

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ

Методические указания
к выполнению курсового проекта по дисциплине
"Системы управления электроприводами"
(для студентов электромеханических специальностей)

Утверждено на заседании
кафедры электромеханических
систем автоматизации
Протокол № 4 от 18.02.04 г.

Краматорск 2004

УДК 378.621.3.002.5:621.86

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Системы управления электроприводами" для студентов электромеханических специальностей. / Сост. А.И.Панкратов. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 88 с.

Приводится методика проектирования систем автоматического управления электроприводов регулирования скорости и положения на примере приводов механизмов главного движения и подачи механообрабатывающих станков.

Дается методика оптимизации показателей качества регулирования выходных координат электроприводов в среде MatLab 6.5 Simulink.

Составитель:

А.И.Панкратов, доцент

Ответственный за выпуск А.И.Панкратов

СОДЕРЖАНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	6
Требования, предъявляемые к оформлению расчетно-пояснительной записки...	6
Требования, предъявляемые к графической части.....	7
Содержание расчетно-пояснительной части.....	7
Содержание графической части.....	9
Варианты заданий для проектирования электроприводов.....	10
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	12
Введение.....	12
1 КОМПЛЕКТНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	19
1.1 Силовой трансформатор.....	20
1.2 Силовые вентильные блоки КТП якоря.....	23
1.3 Уравнительные и сглаживающие реакторы КТП якоря.....	24
1.4 Сопротивления якорной цепи электропривода.....	25
1.5 Статические характеристики КТП якоря.....	28
1.6 КТП возбуждения.....	29
1.7 Краткое описание КТП якоря и возбуждения	30
2 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ.....	31
2.1 Электромеханические характеристики привода при питании от сети	31
2.2 Электромеханические характеристики привода при питании от КТП.....	34
Выводы.....	35
3 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМЫ СУЭП.....	36
3.1 Функциональная схема системы регулирования скорости.....	36
3.2 Структурная схема системы регулирования скорости.....	40
3.3 Функциональная схема системы регулирования положения.....	40
3.4 Структурная схема системы регулирования положения.....	43
4 ЭЛЕМЕНТЫ И БЛОКИ СУЭП.....	44

4.1 Датчик скорости.....	44
4.2 Датчик тока.....	45
4.3 Датчик положения.....	47
4.4 Задатчик интенсивности	49
4.5 Синтез регуляторов скорости на основе модульного оптимума.....	50
4.6 Синтез регулятора тока на основе модульного оптимума	53
4.7 Синтез регулятора скорости системы регулирования положения на основе модульного оптимума.....	57
4.8 Синтез регулятора положения на основе модульного оптимума	60
4.9 Узел зависимого токоограничения	62
4.10 Нелинейное звено	65
4.11 Функциональный преобразователь ЭДС	66
5 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЭП.....	67
5.1 Передаточные функции элементов САР.....	67
5.2 Структурное моделирование двухзонного электропривода в среде MatLab.....	71
5.3 Электромеханические переходные процессы в двухзонном электроприводе при пуске, набросе и сбросе нагрузки, торможении с задатчиком без задатчика интенсивности.....	72
5.4 Оптимизация показателей качества регулирования синтезированной двухзонной СУЭП в среде MatLab	74
Выводы.....	75
5.5 Структурное моделирование следящего электропривода в среде MatLab.....	76
5.6 Электромеханические переходные процессы в следящем электроприводе	76
5.7 Оптимизация показателей качества регулирования синтезированного следящего электропривода в среде MatLab	78
Выводы.....	79
5.8 Устойчивость САР.....	79
Выводы.....	80

Заключение.....	80
Литература.....	80
Приложения.....	83

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Требования, предъявляемые к оформлению расчетно-пояснительной записки

Текст записки пишется чернилами или шариковой ручкой фиолетового или синего цвета на одной стороне листа бумаги формата 210 x 297 мм с полями 25 - 30 мм слева и 10-15 мм справа. Все расчеты выполняются в системе СИ.

Иллюстративные материалы, схем, таблицы должны иметь подписи, нумерацию в пределах раздела и выполняться с соблюдением требований ГОСТ 2.105-95 и ЕСКД.

Расчетные формулы вначале записываются в буквенных выражениях, затем делается расшифровка каждого буквенного обозначения, если оно вводится впервые, и приводится единица величины, после чего производятся вычисления с указанием единиц полученного результата. Если по одной и той же формуле производятся несколько вычислений, достаточно продемонстрировать одно вычисление, а результаты остальных расчетов свести в таблицу. Все расчеты необходимо сопровождать краткими пояснениями.

Каждый раздел расчетно-пояснительной записки должен нумероваться и выделяться прописными буквами.

