

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

«Системы управления электроприводами»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электропривод и автоматика

Обеспечивающее подразделение
Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

Разработчик ФОС:

Проф., д.т.н., профессор

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

В.А. Соловьев

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № _____ от «____» _____ 2024 г.

Заведующий кафедрой

¹ В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-2 Способен к разработке комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода	<p>ПК-2.1 Знает правила составления и выполнения технического задания на разработку проекта системы электропривода</p> <p>ПК-2.2 Умеет осуществлять сбор, обработку и анализ справочной и реферативной информации об оборудовании для написания документов, проведения расчетов, выполнения текстовых и графических разделов проекта системы электропривода</p> <p>ПК-2.3 Владеет навыками оформления разделов комплектов конструкторских документов эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода</p>	<p>Знать методики выполнения расчётов проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p> <p>Уметь выполнять расчёты проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p> <p>Владеть навыками выполнения технического задания проекта по разработке системы управления электроприводом для обеспечения требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
5 семестр			
Разделы 1,2	ПК-2.1, ПК-2.2	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 1,2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания
7 семестр			
Разделы 3,4	ПК-2.1, ПК-2.2	Тест	Правильность

			выполнения задания
Разделы 1,3	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	РГР	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 3,4	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания

8 семестр			
Разделы 5,6	ПК-2.1, ПК-2.2	Тест	Правильность выполнения задания
Разделы 5,6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Курсовой проект	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 5,6	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»			
Тест	в течение семестра	9 баллов	9 баллов – 81-100 % правильных ответов – высокий уровень знаний; 6 баллов – 61-80 % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний; 3 балла – 41-60 % правильных ответов – средний уровень знаний; 0 баллов – 0-40 % правильных ответов – очень низкий уровень знаний
Выполнение РГР	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	4 балла – студент показал хорошие знания, умения и навыки при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балл – студент показал удовлетворительное владение знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения знаниями, умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 4	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 5	в течение семестра	5 баллов	
Практическое задание 6	в течение семестра	5 баллов	
ИТОГО:		44 балла	

Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);
65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);
75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);
85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

Промежуточная аттестация в форме «КП»

По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

ТЕСТ

1. В замкнутой системе с суммирующим усилителем и отрицательной обратной связью по скорости, работавшей в установившемся режиме со скоростью равной $\omega = 52\text{c}^{-1}$, произошел обрыв обратной связи. Что произойдет со скоростью вращения двигателя?

Номинальные данные двигателя: $P_n = 2,5\text{ кВт}$, $U_n = 220\text{ В}$, $I_n = 14,1\text{ А}$ $R_{яц} = 1,37\text{ Ом}$, $\omega_n = 104\text{ c}^{-1}$, $J = 0,07\text{ кгм}^2$; преобразователя – $K_p = 22$, $T_p = 0,003\text{ с}$, суммирующего усилителя - $K_\Sigma = 10$.

Ответы :

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Останется без изменения. | 2. Достигнет предельного значения, определяемого ограничением выходной эдс преобразователя. |
| 3. Достигнет номинального значения. | 4. Уменьшится до нулевого значения |

2. В двухконтурной системе подчиненного регулирования с П-регулятором скорости и ПИ-регулятором тока статическая просадка скорости при изменении момента нагрузки от 0 до $0,5 M_n$ составит:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 1. $\Delta\omega = 0\text{ c}^{-1}$ | 2. $2,32\text{ c}^{-1}$ |
| 3. $\Delta\omega = 104\text{ c}^{-1}$ | 4. $4,64\text{ c}^{-1}$ |

