

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра электрооборудования  
сельскохозяйственных предприятий**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Методические указания и задания  
к контрольной работе для студентов заочной формы  
обучения специальности 1-74 06 03 «Ремонтно-обслуживающее  
производство»*

**Минск  
2007**

УДК 631.371:621.31(07)  
ББК 65.321:31.26я7  
Э 45

Рекомендовано научно-методическим советом агроэнергетического факультета  
БГАТУ

Протокол № 1 от 11 сентября 2007 г.

Составители: канд. техн. наук, доц. *А.И. Ковалинский*,  
канд. техн. наук, доц. *В.А. Дайнеко*

Рецензент – канд. техн. наук, доц. *Н.А. Шевчик*

УДК 631.371:621.31(07)  
ББК 65.321:31.26я7

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания . . . . .	4
Контрольное задание . . . . .	5
Задача 1 . . . . .	5
Задача 2 . . . . .	11
Задача 3 . . . . .	16
Задача 4 . . . . .	21
Задача 5 . . . . .	27
Литература . . . . .	29
Приложение . . . . .	30

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольная работа состоит из 5 задач, охватывающих основные вопросы изучаемого курса.

Каждый студент выполняет задание по индивидуальному варианту. Номера вариантов указаны в таблице исходных данных или рядом с условием задачи и соответствуют двум последним цифрам шифра зачетной книжки студента.

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, студенту необходимо изучить соответствующую литературу.

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие правила:

- а) переписать условия задачи соответственно решаемому варианту;
- б) выписать исходные данные из соответствующих таблиц;
- в) выполнение каждого расчета должно сопровождаться краткими пояснениями;
- е) рисунки и электрические схемы следует выполнять в соответствии со стандартом БГАТУ 2007 г.
- ж) в конце работы необходимо дать перечень использованной литературы

Контрольные работы после защиты сдаются экзаменатору. Без зачтенных контрольных работ студент к экзамену не допускается.

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

### Задача 1

Для асинхронного короткозамкнутого трехфазного электродвигателя определить:

- 1) номинальный вращающий момент  $M_n$  в ньютон-метрах;
- 2) максимальный (критический) момент  $M_k$  в ньютон-метрах;
- 3) пусковой момент  $M_p$  в ньютон-метрах;
- 4) номинальный ток  $I_n$  в амперах;
- 5) пусковой ток  $I_p$  в амперах;
- 6) скольжение при номинальной нагрузке  $S_n$  в относительных единицах;
- 7) скольжение при максимальном моменте  $S_k$ ;
- 8) мощность, потребляемую из сети  $P_1$  при номинальной нагрузке в киловаттах;
- 9) рассчитать значения моментов для характерных значений скольжений  $S$  и построить механическую характеристику электродвигателя  $M = f(\omega)$ , предварительно пересчитав текущие значения скольжения, в соответствующее значение угловой скорости  $\omega$ ;
- 10) определить пусковой момент двигателя при напряжении равном 0,8 номинального.

Исходные данные для решения приведены в индивидуальном задании (таблица 2).

### Методические указания

Построение механической характеристики  $M = f(S)$  можно производить по различным формулам. При выполнении контрольной задачи предлагается пользоваться упрощенной формулой Клосса:

$$M_{KL} = \frac{2M_k}{S_k/S + S/S_k}, \quad (1)$$

где  $S$  – текущее скольжение (принимать в соответствии с рекомендациями на страницах 5,6);

$M_k$  – максимальный вращающий момент электродвигателя (критический), Н·м.

Максимальный вращающий момент может быть определен по номинальному вращающему моменту  $M_H$  и кратности максимального момента  $\mu_k$  :

$$M_k = M_H \mu_k, \quad (2)$$

Номинальный момент определяется по формуле:

$$M_H = \frac{P_H 1000}{\omega_H}, \quad (3)$$

где  $P_H$  – номинальная мощность на валу электродвигателя, кВт;

$\omega_H$  – номинальная угловая скорость вращения ротора электродвигателя (рад/с), которая определяется по формуле:

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60}, \quad (4)$$

где  $n_H$  – номинальная частота вращения ротора двигателя, об/мин.

Критическое скольжение, соответствующее максимальному вращающему моменту электродвигателя, может быть определено по выражению:

$$S_k = S_H \left( \mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1} \right), \quad (5)$$

где  $S_H$  – номинальное скольжение, соответствующее номинальной частоте вращения электродвигателя.

$$S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0}, \quad (6)$$

$$S_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0}, \quad (7)$$

где  $n_0$  и  $\omega_0$  – синхронная частота вращения (об/мин) и синхронная угловая скорость (рад/с) соответственно. Частота вращения магнитного поля и угловая скорость вращения магнитного поля определяются по формулам:

$$n_0 = \frac{60f}{p}, \quad (8)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}, \quad (9)$$

где  $f$  – частота тока сети, Гц;

$p$  – число пар полюсов.

При построении механической характеристики электродвигателя на участке от  $S = S_K$  до  $S = 1$  формула дает неудовлетворительные заниженные результаты (рисунок 1, ветвь а). Поэтому рассчитанные значения моментов на этом участке уточняют путем определения реального пускового момента (10) и уточненных значений моментов в промежутке между реальным пусковым моментом  $M_{\Pi}$  и критическим моментом  $M_K$  (рисунок 1, ветвь б) – (11).

$$M_{\Pi} = \mu_{\Pi} M_H \quad (10)$$

$$M = M_{\Pi} + (M_K - M_{\Pi})\alpha, \quad (11)$$

где  $\alpha$  – преобразующий коэффициент.

$$\alpha = \frac{M_{\text{кл}} - M_{\Pi, \text{кл}}}{M_K - M_{\Pi, \text{кл}}}, \quad (12)$$

где  $M_{\text{кл}}$  – текущие значения моментов, полученные по формуле (1) для рекомендованных значений скольжений в интервале от  $S = 1$  до  $S = S_K$ ;

$M_{\Pi, \text{кл}}$  – значение момента, полученное по формуле (1) для  $S = 1$ ;

$M_K$  – значение момента, полученное по формуле (1) для  $S = S_K$ ;

Для удобства дальнейших расчетов механическую характеристику электродвигателя необходимо строить в виде  $M = f(\omega)$ , для чего текущие значения скольжения  $S$  нужно пересчитать в текущие значения угловой скорости  $\omega$  по формуле:

$$\omega = \omega_0(1 - S) \quad (13)$$

При расчете механической характеристики рекомендуется задавать значения скольжения, приведенные в верхней строке таблицы расчета.

Для этого сначала определяют шаг. На участке от  $S=1$  до  $S=S_K$  шаг  $\Delta S$  определяют по формуле:

$$\Delta S_1 = \frac{1 - S_K}{4}, \quad (14)$$

т.е. в промежутке  $S_n$  и  $S_K$  будет еще 3 точки (рисунок 2).

На участке от  $S=S_K$  до  $S=S_H$  — одна точка, а шаг:

$$\Delta S_2 = \frac{S_K - S_H}{2} \quad (15)$$

На участке от  $S=S_H$  до  $S=1$  шаг

$$\Delta S_3 = \frac{S_H}{2} \quad (16)$$

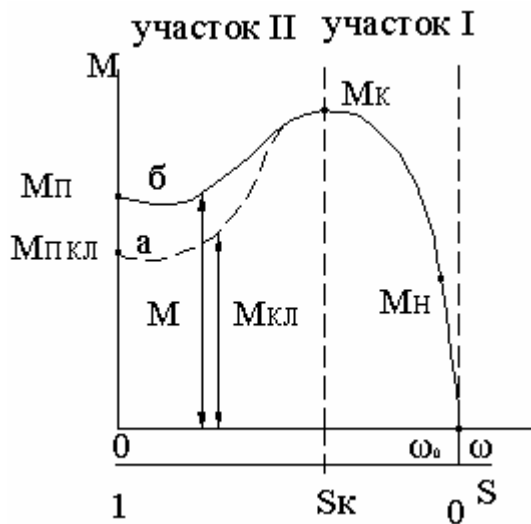


Рисунок 1

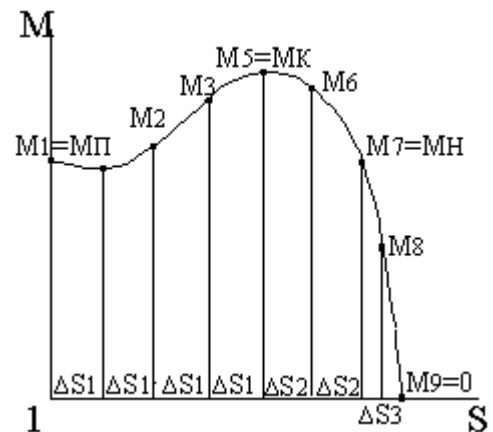


Рисунок 2

Расчет механической характеристике по формулам (1) и (11) проводить с использованием представленной ниже формы таблицы, систематизирующей вычисления и позволяющей легко найти ошибку при вычислении.