Рекомендуется следующий порядок расположения материала в записке: титульный лист (приложение А), оглавление, реферат, введение, задание с исходными данными и т.д по содержанию.

На первой странице записки размещается штамп, форма и размеры которого приведены в приложении А.

Перечень литературы приводится в конце записки. Готовая записка переплетается в обложке из плотной бумаги. Лицевая сторона подписывается тушью чертежным шрифтом по установленному образцу (приложение Б).

Изображаемые чертежи, схемы, графики должны выполняться в строгом соответствии с требованиями ГОСТ, ЕСКД .

Требования, предъявляемые к графической части

Графики регулировочных характеристик, переходных процессов должны выполняться с нанесенной масштабной сетки. Размеры графиков определяются пропорционально общей площади листа. Каждый лист должен иметь штамп, образец которого приведен в Приложении А .

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Содержание расчетно-пояснительной записки в зависимости от варианта задания предусматривает наличие следующих разделов:

Реферат.

Введение.

Задание на проектирование системы управления электроприводом (СУЭП).

1 КОМПЛЕКТНЫЕ ТИРИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (КТП) ЯКОРЯ И ВОЗБУЖДЕНИЯ.

1.1 Силовой трансформатор.

1.8 Силовые вентильные блоки КТП якоря.

1.9 Уравнительные и сглаживающие реакторы КТП якоря.

1.10 Сопротивления якорной цепи электропривода.

1.11 Статические характеристики КТП якоря.

1.12 КТП возбуждения.

1.13 Краткое описание КТП якоря и возбуждения.

2 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РАЗОМКНУТОЙ САР В СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ.

2.1 Электромеханические характеристики привода при питании от сети.

2.2 Электромеханические характеристики привода при питании от КТП.

Выводы.

3 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМЫ СУЭП.

- 3.1 Функциональная схема системы регулирования скорости.
- 3.2 Структурная схема системы регулирования скорости.
- 3.3 Функциональная схема системы регулирования положения.
- 3.4 Структурная схема системы регулирования положения.

4 ЭЛЕМЕНТЫ И БЛОКИ СУЭП.

- 4.1 Датчик скорости.
- 4.2 Датчик тока.
- 4.3 Датчик положения.
- 4.4 Датчик интенсивности.
- 4.5 Синтез регуляторов скорости на основе модульного оптимума.
- 4.6 Синтез регулятора тока на основе модульного оптимума.
- 4.7 Синтез регулятора скорости системы регулирования положения на основе модульного оптимума.
- 4.8 Синтез регулятора положения на основе модульного оптимума.
- 4.9 Узел зависимого токоограничения.
- 4.10 Нелинейное звено.
- 4.11 Функциональный преобразователь ЭДС.

5 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЭП

- 5.1 Передаточные функции элементов САР.
- 5.2 Структурное моделирование двухзонного электропривода в среде MatLab.
- 5.3 Электромеханические переходные процессы в двухзонном электроприводе при пуске, набросе и сбросе нагрузки, торможении с задатчиком без задатчика интенсивности.
- 5.4 Оптимизация показателей качества регулирования синтезированной двухзонной СУЭП в среде MatLab.

Выводы.

- 5.5 Структурное моделирование следящего электропривода в среде MatLab.
- 5.6 Электромеханические переходные процессы в следящем электроприводе.

5.7 Оптимизация показателей качества регулирования синтезированного следящего электропривода в среде MatLab.

Выводы.

5.8 Устойчивость САР.

Выводы.

Заключение.

Литература.

Приложения.

СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть курсовой работы состоит из четырех демонстрационных листов формата А3.

Лист 1 - Статические характеристики электропривода

Этот лист включает следующие данные:

- 1 Кинематическую схему механизма.
- 2 Графики статических характеристик ТП: ($E_d(\alpha)$, $U_d(\alpha)$, $\alpha(u_y)$, $U_d(u_y)$).
- 3 Графики статических электромеханических характеристик электропривода с разомкнутой и замкнутой САР.

Лист 2 – Силовая схема электропривода

Этот лист включает следующие данные:

- 1 Структурную схему электропривода.
- 2 Принципиальную силовую электрическую схему электропривода.

Лист 3 – Схема управления электропривода

На этом листе приводится принципиальная электрическая схема СУЭП.

Лист 4 – Переходные процессы в электроприводе

Этот лист включает следующие данные:

- 1 Графики электромеханических переходных процессов $\omega(t)$ и $i(t)$ в двухзонном электроприводе с синтезированной и оптимизированной САР при пуске, набросе, сбросе нагрузки, торможении.

2 Графики электромеханических переходных процессов $\omega(t)$, $\varphi(t)$ и $i(t)$ в следящем электроприводе с синтезированной и оптимизированной САР при возмущении по управлению.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУЭП

Варианты заданий для проектирования систем регулирования скорости и систем регулирования положения приведены в таблице 1.

