{F_p}{F_{п}+F_p} = \frac{5}{5+6} = 0.45 \quad (6)$$

Выражение качества выполнения функции будет иметь вид:

$$Q_{fvi} = K_{af}K_{cf}K_{2f}Q_i, \quad (7)$$

Определение абсолютной стоимости функций

Функционально необходимые затраты - минимально возможные затраты на реализацию комплекса функций объекта при соблюдении заданных требований потребителей (параметров качества) в условиях производства и применения (эксплуатации), организационно-технический уровень которых соответствует уровню сложности спроектированного объекта [4].

Абсолютная стоимость реализации функций $S_{абс}$ определяется по формуле:

$$S_{абс} = S_{изг} + S_{эксpl} + S_{тр} + S_{эн} + S_{проч}, \quad (8)$$

где $S_{изг}$ – затраты, связанные с изготовлением (приобретением) материального носителя (носителей) функции. В состав этих затрат входят: затраты на проектирование, изготовление (модернизацию), пуско-наладочные работы, обучение персонала;

$S_{эксpl}$ – эксплуатационные затраты;

$S_{тр}$ – затраты, связанные с трудоемкостью реализации функции;

$S_{эн}$ – энергозатраты на реализацию функции;

$S_{проч}$ – прочие затраты на реализацию функции (отвод земли, изыскания, плата за загрязнение и пр.).

Определение относительной стоимости реализации функции.

Относительная стоимость реализации функций $S_{отнF}$ определяется по формуле:

$$S_{отнF} = \frac{S_{абсFij}}{\sum_1^n S_{абс}}, \quad (9)$$

где $\Sigma S_{абс}$ - суммарная абсолютная стоимость функционирования объекта, определяется путем суммирования значений абсолютных стоимостей реализации функций;

$S_{абсFij}$ – абсолютная стоимость реализации j функции i уровня ФМ.

Данные диаграммы строятся для базового (на основании таблицы 3) и проектного (таблица 12) вариантов исследуемого объекта рисунок 7,8,18 и 19, соответственно. Они имеют целью выявление зон диспропорции, т.е. зон избыточной затратности реализации функции, а также определение зон

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

функциональной недостаточности. Результаты расчетов в таблице 3. Сами диаграммы приведены в приложениях А и Б.

Таблица 3 – Функционально-стоимостная модель базового варианта

Индекс ф-ии	Наименование ф-ии	Носитель ф-ии	Значимость ф-ии [r]	Относительная важность ф-ии [R]	Качество исполнения Ф-ии [Q]	Абсолютная стоимость реализации Ф-ии [Sabс]	Относительная стоимость реализации ф-ии [Sотн]
1	2	3	4	5	6	7	8
f _{1.1}	Накопление заготовок	Накопитель 1	0.5	0.05	0.047	3000	0.0006
f _{1.2}	Накопление заготовки	Накопитель 2	0.5	0.05	0.047	3000	0.0006
f _{2.1}	Загрузка / выгрузка заготовок, сравнение с эталонами	Оператор	0.8	0.08	0.075	50000	0.0055
f _{2.2}	Эталонные измерительные приборы	Эталонны	0.2	0.02	0.018	15000	0.0033

Продолжение таблицы 3 – Функционально-стоимостная модель базового варианта

Продолжение таблицы 3 – Функционально-стоимостная модель базового варианта $f_{3.1}$	Фрезерная обработка заготовки	Фрезерный станок FCL-450TMS	0.5	0.05	0.052	2300000	0.50
$f_{3.2}$	Токарная обработка заготовок	Токарный станок V30i	0.5	0.05	0.052	2200000	0.484
F_1	Система складирования и накопления заготовок	$F_1 = f_{1.1} + f_{1.2}$	0.1	0.01	0.009	6000	0.0012
F_2	Загрузка/выгрузка, контроль качества	$F_2 = f_{2.1} + f_{2.2}$	0.3	0.03	0.028	25000	0.008
F_3	Механическая обработка заготовок	$F_3 = f_{3.1} + f_{3.2}$	0.6	0.06	0.064	4500000	0.984
$\sum S_{abc}$						4546000	



Рисунок 7 – Структурная модель базового варианта

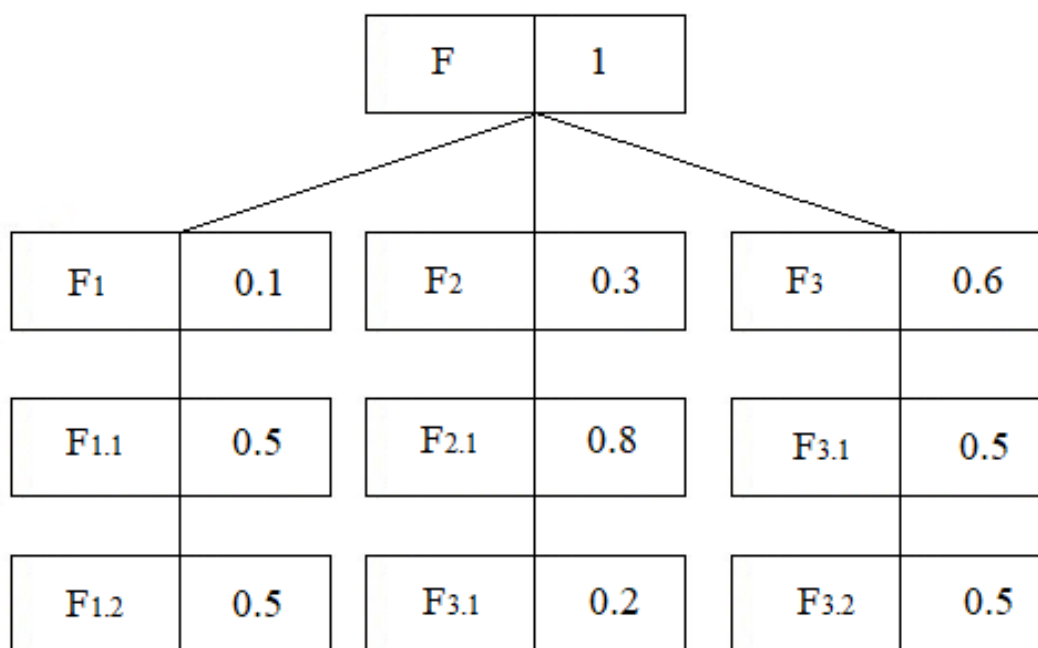


Рисунок 8 – Функциональная модель базового варианта

1.4 Исходные данные для проектирования

Проект автоматизации системы управления роботизированным технологическим комплексом токарно-фрезерной обработки. Область применения – производственные участки, на которых происходит механическая обработка заготовок.

Комплекс состоит из промышленного робота, двух станков с ЧПУ (токарного и фрезерного), двух накопителей, один из которых оснащен измерительным стендом для оценки качества обработки деталей путем сравнения с эталонными параметрами.

Промышленный робот (ПР) располагается непосредственно между токарным и фрезерным станком таким образом, чтобы выдвигающаяся рука робота беспрепятственно проходила в проем открытых дверей станков, и смещение схвата робота обеспечивало надежный захват заготовки станочными схватами.

Максимальная длина выдвижения руки ПР – 0.8 м, диапазон высоты подъема руки – 0.5м, диапазон поворота руки и вращения схвата руки - 360°.

Режимы работы объекта

Пуск цикла работы начинается после нажатия на кнопки «Пуск» на пульте оператора, в то же время от другой системы управления должны прийти сигналы разрешения цикла (от УЧПУ станков), только в этом случае начнется технологический процесс.

Работа технологического объекта остановится, если нажать кнопку «Стоп», а также если придет сигнал об аварийной ситуации с драйверов шаговых двигателей. Работа комплекса остановится, если посторонний объект попадет в рабочую зону РТК, во время его эксплуатации: следующий такт не запустится, пока объект не покинет рабочую зону, пересечя повторно тот же оптический датчик.

Условия эксплуатации системы управления

РТК для токарно-фрезерной обработки предназначен для работ в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха: 0...+55°C;
- относительная влажность воздуха: 0...95% (без конденсации);
- окружающая среда не должна содержать агрессивных паров и газов;

Технические требования

В качестве управляющего устройства в работе будет выступать ПЛК с дискретными входами и выходами, в качестве датчиков будут использоваться индуктивные бесконтактные торцевые выключатели, датчиками движения будут выступать оптические датчики, так же электрические привода для выдвижения (задвижения), подъема (опускания), поворота руки, вращения схвата руки, электрические магниты для смещения схвата руки и его зажима (разжима).