Таблица 1 – Расчет механической характеристики электродвигателя

$S$	1	$1 - \Delta S_1$	$1 - 2\Delta S_1$	$1 - 3\Delta S_1$	$S_K$	$S_K - \Delta S$	$S_H$	$S_H - \Delta S_3$	0
$S/S_K$									
$S_K/S$									
$S/S_K + S_K/S$									
$M_{КЛ}, Н \cdot м(1)$ (для участка I)									
$\omega = \omega_0(1 - S), \frac{рад}{с}$									
$\alpha = \frac{M_{КЛ} - M_{П.КЛ}}{M_K - M_{П.КЛ}}$									
$M = M_{П} + (M_K - M_{П})$ (для участка II)									

В строке для  $S$  вместо формул должны стоять вычисленные по ним значения скольжений.

По данным расчета построить механическую характеристику. Данные для моментов брать из таблицы расчета:

- для участка от  $S = 1$  до  $S = S_K$ , вычисленные по формуле (11);
- для участка от  $S = S_K$  до  $S = 0$  по формуле (1) (эти данные в таблице обведены жирной линией).
- для участка от  $S = S_K$  до  $S = 0$  по формуле (1) (эти данные в таблице обведены жирной линией).

Рекомендованная литература: [1, с. 106–114; 2, с. 88–94; 3, с. 40–45; 6; 8].

Таблица 2 – ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ  
Технические данные электродвигателя

Технические данные электродвигателя	Варианты									
	00;10;20 30;40;50 60;70;80 90	01;11;21 31;41;51 61;71;81 91	02;12;22 32;42;52 62;72;82 92	03;13;23 33;43;53 63;73;83 93	04;14;24 34;44;54 64;74;84 94	05;15;25 35;45;55 65;75;85 95	06;16;26 36;46;56 66;76;86 96	07;17;27 37;47;57 67;77;87 97	08;18;28 38;48;58 68;78;88 98	09;19;29 39;49;59 69;79;89 99
Тип двигателя	4A160M2	4A160L2	4A112MB4	4A112MB6	4A160M4	4A112MA8	4A160S6	4A160M6	4A160S8	4A160M8
Номинальная мощность на валу двигателя $P_H$ , кВт	18,5	5,5	15	4,0	18,5	2,2	11	15	7,5	11
Частота вращения при номинальной нагрузке $n_H$ , об/мин	2940	2880	1465	950	1465	700	975	975	730	730
Линейное напряжение сети $U_H$ , В	380	220	380	220	380	220	380	380	380	380
Кратность пускового тока $K_i = \frac{I_n}{I_H}$	7,0	7,5	7,0	6,0	7,0	7,0	5,0	6,0	6,0	6,0
Перегрузочная способность $\mu_K = \frac{M_K}{M_H}$	2,2	2,5	2,3	2,5	2,3	2,2	2,0	2,0	2,2	2,2
Кратность пускового момента $\mu_{II} = \frac{M_{II}}{M_H}$	1,4	2,0	1,4	2,0	1,4	1,9	1,2	1,2	1,4	1,4
Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке $\eta_H$	0,885	0,875	0,885	0,82	0,895	0,765	0,86	0,875	0,86	0,87
Коэффициент мощности $\cos \varphi$	0,92	0,91	0,88	0,81	0,88	0,71	0,86	0,87	0,75	0,75

## Задача 2

Определить время разбега нагруженного электродвигателя от неподвижного состояния до номинальной угловой скорости и построить кривую разбега  $\omega = f(t)$ . Необходимые исходные данные – из первой задачи и таблицы 5.

### Методические советы

Для решения задачи необходимо иметь механическую характеристику электродвигателя и рабочей машины. При непосредственном соединении рабочей машины с электродвигателем (без редуктора) зависимость момента сопротивления рабочей машины от угловой скорости можно представить формулой:

$$M_c = M_{c.нач.} + (M_{сн} - M_{c.нач.}) \left( \frac{\omega_M}{\omega_{MH}} \right)^\alpha \quad (17)$$

где  $M_{сн}$  – номинальный момент сопротивления рабочей машины;

$M_{c.нач.}$  – начальный момент сопротивления рабочей машины;

$\alpha$  – показатель степени, зависящий от класса рабочей машины;

$\omega_{MH}$  – угловая скорость рабочей машины при номинальном моменте;

$\omega_M$  – текущая угловая скорость рабочей машины.

Для нахождения значения момента при установившемся режиме работы электропривода необходимо совместить механические характеристики двигателя  $M = f(\omega)$  (из предыдущей задачи) и рабочей машины  $M = \varphi(\omega)$  на одной координатной плоскости.

Если между электродвигателем и рабочей машиной есть механизм, преобразующий угловую скорость, то необходимо осуществить приведение моментов сопротивления рабочей машины к скорости вращения вала электродвигателя по формуле:

$$M_{сн, пр} = \frac{M_C}{i \eta_{пер}}, \quad (18)$$

где  $i$  – передаточное число, равное  $i = \frac{\omega_H}{\omega_{MH}} = \frac{n_H}{n_{MH}}$ . Передаточное число определить с точностью до десятых долей.

$\eta_{пер}$  – коэффициент полезного действия передачи.

Следовательно, приведенный к валу двигателя момент сопротивления определяется по формуле:

$$M_{с.пр} = \frac{1}{i \cdot \eta_{пер}} \left[ M_{с.нач} + (M_{сн} - M_{с.нач}) \left( \frac{\omega}{\omega_{MH} \cdot i} \right)^\alpha \right], \quad (19)$$

где  $\omega = \omega_M \cdot i$  – текущее приведенное значение угловой скорости рабочей машины, равное текущему значению угловой скорости двигателя.

Расчет механической характеристики по формуле (19) удобно вести в представленной ниже таблице.

Таблица 3 – Расчет механической характеристики рабочей машины

$\omega$ , рад/с (из предыдущей таблицы)									
$A = \left( \frac{\omega}{\omega_{MH} \cdot i} \right)^\alpha$									
$B = (M_{сн} - M_{с.нач}) \cdot A$									
$C = M_{с.нач} + B$									
$M_{с.пр} = \frac{1}{i \cdot \eta_{пер}} \cdot C$									

Построение кривой разбега в данной задаче рекомендуется проводить графоаналитическим способом на основании уравнения движения электропривода

$$M - M_{с.пр} = J_{пр} \frac{d\omega}{dt}, \quad (20)$$

где  $J_{пр}$  – приведенный момент инерции системы, кг·м<sup>2</sup>.

Графоаналитический способ основан на допущении, что в уравнении движения электропривода вместо бесконечно малых приращений угловой

скорости  $d\omega$  и времени  $dt$  подставляются малые конечные приращения  $\Delta\omega$  и  $\Delta t$  и средние значения динамического момента  $M_{дин.пр}$  для этих участков.

Тогда формула (20) запишется

$$M - M_{с.пр} = J_{пр} \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \quad (21)$$

где  $M - M_{с.пр} = M_{дин.пр}$  – приведенный динамический момент;

$\Delta\omega$  – произвольный участок на оси угловой скорости;

$\Delta t$  – время, за которое скорость изменилась на величину  $\Delta\omega$ .

Время определяется аналитически из формулы:

$$\Delta t_j = J \frac{\Delta\omega_j}{M_{дин.пр.j}}, \quad (22)$$

где  $M_{дин.пр.j}$  – приведенный динамический момент; определяется графически как среднее значение на участке  $\Delta\omega_j$  (см. рисунок 3).