Исходные данные следует дополнить по техническими характеристиками электродвигателей, приведенными в приложении Б.

Технические требования к двухзонной СУЭП регулирования скорости механизма главного движения механообрабатывающего станка

Силовая часть СУЭП выполняется на базе комплектного тиристорного преобразователя якоря (ТПЯ) по трехфазной мостовой реверсивной схеме и комплектного тиристорного преобразователя возбуждения (ТПВ) по однофазной мостовой нереверсивной схеме.

Сигнал задания скорости должен изменяться в пределах ± 10 В.

Для ограничения динамических пусковых токов необходимо задание скорости формировать с помощью задатчика интенсивности с длительностью разгона не менее 10 с.

Система регулирования скорости должна иметь два канала регулирования:

- 1 Канал регулирования напряжения якоря (регулирование в первой зоне);
- 2 Канал регулирования магнитного потока и ЭДС двигателя (регулирование во второй зоне).

САР скорости обоих каналов – одноконтурные.

Двухзонная система управления скоростью должна обеспечивать работу электропривода в первой зоне при постоянном магнитном потоке, а во второй зоне регулирования при постоянной мощности двигателя.

Задатчик скорости в первой и второй зонах – один общий для обеих зон

Для улучшения условий коммутации двигателя в режиме ослабления поля ограничение тока якоря должно обеспечиваться в зависимости от скорости привода с воздействием на выход регулятора скорости.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования систем регулирования скорости (СРС) и систем регулирования положения (СРП).

Вариант	Число каналов управления	Данные электродвигателей			Приведенный момент инерции механизма J_{Σ} , кг м ²	Диапазон регулирования скорости D_1	Кратность тока стопорения λ_1	Статическая ошибка СРС при ω_{\min} и $M_c = M_n \delta_0$, %	Статическая ошибка СРП δ_0 , %	Допустимое ускорение ε , рад/с ²
		Тип двигателя (Приложение Б)	Номинальная мощность P_n , кВт	Номинальное напряжение U_n , В						
1	1	2ПН-180М	12,0	220	1,5J	600:1	2	10	0.5	150
2	2	2ПН-180М	12	440	2,5J	500:1	2.2	10	-	200
3	1	2ПН-180L	4,2	220	1,5J	200:1	2.5	15	0.6	100
4	2	2ПН-180L	5,6	220	2,5J	300:1	2	15	-	250
5	1	2ПБ-180L	8,5	440	1,5J	800:1	1.8	12	1.5	230
6	2	2ПН-200L	11	220	3,5J	400:!	2	10	-	800
7	1	2ПН-200М	13	440	3,5J	1000:1	2	15	1	110
8	2	2ПН-200М	2,2	220	2,5J	450:1	2.2	15	-	140
9	1	2ПН-200L	11	440	3,5J	200:1	2.5	20	1.5	900
10	2	2ПБ-200L	6	220	1,5J	350:1	2	10	-	800
11	1	2ПН-225М	7,5	440	2,5J	1000:1	1.8	15	0.5	590
12	2	2ПН-225L	1,1	220	3,5J	500:1	2	15	-	600
13	1	2ПН-225М	15	440	1,5J	460:1	2	10	1	770
14	2	2ПН-225М	2,2	220	2,5J	800:1	2.2	10	-	120
15	1	2ПН-100L	0,42	220	3,5J	600:1	2.5	14	1.2	900
16	2	2ПН-100L	0,63	220	1,5J	500:1	2	15	-	100
17	1	2ПН-100L	1,1	220	2,5J	400:1	1.8	14	0.5	160
18	2	2ПН-100L	1,7	440	3,5J	700:1	2	10	-	250
19	1	2ПН-100L	2,2	440	1,5J	500:1	2	10	2	300
20	2	2ПН-112М	0,6	220	2,5J	200:1	2.2	15	-	800
21	1	2ПН-112М	0,85	220	3,5J	800:1	2.5	15	1	900
22	2	2ПН-112М	1,5	220	1,5J	300:1	2	10	-	150
23	1	2ПН-112М	2,5	220	2,5J	500:1	1.8	20	0.5	300
24	2	2ПН-112М	3,6	440	3,5J	400:1	2	15	-	400
25	1	2ПН-112L	0,8	220	1,5J	700:1	2	16	0.6	120
26	2	2ПН-112L	1,25	220	2,5J	300:1	2.2	10	-	200
27	1	2ПН-112L	2,2	220	3,5J	600:1	2.5	12	1.5	350
28	2	2ПН-112L	3,4	440	1,5J	700:1	2	15	-	340
29	1	2ПН-112L	5,3	220	1,5J	450:1	1.8	14	1	400
30	2	2ПН-132М	1,6	220	2,5J	650:1	2	10	-	300
31	1	2ПН-132М	2,5	440	3,5J	800:1	2	15	1.5	800
32	2	2ПН-132М	4	220	1,5J	300:1	2.2	10	-	140
33	1	2ПН-132М	7	220	2,5J	850:1	2.5	16	0.5	250
34	2	2ПН-132М	10,5	440	3,5J	480:1	2	15	-	300

