



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Кафедра электропривода
и автоматизации

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В081200-Энергообеспечение сельского хозяйства

Алматы 2017

СОСТАВИТЕЛИ: С.Б. Алексеев, К.Ж. Калиева, Д.М. Чныбаева.
Электропривод. Методические указания по выполнению расчетно-
графических работ для студентов специальности 5В081200 -
Энергообеспечение сельского хозяйства. – Алматы: АУЭС. 2017. – 20 с.

Методические указания предназначены для выполнения расчетно-
графических работ по дисциплине «Электропривод» и содержат
теоретические сведения, методика и пример расчета задач.

Ил.9, табл.6, библиограф. - бназв.

Рецензент: старший преподаватель ЭССиС Курпенов Б.К.

Печатается по плану издания Некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи» на 2017г.

©НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2017г.

Сергей Борисович Алексеев
Казима Жанбырбаевна Калиева
Данна Максуткановна Чныбаева

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В081200-Энергообеспечение сельского хозяйства

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать ____
Тираж 20 экз.
Объем 2,3уч. – изд.л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографическая №1
Заказ____ Цена 625 тг

Копировально-множительная бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, ул. Байтурсынова, 126

Введение

Методические указания предназначены для студентов для всех форм обучения подготовки специальности 5В081200 - «Энергообеспечение сельского хозяйства», выполняющих расчетно-графическую работу по дисциплине «Электропривод».

Цель расчетно-графической работы - закрепление студентами знаний, полученных на лекциях и лабораторных работах, более глубокое понимание положений теории, а также развитие у студентов навыков решения прикладных задач электропривода.

По дисциплине предусмотрено выполнение трех расчетно-графических работ (РГР), в которых рассматриваются принципы управления электродвигателями постоянного и переменного тока, а также выполняются расчеты и построение механических характеристик для заданных режимов.

Расчет и построение естественных и искусственных механических характеристик электродвигателей позволяют студентам овладеть навыками анализа режимов работы электропривода и наглядно оценить изменения регулируемых параметров на их вид.

В методических указаниях приведены краткие теоретические сведения, позволяющие студенту самостоятельно выполнить задание, требования к структуре, содержанию и оформлению пояснительной записки, рекомендуемые библиографические источники.

1 Основные требования к структуре, содержанию и оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка (ПЗ) выполняется на листах формата А4 (297×210) мм. Текст пояснительной записки должен быть оформлен в соответствии с требованиями СТ НАО 56023-1910-04-2014 [6].

Расчетно-графическая работа должна включать следующие основные компоненты:

1) Титульный лист по форме СТ НАО 56023-1910-04-2014 (приложение С) [56].

2) Задание на выполнение расчетно-графической работы: является вторым листом ПЗ, выполненным на бланке (приложение А).

3) Содержание: по форме СТ НАО 56023-1910-04-2014 является третьим листом ПЗ

4) Введение, содержащее обоснование актуальности темы расчетно-графической работы; перечень задач, решаемых при выполнении работы; методы и средства, которые предполагается использовать для решения этих задач.

5) Краткие теоретические сведения по теме работы.

6) Расчетно-графическую часть, содержащую схему, расчеты, графики, результаты моделирования и выводы по каждой задаче.

7) Заключение должно содержать основные результаты и краткие выводы.

8) Список литературы включает перечень научно-технических источников, использованных при выполнении работы, составленный в алфавитном порядке фамилий авторов с учетом требований СТ НАО 56023-1910-04-2014 [6]. Текст пояснительной записки должен содержать ссылки на библиографические источники.

При защите расчетно-графической работы учитываются дата представления работы на защиту в срок, соответствующий утвержденному графику учебного процесса; соответствие содержания работы выданному заданию; соответствие оформления расчетно-графической работы требованиям [6] и ЕСКД; ответы на вопросы при защите расчетно-графической работы.

2 Расчетно-графическая работа №1.

2.1 Задание 1

Для электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением определить:

- величину пускового резистора ($R_{п}$), ограничивающего пусковой ток двигателя на уровне $2I_H$;

- определить величину добавочного резистора (R_D), который, оставаясь в цепи якоря электродвигателя, обеспечит его работу с номинальным током и скоростью, равной $K\omega_n$ (коэффициент K задается преподавателем);

- определить скорость электродвигателя, с которой он будет работать, если в цепи якоря останутся включенными пусковой и добавочный резисторы;

- построить на одном графике естественную электромеханическую характеристику, пусковую электромеханическую характеристику, проходящую через точку ($\omega = K \cdot \omega_n$, $I=I_n$), и характеристику, соответствующую двум последовательно включенным резисторам ($R_D + R_{II}$).

