

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электрооборудования и энергообеспечения АПК»

Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев

Методические указания

для выполнения курсовой работы по дисциплине
«Электропривод»

(для очной, заочной форм обучения)

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

35.03.06 АГРОИНЖЕНЕРИЯ

ПРОФИЛИ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

Ставрополь, 2025

ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Рассчитать и построить механическую характеристику электродвигателя, $\omega=f(M_{\text{дв}})$.
2. Рассчитать и построить на том же графике механическую характеристику рабочей машины, приведенную к частоте вращения вала электродвигателя, $\omega=f(M_c)$.
3. Определить продолжительность пуска электродвигателя с нагрузкой:
 - при номинальном напряжении питания; - при снижении питающего напряжения на $\Delta U\%$ от его номинального значения.
4. Рассчитать потери энергии в асинхронном двигателе при номинальном напряжении питания и пуске системы: - с нагрузкой; - без нагрузки.
5. Рассчитать, исходя из допустимого нагрева электродвигателя, предельно допустимую частоту включения электропривода при ПВ=50%, номинальной нагрузке при работе и номинальном напряжении питания для режимов пуска системы:
 - с нагрузкой;
 - без нагрузки.

Изменение момента статического сопротивления рабочей машины механизма от частоты ее вращения принять по следующей зависимости:

$$M_{MM} = M_{MO} + (M_{MH} - M_{MO}) \cdot \left(\frac{n_M}{n_{MH}} \right)^x \quad (1.1)$$

В контрольном задании 1 приняты следующие обозначения:

- P_n - номинальная мощность электродвигателя (на валу), кВт;
 n_n - номинальная угловая скорость вала электродвигателя, об/мин;
 M_K - кратность максимального вращающего момента электродвигателя по отношению к его номинальному моменту (перегрузочная способность);
 M_n - кратность пускового вращающего момента электродвигателя по отношению к его номинальному моменту;
 M_m - кратность минимального вращающего момента электродвигателя по отношению к его номинальному моменту;
 $GD_{\text{дв}}^2$ - маховой момент ротора электродвигателя, кг·м²;
 n_{MH} - номинальная угловая скорость рабочей машины, об/мин;
 M_{MO} - начальный момент статического сопротивления рабочей машины, равный моменту сопротивления рабочей машины при пуске за вычетом момента сопротивления, обусловленного трением покоя, Н·м;
 M_{MH} - момент статического сопротивления рабочей машины при ее номинальной скорости вращения n_{MH} Н·м;
 GD_m^2 - маховой момент рабочей машины, кг·м²;

x - показатель степени, характеризующий изменение момента статического сопротивления рабочей машины;

$\eta_{пер}$ - КПД механической передачи;

$\Delta U\%$ - снижение питающего напряжения от номинальной величины, %;

η_n - номинальный КПД электродвигателя, %.

Методические советы

К п у н к т у 1.

Механическую характеристику асинхронного электродвигателя $\omega=f_l(M_{\partial\partial})$ строят на основании расчета его вращающих моментов для частот, вращения, соответствующих скольжениям: 0; $s = s_H$; 0,1; $s = s_K$; 0,3; 0,4; 0,8 и 1,0.

Вращающий пусковой момент электродвигателя при $s=1,0$ $\omega=0$ и минимальный момент при $s = 0,8$ определить, используя кратности пускового M_n^* и минимального M_m^* моментов, по выражению:

$$M_{n,n}=M_n \cdot M_{n,n}^* \quad (1.2)$$

где $M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$ — номинальный вращающий момент электродвигателя, Н-м;

P_n - номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} = 0,105 \cdot n_n$ - номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с,

(n_n - номинальная угловая скорость, об/мин)

Остальные вращающие моменты электродвигателя для скольжений от 0 до 0,4 рассчитываются на основании уточненной формулы Клосса, приняв в ней с достаточной степенью точности отношение активного сопротивления обмотки фазы статора к приведенному активному сопротивлению обмотки фазы ротора равным единице:

где S_K - критическое скольжение электродвигателя, соответствующее максимальному вращающему моменту;

$$M = \frac{2M_K(1+S_K)}{S/S_K + S_K/S + 2S_K} \quad (1.3)$$

где $M_K = M_n \cdot M_{K^*}$ - максимальный вращающий момент электродвигателя, Н-м;

$$S_K = S_n \frac{M_{K^*} \sqrt{M_{K^*}^2 - 1 + 2S_n(M_{K^*} - 1)}}{1 - 2S_n(M_{K^*} - 1)} \quad (1.3.1)$$

$S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0}$ - номинальное скольжение электродвигателя,

соответствующее номинальному вращающему моменту;

$$n_0 = \frac{60f}{p} - \text{синхронная угловая скорость электродвигателя}$$

(магнитного поля статора),

об/мин;

$$p = \frac{60f}{n_n} - \text{число пар полюсов электродвигателя (ближайшее}$$

меньшее целое число);

$f = 50$ Гц - частота тока в электрической сети.

Такой метод расчета механической характеристики с графической интерполяцией в ее пусковой части позволяет достаточно точно определить значение критического скольжения асинхронного двигателя, воспроизвести номинальный, максимальный и пусковой вращающие моменты, а также отобразить незначительный провал в механической характеристике при скольжении около 0,8, связанный с наличием составляющих вращающего момента от высших гармонических (в основном от 5-й и 7-й гармоник), определяющий минимальный момент.

Данные расчета механической характеристики $\omega = f_1(M_{06})$ свести в табл.

1.1. Переход от скольжения S к частоте вращения ω_0 произвести по формуле

$$\omega = \omega_0(1-S) \quad (1.4)$$

где $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$ - синхронная частота вращения вала электродвигателя

(магнитного поля), рад/с.

Таблица 1.1

Данные к построению механической характеристики асинхронного двигателя

S	0	S_n	0,1	S_k	0,3	0,4	0,8	1
ω , рад/с								
$M_{(U_n)}$, Н·м								
$M_{(U)}$, Н·м								

При построении механических характеристик $\omega = f(M)$ значения ω располагают по оси ординат (функция), а значения M — по оси абсцисс (аргумент).

Интерполируя механическую характеристику двигателя в ее пусковой части, следует учесть, что при скольжениях $S > S_k$ формула Клосса занижает действительные вращающие моменты. В частности, для $S = 0,4$ вращающий момент, вычисленный по (1.3), будет несколько занижен.

К п у н к т у 2.

Для приведения моментов вращения рабочей машины к валу электродвигателя необходимо попользовать следующее соотношение:

$$M_c = \frac{M_m}{i \eta_{пер}} \quad (1.5)$$

где $i = \frac{n_n}{n_{мн}}$ - передаточное отношение передачи от электродвигателя к рабочей машине.

С учетом изменения момента рабочей машины от угловой скорости ее вала и учитывая, что $\frac{n_m}{n_{мн}} = \frac{n_m \cdot i}{n_{мн} \cdot i} = \frac{n}{n_n} = \frac{\omega}{\omega_n}$, окончательно имеем следующее выражение, связывающее приведенный момент статического сопротивления на валу электродвигателя M_c со скоростью вращения его вала:

$$M_c = \frac{1}{i \cdot \eta_{пер}} \left[M_{МО} + (M_{МН} - M_{МО}) \cdot \left(\frac{n_m}{n_{мн}} \right)^x \right] \quad (1.6)$$

Давая со значения от 0 до $\omega = \omega_0$ рассчитывают зависимость $\omega = f_2(M_c)$.
Результаты свести в таблицу 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Данные к построению механической характеристики рабочей машины

ω , рад/с								
M_c , Н·м								

На основании расчетных данных строится кривая $\omega = f_2(M_c)$ на том же графике, что и механическая характеристика электродвигателя $\omega = f_1(M_{дв})$

К п у н к т у 3.

Расчет продолжительности пуска и торможения электропривода изложен в рекомендованных пособиях [1—3] и заключается в следующем.

Предварительно необходимо маховой момент рабочей машины и электродвигателя, выраженный в кг·м², перевести в систему единиц измерения СИ по соотношению:

$$J = \frac{GD^2}{4} \quad (1.7)$$

где J — момент инерции массы, кг·м².