Для обеспечения постоянства коэффициента передачи тиристорного преобразователя в режиме непрерывного и прерывистого токов должна предусматриваться последовательная коррекция нелинейности регулировочной характеристики ТП введением в прямой канал управления нелинейного звена.

Для ограничения тока якоря в динамических режимах должна вводиться положительная обратная связь по ЭДС двигателя.

Технические требования к СУЭП регулирования положения механизма подачи механообрабатывающего станка

Силовая часть СУЭП выполняется на базе комплектного тиристорного преобразователя якоря по трехфазной мостовой или нулевой шестифазной реверсивной схеме и комплектного тиристорного преобразователя возбуждения по однофазной мостовой неревверсивной схеме.

Сигнал задания положения должен изменяться в пределах ± 10 В.

САР электропривода регулирования должна быть построена по трехконтурной однозонной системе подчиненного регулирования.

Сигнал обратной связи по току формируется с помощью трансформаторов тока или магнитодиодов.

Ограничение тока электропривода во второй зоне регулирования зависимое от скорости с воздействием на выход регулятора скорости.

Ограничение тока электропривода в первой зоне регулирования обеспечивается сигналом задания регулятора тока.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление ЭП. -М: Высш. шк., 1979. - 317 с.
- 2 Анхимюк В. Л., Опейко О.Ф. Проектирование САУ ЭП. - М.: Высш. шк., 1986. – 442 с.
- 3 Коцегуб П.Х. Синтез вентильных приводов постоянного тока. - Донецк: ДПИ, 1983. - 180 с.
- 4 Башарин А.В., Голубев Ф.Н., Келлерман В.Г. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. - Л.: Энергия 1972. - 440 с.
- 5 Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. - Киев; Одесса: Вища шк., 1984, - 312 с.
- 6 Михайлов О.П. Динамика электромеханического привода металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1989. - 230 с.
- 7 Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Пальцев А.В, Следящие электроприводы станков с ЧПУ. - М.; Энергоатомиздат, 1988. -185 с.
- 8 Справочник по преобразовательной технике /Под ред. И.М Чиженко. - Киев: Техника, 1978.- 370 с.
- 9 Справочник по проектированию силовых и осветительных установок / Под ред. Я.М. Большама и др. - М.: Металлургия, 1974. - 727: с.
- 10 В помощь радиолюбителю : Сборник. - Вып. 110/ Сост. И.Н. Алексеева.-М.: Патриот, 1991, - 62 с.
- 11 Проектирование систем автоматического управления электроприводами: Учеб. пособие для вузов. - Минск: Высшей.шк. 1986.
- 12 Справочное пособие по теории систем автоматического регулирования и управления /Ред. Е.А. Санковский. - Минск: Высшейш.шк., 1973.- 584 с.
- 13 Шварцбург Л.Э. Информационно-измерительные системы приводов металлорежущих станков. - М.: Станки, 1991. - 181 с.
- 14 В помощь радиолюбителю: Сборник. - Вып. 109/ Сост. И.Н. Алексеева. - М.: Патриот, 1991.-80 с.
- 15 Справочник по электроизмерительной технике - М.: Энергия 1986 - 440 с.

- 16 Справочник по автоматизированному электроприводу /Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергия, 1983. - 616 с.
- 17 Электротехнический справочник /Под ред. П.Г. Груднинского и др. - М.: Энергия, 1972. - Т.2, кн.2. - 815 с.
- 18 Тихомиров В.М. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1980, -350 с.
- 19 Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами. -М.: Машиностроение, 1986. -78с.
- 20 Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник. М.: Энергия, 1975. - 211 с.
- 21 Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М.Чиженко. -М.: Энергия, 1980. - 250 с.
- 22 Электроприводы унифицированные трехфазные серии ЭПУ-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИГРФ.654674.001 ТО.- 1984, - 214 с.
- 23 Комплектные тиристорные электроприводы: К63 Справочник / И.Х. Евзеров, С.А. Горобец, Б.И. Мошкович и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 319 с.
- 24 Чиликин Н.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 576 с.
- 26 Методические указания к выполнению курсового проекта «Автоматизированный электропривод» для студентов специальности 7.092501 / Сост. И.М.Сагайда. – Краматорск: ДГМА, 2001. – 112 с.
- 26 Панкратов А.И. Выбор электроприводов подъемно-транспортных машин: Учеб. пособие по дисциплине «Теория электропривода» для студентов электромеханических специальностей. – Краматорск: ДГМА, 2001. – 212 с.
- 27 Управление вентильными электроприводами постоянного тока/ Е.Д. Лебедев, В.Е. Неймарк, М.Я. Пистрак, О.В. Слежановский. – М.:Энергия, 1970. – 200с.
- 28 Чернов Е.А., Кузьмин В.П., Синичкин С.Г. Электроприводы подач станков с ЧПУ: Справочное пособие.- Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1986,- 271 с.
- 29 Электропривод комплектный тиристорный постоянного тока типа ЭТУ 3601. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ИГЕВ.654635.001 ТО. 42 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Образец титульного листа и штампа