Тип и параметры электродвигателя задаются в приложении А преподавателем и записываются в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры двигателя постоянного тока независимого возбуждения

№ п/п	Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Номинальная мощность электродвигателя	P_n	$кВт$	
2	Ток якоря	I_y	A	
3	Номинальное напряжение	U	B	
4	Активное сопротивление	R_y	$Ом$	
5	Индуктивное сопротивление	L_y	$Гн$	
6	Частота вращения	ω_n	$рад/с$	
7	Номинальный момент	M_n	$Н \cdot м$	
8	Момент инерции	J_y	$кг \cdot м^2$	
9	Коэффициент	K		

Для решения поставленной задачи следует воспользоваться формулой, описывающей электромеханическую характеристику электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением [1]:

$$\omega = \frac{U_n - I_y \cdot (R_y + R)}{k \cdot \Phi} \quad (2.1)$$

где U_n – номинальное напряжение, В;

I_y – ток якоря, А;

R_y – активное сопротивление якоря, Ом;

k – конструктивный коэффициент;

Φ – магнитный поток, Вб.

Коэффициент C определяется по формуле:

$$C = \frac{M_n}{I_n} \quad (2.2)$$

Величину пускового резистора R_{Π} , ограничивающего пусковой ток двигателя равна $2I_H$ в момент включения электродвигателя, определим по формуле (2.3).

В момент включения электродвигателя его скорость $\omega=0$. Подставив все известные параметры в уравнение электромеханической характеристики, найдем величину пускового резистора R_{Π} :

$$\omega = \frac{U_H - I_H(R_{\text{я}} + R_{\Pi})}{C}. \quad (2.3)$$

Величину добавочного резистора $R_{\text{д}}$, который, оставаясь в цепи якоря электродвигателя, обеспечивает работу при скорости, равной $\omega = K\omega_H$ с номинальным током $I = I_H$ находим по формуле (2.4):

$$K\omega = \frac{U_H - I_H(R_{\text{я}} + R_{\text{д}})}{C}, \quad (2.4)$$

где K -коэффициент, согласно заданию.

Для построения электромеханических характеристик определим скорость идеального холостого хода:

$$\omega_0 = \frac{U_H}{C}. \quad (2.5)$$

Естественная электромеханическая характеристика строится по точкам: $(\omega = \omega_0, I = 0)$, $(\omega = \omega_H, I = I_H)$; пусковая характеристика по точкам: $(\omega = \omega_0, I = 0)$, $(\omega = 0, I = 2I_H)$. Аналогичным образом строятся искусственные характеристики при дополнительных сопротивлениях в цепи якоря [2].

Ниже показан пример построения электромеханических характеристик.

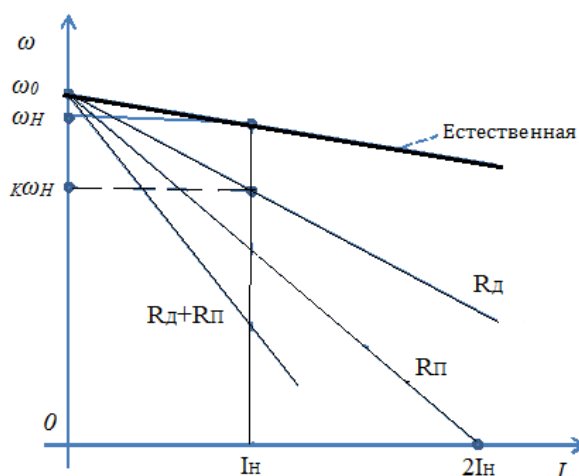


Рисунок 2.1- Электромеханические характеристики электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением

2.2 Задание 2

Для двух схем регулирования скорости электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением рисунки 2.2 и 2.3 рассчитать и построить электромеханические характеристики $\omega=f(I)$. Для первой схемы при номинальном выходном напряжении, электродвигателя и при напряжении, равном $0,5U_H$, для второй схемы при номинальном выходном напряжении при $0,2U_H$, частота коммутации 1000 Гц . Характеристики построить на одном графике. Тип и параметры двигателя соответствуют заданию 2.1.