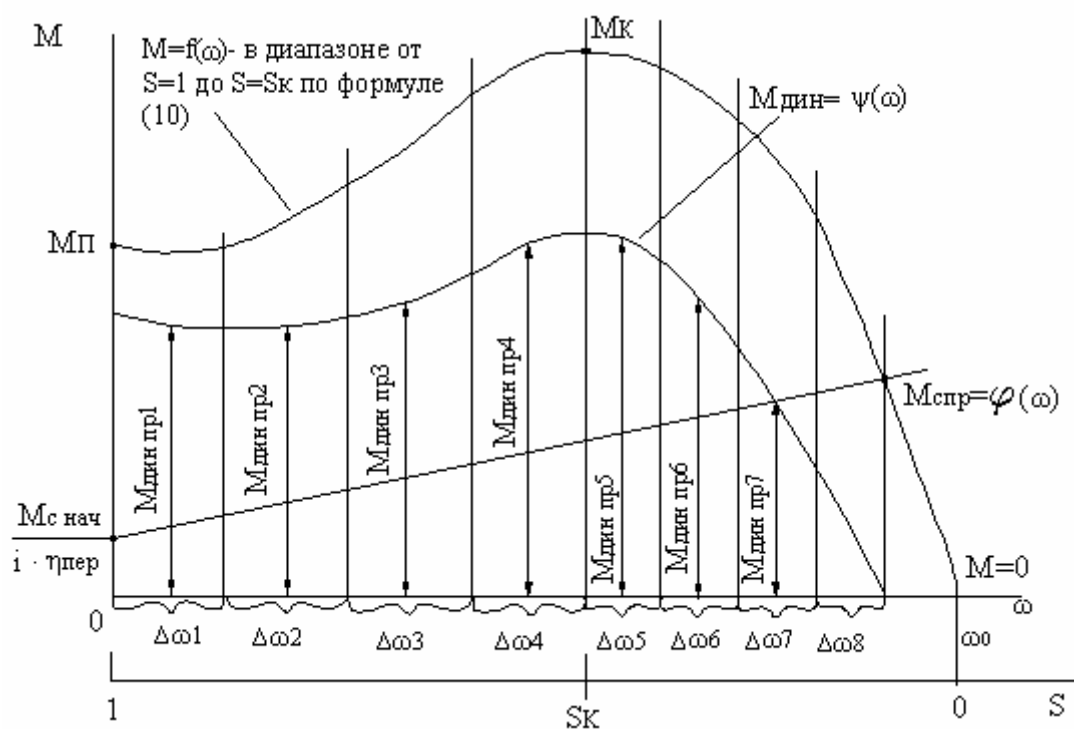


Рисунок 3

Индекс  $j$  в обозначении величин означает номер участка (от 1 до  $h$  – число участков).

Приведенный момент инерции  $J_{\text{ПР}}$  определяется как сумма момента инерции электродвигателя  $J_{\Delta}$ , приведенного момента инерции передаточного звена  $J_{\text{ПЕР.ЗВ}}$  и приведенного момента инерции механизма  $J_{\text{М.ПР}}$

$$J_{\text{ПР}} = J_{\Delta} + J_{\text{ПЕР.ЗВ}} + J_{\text{М.ПР}}, \quad (23)$$

где

$$J_{\text{М.ПР}} = \frac{J_{\text{М}}}{i^2} \quad (24)$$

$$J_{\text{ПР.ЗВ}} = \beta J_{\Delta}, \quad (25)$$

где  $\beta$  – коэффициент, равный 0,1–0,3.

Чтобы время  $\Delta t$  получилось в секундах, необходимо выразить в  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $\Delta\omega_j$  – в рад/с,  $M_{\text{дин.пр.}j}$  – в Н·м.

Полное время разбега получим, просуммировав время на всех участках:

$$t = \sum_{j=1}^h (\Delta t_j), \quad (26)$$

где  $j$  – номер участка;

$h$  – число участков.

Таблица 4 – Расчет кривой разбега

$\Delta\omega_j$	$\Delta\omega_1$	$\Delta\omega_2$	$\Delta\omega_3$	...	$\Delta\omega_n$
$M_{\text{дин.пр.}j}$				...	
$\Delta t_j$				...	

Таблица 5 – Дополнительные исходные данные для решения задачи 2

Данные электродвигателя и рабочей машины	00;10;20 30;40;50 60;70;80 90	01;11;21 31;41;51 61;71;81 91	02;12;22 32;42;52 62;72;82 92	03;13;23 33;43;53 63;73;83 93	04;14;24 34;44;54 64;74;84 94	05;15;25 35;45;55 65;75;85 95	06;16;26 36;46;56 66;76;86 96	07;17;27 37;47;57 67;77;87 97	08;18;28 38;48;58 68;78;88 98	09;19;29 39;49;59 69;79;89 99
Момент инерции ротора двигателя $J_D$ , кг·м <sup>2</sup>	$2.25 \cdot 10^{-2}$	$75 \cdot 10^{-4}$	$10.3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$12.8 \cdot 10^{-2}$	$1.75 \cdot 10^{-2}$	$13.8 \cdot 10^{-2}$	$18.3 \cdot 10^{-2}$	$13.8 \cdot 10^{-2}$	$18 \cdot 10^{-2}$
Номинальная частота вращения рабочего механизма $n_{MH}$ , об/мин	1445	970	490	475	725	355	5820	480	360	240
Номинальный момент рабочей машины $M_{CH}$ , Н·м	112	54	255	80	224	60	16	260	196	396
Коэффициент полезного действия передачи $\eta_{ПЕР}$	0.95	0.91	0.88	0.9	0.93	0.9	0.89	0.91	0.91	0.9
Момент инерции рабочей машины $J_M$ , кг·м <sup>2</sup>	0.25	0.5	0.4	1.0	0.25	0.12	1.1	2.0	1.5	0.75
Коэффициент класса рабочей машины $\alpha$	0 – для вариантов от 00 до 29; 2 – для вариантов от 30 до 69; 1 – для вариантов от 70 до 99.									
Начальный момент сопротивления рабочей машины $M_{с.нач}$ , Н·м	Для вариантов от 00 до 29: $M_{с.нач} = M_{CH}$ Для вариантов от 30 до 99: $M_{с.нач} = 0,2M_{CH}$									

### Задача 3

Для указанного в таблице 7 электродвигателя определить:

1. Установившееся превышение температуры двигателя при номинальной нагрузке  $\tau_{УН}$ .
2. Установившееся превышение температуры двигателя при перезагрузке  $\tau_{УП}$ .
3. Постоянную времени нагрева  $T_H$ .
4. Постоянную времени охлаждения  $T_O$ .
5. Коэффициент теплоотдачи электродвигателя  $A$ .
6. Построить кривую нагрева  $\tau = f(t)$  (для превышения температуры) электродвигателя, работающего в номинальном режиме.
7. Построить кривую охлаждения  $\tau = f(t)$  (для превышения температуры).
8. Построить кривую нагрева  $\tau = f(t)$  (для превышения температуры) электродвигателя, работающего при перегрузке.
9. Допустимое время кратковременной работы  $t_K$  при заданной перегрузке  $P_n = \kappa_{МП} P_H$ .

### Методические советы

Установившееся значение превышения температуры электродвигателя  $\tau_{УН}$  при номинальной нагрузке  $P_H$  принимаем равным предельно допустимому значению превышения температуры для данного класса изоляции.

$$\tau_{УН} = \tau_{доп.из} \quad (27)$$

Установившееся значение превышения температуры при перезагрузке можно определить из соотношения

$$\tau_{УП} = \frac{\Delta P_H}{A}, \quad (28)$$

где  $\Delta P_H$  – потери мощности при перегрузке, Вт;

$A$  – коэффициент теплопередачи, Дж/с · °С.



Потери мощности при номинальной нагрузке

$$\Delta P_H = P_H \left( \frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \quad (29)$$

При расчетах удобнее задаваться не абсолютным значением времени  $t$ , а кратностью  $t/T_H$ . Учитывая, что при времени  $t = (5...6)T_H$  процесс нагрева практически устанавливается, то для построения кривой нагрева достаточно иметь 5...6 точек (расчет кривых нагрева и охлаждения вести по форме таблицы 6).

Таблица 6 – Расчет кривой нагрева и охлаждения

Нагревание при номинальной нагрузке $P_H$	Кратность $t/T_H$	0	1	2	3	4	5
	Время $t$ , мин	0	$t_1 = T_H$	$t_2 = 2T_H$	$t_3 = 3T_H$	$t_4 = 4T_H$	$t_5 = 5T_H$
	Превышение температуры $\tau$ , °C						
Охлаждение	Кратность	0	1	2	3	4	5
	Время $t$ , мин	0	$t_1 = T_0$	$t_2 = 2T_0$	$t_3 = 3T_0$	$t_4 = 4T_0$	$t_5 = 5T_0$
	Превышение температуры $\tau$ , °C						
Нагревание при перегрузке $P_K$	Кратность	0	1	2	3	4	5
	Время $t$ , мин	0	$t_1 = T_H$	$t_2 = 2T_H$	$t_3 = 3T_H$	$t_4 = 4T_H$	$t_5 = 5T_H$
	Превышение температуры $\tau$ , °C						

По данным расчета строятся графики  $\tau = f(t)$ .



Рисунок 4

По графику находится допустимое время работы  $t_K$  при заданном значении перегрузки (рисунок 4).