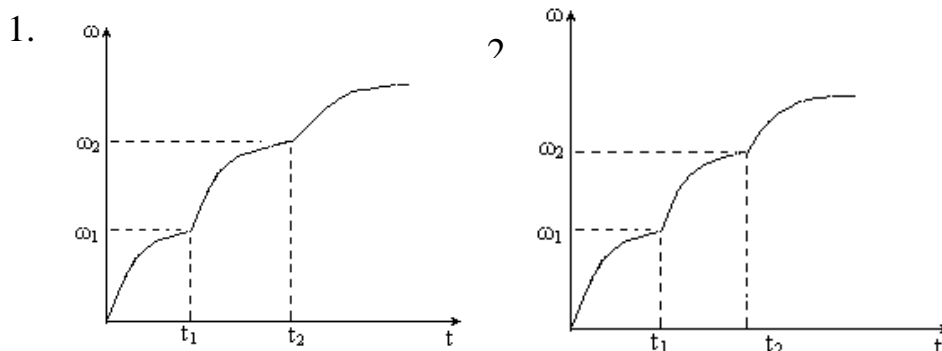
При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя: $P_n = 2,5\text{ кВт}$, $U_n = 220\text{ В}$, $I_n = 14,1\text{ А}$ $R_{яц} = 1,37\text{ Ом}$, $\omega_n = 104\text{ c}^{-1}$, $J = 0,07\text{ кгм}^2$; преобразователя – $K_p = 22$, $T_p = 0,003\text{ с}$, постоянная якорной цепи $T_{яц} = 0,024\text{ с}$, $R_{яц} = 1,7\text{ Ом}$, $T_\mu = 0,003$.

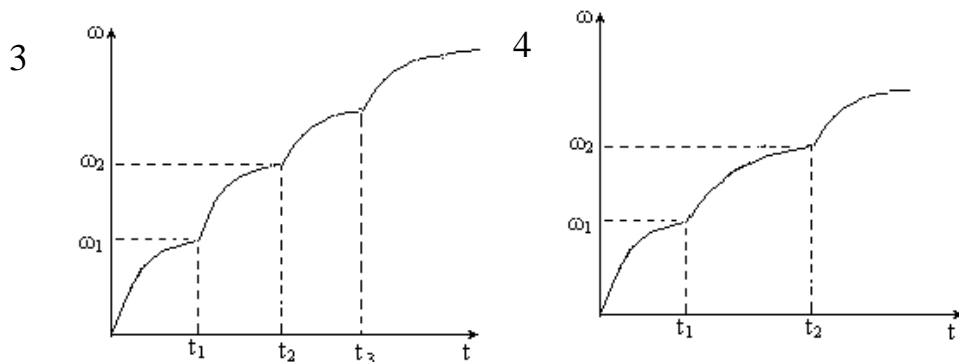
3. В двухкратнointегрирующей системе стабилизации скорости с подчиненным контуром тока, время восстановления скорости и величина динамической просадки скорости при скачкообразном изменении нагрузки от нуля до номинальной составят:

- | | |
|--|---|
| 1. $\Delta\omega_{дин} = 9,3\text{ c}^{-1}$, $t_{восст} = 0,096\text{ с}$. | 2. $\Delta\omega_{дин} = 6,3\text{ c}^{-1}$, $t_{восст} = 0,06\text{ с}$. |
| 3. Динамическая просадка скорости | 4. $\Delta\omega_{дин} = 10,4\text{ c}^{-1}$, $t_{восст} = 0,03\text{ с}$ не имеет места |

При определении просадки скорости считать номинальные данные двигателя: $P_n = 2,5\text{ кВт}$, $U_n = 220\text{ В}$, $I_n = 14,1\text{ А}$ $R_{яц} = 1,37\text{ Ом}$, $\omega_n = 104\text{ c}^{-1}$, $J = 0,07\text{ кгм}^2$; преобразователя – $K_p = 22$, $T_p = 0,003\text{ с}$, постоянная якорной цепи $T_{яц} = 0,024\text{ с}$, $R_{яц} = 1,7\text{ Ом}$, $T_\mu = 0,003$.

4. Какой из ниже приведенных графиков $\omega = f(t)$ соответствует разгону двигателя в две ступени в функции скорости и почему?