Вес перемещаемых заготовок не должен превышать 5 кг.

Выводы по разделу один:

Проведена характеристика объекта автоматизации, обозначены цели. Найдено оптимальное решение с минимальными затратами на эксплуатацию и внедрение.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1 Описание последовательности работы механизмов, агрегатов

Рассмотрим РТК для обслуживания станков. В состав РТК для обслуживания одного станка входят: сам станок, промышленный робот и два магазина-накопителя (один для заготовок, другой для изделий). Основные функции ПР: разгрузка и загрузка станка. На рисунках 3 и 4 представлены схемы типовых одностаночных РТК. Существует определенное время простоя станка, связанное как с его загрузкой-разгрузкой, так и с выполнением ПР других подготовительных операций. Некоторое сокращение времени простоя достигается путем оснащения ПР двухпозиционным захватом.

В алгоритме управления ПР предусматривается ожидание запроса станка на его обслуживание, при получении которого происходит загрузка, разгрузка или какая-либо другая вспомогательная операция.

В состав типового многостаночного РТК входят, два-три механообрабатывающих станка; робот; устройства транспортировки; накопителя.

Работу элементов такого комплекса необходимо согласовать между собой, для этой задачи используют управляющее устройство.

Для обработки корпусных деталей служит РТК (см. рисунок 5), который по сложности подобен гибкой производственной системе (из-за большой комплектности технологического процесса). РТК предназначен для обработки гидроблочных корпусов. В его составе имеются пять фрезерно-сверлильно-расточных станков многоцелевого типа с УЧПУ 2 и две гидростанции 3 и 4 у каждого ПР 5, оснащенного УЧПУ 1. Заготовки краном-штабелером 7 из склада-накопителя 8 подаются на поворотный стол 5, доставляющий их к месту обслуживания ПР. После механической обработки детали поступают на роликовый конвейер 10, оттуда с помощью манипулятора 11 передаются на мойку. Безопасность персонала обеспечивается ограждением 9. На этом РТК обрабатываются детали с габаритами 400 х 400 х 400 мм, массой до 92 кг. Время полного производственного цикла одной детали 240...270 мин.

Склад-накопитель обеспечивает длительное по времени функционирование комплекса без остановок для восстановления запаса заготовок.

Применение данного РТК повышает производительность станков в 2,5 раза по сравнению производством без использования роботов. На рисунке 6 показан РТК для обработки валов 30 типоразмеров, состав которого – два станка токарных 4 и 8 с ЧПУ и фрезерно-центровальный станок 2 с ЧПУ.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

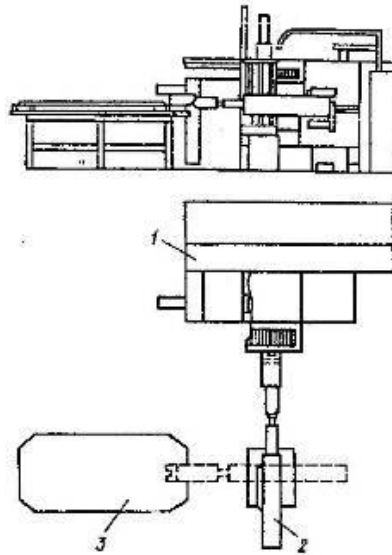


Рисунок 3 - Однопозиционный РТК на базе токарного станка с ЧПУ мод. 16К20Ф3 и промышленного робота М20П40.01: 1 – Токарный станок 16К20Ф3; 2 – Промышленный робот; 3 – Тактовый горизонтальный магазин-накопитель.

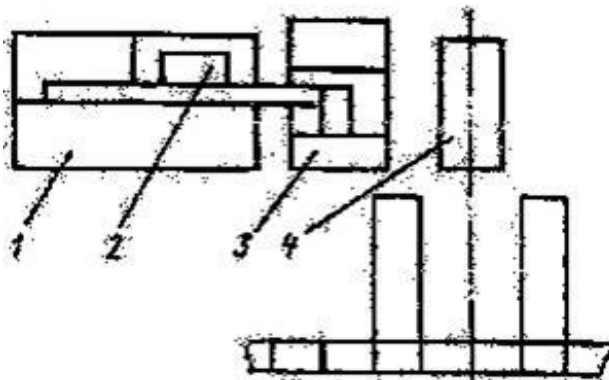


Рисунок 4 – Однопозиционный РТК на базе ПР мод. СМ80Ц48.11: 1 – Станок; 2 – ПР; 3 – Магазин-накопитель; 4 – Кран-штабелер

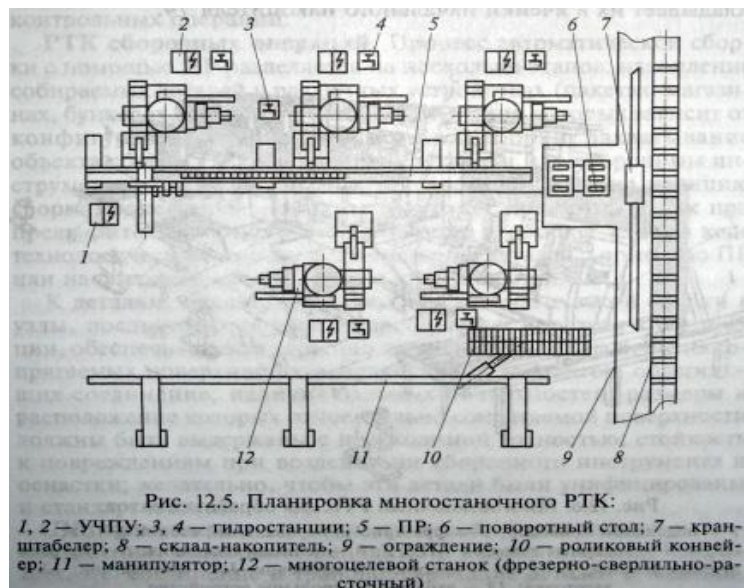


Рисунок 5 – Планировка многостаночного РТК

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Предварительно разрезанные заготовки подвозятся электрокаром и загружаются оператором на подающий конвейер 1 промышленным роботом 3, перемещающимся по монорельсу и обслуживающему все три станка, забирает заготовки с конвейера и раскладывает их в ячейки начального накопителя 14.

ПР обслуживает станки по их вызовам. При поступлении одновременных заявок предпочтение идет станку с самым большим обработочным циклом. Промеж станков расположены межоперационные накопители 11 и 7. Робот снабжен тактильным, с помощью которого ищет заготовку в накопителе 14, измеряя ее длину входным контрольным устройством 13, и устанавливает припуск при обработке ее торцов [2].

Если длина заготовки выходит за пределы допусков, то заготовка бракуется. ПР выполняет загрузочные операции для станков, транспортирование заготовок между станками, промежуточное складирование заготовок/изделий в накопителях 11 и 7, и на позициях ожидания 9 и 5, что находятся перед токарными станками.



Рисунок 6 – Многостаночный РТК для обработки валов

После обработки готовые детали укладываются промышленным роботом в магазин 6 на выходной позиции комплекса. Безопасность персонала при работе обеспечивается с помощью системы фотодатчиков 10, находящихся в стойке. За станками за задней их частью проходит конвейер для уборки стружки.

Одним из аспектов развития робототехники является машинное зрение. Создаются «зрячие» ПР, со встроенными видеокамерами и необходимым программно-математическим обеспечением. Они используются при автоматизации сортировки, захвата неориентированных деталей и контрольных операций.

Можно выделить два основных варианта построения системы управления:

- базирующиеся на программируемом логическом контроллере (ПЛК), связанном с датчиками и исполнительными механизмами;

– базирующиеся на устройстве УЧПУ.

При построении системы управления на ЧПУ, логическая задача устройства ЧПУ усложняется, из-за необходимости глобальной модернизации программного обеспечения. Так же необходимо наличие свободных входов в модулях входных/выходных сигналов устройства. Т.е. может получиться так, что устройство ЧПУ не удовлетворит наши требования.

При построении системы управления на базе ПЛК все решается иным способом: мы получаем отдельную систему управления, обладающую большей гибкостью.