А.1 Титульный лист пояснительной записки курсового проекта

Министерство образования и науки Украины

ДГМА

Кафедра ЭСА

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине

"Теория электропривода"

Вариант №

Выполнил:

ст. гр.

Проверил:

Ф.И.О.

Ф.И.О.

Краматорск 2002

А.2 Образец штампа пояснительной записки [23]

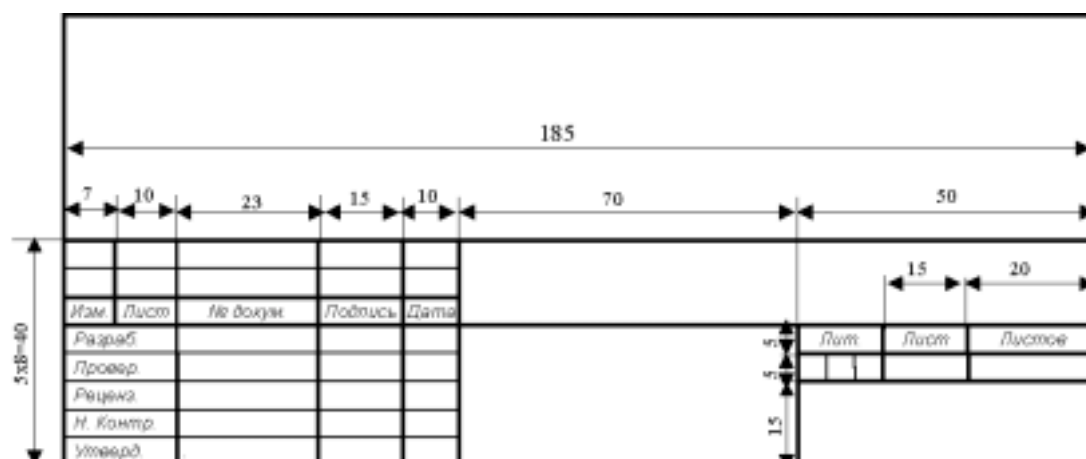


Рисунок А1 – Основная надпись для текстовых документов по форме 2

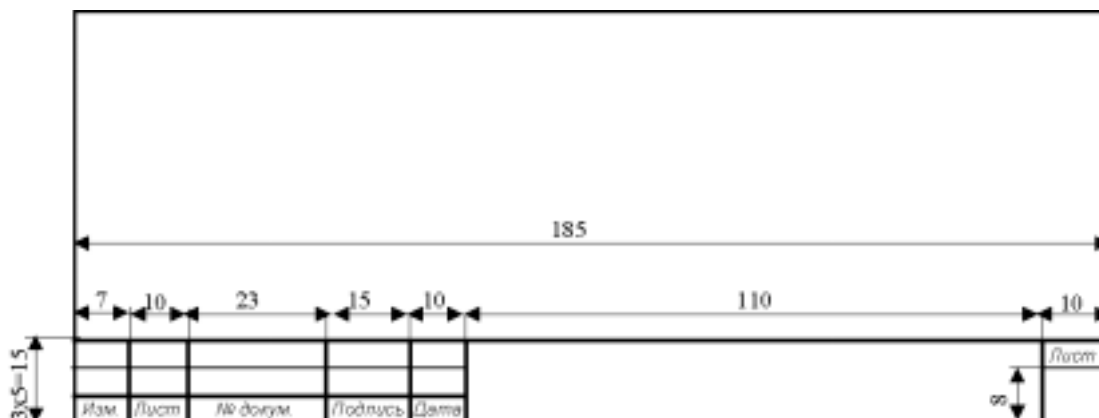


Рисунок А2 – Основная надпись для текстовых документов, чертежей и схем по форме А2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное). Технические характеристики электродвигателей постоянного тока типа 2ПН [16]