Если маховой момент выражен в Н·м², то момент инерции массы в кг·м² определяют по выражению

$$\frac{GD^2}{4g} \quad (1.8)$$

где $g = 9,81$ — ускорение свободного падения, м/с².

Тогда приведенный момент инерции системы электродвигатель — рабочая машина относительно вала электродвигателя можно выразить в виде

$$J = kJ_{\text{дв}} + \frac{J_{\text{м}}}{i^2} \quad (1.9)$$

где k — коэффициент, учитывающий момент инерции механической передачи от электродвигателя к рабочей машине. Принять $k=1,2$.

Затем, используя построенные механические характеристики электродвигателя $\omega=f_1(M_{\text{дв}})$ и рабочей машины $\omega=f_2(M_c)$, находится их разность — кривая избыточного (динамического) момента: $M_{\text{изб}} = M_{\text{дв}} - M_c = f_3(\omega)$. Эту кривую заменяют ступенчатой с участками, на которых избыточный момент постоянен и равен его средней величине $M_{\text{изб}i}$. Продолжительность разгона электропривода на каждом участке скоростей вращения рассчитывают по выражению

$$\Delta t = J \frac{\Delta \omega_i}{M_{\text{изб}i}} \quad (1.10)$$

где $\Delta \omega_i = \omega_i - \omega_{i+1}$ — интервал скорости вращения на i -м участке, 1/с;
 $M_{\text{изб}i}$ — средний избыточный момент на i -м участке, принимаемый постоянным, Н·м.

Полная продолжительность пуска равна сумме частичных продолжительностей $t_n = \sum_{i=1}^m \Delta t_i$

При равенстве величин $\Delta \omega_i = \omega_{i+1} = \Delta \omega$ на всех участках общая продолжительность пуска может быть определена по формуле

$$t_n = J \Delta \omega \sum_{i=1}^m \frac{1}{M_{\text{изб}i}} \quad (1.11)$$

Результаты расчета свести в таблицу 1.3.

Т а б л и ц а 1.1 Данные расчета продолжительности пуска электропривода

Номера участков по направлению разгона	1	2	3	4	5	6	7	8
$\omega_{\text{нач}}$, рад/с								
$\omega_{\text{кон}}$, рад/с								
$\Delta \omega$, рад/с								
$M_{\text{изб}(U_n)}$, Н·м								
$M_{\text{изб}(U)}$, Н·м								
$\Delta t(U_n)$, с								
$\Delta t(U)$, с								

Вращающий момент асинхронного двигателя для любой фиксированной скорости вращения прямо пропорционален квадрату приложенного

напряжения, поэтому для всех скоростей вращения справедливо соотношение:

$$M_{(U)} = M_{(U_n)} \cdot U_*^2 \quad (1.12)$$

где $M_{(U_n)}$ - вращающий момент асинхронного электродвигателя при номинальном напряжении, Н-м; M_U — вращающий момент асинхронного электродвигателя при той же скорости вращения, но при напряжении по величине отличном от номинального, Н-м;

$U_* = \frac{U}{U_n}$ - относительное значение питающего напряжения в долях от номинального, равное $U_* = 1 - \Delta U \% / 100$

Поэтому для расчета продолжительности пуска электропривода с нагрузкой в случае снижения питающего напряжения на зажимах двигателя на $\Delta U \%$ от номинального значения необходимо пересчитать вращающие моменты асинхронного двигателя при номинальном напряжении $M_{(U_n)}$ для фиксированных скоростей вращения (скольжений) таблицы 1.1 по соотношению (1.12). Внести соответствующие значения пересчитанных вращающих моментов Л1(и) в нижнюю строку этой таблицы и повторить необходимые построения для расчета продолжительности пуска электропривода при пониженном напряжении. Данные расчета внести в соответствующие строки таблицы 1.3.

Если хотя бы на одном участке механических характеристик разгона электропривода $M_{изб(U)} \leq 0$ то необходимо сделать заключение, что при пуск нагрузкой и понижении питающего напряжения на $\Delta U \%$ электропривод не запустится.

К п у н к т у 4.