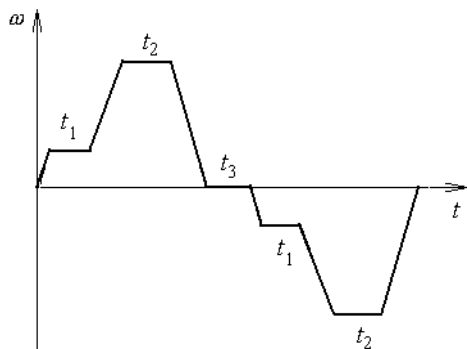
5. При включении на входе двухконтурной системы подчиненного регулирования задатчика интенсивности с темпом изменения выходного сигнала $\frac{dU_{zu}}{dt} = \frac{d\omega}{dt} = A$ в системе будет наблюдаться:

1. ограничение предельного темпа изменения скорости на уровне A , снижение величины перерегулирования скорости, при зависимости электромагнитного момента двигателя от момента инерции и момента нагрузки.
2. темп разгона двигателя будет определяться динамическими характеристиками системы, перерегулирование скорости будет определяться настройкой регуляторов системы.
3. ограничение максимального значения тока якоря и как следствие темпа изменения скорости, а также независимости электромагнитного момента двигателя от момента инерции и момента нагрузки.
4. динамические характеристики системы не будут зависеть от параметров задатчика интенсивности.

Практические задания

Практическое занятие 1. Решение задач по расчеты разомкнутых СУЭП.

Составить релейно-контакторную схему управления электроприводом, работающим в повторно-кратковременном режиме и реализующим следующую тахограмму:



Двигатель переменного тока, число ступеней пуска $m=3$, пуск в функции скорости, торможение противовключением в функции времени. Управление от кнопочного поста.

Практическое занятие 2. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с суммирующим усилителем.

Для замкнутой системы стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по скорости и задержанной по току определить напряжение сравнения в цепи обратной связи по току и значение коэффициента передачи этой обратной связи для нижеприведённых параметров системы:

Двигатель П143-4К; $P_n=200$ кВт; $n_n=400$ об/мин; $\eta_n=91,6\%$; $U_n=440$ В; $I_{ян}=497$ А.

Коэффициенты передачи: суммирующего усилителя $K_a=10$;

преобразователя $K_{II}=46$; датчика скорости $K_C=0,24$ Вс; напряжение задания $U_3=8$ В.

ток стопорения $I_{cm}=994$ А; $I_{omc}=800$ А.

Практическое занятие 3. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с подчиненным регулированием

Для двух контурной системы подчиненного регулирования, реализованной на базе АВК определить параметры регуляторов тока и скорости из условия, что система должна работать в режиме стабилизации скорости с нулевой статической ошибкой. Данные для расчета: Двигатель 4АНК со следующими параметрами: $P_n=200\text{кВт}$, $\omega_n=101,5 \text{ 1/с}$, $I_2=411\text{А}$, $E_{2n}=304 \text{ В}$, $\omega_0=104,7 \text{ 1/с}$, $R_1=0,025 \text{ Ом}$, $X_1=0,13 \text{ Ом}$, $R_2=0,27 \text{ Ом}$, $X_2=0,16 \text{ Ом}$, $J=7,8 \text{ кгм}^2$. Параметры инвертора: $U_{дн}=460 \text{ В}$, $I_{дн}=800 \text{ А}$, $X_{тр}=0,016 \text{ Ом}$. $R_{тр}=0.06 \text{ Ом}$. Параметры сглаживающего дросселя: $L_{др}=2,3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$, $R_{др}=4,7 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$.

Практическое занятие 4. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП с асинхронными двигателями

Для замкнутой системы стабилизации скорости с отрицательной обратной связью по скорости, построенной на базе ТРН –АД определить требуемый коэффициент суммирующего усилителя, который обеспечивал бы статизм замкнутой системы на уровне $\delta=0,03$ при заданном диапазоне регулирования скорости в системе $D=10$.

