

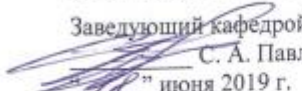
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
РОБОТОТЕХНИКИ

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 С. А. Павлюковец

” июня 2019 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА  
«АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КРАНА-  
ШТАБЕЛЕРА МОДЕЛИ К180АЕР2»

Специальность 53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»

Специализация 53 01 05 01 «Автоматизированный электропривод  
промышленных и транспортных установок»

Обучающийся

группы 10705114

Руководитель


Консультанты:


по разделу электропривода


по разделу охраны труда


по разделу экономики

Ответственный за нормоконтроль


 15.06.2019 М. В. Пиляк

 18.6.2019 О. Ф. Опейко

 17.06.19 Д. Н. Жарко

 18.06.19 Л. П. Филянович

 18.06.19 А. В. Манюкевич

 18.06.19 С. В. Васильев

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 147 страниц;

графическая часть – 8 листов;

Минск 2019

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 147 стр., 63 рис., 24 табл., 17 источников.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, КРАН-ШТАБЕЛЕР, МЕХАНИЗМ ПОДЪЕМА, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК.

Объектом проектирования является крана-штабелер для стеллажного склада-шкафа.

Цель проектирования — разработка автоматизированного электропривода подъема крана-штабелера для стеллажного склада.

В ходе проектирования проведен анализ технологического процесса, выполнено технико-экономическое обоснование проекта, разработана система автоматического управления и модель электропривода, рассмотрены вопросы автоматизации установки и охраны труда.

В результате проектирования был разработан автоматизированный электропривод с векторным управлением. Преобразователем частоты типа 3G3RXA4300-E1F и асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором типа 7FMTK180L4У3 мощностью 27 кВт.

Результаты проектирования могут быть внедрены при проектировании автоматизированных складских комплексов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ И ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ ЭЛЕКТРОПРИВОДУ .....	10
1.1 Описание промышленной установки.....	10
1.2 Анализ технологического процесса промышленной установки и выбор управляемых координат электропривода механизма.....	14
1.3 Формулирование требований к автоматизированному электроприводу механизма.....	16
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА .....	19
2.1 Обзор систем электропривода, применяемых для привода механизма	19
2.2 Выбор рациональной системы электропривода механизма .....	23
2.3 Проектирование функциональной схемы автоматизированного электропривода механизма .....	23
3 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ .....	25
3.1 Анализ кинематической схемы механизма и определение её параметров. Составление математической модели механической части электропривода и определение её параметров.....	25
3.2 Расчёт нагрузок, построение механической характеристики $M_{\text{мех}}=f(w)$ и нагрузочной диаграммы механизма $M_{\text{мех}}=f(t)$ .....	30
3.3 Предварительный выбор двигателя по мощности.....	37
3.4 Выбор номинальной скорости и типоразмера двигателя. Построение характеристики $M_{\text{доп}} = f(\omega)$ где $\omega_{\text{мин}} \leq \omega \leq \omega_{\text{макс}}$ .....	39
3.5 Построение нагрузочной диаграммы $M = f(t)$ за цикл работы .....	40
3.6 Предварительная проверка выбранного электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности .....	44
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	46
4.1 Определение возможных вариантов и обоснование выбора преобразователя электрической энергии.....	46
4.2 Расчёт электрических переменных и выбор типоразмера преобразователя электрической энергии.....	48

4.3 Расчёт параметров и выбор электрических аппаратов силовой цепи: входного и выходного фильтров, тормозного резистора.....	50
<b>5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	<b>52</b>
5.1 Выбор датчиков электрических и технологических переменных для измерения управляемых координат электропривода на основе требований к автоматизированному электроприводу .....	52
5.2 Составление математических моделей (уравнений, структурных схем) и расчёт параметров объекта управления, датчиков, исполнительного устройства .....	53
5.3 Проектирование регуляторов технологических и электрических переменных на основе разработанных математических моделей и требований к автоматизированному электроприводу .....	63
<b>6 РАСЧЁТ И АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ</b> <b>ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА...</b>	<b>65</b>
6.1 Разработка компьютерной (имитационной) модели автоматизированного электропривода механизма .....	65
6.2 Расчёт зависимости задающего воздействия от времени $U_z = f(t)$ для реализации технологического процесса за цикл работы механизма .....	75
6.3 Построение статических характеристик электропривода, соответствующих зависимости $U_z = f(t)$ за цикл работы механизма .....	77
6.4 Расчёт переходных процессов за цикл работы механизма и определения показателей качества .....	78
6.5 Сравнительный анализ полученных показателей качества с требованиями к электроприводу механизма .....	89
<b>7 ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВЫБОРА</b> <b>ДВИГАТЕЛЯ ПО МОЩНОСТИ</b> .....	<b>91</b>
7.1 Построение точной нагрузочной диаграммы электропривода за цикл работы автоматизированного электропривода механизма .....	91
7.2 Проверка электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности электропривода по точной нагрузочной диаграмме механизма за цикл работы.....	92
<b>8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ</b> <b>ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО</b> <b>КОНТРОЛЛЕРА</b> .....	<b>94</b>
8.1 Формализация условий работы промышленной установки .....	94

8.2	Разработка алгоритма функциональной промышленной установки.....	97
8.3	Проектирование релейно-контакторной схемы системы автоматизации и описание ее работы. Разработка программы управления для программируемого контроллера.....	99
8.4	Проектирование функциональной схемы системы автоматизации.....	101
8.5	Выбор аппаратов системы автоматизации .....	103
8.6	Проектирование схемы электрической соединений системы автоматизации.....	108
8.7	Полное описание функционирования системы автоматизации .....	110
9	ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ.....	112
9.1	Выбор аппаратов, проводов и кабелей .....	112
10	ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА .....	116
10.1	Схема электрическая принципиальная автоматизированного электропривода.....	116
10.2	Составление перечня элементов электрооборудования установки ...	117
10.3	Полное описание функционирования схемы электрической принципиальной автоматизированного электропривода.....	119
11	ОХРАНА ТРУДА .....	122
11.1	Меры безопасности при обслуживании крана-штабелера.....	122
11.2	Пожарная безопасность .....	129
11.2	Расчет зануления для электропривода стеллажного крана-штабелера .....	130
12	ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ..	136
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	145
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	146