При создании и эксплуатации РТК обязательно учитываются следующие требования [1]:

- в РТК должен обеспечиваться удобный и безопасный доступ обслуживающему персоналу к оборудованию и органам управления;
- обеспечивать перемещение оператора за пределами рабочего пространства без препятствий или при работе оператора по программе, а также видимость хода технологического процесса и за состояния оборудования;
- средства защиты РТК не должны ограничивать технологические возможности основному оборудованию; препятствовать работе по обслуживанию; затруднять визуальное наблюдение оператору за ходом техпроцесса;
- обеспечить свободный и быстрый доступ персонала к органам аварийного отключения ПР и безопасность оператора при управлении в наладочном режиме;
- обеспечить должную подготовку лиц, допущенных к работе с РТК, по безопасности труда и профессиональным навыкам.

Автоматизация операций загрузки-выгрузки может применяться к любому оборудованию с ЧПУ. Применения робота-манипулятора позволит упорядочить складирование и сортировку изделий, полностью подготовив собой процесс безлюдного производства, позволяя осуществлять все манипуляции с изделием без участия оператора.

В настоящее время опционально автоматизированная загрузка-выгрузка с помощью манипуляторов и промышленных роботов широко распространяется по миру и повсеместно внедряется для оптимизации вспомогательных процессов и повышения эффективности производства.

2.2 Основные сигналы автоматизации

В моей системе автоматизации, дискретных входов – 36, дискретных выходов – 24, из них быстродействующих – 4.

Дискретные входы программируемого логического контроллера служат для получения сигналов от дискретных датчиков, таких как датчики давления, термостаты, датчики обнаружения, концевые датчики и так далее. Величина

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

напряжения сигнала для этих датчиков составляет 24 В, что на программном уровне соответствует логической единице.

Дискретные выходы ПЛК необходимы для управления подключенными устройствами, например, разного рода магнитными пускателями, лампочками, клапанами и прочим, посредством коммутации высокого или низкого сигналов. Дискретный выход представляет собой контакт, способный выдавать сигнал, являющийся с точки зрения программы логическим нулем или единицей. Такой сигнал способен замкнуть или разомкнуть управляющую, или питающую цепь подключенного устройства, тем самым выполнив необходимый алгоритм работы.

Специализированные входы/выходы – отдельный класс входов/выходов, который используется для взаимодействия с датчиками и устройствами, обладающими нестандартными параметрами — нестандартным уровнем сигнала, специфическими параметрами питания и программной обработкой.

2.3 Разработка алгоритма работы

Запись алгоритма на языке конкретной ЭВМ называется программой, а элементами микроструктуры ее будут команды. Команда – информация, представленная в форме, позволяющей ввести ее в ЭВМ, и определяющая действия машины в течение некоторого отрезка времени.

Программа для РТК написана на одном из языков программируемых логических контроллеров – языке лестничных диаграмм LD. Алгоритм программы построен на основании блок-схемы работы комплекса, представленной в графической части, которая базируется на заводском техпроцессе производства изделия типа «корпус».

Выводы по разделу два:

Разработан алгоритм работы. Рассмотрены основные сигналы системы автоматизации. Детально изучена работа механизмов и агрегатов.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

3 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

3.1 Выбор программируемого логического контроллера

При выборе программируемого логического контроллера будем ориентироваться в первую очередь на скорость его выходных сигналов, которая сможет обеспечить приемлемую частоту импульсов, для управления шаговыми двигателями, на необходимое количество входов и выходов, а также соотношение цены/функционала.

Требуемое количество входов и выходов для нашего проекта – 19/25.

Из них 4 выхода должны быть специальными, с частотой не менее 100 КГц, для обеспечения достаточной скорости вращения двигателя при сохранении необходимой точности.

Рассмотрим ПЛК трех разных производителей в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение ПЛК

Модели ПЛК:	OMRON P1E N-type CPU units with 60 I/O	ОВЕН ПЛК 110-60 [M02]	DVP60EC00R3
Кол-во входов/ выходов	60 (36/24)	60 (36/24)	60 (36/24)
Входное напряжение	24В=	24В=	24В=
Тип выходов	Транзисторы	Транзисторы	Транзисторы
Количество быстрых выходов	2	4	2
Частота быстрых выходов	100кГц	100кГц	20кГц
Модели ПЛК:	OMRON P1E N-type CPU units with 60 I/O	ОВЕН ПЛК 110-60 [M02]	DVP60EC00R3
Частота работы процессора	200МГц	400МГц	200МГц
Операционная система	нет	EmbOS Segger	Нет
Цена	39506	27730	25273

На основании таблицы можно сделать вывод, что наиболее подходящая модель для данного проекта – программируемый логический контроллер компании ОВЕН (ПЛК110-60 [M02], см. рисунок 7). Он имеет достаточное количество дискретных входов/выходов, достаточную частоту работы быстрых выходов и их необходимое количество.



Рисунок 7 – ПЛК110-60 [M02] компании ОВЕН

Характеристика ПЛК110-60 [M02] компании ОВЕН:

- Напряжение питания от 9 до 30В постоянного тока
- Потребляемая мощность не более 31Вт
- Выходное напряжение на клеммах $24\text{В} \pm 4\%$, не более 400мА при напряжении 12-30В
- Характеристики встроенного выходного защитного элемента подавления помех, возникающих из-за коммутации индуктивностей (TVS диод SMBJ40A (напряжение срабатывания: от 44,4 до 49,1 В))

3.2 Выбор электродвигателей

На рынке представлено большое количество двигателей различных принципов работы и мощностей. Выбор пал на шаговые электродвигатели гибридного типа, потому что они могут обеспечить необходимую нам точность поворота угла вращения, при достаточном сохранении момента вращения.

Шаговый электродвигатель – это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

Главное преимущество шаговых приводов — точность. При подаче потенциалов на обмотки шаговый двигатель повернётся строго на определённый угол. Можно отметить также длительный срок службы, порой сравнимый со временем морального устаревания или выработки ресурса всего станка; точность работы ШД за это время падает незначительно. Нетребовательны к техобслуживанию.

Недостатки. Возможность «проскальзывания» ротора — наиболее известная проблема этих двигателей.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Для реализации проекта были выбраны шаговые двигатели 86hb250-156b - 3шт для приводов перемещения руки робота и двигатель 86hb250-80b для вращения схвата робота, характеристики которых приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики шаговых двигателей

Название двигателя/ характеристики	86hb250-156b	86hb250-80b
Угол шага	1.8	1.8
Сопротивление фазы	0.65	0.43
Индуктивность фазы	5.8	3.8
Крутящий момент	12.5 Н*м	4.5 Н*м
Максимальная корость	2000 об/мин	2000 об/мин
Номинальный ток	6А	4.2А
Диаметр оси	14	14мм
Питание	DC: + 24 В-+ 110 В AC: 18 В-80 В	DC: + 24 В-+ 110 В AC: 18 В-80 В

3.3 Выбор драйверов управления электродвигателями

Драйвера – это блоки управления шаговыми двигателями, которые обеспечивают их качественную работу при минимальном потреблении ресурсов. Управление двигателем происходит через подачу на драйвер импульсов с нужной частотой и сигнала направления вращения.

В нашем случае при покупке шаговых двигателей драйвера идут в комплекте от производителя. Рассмотрим данные блоки управления шаговыми двигателями с обратной связью Leadsine HBS86 (см. рисунок 8).

Дополнительные функции:

- Поддержка обратной связи (closed-loop)
- Встроенные конфигурации для стандартных двигателей Leadshine
- Оптоизолированные входы/выходы
- Автоматическое снижение тока удержания (настраиваемая степень снижения)
- Защита от превышения напряжения питания, тока фаз, неправильного подключения фаз двигателя.



Рисунок 8 – Драйвер шагового двигателя Leadsine HBS86

Таблица 6 – Характеристики драйвера

Параметр	Значение
Ток фазы	0.35...6А(8.2 пиковый)
Напряжение питания	30..80В постоянного тока
Рекомендуемое напряжение питания	48-68
Частота входного сигнала	до 200кГц
Деление шага	1:512
Размеры модуля	151x139x48мм
Параметр	Значение
Поддерживаемые сигналы	STEP/DIR; CW/CCW
Вес	600г

Схема подключения двигателей изображена на рисунке 9.