Потери энергии при пуске асинхронного двигателя практически полностью определяются электрическими потерями энергии в его обмотках, которые прямо пропорциональны квадрату силы тока. При прямом пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором можно принять, что в период пуска токи статора и ротора равны. Тогда для расчета потерь энергии в джоулях (Дж) за время пуска электро-двигателя справедливо выражение

$$\Delta A_n = \Delta P_{эл.н} \int_0^{t_n} i_{n*}^2 dt \quad (1.13)$$

где $\Delta P_{эл.н}$ — номинальные электрические (переменные) потери мощности двигателя, Вт;

$i_{n*} = \frac{i_n}{i_n}$ - кратность тока двигателя по отношению к номинальному в любой рассматриваемый период времени пуска;

t_n - продолжительность пуска двигателя, с.

Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором общего назначения можно считать, что за период пуска средняя (эквивалентная) величина тока двигателя составляет 0,9 его пускового тока при $\omega=0$, т. е.

$$\int_0^{t_n} i_{n*}^2 dt = 0,9 I_{n*} t_n \quad (1.14)$$

С учетом этого имеем

$$\Delta A_n = 0,81 \Delta P_{эл.н} I_{n*}^2 t_n \quad (1.15)$$

где $I_{n*} = \frac{I_n}{I_n}$ — кратность пускового тока асинхронного двигателя по отношению к номинальному при $\omega=0$ $I_{n*} = 7$

Номинальные электрические потери мощности двигателя можно определить по выражению

$$\Delta P_{эл.н} = P_n \frac{1 - \eta_n}{\eta_n (1 + \alpha)}$$

где α коэффициент, равный отношению постоянных потерь мощности двигателя к переменным. Принять $\alpha = 0,6$

Таким образом, обобщенная расчетная формула для определения потерь энергии в джоулях при пуске асинхронного двигателя будет:

$$\Delta A_n = 0,81 \frac{1 - \eta_n}{\eta_n (1 + \alpha)} \Delta P_{н*} I_{н*}^2 t_n \quad (1.17)$$

Потери энергии « асинхронном двигателе в джоулях при пуске системы без нагрузки можно рассчитать и не прибегая к предварительному определению продолжительности пуска [1,2,3]:

$$\Delta A_{no} = \frac{1}{2} I \omega_0^2 \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \quad (1.18)$$

С учетом, что

$$r_1 \ll r_2$$

$$\Delta A_{no} = I \omega_0^2 \quad (1.19)$$

К п у н к т у 5.

При нагрузке асинхронного двигателя в периоды работы близкой к номинальной, предельно допустимая частота его включения в течение одного часа, исходя из условия допустимого нагрева электродвигателя, рассчитывается по формуле [1,2,3].

$$h = 3600 \frac{\Delta P_n \beta_0 (1 - \text{ПВ}\% / 100)}{\Delta A_n} \quad (1.20)$$

$\Delta P_n = P_n \left(\frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \right)$ - номинальные потери мощности в электродвигателе, Вт;

β_0 — коэффициент, учитывающий ухудшение теплоотдачи двигателя в отключенном состоянии и равный отношению теплоотдачи отключенного двигателя к теплоотдаче при его работе. Для самовентилируемых двигателей $\beta_0 = 0,25-0,55$.
Принять $\beta_0 = 0,5$

Приложение 1 – Варианты заданий

1. Рассчитать и построить механическую характеристику электродвигателя, $\omega=f(M_{дв})$.
2. Рассчитать и построить на том же графике механическую характеристику рабочей машины, приведенную к частоте вращения вала электродвигателя, $\omega=f(M_c)$.
3. Определить продолжительность пуска электродвигателя с нагрузкой:
 - при номинальном напряжении питания;
 - при снижении питающего напряжения на $\Delta U\%$ от его номинального значения.
4. Рассчитать потери энергии в асинхронном двигателе при номинальном напряжении питания и пуске системы:
 - с нагрузкой;
 - без нагрузки.
5. Рассчитать, исходя из допустимого нагрева электродвигателя, предельно допустимую частоту включения электропривода при ПВ=50%, номинальной нагрузке при работе и номинальном напряжении питания для режимов пуска системы:
 - с нагрузкой;
 - без нагрузки.