Тип электродвигателя	Номинальные данные двигателя						КПД, %	Максимальная мощность возбуждения, Вт	Сопротивление при 15° С, Ом		Момент инерции якоря, кг м ²
	Мощность, кВт	Напряжение якоря, В	Напряжение возбуждения, В	Сила тока якоря, А	Номинальная частота, м ⁻¹	Максимальная частота, м ⁻¹			якоря	дополнительных полюсов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2ПН-180М	15,0	220 440	220 220	76,50 38,1	1500 1500	4000 3500	85,5 86,0	660	0,084 0,338	0,056 0,221	0,2
	26,0	220 440	220 220	130,0 64,5	2240 2240	3500 3500	88,0 88,5	745	0,038 0,15	0,025 0,092	
	37,0	220 440	220 220	185,0 91,8	3000 3150	3500 3500	89,0 89,5		0,022 0,084	0,015 0,056	
2ПН-180L	7,1	220 440	220 220	37,6 18,7	750 750	2500 1850	80,0 80,5	580	0,26 1,06	0,183 0,67	0,229
	10,0	220 440	220 220	52,5 26,0	1000 1000	3000 2500	83,5 83,5		0,168 0,585	0,11 0,462	
	18,5	220 440	220 220	93,50 47,0	1500 1600	3500 3500	87,0 87,5		0,065 0,26	0,044 0,183	
	30,0 42,0	440 440	220 220	74,6 104,0	2200 3000	3500 3500	89,0 90,5	786	0,136 0,65	0,084 0,044	
2ПН-200М	8,5	220 440	220 220	44,5 22,2	800 800	2500 1850	82,0 82,0	595	0,188 0,796	0,116 0,506	0,25
	13,0	220 440	220 220	67,0 33,4	1120 1000	3000 2500	85,0 84,5		0,106 0,485	0,061 0,303	
	22,0	220 440	220 220	111,0 55,6	1500 1500	1500 3500	87,5 87,5	690	0,047 0,246	0,029 0,13	
	36,0	220 440	220 220	181,0 89,7	2200 2200	3500 3500	88,5 89,5	800	0,026 0,106	0,016 0,061	
	60,0	440	220	149,0	3150	3500	90,5	1045	0,047	0,029	

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2ПН-200L	11,0	220 440	220 220	57,0 28,3	800 750	2500 1850	84,0 83,5	670	0,125 0,565	0,08 0,393	0,3
	16,0	220 440	220 220	82,0 41,0	1000 1000	3000 2500	86,0 86,0		0,083 0,343	0,053 0,224	
	30,0	220 440	220 220	150,0 74,5	1500 1600	3500 3500	88,5 89,5	870	0,031 0,185	0,02 0,08	
	53,0	440	220	131,0	2360	3500	90,5	1149	0,055	0,037	
	75,0	440	220	184,0	3150	3500	91,5		0,031	0,02	
2ПН-225M	7,5	220	220	40	500	1500	77,0	1000	0,09	0,087	0,525
	11	440	220	58	600	1800	79,0		0,13	0,098	
	15	220	220	80	750	2500	80,5		0,085	0,061	
	22	220	220	94	1000	2500	82,5		0,067	0,056	
2ПН-100L	0,42	220	220	2,75	750	1500	61,5	92	7,87	6,2	0,012
	0,63	220	220	3,88	1060	2000	67,0		4,92	3,52	
	1,10	220	220	6,81	1500	4300	74,0	124	2,2	1,57	
1,70	440	220	9,29	2200	4000	78,0	1,17		0,853		
2,20	440	220	11,80	3150	4000	81,0		0,52	0,51		
2ПН-112M	0,60	220 440	220 220	3,9 2,0	800 750	2500 1850	60,5 59,0	157	5,07 23,6	4,5 19,8	0,014
	0,85	220 440	220 220	5,3 2,7	950 1060	3500 2500	64,0 65,0	175	3,85 13,7	3,08 12,7	
	1,50	220 440	220 220	8,80 4,3	1500 1600	4000 3750	70,0 72,0	202	1,77 405	1,55 5,26	
	2,5	220 440	220 220	13,8 6,9	2200 2360	4000 4000	76,0 76,5	236	0,788 3,12	0,682 2,69	
	3,60	220 440	220 220	19,3 9,7	3000 3000	4000 4000	79,0 79,0	284	0,42 1,77	0,356 1,55	
2ПН-112L	0,80	220 440	220 220	5,06 2,52	750 750	2500 1850	63,5 63,0	156	3,68 17,2	3,42 13,9	0,017
	1,25	220 440	220 220	7,45 3,75	1000 1000	3500 2500	68,0 68,0	181	2,34 9,55	2,04 8,34	
	2,20	220 440	220 220	12,30 6,10	1500 1600	4000 3750	75,0 76,0	218	0,968 3,68	0,848 3,42	
	3,40	220 440	220 220	18,30 9,00	2240 2240	4000 4000	79,0 79,5	293	0,413 1,73	0,411 1,51	
	5,30	220 440	220 220	27,70 13,60	3000 3000	4000 4000	81,5 81,5	380	0,242 0,968	0,195 0,848	
2ПН-132M	1,60	220 440	220 220	9,40 4,70	750 750	2500 1850	68,5 69,0	274	1,88 8,45	1,39 4,96	0,038
	2,50	220 440	220 220	14,20 7,20	1000 1000	3000 2500	73,5 73,0		1,08 4,54	0,763 3,26	
	4,00	220 440	220 220	21,80 10,90	1500 1500	4000 3750	79,0 79,0	290	0,564 2,28	0,336 1,44	
	7,00	220 440	220 220	36,70 18,40	2240 2240	4000 4000	83,0 83,0	352	0,226 0,906	0,166 0,692	
	10,5	220 440	220 220	54,70 27,10	3000 3000	4000 4000	84,5 85,0	367	0,14 0,564	0,094 0,336	
2ПБ-180M	12,0	220 440	220 220	61,4 30,2	3350 3000	3500 3500	87,5 88,5	173	0,038 0,181	0,025 0,122	0,2
2ПБ-180L	4,2	220 440	220 220	22,2 11,0	750 750	2500 1850	81,5 82,0	260	0,378 1,69	0,263 0,981	0,229