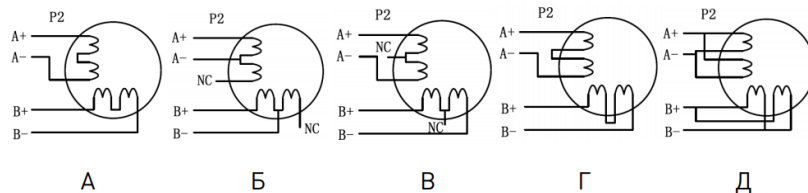


Рисунок 9 – Всевозможные схемы подключения шаговых двигателей:

- А – двигатели с 4 выводами;
- Б и В – двигатели с 6 выводами;
- Г и Д – двигатели с 8 выводами

Схема подключения приведена на рисунке 10.

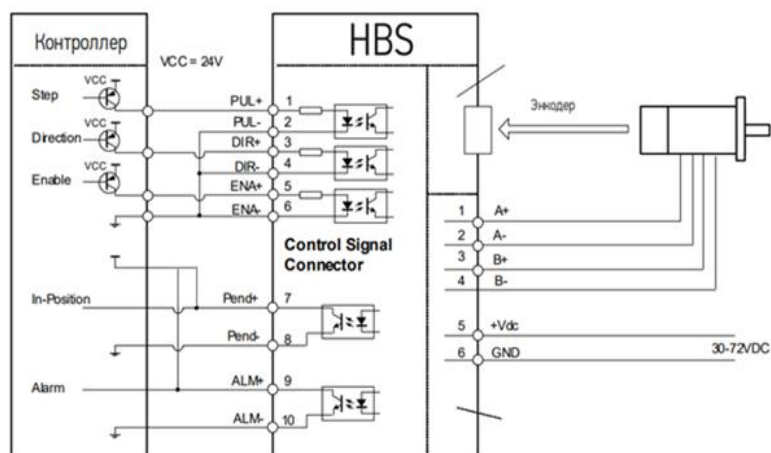


Рисунок 10 – Схема подключения драйвера

Для индикации срабатывания защиты драйвера служит красный диод. В случае возникновения нескольких ошибок одновременно будет инфицирована наиболее приоритетная.

Микрошаг, 1/x	SW1	SW2	SW3	SW4
DEFAULT	ON	ON	ON	ON
4	OFF	ON	ON	ON
8	ON	OFF	ON	ON
16	OFF	OFF	ON	ON
32	ON	ON	OFF	ON
64	OFF	ON	OFF	ON
128	ON	OFF	OFF	ON
256	OFF	OFF	OFF	ON
5	ON	ON	ON	OFF
10	OFF	ON	ON	OFF
20	ON	OFF	ON	OFF
25	OFF	OFF	ON	OFF
40	ON	ON	OFF	OFF
50	OFF	ON	OFF	OFF
100	ON	OFF	OFF	OFF
200	OFF	OFF	OFF	ON

Рисунок 11 – Изображение таблицы выбора числа импульсов на оборот (комбинации свитчей)

Ошибки индицируются количеством циклов вкл-выкл. В период 5 сек. Ниже приведена индикация ошибок в порядке убывания приоритета:

- 1 раз – ток превысил допустимый предел
- 2 раза – напряжение питания превысило допустимый предел
- 5 раз – рассогласование достигло предела

В комплекте к драйверу идет программное обеспечение ProTuner, в котором можно производить детальные настройки работы драйвера по управлению двигателем.

3.4 Выбор датчиков

В качестве датчиков начального положения промышленного робота

Будут использоваться бесконтактные индуктивные торцевые переключатели БТП 301-24.

Переключатели БТП 301-24 имеют индикацию срабатывания, выполненную на светодиоде. Все переключатели снабжены схемами защиты от неправильной полярности питающего напряжения и от перенапряжений при отключении индуктивной нагрузки; кроме того, переключатели БТП 301-24 снабжены схемой защиты от перегрузок и коротких замыканий в цепи нагрузки. Элементы переключателей смонтированы на печатных платах и залиты эпоксидным компаундом.

Подключаются датчики таким образом: красный провод на +24В, синий (голубой, зеленый) к реле, белый на -24В.

Характеристики:

- Питание 24В=
- Максимальный ток нагрузки 0.2А
- Потребляемая мощность не более 0.5 Вт
- Тип работы – дискретный
- Тип чувствительного элемента - торцевая поверхность открытой ферритовой чашки с катушкой индуктивности
- Расстояние срабатывания 8мм
- Степень защиты IP67
- Вероятность безотказной работы за 10000ч не менее 0.94
- Окружающая среда не должна содержать агрессивных паров и газов в концентрации, разрушающей металлы и изоляцию

В качестве датчиков движения выбраны оптические датчики ВБЗС.18М.65.TRL5000.х.1.К. Оптические бесконтактные датчики применяются для регистрации любых объектов и обладают большей дальностью действия по сравнению с другими бесконтактными датчиками. Датчики имеют регулятор чувствительности, позволяющий производить настройку по фактической контрастности объекта на фоне окружающих предметов. Расстояние срабатывания датчика до 5м, в качестве излучения используется рефлекторный лазер.

3.5 Выбор пусковых кнопок

В качестве пусковых кнопок выбраны кнопки марки МТВ. Они будут использоваться для запуска работы алгоритма программы ПЛК (кнопка сигнала «Пуск») и его остановки (кнопка сигнала «Стоп»).

Для сигнала «Пуск» будет использоваться кнопка модификации МТВ2-BAZ11331, кнопка плоская, с маркировкой, зеленая, с изображением знака «I». Для сигнала «Стоп» будет использоваться кнопка модификации МТВ2-BAZ12434, кнопка плоская, с маркировкой, красная, с изображением знака «STOP».

Кнопка сигнала «Пуск» будет исполнена на базе нормально разомкнутого контакта.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Кнопка сигнала «Стоп» будет исполнена на базе нормально замкнутого контакта.

Характеристика [7]:

- Номинальный ток термической стойкости 10А
- Номинальное напряжение изоляции 415В
- Наличие плавкого предохранителя 10А
- Механическая износостойкость 3000000 циклов
- Температурный диапазон эксплуатации от -35 °С до +70 °С
- Температурный диапазон хранения от -40 °С до +70 °С

- Влажность 90% без конденсата
- Вибростойкость 15g
- Ударопрочность 70g
- Степень защиты IP65

Габаритные размеры приведены на рисунке 12.

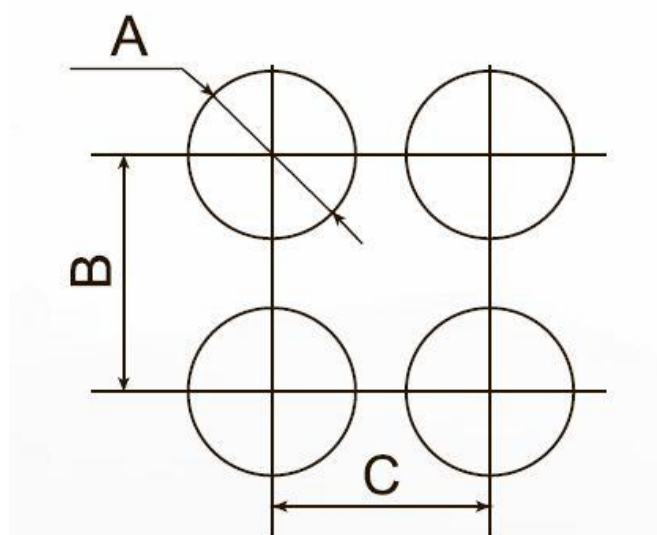


Рисунок 12 – Габаритные размеры кнопок

А – 22мм

Б – >50мм

С – >=35мм

3.6 Выбор светосигнальной лампы

В качестве светосигнальной лампы будет использоваться светосигнальная колонна МТ45-RYG24, изображенные на рисунке 13.

Характеристики [7]:

- Диаметр модулей 45мм
- Напряжение питания 24В АС/DC; 220В АС (50/60 Гц)
- Потребление световых модулей 24В АС/DC – 30мА
- Источник света – светодиод, цоколь ВА15s
- Тип свечения – постоянное
- Рабочая температура -10...+50°С

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- Материал корпуса ABS-пластик, световые модели – поликарбонат
- Степень защиты IP40



Рисунок 13 – Светосигнальная колонна МТ45-RYG24

- Срок службы 50000 часов
- Тип монтажа – стойка, кронштейн для настенного монтажа
- Влажность 45...85% относительной влажности

3.7 Выбор блоков питания

Для питания датчиков и ПЛК будет использован блок питания для промышленной автоматики БП30Б-Д3-24 [7], с напряжением 24В, выходным током 1.25А, 30Вт, которого будет достаточно для питания ПЛК (потребление 25Вт при питании 24В) и 11 датчиков с суммарной максимальной потребляемой мощностью 5.5 Вт, что в сумме дают 30.5 Вт.