Данные двигателя : $P_{2n}=90 \text{ кВт}$; $U_{1л}=380 \text{ В}$; $\cos\varphi_n=0,9$; $I_{1n}=162,9 \text{ А}$; $\Omega_0=157 \text{ 1/с}$; $M_n=581,8 \text{ Н м}$; $M_k=1338 \text{ Н м}$; $S_n=0,013$; $S_k=0,095$; $J=1,2 \text{ кг м}^2$; $x_\mu=6,75 \text{ Ом}$; $x_1=0,125 \text{ Ом}$; $R_1=0,032 \text{ Ом}$; $x_2'=0,16 \text{ Ом}$; $R_2'=0,019 \text{ Ом}$; $x_k=0,2 \text{ Ом}$;

Практическое занятие 5. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП

Для двух контурной системы регулирования скорости, реализованной на базе ТРН-АД и приведенной на рис., определить параметры регуляторов момента и скорости и найти статическую просадку скорости при изменении момента нагрузки от 0 до $0,5M_n$.

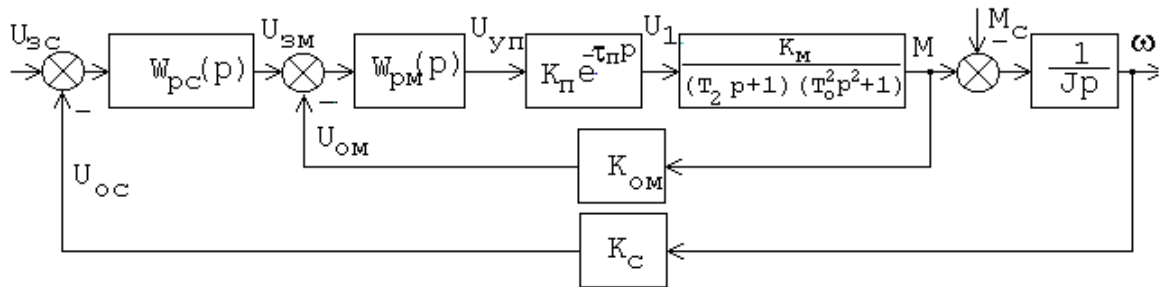


Рис. Структурная схема системы регулирования скорости

При расчете принять коэффициенты затухания свободной составляющей момента двигателя $\gamma_1=0,01$; $\gamma_2=0,6$, $K_{п}=15$, $K_{м}=2,3 \text{ Нм/В}$, $K_{ом}=0,0125\text{В/Нм}$, $J=1,2 \text{ кгм}^2$, $K_{с}=0,064 \text{ Вс}$. Номинальный момент двигателя $M_n=95 \text{ Нм}$, номинальная скорость двигателя $n_n=996 \text{ об/мин}$.

Практическое занятие 6. Решение задач по расчеты замкнутых СУЭП

Для системы управления электроприводом перемещения тележки крана, построенного на базе асинхронного короткозамкнутого двигателя типа МТН 211-6, параметры которого приведены в таблице 1 и преобразователя частоты типа MICROMASTER 420, технические характеристики которого даны в таблице 2, требуется определить требуемый закон частотного управления и рассчитать параметры регулятора скорости, обеспечивающего требуемые динамические характеристики системы регулирования скорости в заданном диапазоне. Диапазон регулирования скорости принять равным $D=8$, приведенный момент инерции привода – $1,25 J_{дв}$.