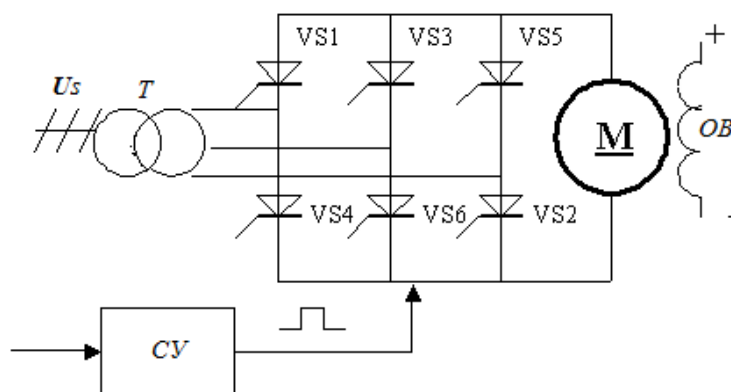


Рисунок 2.2 – Электропривод на основе трехфазного мостового выпрямителя

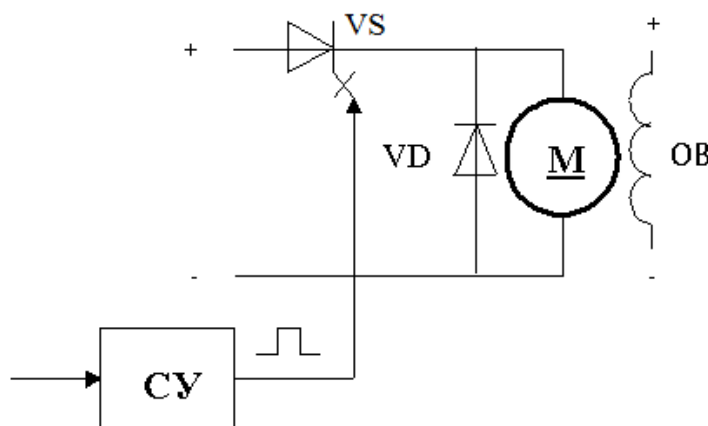


Рисунок 2.3 – Электропривод с импульсным регулятором

Способ регулирования угловой скорости напряжением в цепи якоря в серийных электроприводах постоянного тока осуществляется обычно с помощью однофазных и трехфазных тиристорных выпрямителей и широтно-импульсных регуляторов, которые обеспечивают экономическое регулирование частоты вращения двигателя в широком диапазоне [3].

Уравнения электромеханической характеристики электродвигателя постоянного тока, питаемого от управляемого выпрямителя в системе

регулирования без обратных связей (рисунок 2.2), можно представить в следующем виде:

$$\omega = \frac{(U_H \cos \alpha - IR_{\Sigma})}{C}, \quad (2.6)$$

α - угол управления тиристорами выпрямителя, формируемый схемой управления СУ ($\alpha = 0 \div 90^\circ$).

Для широтно-импульсного преобразователя (рисунок 2.2) уравнение этой характеристики имеет следующий вид:

$$\omega = \frac{(\varepsilon U_H - IR_{\Sigma})}{C}, \quad (2.7)$$

где $\varepsilon = t_u / T$ – коэффициент регулирования (t_u - длительность импульса; T - период).

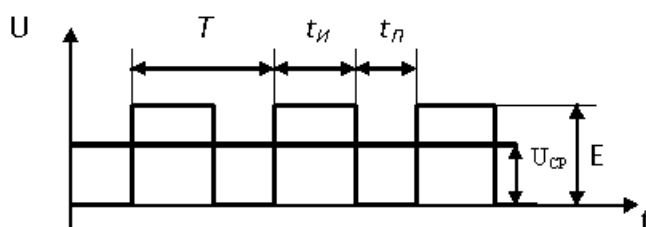


Рисунок 2.4 - Выходное напряжение на нагрузке при использовании метода ШИР

Координаты для построения электромеханических характеристик определяются по приведенным формулам, а сами характеристики строятся на отдельном графике для каждой схемы.

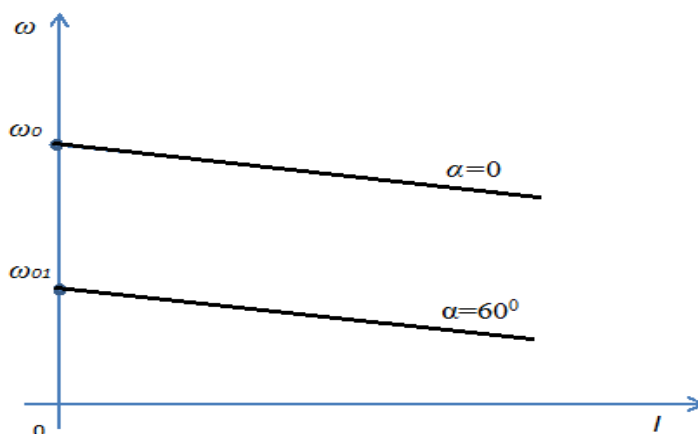


Рисунок 2.5 – Электромеханические характеристики электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением при различных значениях напряжения

3 Расчетно-графическая работа №2.

3.1 Задание

Для асинхронного электродвигателя заданной мощности, питающегося от преобразователя частоты, рассчитать и построить естественную механическую характеристику ($f=50 \text{ Гц}$) и механические характеристики при законе частотного регулирования $U/f=const$, для заданных частот ($f_1=f_2=f_3$). Характеристики $\omega=f(M)$ для всех частот построить на одном графике.

Тип и параметры электродвигателя задаются преподавателем по приложению Б преподавателем и записывается в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры асинхронного двигателя

№ п/п	Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Тип двигателя	4А100L6У3		
2	Номинальная мощность электродвигателя	P_H	кВт	
3	Номинальный ток	I_H	А	
4	Номинальное напряжение	U_H	В	
5	Синхронная скорость вращения	n_H	об/мин	
6	Номинальное скольжение	$s_{ном}$	о.е.	
7	Индуктивное сопротивление основного магнитного потока	X_μ	о.е.	
8	Активное сопротивление обмотки статора	R_1	о.е.	
9	Индуктивное сопротивление обмотки статора	X_1	о.е.	
10	Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	R_2'	о.е.	
11	Индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	X_2'	о.е.	
12	Коэффициент мощности	$\cos\varphi$	о.е.	