Аналогичный блок питания будет использован для питания выходных сигналов.

Драйвера шаговых двигателей будут запитаны блоком питания PS806 Leadshine (см. рисунок 14).

Характеристики [9]:

- Вид – линейный
- Мощность – 0.5кВт
- Выходное напряжение 68В
- Ток 6.5А
- Пиковый ток 10А
- Напряжение питания ~220В, 50Гц
- Размер 215x130x100мм
- Охлаждение пассивное
- Дополнительный выход 12В, 1А для питания датчиков и контроллеров.

Источник базируется на диодном мосте КВРС2510 с максимальным прямым током 25А, что дает более чем двукратный запас по потребляемой мощности. Линейный источник надежен благодаря простой конструкции, легко переносит скачки потребляемой мощности, снабжен предохранителями, защитой от

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

перегрузок, перегрева. Дополнительное напряжение организовано на базе исключительно надежного стабилизатора LM317T, что также позволяет регулировать величину выходного напряжения заменой соответствующего резистора (см. документацию на LM317T).

Линейные источники Leadshine специально разработаны для питания драйверов шаговых двигателей. Регулируемые импульсные источники питания, будучи существенно более дешевым решением, тем не менее рассчитаны на питание нагрузки с равномерным потреблением энергии, такой, как компьютеры, мониторы. В то время как шаговый привод - нагрузка индуктивная, с резко выраженным импульсным потреблением, причем в момент торможения шаговый привод сам генерирует энергию. Это может вызвать нестабильность работы импульсного источника питания за счет слишком большой интеллектuality регулируемых БП - вследствие срабатывания защит по току или напряжению, и т.п. Трансформаторные блоки питания Leadshine лишены подобных недостатков, они подходят для питания любой нагрузки, без последствий переносят скачкообразные изменения потребляемой мощности и за счет своей простоты являются существенно более надежным решением для питания привода станка с ЧПУ.



Рисунок 14 – Источник питания PS806 Leadshine

Рассчитаем потребляемую мощность шагового двигателя по эмперически полученной формуле для расчета мощности шаговых двигателей:

$$P = 32\sqrt{L} * \frac{2}{3} * I = 32\sqrt{5.8} * \frac{2}{3} * 6 = 307\text{Вт} \quad (10)$$

В реальности же потребляемая мощность двигателя меньше, это значение указывает на пиковую мощность при скачке потребления. Исходя из этого значения, этот блок питания без особого труда может обеспечить работу выбранных двигателей.

3.8 Выбор автоматического выключателя

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Выбор автоматического выключателя пал на TDM BA47-29 2P C6A. Потому что он отвечает всем необходимым требованиям, а именно обеспечивает защиту от короткого замыкания, от перегрузки кабельных систем по току. Произведен в Германии, отвечает всем стандартам качества.

Характеристики:

- Номинальный ток 6А
- Характеристику расцепления С
- Номинальное напряжение 230В
- Частота тока 50Гц
- Количество силовых полюсов: 2
- Номинальная откл. Способность 4.5 кА
- Время срабатывания в зоне к.з.: 0.01с
- Степень защиты IP20
- Способ монтажа DIN-рейка

3.9 Выбор магнитного пускателя

В качестве магнитного пускателя в проекте использована модель ПМЛ-1165М-10А-24DC-УХЛ4-Б-КЭАЗ. Главным критерием при выборе было напряжение управляющей катушки, оно должно быть равным выходному напряжению ПЛК, то есть 24В постоянного тока.

Характеристики: номинальный рабочий ток для АС3 – 10А для 380-400В, 6А для 660В; 20А для АС1 – 400В; 4А для АС4 – 400В; напряжение управляющей катушки 24В DC; Количество полюсов 3; Количество главных замыкающих контактов – 3; Количество дополнительных замыкающих контактов – 1; степень защиты IP20.

3.10 Шкаф управления системы автоматизации

Монтажный чертеж электрошкафа управления сделан на основании габаритных размеров шкафа ШРС12 IP31 350x300x1400 компании elleron, который производится в напольном исполнении. Шкаф имеет цельносварную конструкцию, что придает ему дополнительную жесткость. Несъемные стенки так же повышают степень защиты шкафа. Применение шкафов распределительных силовых это – промышленные установки, в закрытых помещениях и в невзрывоопасной среде, не содержащей недопустимые концентрации агрессивных газов, паров и пыли.

Характеристики:

- Номинальное напряжение до 380В

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

- Частота 50 Гц
- Степень защиты IP31

Монтажный чертеж шкафа, с размещенным в нем оборудованием представлен на четвертом листе графической части.

Выводы по разделу три:

Выбраны основные технические средства, произведен выбор контроллера. Разработан шкаф управления.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

4 ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕКТА И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Декомпозиционная схема приведена в таблице 7. Согласно этой таблице мы оптимально подберем составные элементы нашего робота.

Таблица 7 – Декомпозиционная схема

X_{ξ}	Первый уровень декомпозиции	X_{ξ}^{β}	Второй уровень декомпозиции
1	2	3	4
X_1	Управляющее устройство	X_1^1 X_1^2 X_1^3	ПЛК ЧПУ ПК
X_2	Количество одновременно обрабатываемых заготовок	X_2^1 X_2^2	Одна Две
X_3	Комплексность технологии	X_3^1 X_3^2 X_3^3 X_3^4	Гидравлическая Пневматическая Электро-механическая Комплексная
X_4	Вид транспортера	X_4^1 X_4^2 X_4^3	Шнек Робот Кран-балка (поворотный)
X_5	Контроль параметров	X_5^1 X_5^2 X_5^3	Угол поворота двигателя Положение Время работы двигателя (при заданной скорости)
X_6	Вид установки и закрепления	X_6^1 X_6^2 X_6^3	Робот Автооператор Податчик заготовок
X_7	Режимы работы	X_7^1 X_7^2 X_7^3	Ручной Автоматический Ручной и автоматический
X_8	Вид датчиков положения	X_8^1 X_8^2 X_8^3 X_8^4 X_8^5 X_8^6	Путевые выключатели индуктивные Энкодеры Механические концевые выключатели Отсутствует Оптические Комплекс датчиков (путевые и энкодеры)

Продолжение таблицы 7 – Декомпозиционная схема

X ₉	Средства контроля качества продукции	X ₉ ¹ X ₉ ² X ₉ ³	Без средств контроля Измерительный стенд Визуальный и ручной контроль
X ₁	Обеспечение безопасности работы комплекса	X ₁₀ ¹ X ₁₀ ² X ₁₀ ³	Опрос станков и драйверов работа на аварийную ситуацию, токовое реле, датчики движения. Превышение времени отведенного на конкретное действие комплекса, токовое реле Токовое реле
X ₁	Виды датчиков наличия деталей	X ₁₁ ¹ X ₁₁ ² X ₁₁ ³	Путевые выключатели индуктивные Оптические Механические концевые выключатели

Полученную ранее декомпозиционную схему необходимо обработать таким образом, чтобы получить структуру объекта. Для этого выделяются те s-блоки первого уровня, которые несут целевые условия. Тогда остальные G-блоков несут условия ограничения. Структура объекта будет представлена множеством $X = \{X_s; X_g\}$.

Целевые условия обычно определяются из задания:

- РТК должен выполнять загрузку/разгрузку станков
- Разработать АСУ на базе современных технических средств.
- Необходимо обеспечить высокую точность позиционирования руки робота. Эти положения позволяют принять следующие целевые условия.

Учитывая, что современная АСУ - более важная цель, присваиваем значение:

$$X_{S1} \lambda=0,15$$

$$X_{S2} \lambda=0,3$$

$$X_{S3} \lambda=0,4$$

После того, как сформировалась s- мерная цель и ранжированы целевые условия, определяется набор условий ограничений в виде:

$$X_g = \{X_{gi}\}; i=1, \dots, g=n-s.$$

На этой стадии поиска ставится задача отыскать лучшее решение X_g . Чтобы определить лучшее решение необходимо:

- каждой альтернативе по каждому целевому условию поставить в соответствие некоторую оценку;

- выбрать в каждом блоке первого уровня альтернативу с наибольшим значением оценки и сформировать наилучшее ограничение. Результаты этого выбора наглядно представляются в так называемом треугольнике декомпозиции.