Потери мощности при перегрузке (приближенно):

$$\Delta P_{II} = \kappa_{TII} \Delta P_H, \quad (30)$$

где  $\kappa_{TII}$  – коэффициент термической перегрузки, который можно определить из формулы:

$$\kappa_{MII} = \sqrt{\kappa_{TII}(1 + \alpha) - \alpha}, \quad (31)$$

В этой формуле коэффициент механической перегрузки  $\kappa_{MII}$  берется из таблицы 7 исходных данных, а  $\alpha = \frac{\Delta P}{\Delta P} \approx$  – коэффициент соотношения постоянных и переменных потерь (для асинхронных двигателей  $\alpha = 0,5 \dots 0,7$ ).

Для определения постоянной времени нагрева  $T_H$  и коэффициента теплообмена  $A$  используются известные формулы:

$$T_H = \frac{C}{A}, \quad (32)$$

$$A = \frac{\Delta P_H}{\tau_{UH}}, \quad (33)$$

где  $C$  – теплоемкость электродвигателя, определяемая по формуле  $C = mC_0$ ;  $m$  – масса электродвигателя, кг.

$C_0$  – удельная усредненная теплоемкость для электродвигателей (принимается  $C_0 = 480 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ ).

Постоянная времени охлаждения  $T_0$  обычно в 3–4 раза больше постоянной времени нагрева  $T_H$ .

Построение кривых нагрева и охлаждения ведется по формулам:  
– при нормальной нагрузке

$$\tau = \tau_{UH} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_H}} \right), \quad (34)$$

--	--	--	--	--	--	--

– при охлаждении

$$\tau = \tau_{УН} \cdot e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (35)$$

– при перегрузке

$$\tau = \tau_{УП} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_H}} \right). \quad (36)$$

Примечание. Значение коэффициента перегрузки берется в соответствии с порядком следования своего варианта в строке. Например, для варианта 09 –  $\kappa_{МП} = 1,2$ ; для 49 –  $\kappa_{МП} = 1,3$ ; для 89 –  $\kappa_{МП} = 1,4$  и т.д.

Таблица 7 – Исходные данные для задачи 3

Вариант	Тип двигателя	Номинальная мощность $P$ , кВт	КПД, $\eta_H$	Масса, кг	$\tau_{доп.из}$ град	Коэффициент механической перегрузки $\kappa_{МП}$
$n_0 = 3000$ об/мин						
00;40;80	4A71A2Y3	0,75	0,77	15,1	80	1,2; 1.3; 1.4
01;41;81	4A71B2Y3	1,1	0,775	15,1	80	
02;42;82	4A80A2Y3	1,5	0,81	17,5	80	
03;43;83	4A80A2Y3	2,2	0,83	20,0	80	
04;44;84	4A90L2Y3	3,0	0,845	28,7	80	
05;45;85	4A100S2Y3	4,0	0,865	36,0	80	
06;46;86	4A100L2Y3	5,5	0,875	42,0	80	
07;47;87	4A112M2Y3	7,5	0,875	56,0	80	
08;48;88	4A132M2Y3	11,0	0,88	93,0	80	
09;49;89	4A160S2Y3	15,0	0,88	130,0	90	
10;50;90	4A160M2Y3	18,0	0,885	145,0	90	
11;51;91	4A180S2Y3	22,0	0,885	165,0	90	
12;52;92	4A180M2Y3	30,0	0,905	185,0	90	

Вариант	Тип двигателя	Номинальная мощность $P$ , кВт	КПД, $\eta_H$	Масса, кг	$\tau_{доп.из}$ град	Коэффициент механической перегрузки $K_{МП}$
$n_0 = 1500$ об/мин						
13;53;93	4A71A4Y3	0,55	0,705	15,1	80	1,2; 1.3; 1.4
14;54;94	4A71B4Y3	0,75	0,72	15,1	80	
15;55;95	4A80A4Y3	1,1	0,75	17,4	80	
16;56;96	4A80B4Y3	1,5	0,77	20,4	80	
17;57;97	4A90L4Y3	2,2	0,80	28,7	80	
18;58;98	4A100S43	3,0	0,82	36,0	80	
19;59;99	4A100L43	4,0	0,84	42,0	80	
20;60;100	4A112M43	5,5	0,855	56,0	80	
21;61;101	4A113S4Y3	7,5	0,875	77,0	80	
22;62;102	4A132M4Y3	11,0	0,875	95,0	80	
23;63;103	4A160S4Y3	15,0	0,885	135,0	90	
24;64;104	4A160M4Y3	18,5	0,90	160,0	90	
25;65;105	4A180S4Y3	22,0	0,90	175,0	90	
26;66;106	4A180M4Y3	30,0	0,91	195,0	90	
$n_0 = 1000$ об/мин						
27;67;107	4A80A6Y3	0,75	0,69	17,4	80	1,2; 1.3; 1.4
28;68;108	4A80B6Y3	1,1	0,74	20,4	80	
29;69;109	4A90L6Y3	1,5	0,75	28,07	80	
30;70;110	4A100L63	2,2	0,81	42,0	80	
31;71;111	4A112MA6Y3	3,0	0,81	56,0	80	
32;72;112	4A112MB6Y3	4,0	0,82	56,0	80	
33;73;113	4A132S6Y3	5,5	0,85	77,0	80	
34;74;114	4A132M6Y3	7,5	0,855	93,0	80	
35;75;115	4A160S6Y3	11,0	0,86	135,0	90	
36;76;116	4A160M6Y3	15,0	0,875	160,0	90	
37;77;117	4A180M6Y3	18,5	0,88	195,0	90	
38;78;118	4A200M6Y3	22,0	0,90	270,0	90	
39;79;119	4A200L6Y3	30,0	0,90	310,0	90	

## Задача 4

Варианты	Задача
<b>Задания 4.1</b>	
00, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 01, 11, 21, 31, 41 51, 61, 71, 81, 91	Выбрать электрический двигатель для длительного режима с постоянной нагрузкой $S1$ к рабочей машине с номинальной мощностью $P_{р.м} = 11,5$ кВт и номинальной частотой вращения 1700 об/мин. Место установки – под навесом, передача цепная
<b>Задания 4.2</b>	
02, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92, 03, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93	Выбрать электрический двигатель для привода барабанной картофелесортировки производительностью $Q=5$ т/ч, расположенной на открытом воздухе. Передача цепная, удельные затраты энергии – $A = 0,21$ кВт·ч/т
<b>Задания 4.3</b>	
04, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94 05, 15, 25, 35, 45 55, 65, 75, 85, 95	Выбрать электрический двигатель для кормодробилки тип КД-2,0 производительностью при измельчении зерна $Q=2$ т/ч. Удельные затраты энергии $A=11-19$ кВт·ч/т. Место установки – закрытое помещение с естественной вентиляцией, передача – муфта
<b>Задания 4.4</b>	
06, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96 07, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97	Выбрать электрический двигатель для привода центробежного вентилятора типа Ц-4-70 № 3 производительностью (подача) $Q = 0,55-3,3$ м <sup>3</sup> /ч при полном давлении $H = 16-115$ кг/м <sup>2</sup> . Передача – непосредственное соединение
<b>Задания 4.5</b>	
08, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 98 09, 19, 29, 39, 49 59, 69, 79, 89, 99	Выбрать электрический двигатель для привода центробежного водяного насоса производительностью $Q = 0,1$ м <sup>3</sup> /с при напоре (высоте) $H=10$ м. Передача – муфта

### Методические рекомендации по выполнению задачи № 4

В эту группу входят задачи по выбору электрических двигателей для привода различных сельскохозяйственных машин и механизмов. Студент выбирает задание согласно последних двух цифр шифра зачетки.

Правильный выбор электрического двигателя позволяет создать условия наиболее рационального использования возможностей рабочей машины, определяет надежность и долговечность электропривода при максимальном КПД и коэффициенте мощности.

Почти все с.-х. машины работают с использованием электропривода переменного тока, питаемого от электрических сетей со стандартным напряжением 380В при частоте 50 Гц. Электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем наиболее простой и требует минимума установленного оборудования. Поэтому он используется в большинстве видов рабочих машин.

Если частота вращения выбранного электродвигателя соответствует частоте вращения вала рабочей машины, то из структуры электропривода исключается передаточный механизм. Этот вариант наиболее предпочтителен. Во всех других случаях требуется повышающий или понижающий передаточный механизм с необходимым передаточным числом.

Для использования наиболее простых передаточных механизмов рекомендуется использовать электрические двигатели с частотами вращения:

- 3000 об/мин – для привода насосов, погружных насосов, вентиляторов, центрифуг, круглых пил, электроинструмента; не рекомендуется их использование в режиме частых пусков;
- 1500 об/мин – для привода большинства с.-х. машин;
- 1000 об/мин – для рабочих машин с тяжелыми условиями пуска;
- 750 об/мин – из-за низких энергетических показателей использование не рекомендуется.