Расчет механических характеристик асинхронного двигателя проводится в абсолютных единицах. Для этого параметры электродвигателя приводятся к абсолютным единицам путем умножения на базовое сопротивление, выписанных из каталога, сопротивлений двигателя в относительных единицах [4].

Базовое сопротивление определяется по известным номинальным значениям напряжения и тока:

$$Z_B = \frac{U_H}{I_H}. \quad (3.1)$$

Вращающий момент асинхронного электродвигателя, согласно схеме замещения, определяется следующим выражением [1]:

$$M = \frac{3U^2_{\phi} R'_2}{\omega_0 [(R_1 + \frac{R'_2}{s})^2 + (X_1 + X'_2)^2] s}. \quad (3.2)$$

Для расчета механической характеристики $M=f(s)$ применяется формула Клосса:

$$M_D = \frac{2M_K(1 + as_K)}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s} + 2as_K}, \quad (3.3)$$

где M_K - максимальный (критический) момент двигателя, Н·м.

$$M_K = \frac{3U^2_{\phi}}{2\omega_0 [R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}]}, \quad (3.4)$$

где s_K - критическое скольжение.

$$s_K = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}, \quad (3.5)$$

где ω_0 - угловая синхронная скорость, рад/с.

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}, \quad (3.6)$$

$$a = \frac{R_1}{R'_2}. \quad (3.7)$$

Подставив рассчитанные параметры M_K , s_K и a в формулу (3.3) и задаваясь величиной скольжения S от 0 до 1, можно получить выражение механической характеристики $M=f(s)$ электродвигателя (таблица 3.2).

Задаваясь величиной скольжения S от 0 до 1, определяются соответствующие моменты электродвигателя (таблица 3.2).

Для построения механической характеристики $\omega=f(M)$ рассчитывается значения угловой скорости для заданных величин скольжения:

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 \cdot s. \quad (3.8)$$

Таблица 3.2 – Значения координат для механической характеристики двигателя при $f_1=50 \text{ Гц}$

S						
$M, \text{ Н}\cdot\text{м}$						
$\omega, \text{ рад/с}$						

Искусственные механические характеристики для заданных частот, при законе частотного регулирования $U/f=\text{const}$, рассчитываются аналогично естественной с учетом того, что индуктивные сопротивления двигателя должны быть пересчитаны для заданной частоты:

$$X = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L. \quad (3.9)$$

где L - индуктивность, Гн ;

f – частота, Гц .

Примерный вид механических характеристик представлен на рисунке 3.1.

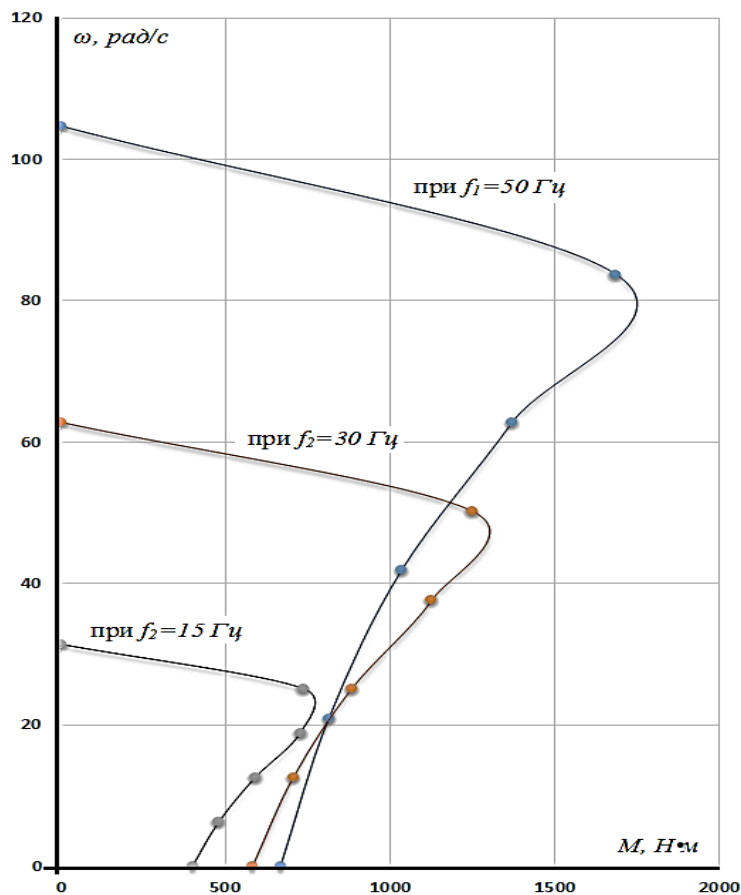


Рисунок 3.1-Механическая характеристика асинхронного двигателя при трех частотах

4 Расчетно-графическая работа №3

4.1 Задание

Для системы «преобразователь частоты - асинхронный двигатель», при законе регулирования $U/f=const$, построить модель в программной среде *Matlab*, рассчитать параметры и получить механические характеристики для трех заданных частот. Произвести осциллографирование процесса нагрузки двигателя при снятии механической характеристики.