На основании вышеизложенного произведем присвоение весовых оценок альтернативным характеристикам. Результаты сведены в таблицу 5.

Таблица 8 – Результаты присвоения весов оценкам λ_{iGg}^{β} при выборе условий-ограничений

X_{Gj}	X_{Gj}^{β}	$X_{S1}=X_1^1; \lambda_1=0.$		$X_{S2}=X_3^3; \lambda_2=0.2$		$X_{S3}=X_4^2; \lambda_3=0.4$	
		код	знач.	код	знач.	код	знач.
$X_{G1}=X_2$	$[X_2^1]$	1	0.25	2	0.1	2	0.2
	X_2^2	2	0.15	2	0.1	2	0.2
$X_{G2}=X_5$	$[X_5^1]$	1	0.2	1	0.1	2	0.13
	X_5^2	2	0.1	2	0.07	2	0.13
	X_5^3	2	0.1	2	0.03	2	0.13
$X_{G3}=X_6$	$[X_6^1]$	1	0.3	1	0.2	1	0.4
	X_6^2	3	0	3	0	3	0
	X_6^3	2	0.1	3	0	3	0
$X_{G4}=X_7$	X_7^1	3	0	3	0	3	0
	$[X_7^2]$	1	0.3	1	0.15	1	0.3
	X_7^3	2	0.1	2	0.05	2	0.1
X_{Gj}	X_{Gj}^{β}	$X_{S1}=X_1^1; \lambda_1=0.$		$X_{S2}=X_3^3; \lambda_2=0.2$		$X_{S3}=X_4^2; \lambda_3=0.4$	
		код	знач.	код	знач.	код	знач.
$X_{G5}=X_8$	X_8^1	2	0.08	2	0.04	2	0.08
	X_8^2	2	0.06	2	0.03	2	0.06
	X_8^3	2	0.05	2	0.04	2	0.05
	X_8^4	3	0	3	0	3	0
	X_8^5	2	0.08	2	0.04	2	0.08
	$[X_8^6]$	1	0.1	1	0.05	1	0.1
	X_9^1	3	0	3	0	3	0
$X_{G6}=X_9$	$[X_9^2]$	1	0	1	0	1	0

Продолжение таблицы 8 – Результаты присвоения весов оценкам λ_{iGg}^b при выборе условий-ограничений

	X_9^3	3	0	3	0	3	0
	$[X_{10}^1]$	1	0.25	1	1.5	1	1.5
$X_{G7}=X_{10}$	X_{10}^2	2	0.15	2	0.5	2	0.5
	X_{10}^3	2	0.1	3	0	3	0
	$[X_{11}^1]$	2	1.3	2	0.6	2	0.13
$X_{G8}=X_{11}$	X_{11}^2	2	1.3	2	0.6	2	0.13
	X_{11}^3	2	1.3	2	0.6	2	0.13

Итог:

Самым оптимальным вариантом структуры комплекса оказался $X^* = \{X_1^1; X_2^1; X_3^3; X_4^2; X_5^1; X_6^1; X_7^3; X_8^6; X_9^2; X_{10}^1; X_{11}^1\}$.

Разработка структурной схемы системы управления

Структурная схема изображает принцип работы роботизированного технологического комплекса токарно-фрезерной обработки. Она должна показывать каким образом будет происходить управление комплексом, т.е. отображать устройство управления (ПЛК), сигналы, подающиеся на блоки входных сигналов устройства управления от датчиков и устройств, которые необходимо опрашивать ПЛК, сигналы от блока выходных сигналов ПЛК осуществляющие управление исполнительными механизмами и программами.

Схема приведена в графической части дипломной работы.

Выводы по разделу четыре:

Проведен декомпозиционный анализ, разработана структурная схема автоматизации. Определены основные функциональные блоки.

5 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

Электрическая принципиальная схема выполняется согласно ГОСТ № 2.702-2011. На ней изображены в соответствии со схемами подключения используемых компонентов: ПЛК, драйвера шаговых электродвигателей, датчики, блоки питания, светодиоды сигнальной лампы, а также станки токарной и фрезерной обработки и измерительный стенд.

Прежде чем составить схему, необходимо определить систему подключения к сети электродвигателей, приборов, регуляторов и других элементов, выявить их общие коммутационные аппараты и аппараты защиты. Электрическую схему соединений изображают в положении отключенного питания, когда на аппараты и их части нет принудительных воздействий. Такое положение является исходным для электрической схемы.

Схема приведена на третьем листе в графической части дипломной работы.

Выводы по разделу пять:

Разработана и проанализирована принципиальная схема автоматизации. Определена система подключения приборов, аппаратов и все связи между ними.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

6.1 Список сигналов ПЛК

Для реализации программы необходимо составить ведомости входных и выходных сигналов выбранного нами ПЛК. На основании входных сигналов, которые будут приходить с кнопок, датчиков, станков, измерительного центра, будет известен статус выполняемых операций, а с помощью выходных сигналов будут осуществляться программные управляющие воздействия на исполнительные органы робота и станки технологического комплекса. Таблицы входных и выходных сигналов приведены в таблице 9 и 10.

Таблица 9 – Состав входных сигналов

№ п/п	Наименование входного сигнала	Условное обозначение	Источник входного сигнала	Обозначение переменной
1	2	3	4	5
1	Наличие детали в накопителе 1	Кнд1	BQ1	DI5
2	Наличие детали в накопителе 2	Кнд2	BQ2	DI5
3	Рука ПР задвинута	Кздв1	BQ3	DI17
4	Схват ПР зажат	Кзж	BQ4	DI18
5	Схват ПР смещен вправо	Ксмпр	BQ5	DI19
6	Схват ПР смещен влево	Ксмлев	BQ6	DI10
7	Схват в 0 градусов	К0гр	BQ7	DI11
8	Рука ПР опущена	Копущ	BQ8	DI20
9	Рука у накопителя 1	Кунак1	BQ9	DI21
10	Рассогласование положения двигателей	Рассогл	Драйвера шаговых двигателей	DI12
11	Сигнал аварии с драйверов шаговых двигателей	Авария	Драйвера шаговых двигателей	DI13
12	Обработка на токарном станке закончена	Об зак тс	Токарный станок с ЧПУ CL-450TMS	DI14

Продолжение таблицы 9 – Состав входных сигналов

13	Разрешение цикла от токарного станка	РЦ1	Система безопасности токарного станка с ЧПУ FCL-450TMS	DI15
14	Обработка на фрезерном станке закончена	Об зак фс	Фрезерный станок с ЧПУ V30i	DI16
15	Разрешение цикла от фрезерного станка	РЦ2	Система безопасности фрезерного станка V30i	DI17
16	Пуск	ПУСК	Кнопка «ПУСК»	DI18
17	Стоп	СТОП	Кнопка «СТОП»	DI19
18	В начало цикла	В нач цикла	Измерительный стенд	DI22
19	Деталь бракована	Брак дет	Измерительный стенд	DI23
20	Датчик контроля движения 1	Кдвиж1	BQ10	DI24
21	Датчик контроля движения 2	Кдвиж2	BQ11	DI25

Таблица 10 – Состав выходных сигналов

N п/п	Наименование выходного сигнала	Условное обозначение	Приемник выходного сигнала	Обозначение переменной
1	2	3	4	5
1	Импульсы для двигателя №1	Имп дв 1	Вход PUL+ драйвера двигателя №1	DO1
2	Направление вращения двигателя №1 для подъема руки ПР	Подн р	Вход DIR+ драйвера двигателя №1	DO9

Продолжение таблицы 10 – Состав выходных сигналов

	Остановить двигатель №1	Остан дв1	Вход ENABLE+ драйвера двигателя №1	DO10
4	Импульсы для двигателя №2	Имп дв 2	Вход PUL+ драйвера двигателя №2	DO2
5	Направление вращения двигателя №2 для выдвигания руки ПР	Вдв р	Вход DIR+ драйвера двигателя №2	DO11
6	Остановить двигатель №2	Остан дв 2	Вход ENABLE+ драйвера двигателя №2	DO12
7	Импульсы для двигателя №3	Имп дв 3	Вход PUL+ драйвера двигателя №3	DO3
8	Направление вращения двигателя №3 для вращения руки ПР вправо	Вращ р вп	Вход DIR+ драйвера двигателя №3	DO13
9	Остановить двигатель №3	Остан дв 3	Вход ENABLE+ драйвера двигателя №3	DO14
10	Импульсы для двигателя №4	Имп дв4	Вход PUL+ драйвера двигателя №4	DO4
11	Направление вращения двигателя №4 для вращения схвата руки ПР вправо	Вращ схв вп	Вход DIR+ драйвера двигателя №4	DO15