При выборе конструктивного исполнения двигателя учитываются условия его эксплуатации: температура и влажность среды, содержание в воздухе химически активных, коррозионно-активных элементов, взрыво- и пожароопасных смесей и т.п.

В условиях РБ целесообразно использовать двигатели, изготовленные для эксплуатации в умеренном климате и имеющие в маркировке букву «У».

В зависимости от места размещения все электрические изделия, в т.ч. и электрические двигатели, изготавливаются по категориям размещения, указываемым цифрами на последнем месте маркировки изделий.

Электрические машины и аппараты должны иметь определенную степень защиты обслуживающего персонала от механических травм и пораже-

ния электрическим током и защиту самого изделия от попадания внутрь посторонних предметов и воды. Степень защиты указывается в паспорте изделия латинскими буквами IP и двумя цифрами (IP00). Первая цифра означает степень защиты персонала от соприкосновения с движущимися и токоведущими частями и от попадания внутрь изделия твердых предметов. Вторая – степень защиты изделия от попадания внутрь воды.

Промышленностью выпускаются электрические изделия со степенью защиты от IP00 (незащищенные, открытого исполнения) до IP68 (закрытого исполнения для неограниченной эксплуатации в воде).

Для большинства условий с.-х. производства используется электрооборудование со степенями защиты не ниже IP44 (защита от прикосновения к токоведущим частям, проникновения внутрь твердых тел размером более 1 мм и защита от брызг воды любого направления) или IP54 (защита от прикосновения пыли, а также от струй воды любого направления).

### **Выбор электрических двигателей по мощности**

Номинальная мощность выбранного двигателя должна быть по возможности близкой к расчетной мощности рабочей машины. Если  $P_{ндв}$  значительно больше  $P_{расч.}$  – снижается КПД, а также  $\cos\phi$  электродвигателя, поэтому удорожается его эксплуатация. Если  $P_{ндв}$  меньше  $P_{расч.}$  – двигатель будет работать с перегрузкой. Его температура может превысить допустимое значение, что приводит к снижению электрической прочности изоляции, быстрому ее старению и выходу из строя двигателя.

Задача выбора двигателя по мощности осложняется тем, что нагрузка на его валу в процессе работы, как правило, изменяется во времени. Поэтому для обоснованного выбора двигателя по мощности необходимо знать характер изменения нагрузки во времени, т.е. его будущий режим работы.

Промышленностью выпускаются электрические двигатели для длительного режима работы (режим  $S1$ ), кратковременного ( $S2$ ) и повторно-

кратковременного режима ( $S3$ ) с установленной относительной продолжительностью включения  $PВ = 15, 25, 40$  и  $60 \%$ .

Целью решения задачи № 4 является овладение методикой выбора электрических двигателей для режима  $S1$  с постоянной нагрузкой на валу.

Наиболее просто выбираются двигатели по известной мощности рабочей машины и типу передаточного механизма. Если мощность рабочей машины неизвестна, то расчетная мощность двигателя определяется по эмпирическим формулам, приводимым в каталогах на с.-х. технику или в справочниках [1, 2, 3].

Из каталога на электрические двигатели выбираем двигатель с номинальной мощностью большей или равной расчетной, номинальной частотой вращения как можно ближе к частоте вращения рабочей машины или согласно рекомендациям с необходимой категорией размещения и степенью защиты.

Двигатель выбран правильно, если его номинальная мощность больше или равна расчетной  $P_n > P_{расч}$ .

Выбор мощности электродвигателя при длительном режиме работы  $S1$  с постоянной нагрузкой производится по формуле:

$$P_n = P_m / \eta, \quad (37)$$

где  $\eta$  – КПД передачи;

$P_m$  – мощность производственного механизма, кВт;

$P_n$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Проверка выбранного двигателя на возможность запуска при снижении напряжения в питающей сети на  $10 \%$ :

– номинальная угловая частота вращения вала двигателя

$$\omega_i = \pi_{дн} / 30 \quad (38)$$

– номинальный момент двигателя

$$M_n = P_n / \omega_n \quad (39)$$

– статический момент сопротивления рабочей машины

$$M_c = P_{расч} / \omega_i \quad (40)$$

– требуемый номинальный момент двигателя по условиям запуска

$$M_{н.пуск} = 1,25 M_c / K_{мин} U^2, \text{ Нм}, \quad (41)$$



где 1,25 – коэффициент запаса;

$K_{\min} = 1,0$  – кратность минимального момента двигателя;

$U$  – относительное сниженное напряжение сети (при снижении на 10 % = 0,9).

Условие запуска двигателя при снижении напряжения в сети:

$$M_{н.} \geq M_{н.пуск.} \quad (42)$$

#### Исходные данные для задания 4.1

№ п.п.	Тип передачи	КПД
1	Клиноременная	0,95–0,98
2	Цепная	0,96–0,97
3	Зубчатая сухая	0,93–0,95
4	Зубчатая в масле	0,95–0,98
5	Ременная	0,85–0,9
6	Муфта	0,98

#### Формулы для расчета

Расчетная мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P_{расч} = P_{р.н.} / \eta_{п} \quad (43)$$

$\eta_{п}$  – КПД передачи от двигателя к рабочей машине.

#### Исходные данные для задания 4.2

Расчетная мощность двигателя для привода картофелесортировки:

$$P_{расч} = A_x Q / \eta \quad (44)$$

где  $A$  – удельные затраты электроэнергии, кВт·ч/т;

$Q$  – производительность рабочей машины, т/ч;

#### Исходные данные для задания 4.3

Расчетная мощность двигателя кормодробилки:

$$P_{расч} = kQA / \eta \quad (45)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий потери холостого хода.

### Исходные данные для задания 4.4

Расчетная мощность вентилятора:

$$P_v = Q_v p / \eta \quad (46)$$

где  $Q_v$  – подача вентилятора, м<sup>3</sup>/с;

$p$  – давление Па (или Н/м<sup>2</sup>) – напор;

$\eta = (0,2 \dots 0,3)$  – КПД осевых вентиляторов;

$\eta = (0,4-0,6)$  – КПД центробежных вентиляторов.

Расчетная мощность электродвигателя вентилятора определяется по формуле:

$$P_{v \text{ расч.}} = k_3 P_v \quad (47)$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса, зависящий от мощности и типа вентилятора.

Таблица 8 – Значения коэффициента запаса для вентиляторов различного типа и мощности

	P <sub>v</sub> , кВт	До 0,5	0,5–1	1–2	2–3	3 и т.д.
$k_3$	Для осевых	1,2	1,15	1,1	1,05	1,05
	Для центробежных	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1

### Исходные данные для задания 4.5

Расчетная мощность насоса:

$$P_{\text{нас.}} = Q \rho g H / 1000 \eta = Q p / 1000 \eta \quad (48)$$

где  $Q$  – производительность насоса, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – напор насоса, кПа;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$p = \rho g H$  – давление воды, Па (1 м воды создает давление 9810 Па);

$\eta_{\text{п}}$  – КПД передачи;

$\eta_{\text{н}}$  – КПД насоса;

$\eta = \eta_{\text{п}} \eta_{\text{н}}$

$\eta = (0,5-0,8)$  – КПД центробежных насосов;

$\eta = (0,25-0,5)$  – КПД вихревых насосов;

$\eta = (0,7-0,9)$  – КПД поршневых насосов.

Расчетная мощность электродвигателя насоса определяется по формуле:

$$P_{\text{насоса расч.}} = k_3 P_{\text{наос}}, \text{ кВт}, \quad (49)$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса, зависящий от мощности насоса.

#### Коэффициент запаса для насосов

$P_{\text{наос}}, \text{ кВт}$	до 0,75	0,75–1,5	1,5–3,5	3,5–35	35
$K_3$	2	1,5	1,2	1,15	1,1

### Задача 5

Для рекомендованной принципиальной электрической схемы установки дать подробное описание. Разобраться в режиме работы установки. Установить назначение отдельных элементов и аппаратов в схеме. Описать последовательность работы схемы автоматизации в различных режимах.

#### Методические рекомендации

В контрольной работе должны быть вычерчены: принципиальная электрическая схема управления установки, силовая электрическая схема (если требуется – технологическая или структурная схема), с помощью которых объясняется принцип работы установки.

Должно быть описание работы электрической схемы в различных режимах при различных позициях коммутирующих устройств.

Должны быть пояснения к работе аппаратов, элементов схем, их назначение и кратко изложен принцип действия.

Особо должно быть обращено внимание на элементы защиты электроустановки.