Тип и параметры электродвигателя задаются преподавателем по приложению Б преподавателем и записывается в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры асинхронного двигателя

№ п/п	Наименование	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Тип двигателя	4A100L6У3		
2	Номинальная мощность электродвигателя	P_H	кВт	
3	Номинальный ток	I_H	А	
4	Номинальное напряжение	U_H	В	
5	Синхронная скорость вращения	n_H	об/мин	
6	Номинальное скольжение	$s_{ном}$	о.е.	
7	Индуктивное сопротивление основного магнитного потока	X_μ	о.е.	
8	Активное сопротивление обмотки статора	R_1	о.е.	
9	Индуктивное сопротивление обмотки статора	X_1	о.е.	
10	Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	R_2'	о.е.	
11	Индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	X_2'	о.е.	
12	Коэффициент мощности	$\cos\phi$	о.е.	

Структура частотно-управляемого электропривода с ШИМ представлена на рисунке 4.1.

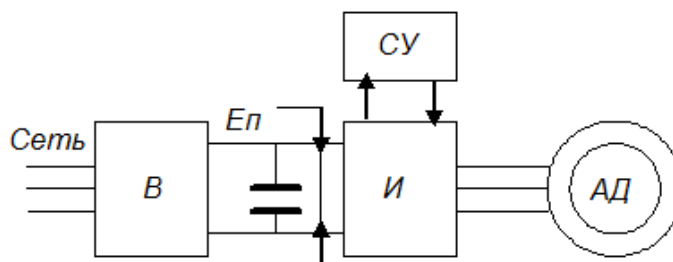


Рисунок 4.1 - Структура частотно-управляемого электропривода с ШИМ

Модель ПЧ-АД, составленная из функциональных блоков *Matlab Simulink*, представлена на рисунке 4.2.

Для работы с моделью электропривода необходимо пересчитать параметры электродвигателя в абсолютные единицы, аналогично предыдущему заданию и внести их в элементы модели.

Силовая схема преобразователя частоты (рисунок 4.1) состоит из неуправляемого выпрямителя на диодах, конденсатора С и инвертора на транзисторных ключах (IGBT). Модуляция выходного напряжения осуществляется методом ШИМ по синусоидальному закону. Зависимость напряжения на выходе инвертора от коэффициента модуляции выражается формулой:

$$U_{H,f} = U_u \mu \sin \omega_s t. \quad (4.1)$$

где μ – коэффициент глубины модуляции;
 ω_s – круговая частота модуляции.

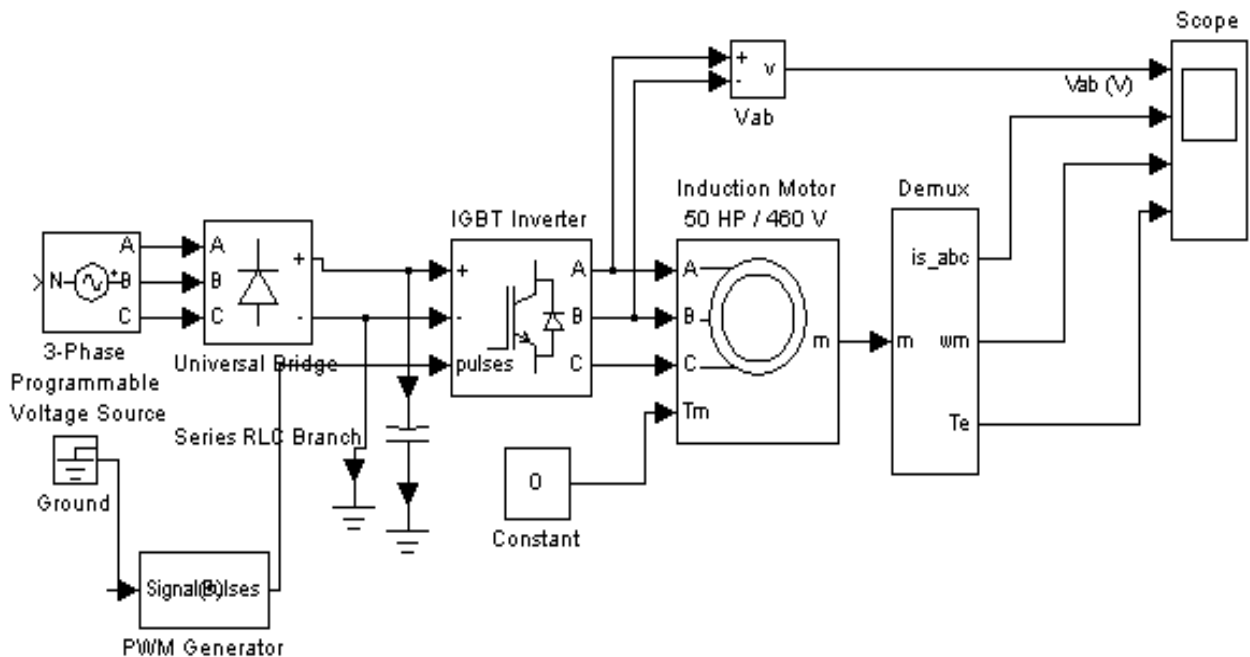


Рисунок 4.2 - Модель ПЧ-АД, составленная из функциональных блоков *Matlab Simulink*

Для выполнения заданного закона частотного регулирования в блок *PWM* вносится заданная выходная частота и рассчитанный для этой частоты коэффициент модуляции μ . Несущая частота устанавливается равной 2000 Гц. Методика получения механических характеристик дается в [5]. Ниже на рисунке 4.3 представлен примерный вид механических характеристик, полученных в процессе моделирования.