Продолжение таблицы 10 – Состав выходных сигналов

12	Остановить двигатель №4	Остан дв 4	Вход ENABLE+ драйвера двигателя №4	DO16
13	Зажим схвата	Заж с	KM1	DO17
14	Смещение схвата вправо	Смщ сх вп	KM2	DO18
15	Смещение схвата влево	Смщ сх вл	KM3	DO19
16	Начать обработку на токарном станке	Об дет тс	УЧПУ токарного станка FCL- 450TMS	DO20
17	Зажим схвата токарного станка	Т сх заж	УЧПУ токарного станка FCL- 450TMS	DO21
18	Начать обработку на фрезерном станке	Об дет фс	УЧПУ фрезерного станка V30i	DO22
19	Зажим схвата фрезерного станка	Ф сх заж	УЧПУ фрезерного станка V30i	DO23
20	Включение красного светодиода	Кр диод	Красный диод ветосигнально й колонны MT45-RYG24	DO5
21	Включение зеленого светодиода	Зел диод	Зеленый диод ветосигнально й колонны MT45-RYG24	DO6
22	Включение желтого светодиода	Жел диод	Желтый диод ветосигнально й колонны MT45-RYG24	DO24

6.2 Программа для ПЛК

Средой программирования проекта будет программный продукт Codesys – сервисное программное обеспечение для программируемых логических контроллеров ОВЕН [7].

Программа предоставляется бесплатно, но для некоторых версий контроллеров необходимо докупать специальные дополнения или же они идут в комплекте с оборудованием. Так же на официальном сайте компании доступно огромное количество обучающего материала.

Компания ОВЕН бесплатно предоставляет большое количество различных библиотек, которые расширяют возможности программы, и так же готовые проектные решения. Одно из таких решений будет использоваться в нашем проекте. Это библиотека содержащая функциональный блок для управления шаговыми двигателями и серво- системами, разработанная Владимиром Ситниковым, сотрудником компании ОВЕН. Авторские права блока защищены лицензией, по которой блок предоставляется бесплатно, а также необходима ссылка на автора [10].

Программный код блока представлен на рисунке 15.

Пояснения к изображению 15 [11]:

– Max_speed/quantity/accel_ramp/decel_ramp можно менять только в состоянии INIT. Т.е. менять на ходу параметры нельзя.

– ENABLE можно выключать в любое время (будет плавный останов, если исходно был плавный запуск).

– Для экстренного останова сначала перевести decel_ramp в 0, а потом уже передавать ENABLE=FALSE -- будет просто останов, без плавного торможения.

– Если ACCEL_RAMP равно нулю, то ускорения/замедления не происходит, а просто генерируются QUANTITY импульсов с частотой MAX_SPEED

– Если QUANTITY равно -1 (16#ffffff), то генерируется бесконечное количество импульсов. Генератор работает до перевода ENABLE в false.

– Для использования, нужно залить файлы PRU0.prg/PRU1.prg в контроллер и перезагрузить его.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

```

FUNCTION_BLOCK PRU_STEPPER
VAR_INPUT
  ENABLE: BOOL;
  MIN_SPEED: REAL; (* Гц *)
  MAX_SPEED: REAL; (* Гц *)
  QUANTITY: DWORD; (* количество импульсов *)
  ACCEL_RAMP: REAL; (* Гц/сек, положительное. Например,
0000Гц/20сек == 500Гц/сек *)
  DECEL_RAMP: REAL; (* Гц/сек, положительное. Например,
0000Гц/10сек == 1000Гц/сек *)
  OUT_NUM: BYTE; (* 1, 2, 3 или 4 *)
END_VAR
VAR_OUTPUT
  STATE : PRU_STEPPER_STATE; (* INIT -> ACCEL -> RUN -> DECEL -
STOP *)
  CURRENT_SPEED: REAL;
  PULSES_GENERATED: DWORD;
END_VAR
VAR
  TMP: DWORD;
  pru_num : BYTE;
  bit_num : BYTE;
END_VAR

TYPE PRU_STEPPER_STATE : (
  INIT_STEPPER, (* STEPPER is waiting for new configuration and
activation ENABLE=TRUE signal *)
  ACCEL_STEPPER, (* STEPPER is accelerating *)
  RUN_STEPPER, (* STEPPER is moving at MAX_SPEED *)
  DECEL_STEPPER, (* STEPPER is decelerating *)
  STOP_STEPPER (* STEPPER is stopped and it is waiting for
ENABLE=FALSE to switch to INIT state *)
);
END_TYPE

```

Рисунок 15 – Программный код функционального блока управления шаговыми двигателями «PRU_STEPPER»

Расчет оптимального количества импульсов на оборот: поскольку максимальная частота работы быстрых выходов контроллера равна 100кГц, то необходимо подобрать такой режим работы, который позволит получить максимальную точность позиционирования приводов промышленного робота при скорости 1200 об/мин.

Герцы показывают частоту в секунду, поэтому нужно узнать сколько за одну секунду вращений совершает двигатель при номинальной скорости. Для этого делим 1200 об/мин на 60с, получаем 20 об/с. Далее, умножая количество

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

оборотов в секунду на частотные режимы работы драйвера подбираем самое близкое значение к 100кГц.

Самым оптимальным вариантом оказался режим 3200 имп/об, т.к. он требует на скорости 1200 об/мин работы выходов контроллера с частотой 64кГц. Следующий по точности режим 6400 имп/об на данной скорости требует 128кГц, что превышает возможности контроллера.

Режим 3200 имп/об позволяет добиться точности позиционирования руки до 5мкм (диаметр винта ШВП привода 16мм). Если нужно будет добиться большей точности, тогда придется уменьшить скорость вращения двигателя, т.к. контроллер ограничен частотой вых сигнала 100 кГц.

Часть программного кода приведена в графической части.

6.3 Выбор и программирование SCADA системы

SCADA-система – программно-аппаратный комплекс, предназначенный для контроля со стороны диспетчера и сбора данных. Терминология **СКАДА** видоизменялась со временем, совместно с развитием технологий автоматизации и управления.

Важнейшей функцией любой SCADA-системы является обеспечение работы автоматизированного рабочего места диспетчера-оператора.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО (АРМ) – это автономный диалоговый (интерактивный) комплекс, система или устройство на базе ЭВМ, предназначенный для автоматизации работ, производимых на рабочих местах. В качестве ядра АРМ могут использоваться универсальные ЭВМ (персональные ЭВМ и микро-ЭВМ общего назначения), специализированные вычислительные машины (персональные и микро-ЭВМ, контроллеры); АРМ могут быть выполнены также в виде специализированной системы с ядром в виде встроенного микропроцессора. Наибольшее распространение получили АРМ для проектировщиков, конструкторов, технологов, исследователей, управленческого персонала (администраторов, бухгалтеров), для контрольно-измерительных работ (тестеры различного назначения), для разработчиков средств вычислительной техники и т. д. АРМ могут работать либо автономно, либо могут входить в состав коллектива вычислителей (в составе локальных сетей, систем проектирования, конструкторских бюро и т.д.), подключаться к более мощным ЭВМ (в децентрализованных системах).

В системах промышленной автоматизации АРМ зачастую реализуются в виде мнемосхем.

Мнемосхема – совокупность сигнальных устройств, изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта, размещаемых на диспетчерских пультах, специальных панелях или выполненных на персональном компьютере. Облегчает запоминание структуры объекта, контроль режимов его действия и управление им.

Средства визуализации - одно из базовых свойств SCADA-систем. В каждой из таких систем существует графический объектно-ориентированный редактор с определенным набором анимационных функций. Используемая векторная

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

графика дает возможность осуществлять широкий круг операций над выбранным объектом. Объекты могут быть простыми (линии, прямоугольники, текстовые объекты и т. д.) и сложные. Возможности агрегирования [методика создания нового класса объектов из уже существующих классов путём включения] сложных объектов в разных SCADA-системах различны. Все SCADA-системы включают библиотеки стандартных графических символов, библиотеки сложных графических объектов, обладают целым рядом других стандартных возможностей.