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2ПБ-200L	6,0	220	220	31,7	800	2500	84,5	248	0,22	0,15	0,3
		440	220	15,7	800	1850	84,5		0,925	0,652	
	8,0	220	220	40,6	950	3000	87,5		0,125	0,08	
		440	220	20,4	1060	2500	87,0		0,565	0,393	
11,0	220	220	56,2	1500	3500	88,5	0,083	0,053			
	440	220	27,6	1500	3500	89,0	0,286	0,168			
15,0	220	220	75,0	2360	3500	89,5	0,031	0,02			
	440	220	37,5	2360	3500	90,0	0,125	0,08			
2ПН-90М	0,17	220	220	1,32	750	1500	48,5	60	27,2	16,2	0,004
		229	220	1,71	1120	2000	57,0		15,47	11,2	
	0,37	220		2,44	1500	4300	61,5	10,61	6,66		
0,71	220	220	4,26	2360	4000	74,0	77	3,99	2,55		
	220	220	5,85	3000	4000	72,0	100	2,52	1,47		
2ПН-90L	0,22	220	220	1,53	800	1500	54,5	66	17,5	13,13	0,005
		220	220	2,20	1000	2000	60,0		12,2	7,96	
	0,55	220	220	3,32	1500	4300	67,5	85	5,44	3,89	
0,90	220	220	5,06	2120	4000	73,0	108	2,85	1,731		
	220	220	7,20	3150	4000	78,0		1,3	0,932		
2ПН-100М	0,37	220	220	2,50	750	1500	59,5	78	11,78	6,7	0,011
		220	220	3,10	1000	2000	66,0		7,05	4,62	
	0,75	220	220	4,35	1500	4300	71,5	102	3,4	2,05	
		220	220	6,75	2200	4000	76,5		1,792	0,93	
2,00	220	220	11,0	3000	4000	79,0	130	0,805	0,57		
2ПН-132L	1,9	220	220	10,9	750	2500	72,0	266	1,28	1,00	0,047
		440	220	5,5	750	1850	70,5		6,42	4,45	
	3,0	220	220	16,9	1000	3000	75,5	363	0,88	0,64	
		440	220	8,3	1000	2500	76,5		3,38	2,16	
	5,5	220	220	30,40	1500	4000	80,5	411	0,322	0,27	
440		220	14,6	1600	3750	81,5	1,28		1,00		
8,5	220	220	44,2	2200	4000	84,0	482	0,167	0,124		
	440	220	21,9	2240	4000	84,5		0,67	0,445		
14,0	220	220	72,1	3150	4000	86,0	596	0,08	0,066		
	440	220	35,9	3150	4000	86,5		0,322	0,27		
2ПН-160М	3,0	220	220	16,6	750	2500	76,5	280	0,732	0,485	0,084
		440	220	8,3	750	1850	76,0		3,15	2,21	
	4,5	220	220	24,2	1000	3000	79,5	340	0,411	0,304	
		440	220	12,1	950	2500	79,0		1,78	1,44	
	7,5	220	220	39,20	1500	4000	83,0	448	0,183	0,135	
440		220	19,4	1500	3750	84,0	0,732		0,485		
13,0	220	220	66,5	2120	4000	85,5	690	0,081	0,056		
	440	220	33,0	2360	4000	86,5		0,279	0,175		
18,0	220	220	92,0	3150	4000	87,0	314	0,037	0,024		
	440	220	45,5	3150	4000	87,5		0,145	0,101		
2ПН-160L	4,0	220	220	21,8	800	2500	78,5	410	0,486	0,389	0,104
		440	220	10,9	750	1850	78,5		2,02	1,8	
6,3	220	220	33,4	1000	3000	81,5		0,278	0,196		
	440	220	16,6	1060	2500	82,0		0,985	0,842		