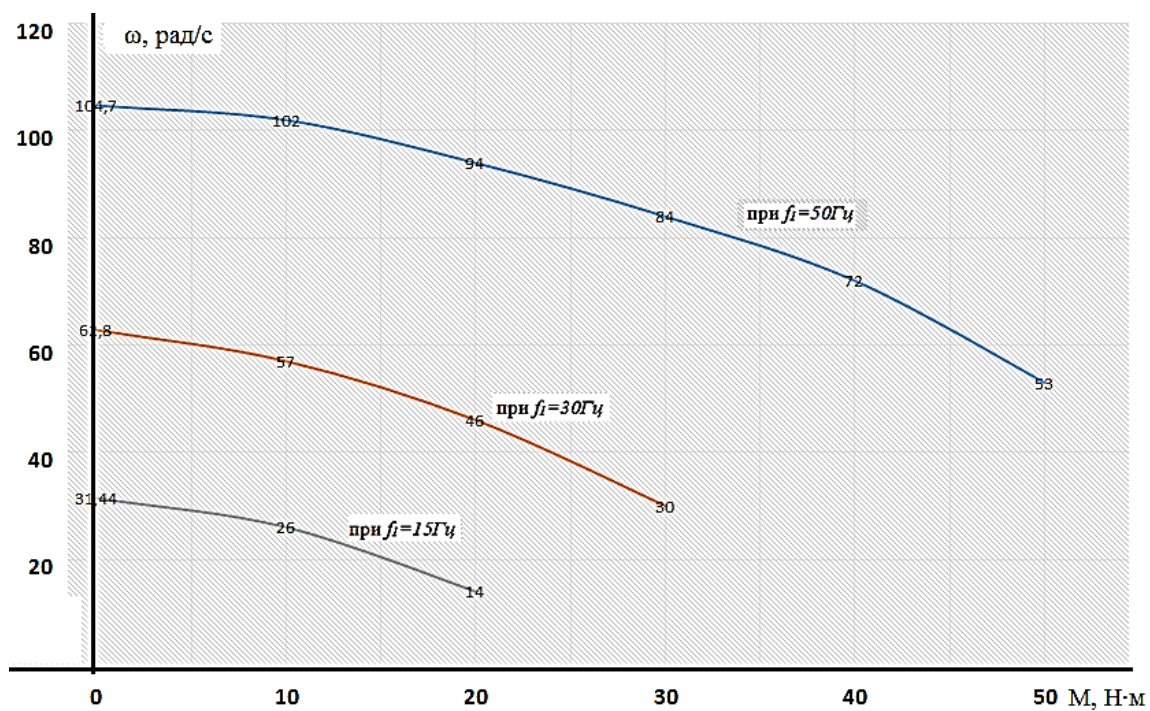


Рисунок 4.3 - Механическая характеристика асинхронного двигателя, полученная на модели при различных значениях частоты питающего напряжения

Приложение А

Таблица А.1 - Электродвигатели постоянного тока

№ варианта	Мощность Р, кВт	Номинальное напряжение U _н , В	Ток якоря, I _н , А	Активное сопротивление R _я , Ом	Индуктивное сопротивление L _я , Гн	Частота вращения ω _н рад/с	Номинальный момент M _н , Н·м	Момент инерции J _я , кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5	220	9	1,99	0,446	314	4,6	0,042
2	2,2	220	12,5	1,03	0,321	314	6,8	0,052
3	3,2	220	17,5	0,642	0,229	314	10	0,09
4	4,5	220	24,3	0,352	0,165	314	14	0,116
5	6	220	33	0,36	0,122	314	18,6	0,15
6	11	220	59	0,121	0,068	314	34	0,008
7	19	220	98,6	0,054	0,041	314	59	0,14
8	22	220	116	0,128	0,055	314	18,6	1,0
9	37	220	192	0,124	0,039	314	34	2,0
10	55	220	280	0,128	0,055	314	59	3,6
11	1,5	220	9	0,124	0,039	157	18,6	3,6
12	2,2	220	12	1,205	0,335	157	13,6	0,116
13	3,2	220	18,4	1,032	0,218	157	20	0,15
14	4,5	220	25,4	0,78	0,158	157	28	0,18
15	6	220	33,2	0,472	0,121	157	37,2	0,35
16	8	220	43,5	0,269	0,092	157	49,7	0,4
17	11	220	59,5	0,187	0,067	157	68,3	0,56
18	14	220	73,5	0,128	0,055	157	87	0,65
19	19	220	103	0,124	0,039	157	118	1,4
20	22	220	116	0,128	0,055	157	37,2	0,35
21	37	220	192	0,124	0,039	157	49,7	0,4
22	55	220	280	0,128	0,055	157	37,2	0,35

