

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,  $\omega=f(M_{дв})$ .
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  $\Pi_B=50\%$ , 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;

$GD^2_{дв}$  - маховой момент ротора электродвигателя, кг·м<sup>2</sup>;

$n_{mh}$  - 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;

$GD^2_m$  - маховой момент рабочей машины, кг·м<sup>2</sup>;

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

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

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

$\eta_n$  - номинальный КПД электродвигателя, %.

### *Методические советы*

#### К пункту 1.

Механическую характеристику асинхронного электродвигателя  $\omega=f_1(M_{\delta\theta})$  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 врачающему 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 врачающему моменту;

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

(магнитного поля статора),

об/мин;

$$p = \frac{60f}{n_0} \text{ - число пар полюсов электродвигателя (ближайшее}$$

меньшее целое число);

$f = 50 \text{ Гц}$  - 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  $\omega = f_1(M_{\partial\theta})$  свести в табл.

1.1. Переход от скольжения  $S$  к частоте вращения  $\omega_0$  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	$S_h$	0,1	$S_k$	0,3	0,4	0,8	1
$\omega$ , рад/с								
$M_{(U_h)}$ , Н·м								
$M_{(U)}$ , Н·м								

При построении механических характеристик  $\omega = f(M)$  значения  $\omega$  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 пункту 2.

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

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

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

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

$$M_c = \frac{1}{i \cdot \eta_{nep}} \left[ M_{MO} + (M_{MH} - M_{MO}) \cdot \left( \frac{n_m}{n_{mn}} \right)^x \right] \quad (1.6)$$

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

Таблица 1.2

Данные к построению механической характеристики рабочей машины

$\omega$ , 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  $\omega = f_1(M_{de})$ .

## К пункту 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·м<sup>2</sup>, перевести в систему единиц измерения СИ по соотношению:

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

где  $J$  — момент инерции массы, кг·м<sup>2</sup>.

Если маховой момент выражен в Н·м<sup>2</sup>, то момент инерции массы в кг·м<sup>2</sup> определяют по выражению

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

где  $g = 9,81$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

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

$$J = kJ_{\partial\theta} + \frac{J_m}{i^2} \quad (1.9)$$

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

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

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

где  $\Delta\omega_i = \omega_i - \omega_{i+1}$  — интервал скорости вращения на  $i$ -м участке, 1/с;  
 $M_{\text{избi}}$  — 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

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

Результаты расчета свести в таблицу 1.3.

Таблица 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  $\omega$  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 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  $M_{u\bar{U}} \leq 0$  то необходимо сделать заключение, что при пуск нагрузкой и понижении питающего напряжения на  $\Delta U \%$  электропривод не запустится.

К пункту 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 электродвигателя справедливо выражение

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

где  $\Delta P_{\text{эл.н}}$  — 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.

$$\int_0^{t_n} i_n^2 dt = 0,9 I_n^2 t_n \quad (1.14)$$

С учетом этого имеем

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

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

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

где  $\alpha$  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:

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

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 пункту 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].

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

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

$\beta_0$  — 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  $PB=50\%$ , номинальной нагрузке при работе и номинальном напряжении питания для режимов пуска системы:
  - с нагрузкой;
  - без нагрузки.

### Вариант задания № 1

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k*}$	$M_{M*}$	$M_{\Pi*}$	$GD^2_{дв}$	$n_{Mn}$	$M_{Mo}$	$M_{Mn}$	$GD^2_M$	$X$	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	368	86,7	510	179	-0,5	88	48

### Вариант задания № 2

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k*}$	$M_{M*}$	$M_{\Pi*}$	$GD^2_{дв}$	$n_{Mn}$	$M_{Mo}$	$M_{Mn}$	$GD^2_M$	$X$	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
5,5	2880	87,5	2,5	1	2	0,03	360	29,7	90	7	-1	81	5

### Вариант задания № 3

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k*}$	$M_{M*}$	$M_{\Pi*}$	$GD^2_{дв}$	$n_{Mn}$	$M_{Mo}$	$M_{Mn}$	$GD^2_M$	$X$	$\eta_{пер}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	421	88,8	370	31	-0,5	75	37

### Вариант задания № 4

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	982	23,4	130	47	2	86	15

### Вариант задания № 5

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	210	176	880	166	-0,5	72	9

### Вариант задания № 6

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
18,5	1465	89,5	2,3	1,2	1,4	0,51	366	43,5	290	15	-1	72	6