Вариант задания № 1

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	368	86,7	510	179	-0,5	88	48

Вариант задания № 2

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
5,5	2880	87,5	2,5	1	2	0,03	360	29,7	90	7	-1	81	5

Вариант задания № 3

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	421	88,8	370	31	-0,5	75	37

Вариант задания № 4

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	982	23,4	130	47	2	86	15

Вариант задания № 5

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	210	176	880	166	-0,5	72	9

Вариант задания № 6

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
18,5	1465	89,5	2,3	1,2	1,4	0,51	366	43,5	290	15	-1	72	6

Вариант задания № 7

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
0,25	2770	68	2,2	1	2	0,00186	346	0	0	0	-1	80	41

Вариант задания № 8

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
18,5	1465	89,5	2,3	1,2	1,4	0,51	488	43,2	240	62	-1	90	23

Вариант задания № 9

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	x	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	80	400	60	0,5	79	37

Вариант задания № 10

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	x	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	245	178,2	660	173	2	83	21

Вариант задания № 11

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	x	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
7,5	2900	87,5	2,8	1	2	0,04	414	34	100	2	-1	84	27

Вариант задания № 12

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	x	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
22	1470	90	2,3	1,2	1,4	0,76	210	214,5	650	91	-0,5	79	42

Вариант задания № 13

P_H	n_H	η_H	M_{k*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	x	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	62,5	250	47	2	83	19

Вариант задания № 14

P_H	n_H	η_H	M_{K^*}	M_{M^*}	$M_{П^*}$	$GD^2_{ДВ}$	$n_{МН}$	$M_{МО}$	$M_{МН}$	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	184	193,2	920	133	0	73	6

Вариант задания № 15

P_H	n_H	η_H	M_{K^*}	M_{M^*}	$M_{П^*}$	$GD^2_{ДВ}$	$n_{МН}$	$M_{МО}$	$M_{МН}$	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	210	179,4	780	202	-1	86	40

Вариант задания № 16

P_H	n_H	η_H	M_{K^*}	M_{M^*}	$M_{П^*}$	$GD^2_{ДВ}$	$n_{МН}$	$M_{МО}$	$M_{МН}$	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
22	1470	90	2,3	1,2	1,4	0,76	368	125,4	380	103	-1	70	40

Вариант задания № 17

P_H	n_H	η_H	M_{K^*}	M_{M^*}	$M_{П^*}$	$GD^2_{ДВ}$	$n_{МН}$	$M_{МО}$	$M_{МН}$	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	70,2	390	14	2	88	10

Вариант задания № 18

P_H	n_H	η_H	M_{K^*}	M_{M^*}	$M_{П^*}$	$GD^2_{ДВ}$	$n_{МН}$	$M_{МО}$	$M_{МН}$	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
11	2900	88	2,8	1	1,7	0,09	580	22	110	15	0	93	42

Вариант задания № 19

P_H	n_H	η_H	M_{K*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
11	2900	88	2,8	1	1,7	0,09	580	34,8	120	11	-1	93	29

Вариант задания № 20

P_H	n_H	η_H	M_{K*}	M_{M*}	$M_{П*}$	$GD^2_{дв}$	n_{MH}	M_{MO}	M_{MH}	GD^2_M	X	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м ²	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м ²	-	%	%
11	2900	88	2,8	1	1,7	0,09	967	16,8	80	4	-1	93	7

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Институт механики и энергетики
Кафедра электрооборудования и энергообеспечения АПК

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Электропривод»
Тема:

Выполнил:

Студент ____ курса ____ группы

ФИО

Направление подготовки: ____

Форма обучения: ____

Проверил:

уч. степень, должность

ФИО _____

Зарегистрирована

« ____ » _____ 20 ____ г.

Критерий	Максимальное значение в баллах	Набранных баллов
Оформление курсовой работы (проекта)	10	
Содержание курсовой работы (проекта)	60	
Защита курсовой работы (проекта)	30	
ИТОГО	100	

Оценка « ____ »

Дата _____

Подпись _____

Ставрополь, 20 ____ .