Таблица 1

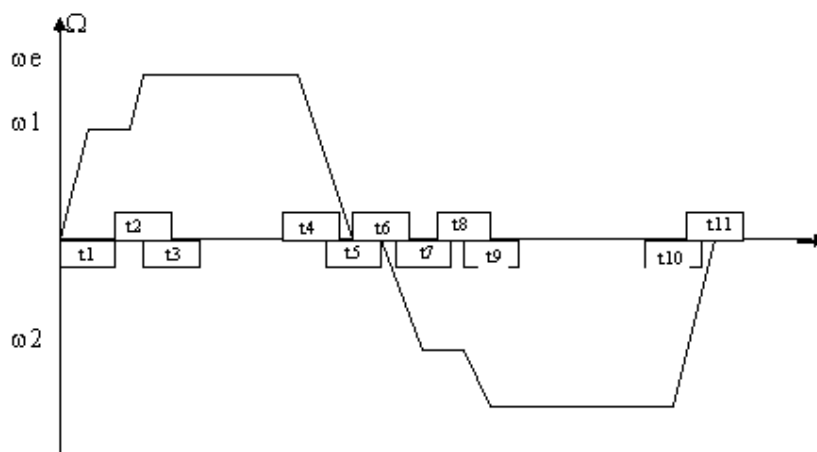
Параметр	Значение
Мощность, кВт	7.5

Число пар полюсов	$2p = 6$
Номинальная частота вращения, об/мин	940
Номинальный ток, А	18
Номинальный крутящий момент, M_n , Н·м	76.2
КПД, %, η	79.4
Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0.8
Предельный крутящий момент к номинальному крутящему моменту, λ	2.5
Номинальный ток ротора, А	26.5
Напряжение ротора, В	185
Масса, кг	140
Момент инерции ротора, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, $J_{\text{дв}}$	0.082
Кратность пускового тока, K_i	4.5
Технические данные ПЧ	
Диапазон мощностей, кВт	0.12 – 11.0
Частота сети, Гц	47-63
Выходная частота, Гц	0-650
Коэффициент мощности	≥ 0.7
КПД преобразователя, %	96-97
Метод регулирования	Линейное управление U/f; линейное управление U/f с управлением по потокосцеплению; управление U/f с параболической характеристикой; многопозиционное управление U/f
Торможение	Торможение постоянным током, смешанное торможение
Степень защиты	IP 20

Расчетно-графическая работа

Каждому студенту необходимо выполнить синтез релейно-контакторной схемы управления двигателем.

Для приведенной на рисунке тахограммы составить схему управления, рассчитать и выбрать все элементы схемы. Необходимые для расчета данные приведены в таблице 8.



- 0 – t.1 – разгон привода на первых двух ступенях пускового реостата;
- t.1 – t.2 – работа привода в установившемся режиме с скоростью ω_1 , определяемой второй ступенью пускового реостата;
- t.2 – t.3 – разгон привода на третьей ступени пускового реостата и на естественной характеристике;
- t.3 – t.4 – работа привода в установившемся режиме на естественной характеристике;
- t.4 – t.5 – торможение привода;
- t.5 – t.6 – пауза (останов) привода;
- t.6 – t.7 - разгон привода на первых двух ступенях пускового реостата в противоположную сторону;
- t.7 – t.8 - работа привода в установившемся режиме с скоростью ω_2 , определяемой второй ступенью пускового реостата;
- t.8 – t.9 - разгон привода на третьей ступени пускового реостата и на естественной характеристике в направлении назад;
- t.9 – t.10 - работа привода в установившемся режиме на естественной характеристике в направлении назад;
- t.10 – t.11 - торможение привода.

При разработке схемы управления предусмотреть следующие виды защит:

- защиту от токов короткого замыкания силовой цепи и цепи управления;
- тепловую защиту;
- защиту от обрыва поля или фазы.

Рассчитать уставки срабатывания защит и выбрать защитную аппаратуру.

При расчете пусковой диаграммы считать момент нагрузки на валу двигателя равным $0.8 M_{ном}$.