### Вариант задания № 7

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
0,25	2770	68	2,2	1	2	0,00186	346	0	0	0	-1	80	41

### Вариант задания № 8

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
18,5	1465	89,5	2,3	1,2	1,4	0,51	488	43,2	240	62	-1	90	23

Вариант задания № 9

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	80	400	60	0,5	79	37

Вариант задания № 10

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	245	178,2	660	173	2	83	21

Вариант задания № 11

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
7,5	2900	87,5	2,8	1	2	0,04	414	34	100	2	-1	84	27

Вариант задания № 12

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
22	1470	90	2,3	1,2	1,4	0,76	210	214,5	650	91	-0,5	79	42

Вариант задания № 13

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{m^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_m$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	62,5	250	47	2	83	19

Вариант задания № 14

P <sub>h</sub>	n <sub>h</sub>	η <sub>h</sub>	M <sub>k*</sub>	M <sub>M*</sub>	M <sub>π*</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>дв</sub>	n <sub>MH</sub>	M <sub>MO</sub>	M <sub>MH</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>M</sub>	x	η <sub>пер</sub>	ΔU%
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	184	193,2	920	133	0	73	6

Вариант задания № 15

P <sub>h</sub>	n <sub>h</sub>	η <sub>h</sub>	M <sub>k*</sub>	M <sub>M*</sub>	M <sub>π*</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>дв</sub>	n <sub>MH</sub>	M <sub>MO</sub>	M <sub>MH</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>M</sub>	x	η <sub>пер</sub>	ΔU%
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	1470	91	2,3	1,2	1,4	0,93	210	179,4	780	202	-1	86	40

Вариант задания № 16

P <sub>h</sub>	n <sub>h</sub>	η <sub>h</sub>	M <sub>k*</sub>	M <sub>M*</sub>	M <sub>π*</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>дв</sub>	n <sub>MH</sub>	M <sub>MO</sub>	M <sub>MH</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>M</sub>	x	η <sub>пер</sub>	ΔU%
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
22	1470	90	2,3	1,2	1,4	0,76	368	125,4	380	103	-1	70	40

Вариант задания № 17

P <sub>h</sub>	n <sub>h</sub>	η <sub>h</sub>	M <sub>k*</sub>	M <sub>M*</sub>	M <sub>π*</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>дв</sub>	n <sub>MH</sub>	M <sub>MO</sub>	M <sub>MH</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>M</sub>	x	η <sub>пер</sub>	ΔU%
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
30	2945	90,5	2,5	1	1,4	0,34	491	70,2	390	14	2	88	10

Вариант задания № 18

P <sub>h</sub>	n <sub>h</sub>	η <sub>h</sub>	M <sub>k*</sub>	M <sub>M*</sub>	M <sub>π*</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>дв</sub>	n <sub>MH</sub>	M <sub>MO</sub>	M <sub>MH</sub>	GD <sup>2</sup> <sub>M</sub>	x	η <sub>пер</sub>	ΔU%
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
11	2900	88	2,8	1	1,7	0,09	580	22	110	15	0	93	42

Вариант задания № 19

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{M^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_M$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
<b>11</b>	<b>2900</b>	<b>88</b>	<b>2,8</b>	<b>1</b>	<b>1,7</b>	<b>0,09</b>	<b>580</b>	<b>34,8</b>	<b>120</b>	<b>11</b>	<b>-1</b>	<b>93</b>	<b>29</b>

Вариант задания № 20

$P_n$	$n_n$	$\eta_n$	$M_{k^*}$	$M_{M^*}$	$M_{\pi^*}$	$GD^2_{\text{дв}}$	$n_{\text{мн}}$	$M_{\text{мо}}$	$M_{\text{мн}}$	$GD^2_M$	$x$	$\eta_{\text{пер}}$	$\Delta U\%$
кВт	об/мин	%	-	-	-	кг·м <sup>2</sup>	об/мин	Н·м	Н·м	кг·м <sup>2</sup>	-	%	%
<b>11</b>	<b>2900</b>	<b>88</b>	<b>2,8</b>	<b>1</b>	<b>1,7</b>	<b>0,09</b>	<b>967</b>	<b>16,8</b>	<b>80</b>	<b>4</b>	<b>-1</b>	<b>93</b>	<b>7</b>

Приложение 1 – Титульный лист

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      .