Описать назначение защитных устройств, используемой сигнализации и, если имеются, различных блокировок.

Схемы должны быть выполнены в соответствии с ГОСТом на условные обозначения элементов и позиционные назначения (ГОСТ 2.755–87 и ГОСТ 2.710–81).

Схема выбирается по двум последним цифрам номера шифра зачетной книжки (смотреть исходные данные к задаче 5).

### Исходные данные к задаче 5

Вариант	Рекомендуемая литература	Схема
00; 29; 58; 87	1	рисунок 11.1
01; 30; 59; 88	2	рисунок 8.6
02; 31; 60; 89	2	рисунок 8.10
03; 32; 61; 90	2	рисунок 8.21
04; 33; 62; 91	2	рисунок 8.28
05; 34; 63; 92	2	рисунок 8.30
06; 35; 64; 93	2	рисунок 7.6
07; 36; 65; 94	2	рисунок 7.10
08; 37; 66; 95	2	рисунок 7.12
09; 38; 67; 96	2	рисунок 7.17
10; 39; 68; 97	2	рисунок 8.4
11; 40; 69; 98	2	рисунок 8.5
12; 41; 70; 99	2	рисунок 9.1
13; 42; 71	2	рисунок 9.2
14; 43; 72	2	рисунок 9.5
15; 44; 73	1	рисунок 18.2
16; 45; 74	1	рисунок 18.4
17; 46; 75	1	рисунок 18.8
18; 47; 76	1	рисунок 19.2
19; 48; 77	1	рисунок 19.6
20; 49; 78	3	рисунок 5.9
21; 50; 79	3	рисунок 9.7
22; 51; 80	3	рисунок 10.4
23; 52; 81	3	рисунок 10.5
24; 53; 82	3	рисунок 10.13
25; 54; 83	3	рисунок 2.11
26; 55; 84	3	рисунок 2.10
27; 56; 85	2	рисунок 8.35
28; 57; 86	2	рисунок 8.41

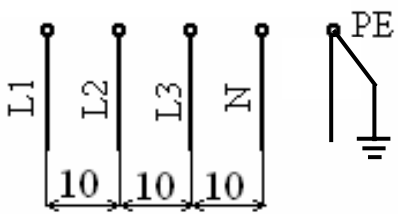
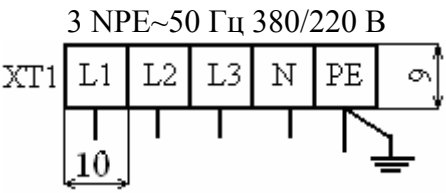
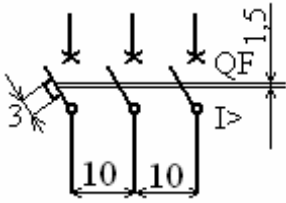
## ЛИТЕРАТУРА

1. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / И.Ф. Кудрявцев [и др.] ; под ред. И.Ф. Кудрявцева.– М.: Агропромиздат, 1988 – 480 с..
2. Дайнеко, В.А. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве / В.А. Дайнеко, А.В. Крутов. – Мн.: Ураджай, 2001.
3. Фоменков, А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А.П. Фоменков. – М.: Колос, 1984.
4. Электротехнология / В.А. Карасенко [и др.]– М.: Колос, 1992.– 304 с.
5. Электрооборудование пищевых предприятий / А.М. Остапенков, А.Т. Птушкин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 215 с.
6. Стандарт предприятия СТП БГАТУ 01.12–06.– Мн., 2007.

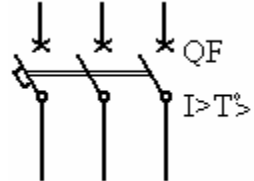
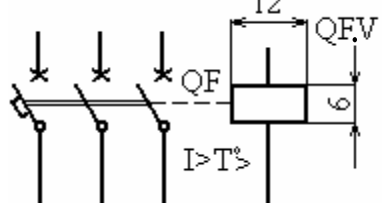
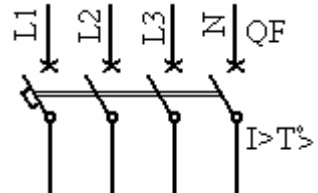
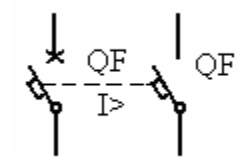
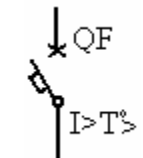
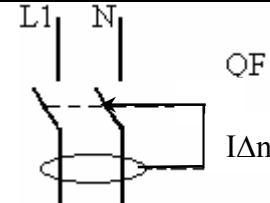
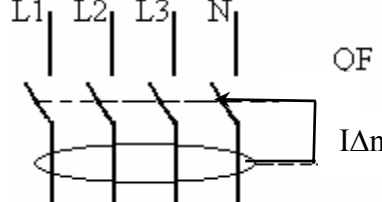
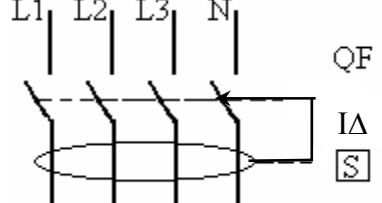
## ПРИЛОЖЕНИЕ

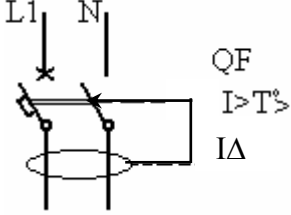
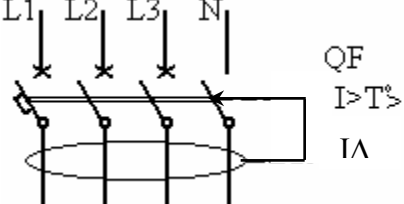
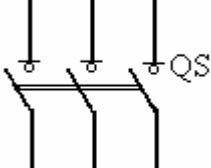
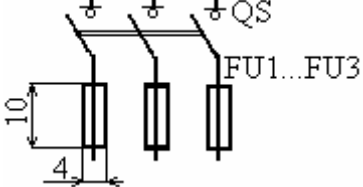
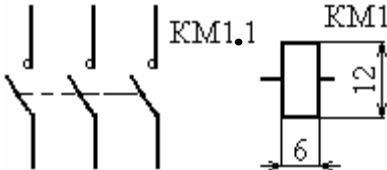
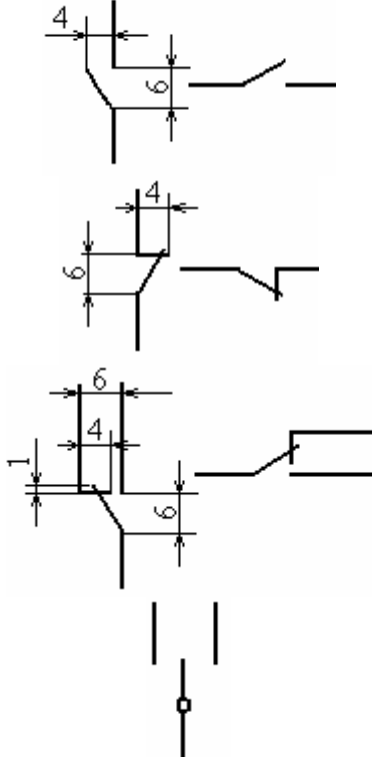
(справочное)