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	1,5	220	9	0,124	0,039	104,7	49,7	0,4
24	2,2	220	12,5	1,205	0,335	104,7	13,6	0,116
25	3,2	220	17,5	1,032	0,218	104,7	20	0,15
26	4,5	220	24,3	0,78	0,158	104,7	28	0,18
27	6	220	33	0,472	0,121	104,7	37,2	0,35
28	8	220	43,5	0,269	0,092	104,7	49,7	0,4
29	11	220	59,5	0,187	0,067	104,7	68,3	0,56
30	14	220	73,5	0,128	0,055	104,7	87	0,65
31	19	220	103	0,124	0,039	104,7	118	1,4
32	22	220	116	1,205	0,335	104,7	13,6	0,116
33	37	220	192	1,032	0,218	104,7	20	0,15
34	55	220	280	0,78	0,158	104,7	28	0,18
35	1,5	220	9	0,472	0,121	78,5	37,2	0,35
36	2,2	220	12,5	0,269	0,092	78,5	49,7	0,4
37	3,2	220	17,5	0,187	0,067	78,5	68,3	0,56
38	4,5	220	24,3	0,128	0,055	78,5	87	0,65
39	6	220	33	0,124	0,039	78,5	118	1,4
40	8	220	43,5	0,472	0,121	78,5	37,2	0,35
41	11	220	59,5	0,269	0,092	78,5	49,7	0,4
42	14	220	73,5	0,187	0,067	78,5	68,3	0,56
43	19	220	103	0,128	0,055	78,5	87	0,65
44	22	220	116	0,124	0,039	78,5	118	1,4
45	37	220	192	0,128	0,055	78,5	37,2	0,35
46	55	220	280	0,124	0,039	78,5	49,7	0,4

Приложение Б

Таблица Б.1 - Технические данные электродвигателей серии 4А

№ п/п	Тип двигателя	Номинальная мощность электродвигателя	Номинальный ток	Номинальное напряжение	Синхронная скорость вращения	Синхронная угловая частота	Номинальное скольжение	Индуктивное сопротивление основного магнитного потока	Активное сопротивление обмотки статора	Индуктивное сопротивление обмотки статора	Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	Индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора	Коэффициент мощности
		P_H , кВт	I_H , А	U_H , В	n_n , об/мин	ω , c^{-1}	$s_{ном}$, о.е.	$X\mu$, о.е.	R_l , о.е.	X_l , о.е.	R_2 , о.е.	X_2 , о.е.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4А 71В2У3	1,1	5,5	220	3000	314	0,063	2,8	0,13	0,054	0,069	0,084	0,87
2	4А 80А2У3	1,5	6,5	220	3000	314	0,05	2,5	0,084	0,051	0,049	0,081	0,85
3	4А 80В2У3	2,2	6,5	220	3000	314	0,05	2,7	0,076	0,05	0,049	0,087	0,87
4	4А 90L2У3	3,0	6,5	220	3000	314	0,054	3,4	0,072	0,057	0,047	0,01	0,88
5	4А 100S2У3	4,0	7,5	220	3000	314	0,04	3,4	0,054	0,055	0,036	0,099	0,89
6	4А 100L2У3	5,5	7,5	220	3000	314	0,04	3,8	0,050	0,054	0,036	0,11	0,91
7	4А 112M2У3	7,5	7,5	220	3000	314	0,026	3,7	0,046	0,058	0,028	0,14	0,88
8	4А 132M2У3	11,6	7,5	220	3000	314	0,031	4,2	0,040	0,061	0,025	0,12	0,9
9	4А 160S2У3	15,0	7,5	220	3000	314	0,023	4,0	0,052	0,092	0,022	0,12	0,91
10	4А 160M2У3	18,5	7,5	220	3000	314	0,023	4,5	0,049	0,092	0,022	0,12	0,92
11	4А 180S2У3	22,0	7,5	220	3000	314	0,02	3,6	0,039	0,091	0,020	0,11	0,91
12	4А 180M2У3	30,0	7,5	220	3000	314	0,019	3,8	0,030	0,073	0,018	0,11	0,9
13	4А 200M2У3	37,0	7,5	220	3000	314	0,019	4,1	0,029	0,074	0,021	0,12	0,89
14	4А 200L2У3	45,0	7,5	220	3000	314	0,018	4,9	0,027	0,088	0,020	0,13	0,9