Таблица 8

<i>Тип двигателя</i>	Мощность (кВт)	Управление пуском в функции:	Вид торможения	Управление торможением в функции:
4АНК180S4У3	22	времени	динамическое	времени
4АНК200M4У3	37	скорости	противовкл.	времени
4АНК250SB4У3	90	времени	динамическое	скорости
4АНК280S4У3	132	скорости	противовкл.	скорости
4АНК355S4У3	315	времени	противовкл.	времени
4АНК250SB6У3	55	скорости	динамическое	скорости
4АНК355S6У3	200	времени	противовкл.	скорости
4АНК255M8У3	30	скорости	динамическое	времени
4АНК280S8У3	75	времени	комбинированное	времени
4АНК355S8У3	160	скорости	комбинированное	времени

Задания курсового проекта

реализуется в форме практической подготовки

Для заданных функциональных схем систем электропривода необходимо выполнить:

- I) Подробно проанализировать техническое задание и выяснить исходные данные для выбора системы автоматического регулирования (САУ): режим работы привода,

способ управления силовым источником питания привода, диапазон регулирования, требования к точности в установившемся и переходном режимах, характерные возмущения, цель управления (стабилизация какого-либо параметра - скорости, тока, момента, слежение по углу, скорости, току, программное регулирование и т.д.).

2) Для заданного двигателя произвести выбор силового преобразователя с учетом способа управления им. Выбрать также все элементы главной цепи (дроссели, сопротивления и другие).

3) Выбрать коэффициент усиления системы по требуемой точности и выяснять возможность реализации его в данной системе электропривода.

4) Выбрать необходимые датчики (скорости, тока, напряжения и другие) с учетом точности, нагрузки и их конструктивных особенностей.

5) Выбрать устройства управления (усилители, устройства задания, потенциальные развязки, регуляторы и другие.), обращая внимание на согласование устройств между собой по току и по напряжению.

6) Выбрать устройства защиты, сигнализации и коммутации (автоматические выключатели, реле, контакторы, датчики защит и другие устройства).

7) Подготовить данные для динамического и статического расчета системы: определить коэффициенты усиления и постоянные времени звеньев системы, возможность их линеаризации или необходимость учета нелинейностей. Определить передаточные функции звеньев и составить структурную схему системы электропривода.

8) Произвести статический расчет системы (если он необходим) и построить статические характеристики во всем диапазоне изменения параметров задания и нагрузки.

9) Проверить систему на устойчивость, выявить области и запас устойчивости.

10) При неустойчивой системе или при неудовлетворительном запасе устойчивости системы произвести ее коррекцию. Для этого следует задаться желаемой логарифмической характеристикой и найти корректирующее звено последовательной или параллельной коррекции, выбрать элементы стабилизации, уточнить обратные связи в системе.

11) Проверить качество системы, для чего построить переходной процесс по управлению и по возмущению аналитическим, численным или графическим методом. Если качество не удовлетворяет требованиям, то либо вторично корректировать систему, либо, если это возможно, пересмотреть требования.

12) Составить принципиальную схему разработанного электропривода.

В курсовом проекте расчет переходных процессов в системе и проверку качества системы целесообразно проводить с использованием средств цифровой вычислительной техники. Для расчета на ЭВМ переходных процессов рекомендуется использовать программы PSM, использующие в качестве исходных данных для расчета структурную схему системы, записанную в передаточных функциях.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

В задании на курсовой проект приводится функциональная схема системы и следующие основные исходные данные:

- 1) напряжение питающей сети;
- 2) тип, мощность и скорость вращения электродвигателя;
- 3) диапазон регулирования скорости;
- 4) момент инерция механизма, приведенный к валу двигателя;
- 5) точность стабилизации или слежения;
- 6) допустимое перерегулирование и максимальное время переходного процесса.

Остальные исходные данные должны выбираться самостоятельно на основании изучения систем электропривода. В числе некоторых таких дополнительных исходных

данных могут быть:

1) технические данные электродвигателя (номинальный ток, напряжение, момент инерции якоря, индуктивность обмоток и другие данные), которые выбираются из справочной литературы и каталогов, данные некоторых двигателей приведены в разделе 19 данных методических указаний;

2) величина допустимых перегрузок и необходимость токоограничения;

3) способ управления преобразователем.

Принятые дополнительные данные и допущения кратко излагаются в расчетно-пояснительной записке после записи задания на курсовое проектирование.