Но, тем не менее, каждая SCADA-система по-своему уникальна и, несмотря на поддержку стандартных функций, обладает присущими только ей особенностями. При рассмотрении графических возможностей SCADA-систем необходимо обращать внимание не только на возможности инструментария по созданию графических объектов, но и на другие предоставляемые пользователю услуги, облегчающие и ускоряющие процесс разработки приложений (проектов).

Графический редактор позволяет создавать статическую часть технологических мнемосхем, их фрагменты и элементы, не изменяющиеся в процессе работы системы, и далее выполнять динамизацию мнемосхем, т.е. связывать элементы мнемосхемы с такими атрибутами ТП, как текущие значения технологических параметров, аварийная и предупредительная сигнализация, состояния исполнительных механизмов и т.д. Динамически изменяемая информация на экране дисплея, в соответствии с ее особенностями, может представляться в одной из следующих форм:

- в виде текстовых сообщений;
- в виде числовых значений параметров;
- в виде столбцов диаграмм, вторичных показывающих приборов (изображения вольтметров, амперметров, и др.).

Состояние оборудования может быть изображено:

- в виде текстовых сообщений;
- в виде изменяющих свой цвет и внешний вид объектов (например, открывающаяся и закрывающаяся заслонка).

Состояние технологического процесса может быть отражено:

- в виде текстовых подсказок;
- в виде изменяющих свою форму и цвет частей технологического оборудования.

SCADA – система SIMP Light

В своей выпускной квалификационной работе, я использовал пакет SCADA SIMP Light, данная программа была использована, чтобы показать, как могло бы выглядеть автоматизированное рабочее место оператора.

Simp Light – программный продукт, созданный для простого и доступного решения для построения АСУТП, сбора данных и визуализации технологических процессов.

Пакет скада системы SIMP Light состоит из нескольких взаимодополняющих функциональных модулей:

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- Редактор каналов (для работы с OPC серверами, каналами, пользовательскими проектами, а также с общими настройками использования SIMP Light)
- Монитор (для просмотра оперативной информации о состоянии каналов OPC сервера)
- Редактор мнемосхем (для создания и редактирования графического представления внешних устройств, подключенных к OPC серверу (мнемосхем))
- Менеджер проектов (для управления пользовательскими проектами SIMP Light)
- Редактор скриптов (для создания и внесения изменений в программные скрипты виртуальных каналов)

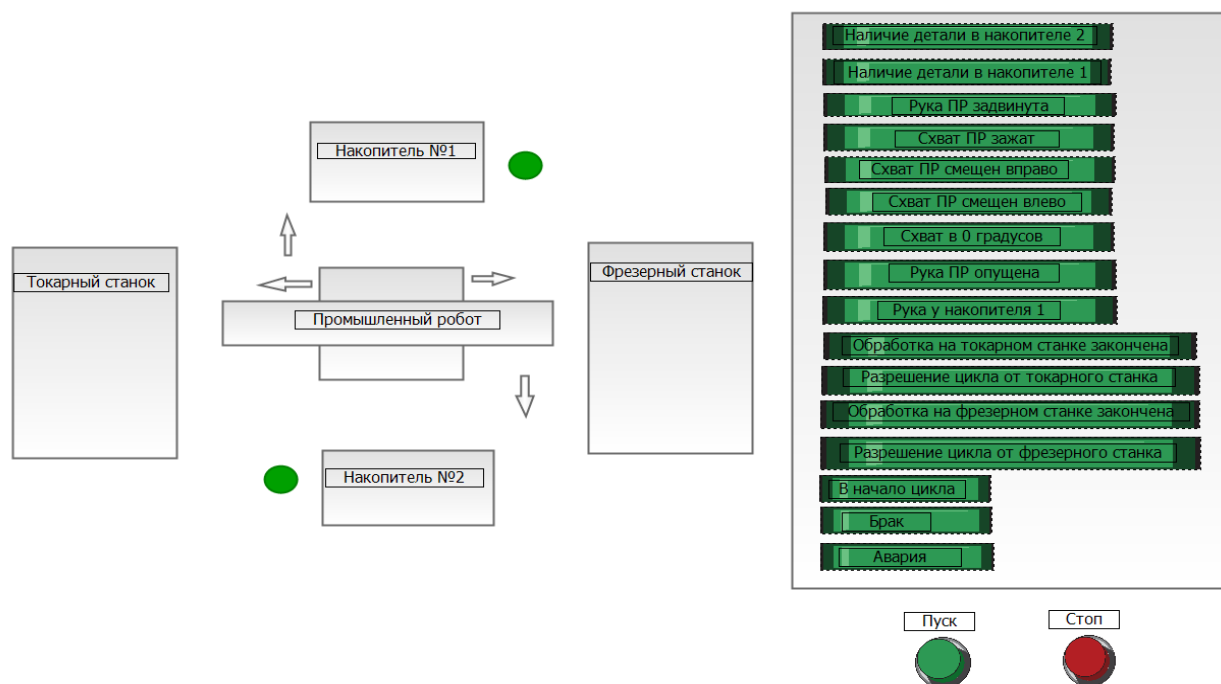


Рисунок 16 – Автоматизированное рабочее место оператора

Выводы по разделу шесть:

Разработана программа системы автоматизации, выбрана SCADA система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломной работы были достигнуты поставленные цели по повышению производительности производственного участка и повышению качества обработки заготовок. Производительность возросла благодаря сокращению вспомогательных операций при использовании человеческого труда при загрузке/выгрузке и проверке качества обработки заготовок/изделий за счет машинной точности и постоянном сохранении высокого ритма работы внедренного роботизированного комплекса. Качество обработки же возрастет из-за использования измерительного стенда, вместо визуальной и ручной оценки качества изделия, что позволит выявлять и предотвращать падение точности обработки на первых стадиях ее появления. К тому же внедрение автоматизированной системы управления позволит уменьшить занятость обслуживающего персонала и сместит характер его труда в сторону наладки оборудования, что позволит уменьшить количество рабочих при сохранении и даже увеличении производительности производственного участка.

В качестве улучшения и модернизации проекта можно предложить установку второго накопителя для изделий, прошедших токарную обработку в случае, если токарная (первичная) обработка будет значительно короче по времени относительно фрезерной (вторичной) обработки. Это приведет к уменьшению времени простоя робота и токарного станка, пока выполняются фрезерные операции.

Так же комплекс механообработки можно расширить путем размещения робота на направляющей рельсе над станками, изменив его конструкцию и разместив на рельсовой направляющей измерительный стенд (модернизировав программный код, расширив базу проверяемых изделий), что позволит им обслуживать целый комплекс станков.

Точность позиционирования руки робота можно повысить, заменив управление режимами импульсов на оборот драйверов шаговых двигателей с ручного переключения свитчей на переключение с помощью микроконтроллера, что позволит менять режимы непосредственно во время работы комплекса, для достижения лучшего соотношения между качеством продукции и производительностью.

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриева, О.В. Методические указания по подготовке и защите выпускной квалификационной работы студентами очной и заочной форм обучения направления 27.03.04 «Управление в технических системах» направленность «Системы и технические средства автоматизации и управления» / О.В. Дмитриева. – Курган: Редакционно-издательский центр КГУ, 2016. – 32 стр.

2. Ключев, А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

3. Пухов, А.С. Синтез решений при поисковом проектировании автоматизированных систем: Монография / А.С. Пухов. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2009. – 154 с.

4 Таранов, А. С. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта для студентов специальности 220301 – «Автоматизация технологических процессов и производств» / А.С. Таранов. – Курган: Редакционно-издательский центр КГУ, 2007. – 36 стр.

2 Требования к оборудованию РТК механообработки [Электронный ресурс]: статья. – Режим доступа: http://studbooks.net/tovarovedenie/trebovaniya_oborudovaniyu_mehanoobrabotki

3 Студенческая библиотека онлайн [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://studbooks.net>

7 Сайт компании-производителя оборудования для автоматизации: сайт. – Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog>

8 Интернет магазин [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://ru.aliexpress.com>

9 Интернет магазин daxton [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://darxton.ru/catalog_item

10. Сайт компании КЭАЗ [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://keaz.ru/catalog>

11 Форум, раздел «Программирование ПЛК110 M02 для задач реального времени» [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <http://www.owen.ru/forum>

12 Технический процесс производства детали типа «корпус». Маршрутная карта. Предприятие ОАО «НПО Курганприбор».

					ЮУрГУ–13.03.02.2021.11157 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50