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Справочные данные согласующих трансформаторов

Тип	Мощность S_H , кВт	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		u_k %	Потери в меди, ΔP_k , Вт
		U_{1H} , В	Число витков	U_{2H} , В	Число витков		
ТТ – 6	6	380/220	177	208±7	84	4	240
ТТ – 8	8	380/220	143	260±8	68	3,2	250
ТТ – 11	11	380/220	126	460±12	60	3	330
ТТ – 19	19	380/220	101	260±8	48	2,1	400
ТТ – 14	14	380/220	118	208±7	56	2,8	390
ТТ – 25	25	380/220	99	400±12	47	2,0	500

Приложение Г (справочное). Технические характеристики тахогенераторов

Серия, тип	Напряжение возбуждения U_B , В	Максимальная скорость вращения ω , об/мин	Коэффициент преобразования, В/с ⁻¹	Нагрузка (не более), А	Сопротивление обмотки возбуждения R_B , Ом	Момент инерции якоря	Частота, Гц
ТГ – 1	110	1100	0,955	–	–	0,7	–
ТГ – 2	110	2400	0,19	–	–	0,14	–
ТД – 101	110	1000	0,2	0,15	80	0,063	–
ТД – 102	110	1500	0,48	0,1	390	0,063	–
ТД – 103	110	1500	0,955	0,08	710	0,2	–
ТД – 201	110	1000	1,24	0,1	780	0,24	–
СЛ – 161	110	2000	0,19	0,1	1770	0,053	–
СЛ – 261	110	2000	0,24	0,1	1400	0,2	–
ТГИ – 1	–	7000	0,057	–	–	–	–
ТГ – С4	55	3000	0,23	0,022	–	–	–
ЭТ – 4	110	1900	0,3	0,12	–	–	–
ЭТ – 7	110	1900	0,21	0,21	–	–	–
АТ – 231	110	4000	0,072	–	430	–	400
АТ – 261	110	4000	0,06	–	340	0,017	400
ТГ – 4	110	6000	0,096	–	–	–	400
Т7 – 5А	110	9000	0,011	–	–	–	400
АТ – 161	110	4000	0,096	–	–	–	400

Приложение Д (справочное). Технические характеристики измерительных преобразователей положения

Д.1 Технические характеристики индуктосинов

Модель	Вид конструкции	Шаг, мм, гр	Частота, Гц	Напряжение питания, В	Коэффициент передачи	Точность
ПИЛП – А2	Линейный	2±0,003	10000±500	0,4±0,1	0,005	3 – 4 мкм
ПИКП1 – А3	Круговой	2°±40'	10000±500	0,6±0,1	0,004	5 – 15
ПЛИ – Н	Линейный	2	–	–	–	Кл. 3,4,5
ПУИ – 18	Круговой	2°	–	–	–	Кл. 3,4

Д.2 Технические характеристики фотоэлектрических измерительных преобразователей

Модель	Вид конструкции	Тип	Диапазон перемещения, мм	Разрешающая способность, имп/об, мм, разрядов	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Класс точности
ВЕ – 5 В	Круговой	Импульсный	–	1000...5000	100x86	1,6	3;4
ВЕ – 190	Круговой	Импульсный	–	600...7000	–	1,0	2;3
ВЕ – 193	Круговой	Импульсный	–	100	–	0,75	2
ВЕ – 178	Круговой	Импульсный	–	600...2500	56x96	0,67	2;3;4
ВЕ – 162	Линейный	Импульсный	250	0,03...0,04 мм	430x80x20	1,24	2
ППК – 15	Круговой	Кодовый	–	15 разрядов	70x168	0,85	2;3
ПДФ-3...7	Круговой	Импульсный	–	600...2000	140x230	1,5	1,5

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине "Системы управления электроприводами"
для студентов электромеханических специальностей

Составитель: Анатолий Иванович Панкратов,

Редактор Хахина Нелли Александровна

Компьютерный набор и верстка - Панкратов А.И.

Подп. в печ.

Формат 60x90 1/16

Офсетная печать. Усл. печ. л. 3,5 Уч.-изд. л. 2,36

Тираж экз. Заказ №

ДГМА. 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72