Обозначения условные графические и позиционные в электрических схемах

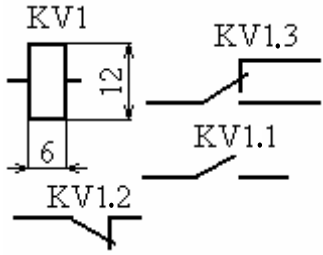
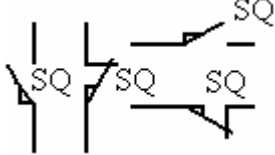
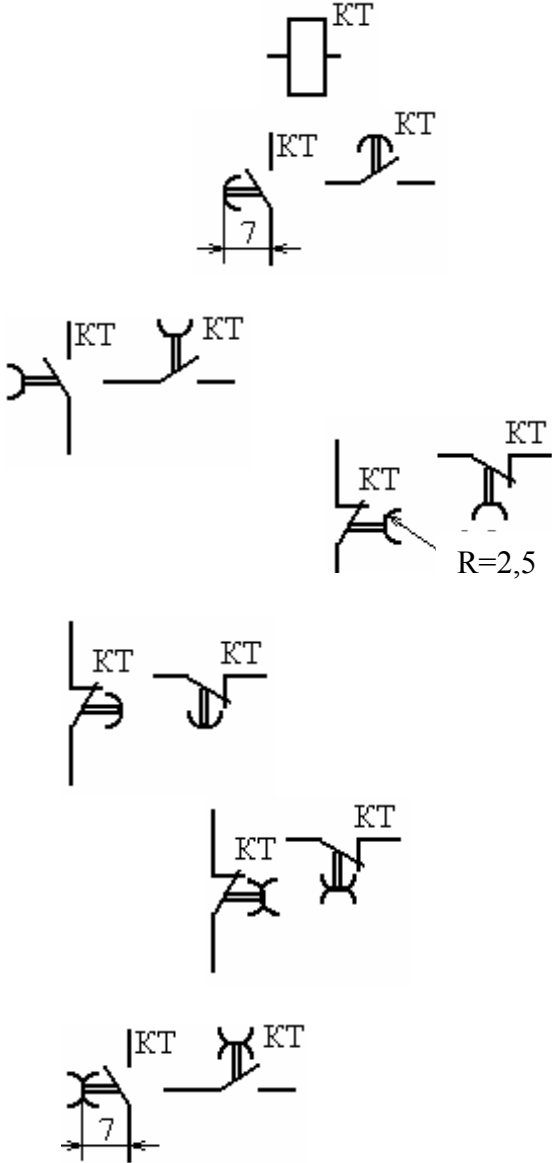
№	Наименование	Обозначение
1	Ввод переменного трехфазного тока, пятипроводная линия (три фазных провода, нейтраль <i>N</i> , один провод защитный с заземлением PE) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В, т.е. сеть TN-S	Ввод 3 NPE~50 Гц 380/220 В
	То же, четырехпроводная линия (три фазных провода, один защитный провод с заземлением, выполняющий функцию нейтрали, т.е. PEN проводником), сеть TN-C	Ввод 3 PEN~50 Гц 380/220 В
	В электрических схемах (не на вводах) переменный трехфазный ток частотой 50 Гц, напряжением 380 В	3 ~50 Гц 380 В
2	Ввод однофазной электрической сети TN-S напряжением 220 В, частотой тока 50 Гц, с разделенными проводниками PE и N	Ввод 1 NPE~50 Гц 220 В
	В электрических схемах (не на вводах) переменный ток, однофазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В	1 ~50 Гц 220 В
3	<p>Обозначение на принципиальной электрической схеме ввода трехфазной электрической сети напряжением 220/380 В, частотой тока 50 Гц, с разделенными проводниками PE и N, подключаемой при монтаже к клеммнику XT1 ящика управления: 1 вариант</p> <p style="text-align: center;">2 вариант</p> <p><i>Примечание.</i> <i>Размеры в миллиметрах здесь и далее по тексту даны для справок</i></p>	<p style="text-align: center;">3 NPE~50 Гц 380/220 В</p> <p style="text-align: center;">XT1.1 XT1.2 XT1.3 XT1.4</p>  <p style="text-align: center;">3 NPE~50 Гц 380/220 В</p> 
4	Трёхфазный автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем	

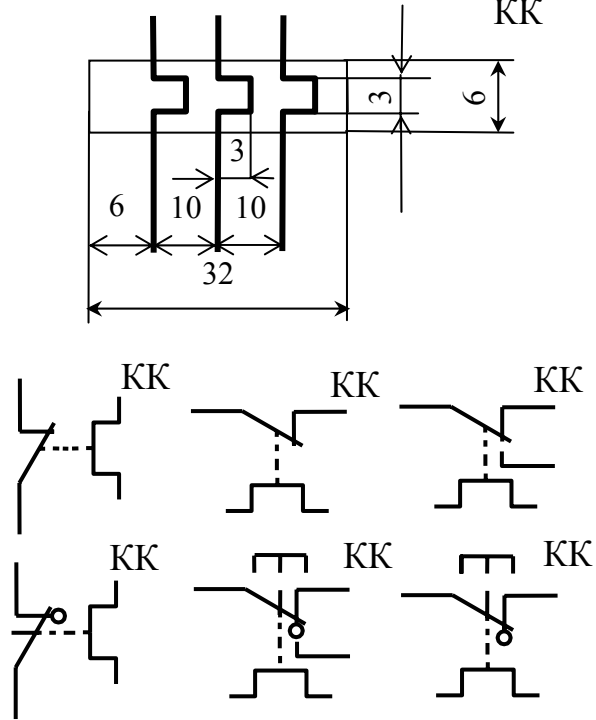
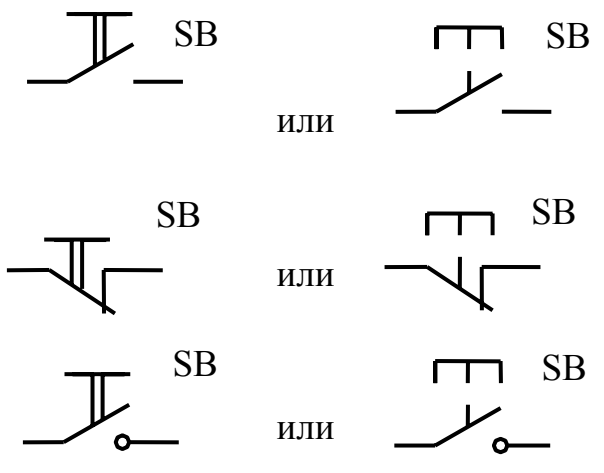
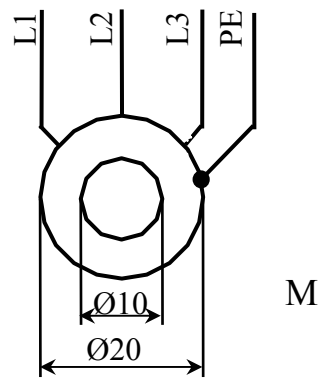
Продолжение приложения

№	Наименование	Обозначение
5	Трёхфазный автоматический выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителем (комбинированным расцепителем)	
6	Трёхфазный автоматический выключатель с комбинированным расцепителем (электромагнитным и тепловым) и дополнительным независимым расцепителем	
7	Трёхфазный четырёхполюсный автоматический выключатель с комбинированным расцепителем	
8	Однофазный автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем и блок-контактом	 <p data-bbox="829 1052 1468 1120"><i>Примечание.</i> Механическую связь можно не показывать</p>
9	То же, с комбинированным расцепителем, но без блок-контакта	
10	Однофазное двухполюсное устройство защитного отключения (УЗО), реагирующее на дифференциальный ток $I\Delta n$	
11	Трёхфазное устройство защитного отключения (УЗО), реагирующее на дифференциальный ток $I\Delta n$	
12	То же, но селективное	

№	Наименование	Обозначение
13	Однофазный дифференциальный автоматический выключатель (сочетание автоматического выключателя, имеющего комбинированный расцепитель, с УЗО, реагирующим на дифференциальный ток $I\Delta n$ )	
14	Трёхфазный четырехполюсный дифференциальный автоматический выключатель	
15	Трёхфазный выключатель нагрузки, пакетный выключатель	
16	Рубильник-выключатель, совмещённый с предохранителями	
17	Контакты электромагнитного пускателя и его катушка	
18	<p>Контакт замыкающий (слева направо, сверху вниз)</p> <p>Размыкающий (слева направо, сверху вниз)</p> <p>Переключающий (слева направо, сверху вниз)</p> <p>Переключающий, с нейтральным положением (например, тумблер)</p>	




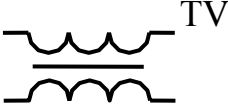
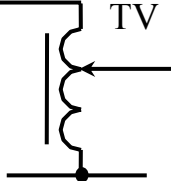
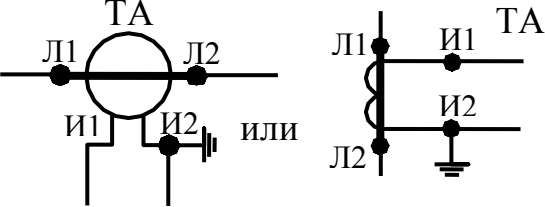
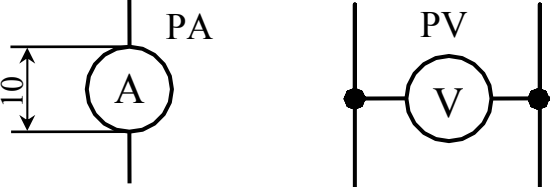
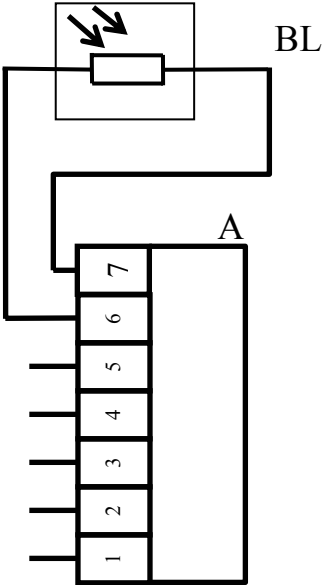
№	Наименование	Обозначение
19	Реле электромагнитное промежуточное: катушка и контакты	
20	Контакт концевого выключателя: замыкающий, размыкающий	
21	<p>Катушка и контакты реле времени:</p> <p>1) замыкающий, с выдержкой времени при срабатывании</p> <p>2) замыкающий, с выдержкой времени при возврате</p> <p>3) размыкающий, с выдержкой времени при срабатывании</p> <p>4) размыкающий, с выдержкой времени при возврате</p> <p>5) размыкающий, с выдержкой времени при срабатывании и возврате</p> <p>6) замыкающий, с выдержкой времени при срабатывании и возврате</p>	