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	4A 80A4Y3	1,1	5,0	220	1500	157	0,067	1,7	0,12	0,078	0,068	0,12	0,81
16	4A 80B4Y3	1,5	5,0	220	1500	157	0,067	1,9	0,12	0,078	0,060	0,12	0,83
17	4A 90L4Y3	2,2	6,0	220	1500	157	0,054	2,1	0,098	0,076	0,060	0,13	0,83
18	4A 100S4Y3	3,0	6,5	220	1500	157	0,053	2,2	0,078	0,079	0,053	0,13	0,83
19	4A 100L4Y3	4,0	6,5	220	1500	157	0,053	2,4	0,057	0,079	0,053	0,14	0,84
20	4A 112M4Y3	5,5	7,0	220	1500	157	0,05	2,8	0,064	0,078	0,041	0,13	0,86
21	4A 132S4Y3	7,5	7,0	220	1500	157	0,03	3,0	0,048	0,085	0,033	0,13	0,86
22	4A 132M4Y3	11,0	7,0	220	1500	157	0,028	3,2	0,043	0,085	0,032	0,13	0,86
23	4A 160S4Y3	15,0	7,0	220	1500	157	0,027	4,0	0,047	0,085	0,025	0,13	0,88
24	4A 160M4Y3	18,5	7,0	220	1500	157	0,027	4,3	0,042	0,085	0,024	0,13	0,88
25	4A 180S4Y3	22,0	7,0	220	1500	157	0,02	4,0	0,041	0,080	0,021	0,12	0,9
26	4A 180M4Y3	30,0	7,0	220	1500	157	0,02	3,9	0,034	0,088	0,018	0,12	0,89
27	4A 200M4Y3	37,0	7,0	220	1500	157	0,017	4,4	0,039	0,086	0,018	0,14	0,9
28	4A 200L4Y3	45,0	7,0	220	1500	157	0,018	4,6	0,034	0,082	0,017	0,14	0,9
29	4A 80B6Y3	1,1	4,0	220	1000	104,7	0,08	1,6	0,12	0,11	0,11	0,19	0,74
30	4A 90L6Y3	1,5	5,0	220	1000	104,7	0,064	1,8	0,11	0,11	0,088	0,21	0,74
31	4A 100L6Y3	2,2	5,5	220	1000	104,7	0,051	1,9	0,090	0,11	0,067	0,21	0,73
32	4A 112MA6Y3	3,0	6,0	220	1000	104,7	0,055	1,9	0,085	0,074	0,063	0,10	0,76
33	4A 112MBY3	4,0	6,0	220	1000	104,7	0,051	2,0	0,077	0,073	0,062	0,11	0,81
34	4A 132S6Y3	5,5	7,0	220	1000	104,7	0,041	1,9	0,067	0,072	0,041	0,11	0,8
35	4A 132M6Y3	7,5	7,0	220	1000	104,7	0,032	2,1	0,060	0,070	0,040	0,11	0,81
36	4A 160S6Y3	11,0	6,0	220	1000	104,7	0,03	3,0	0,073	0,11	0,030	0,15	0,86
37	4A 160M6Y3	15,0	6,0	220	1000	104,7	0,03	3,0	0,062	0,10	0,028	0,16	0,87
38	4A 180M6Y3	18,5	6,0	220	1000	104,7	0,027	2,9	0,056	0,11	0,026	0,13	0,87
39	4A 200M6Y3	22,0	6,5	220	1000	104,7	0,025	4,1	0,050	0,11	0,024	0,14	0,9
40	4A 200L6Y3	30,0	6,5	220	1000	104,7	0,023	3,7	0,046	0,12	0,022	0,13	0,9
41	4A 90B8Y3	1,1	6,5	220	750	78,5	0,07	1,4	0,13	0,15	0,11	0,29	0,68

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
42	4A 100L8Y3	1,5	3,5	220	750	78,5	0,07	1,5	0,11	0,16	0,093	0,32	0,65
43	4A 112MA8Y3	2,2	5,5	220	750	78,5	0,06	1,5	0,093	0,11	0,083	0,17	0,71
44	4A 112MB8Y3	3,0	6,0	220	750	78,5	0,065	1,6	0,080	0,11	0,083	0,17	0,74
45	4A 132S8Y3	4,0	6,0	220	750	78,5	0,041	1,6	0,068	0,1	0,058	0,17	0,7
46	4A 132M8Y3	5,5	6,0	220	750	78,5	0,045	1,8	0,070	0,11	0,061	0,19	0,74
47	4A 160S8Y3	7,5	6,0	220	750	78,5	0,027	2,0	0,075	0,14	0,032	0,18	0,75
48	4A 160M8Y3	11,0	6,0	220	750	78,5	0,027	2,0	0,066	0,13	0,031	0,18	0,75
49	4A 180M8Y3	15,0	6,0	220	750	78,5	0,026	2,4	0,064	0,13	0,030	0,17	0,82
50	4A 200M8Y3	18,5	6,0	220	750	78,5	0,025	2,6	0,057	0,13	0,026	0,18	0,84
51	4A 200L8Y3	22,0	6,0	220	750	78,5	0,027	3,1	0,062	0,14	0,029	0,18	0,84

Список литературы

- 1 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1981.-576 с.
- 2 Вишнеvский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. - М.: Энергия, 1977.- 416 с.
- 3 Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.
- 4 Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник. А.Э. Кравчик и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.
- 5 Алексеев С.Б. Электропривод. Методические указания к выполнению виртуальных лабораторных работ специальности 050718-Электротроэнергетика. - Алматы: АИЭС, 2009.
- 6 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ. СТ НАО 56023-1910-04-2014.-А.: НАО АУЭС, 2014.-43 с.