№	Наименование	Обозначение
22	<p>Трёхфазное тепловое реле: Нагреватели</p> <p>Контакт теплового реле с самовозвратом</p> <p>Контакт теплового реле без самовозврата (с возвратом элемента посредством нажатия кнопки)</p>	
23	<p>Выключатель ручной (кнопка) с самовозвратом: «Пуск»</p> <p>«Стоп»</p> <p>без самовозврата</p>	
24	<p>Асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (с присоединенными проводниками трех фаз и проводом защитного заземления PE)</p>	

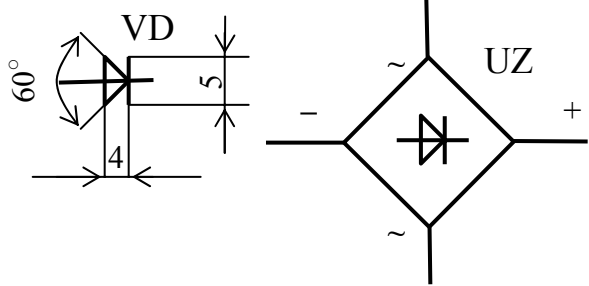

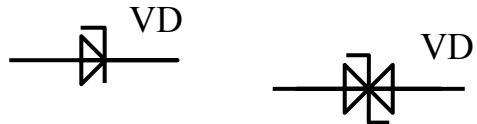

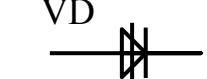
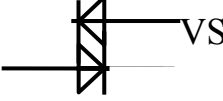
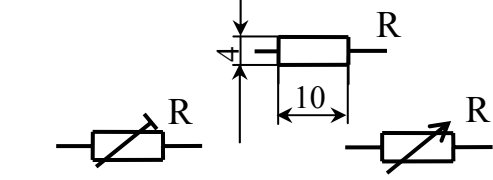
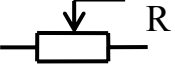
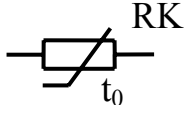
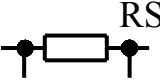
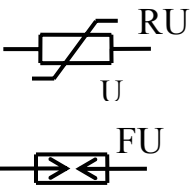
№	Наименование	Обозначение
25	Переключатель однополюсный многопозиционный (например, на 4 положения)	
26	Переключатель однополюсный двухпозиционный, со средним нейтральным положением	
27	Переключатель двухполюсный на 2 рабочих положения с нейтралью (в положении «А» замыкается цепь 3-4; в положении «Р» – цепь 1-2).  (допустимое обозначение)	
28	Переключатель двухполюсный на три положения с нейтралью, со сложной коммутацией (в положении «Мест.» замыкается цепь 3-4, в положении «Дист.» – цепь 1-2).  (рекомендуемое обозначение)	
29	То же, на 4 подключаемые цепи	

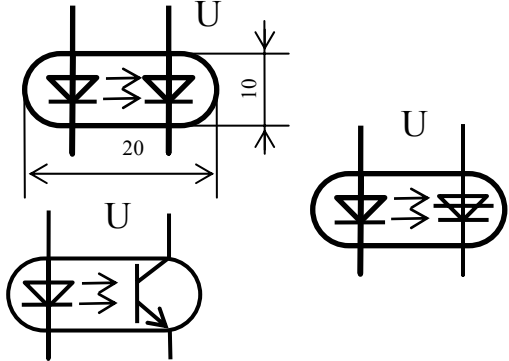
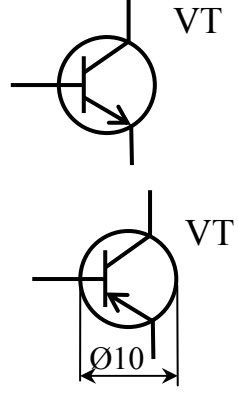
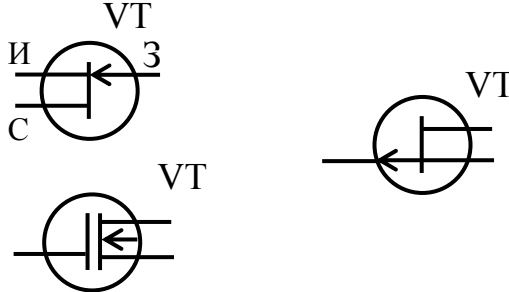
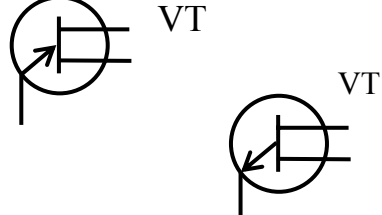
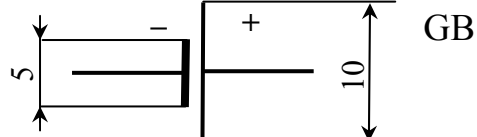
№	Наименование	Обозначение
30	<p>Арматура светосигнальная:</p> <p>1. С лампой накаливания и встроенным резистором; с лампой накаливания и резистором, отделенным от арматуры)</p> <p>2. С лампой газоразрядной и встроенным добавочным резистором</p> <p>3. Со светодиодом (и встроенным резистором для постоянного тока; со встроенным резистором плюс диодом – для переменного тока)</p>	
31	Звонок электрический	
32	<p>Соединение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разборное</li> <li>– неразборное</li> <li>– гнездо испытательное</li> </ul> <p>разъемное трехштыревое (трехпроводное)</p> <p>однопроводное</p> <p>штырь</p> <p>гнездо</p>	
33	Розетка (силовая) с маркировкой присоединяемых проводников, четырехштыревая	
34	Реле уровня мембранное, поплавковое (с выходным микровыключателем, без усилителя)	
35	Реле давления (без усилителя, с выходным микровыключателем)	

Продолжение приложения

№	Наименование	Обозначение
36	Реле температуры (без усилителя)	
37	Трансформатор натяжения	
	Автотрансформатор	
38	Трансформатор тока	
39	Амперметр и вольтметр	
40	Фотореле с фотодатчиком (фотосопротивлением)	

Продолжение приложения

№	Наименование	Обозначение
41	Диод, выпрямитель	
42	Конденсатор: неполярный полярный (оксидный)	
43	Стабилитрон односторонний Двухсторонний	
44	Тиристор с управлением по катоду и аноду	
45	Динистор	
46	Симистор	
47	Резистор постоянный Подстроечный, переменный	
48	Потенциометр	
49	Терморезистор	
50	Шунт измерительный	
51	Варистор Разрядник	

№	Наименование	Обозначение
52	Оптопара диодная, тиристорная, транзисторная	
53	Транзистор: <i>n-p-n</i>  <i>p-n-p</i>	
54	Полевой транзистор: с каналом <i>n</i> -типа  с каналом <i>p</i> -типа  с изолированным затвором <i>n</i> -типа	
55	Однопереходной транзистор (двухбазовый диод) <i>n</i> -типа  <i>p</i> -типа	
56	Источник постоянного тока (батарея)	
В данном приложении использованы обозначения по ГОСТ 2.755–87, ГОСТ 2.756–76, ГОСТ 2.727–74, ГОСТ 2.722–68, ГОСТ 2.730–73 и др.		

Учебное издание

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Методические указания и задания  
к контрольной работе для студентов заочной формы  
обучения специальности 1-74 06 03 «Ремонтно-обслуживающее  
производство»*

Составители:

**Ковалинский** Анатолий Иванович  
**Дайнеко** Владимир Александрович

Ответственный за выпуск *В.А. Дайнеко*  
Редактор *А.П. Бондич*  
Компьютерная верстка *А.П. Бондич*

Подписано в печать 01.11.2007 г. Формат 60×84<sup>1/16</sup>  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 2,3.  
Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 120 экз. Заказ 594.

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусский государственный аграрный технический университет  
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.  
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2