

БПОУ ВО «ГРЯЗОВЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

РАССМОТРЕНЫ

на заседании цикловой комиссии
общепрофессиональным дисциплинам и
профессиональным модулям отделения
«Механизация сельского хозяйства»

Протокол № 1
от «29» августа 2018 г.

Председатель ЦК
Е.В. Зиновьева

СОГЛАСОВАНЫ

Зам директора по ОМР
Е.А. Ткаченко

«29» августа 2018 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ПО ОП.04 Электротехника и электронная техника**

Специальность: 35.02.07 Механизация сельского хозяйства

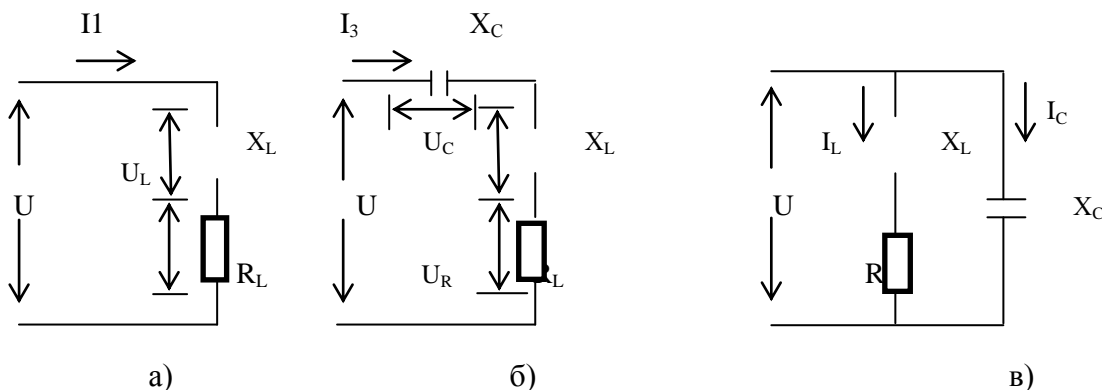
Форма обучения - заочная

**Грязовец
2018**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению контрольной работы

К задаче 1:

Схема замещения катушки представлена на рис. 1.1а. Катушка эквивалентна индуктивности с сопротивлением X_L и резистором R_L .



а) эквивалентная схема катушки, б) схема последовательного и параллельного соединения катушки конденсатора.

Резистор R_L равен внутреннему омическому сопротивлению катушки, или ее сопротивлению постоянному току.

Индуктивное сопротивление X_L пропорционально частоте тока катушки и ее индуктивности L

$$X_L = 2\pi fL = \omega L, \text{ Ом},$$

где f – частота тока сети, 50 Гц

ω – угловая частота тока, с^{-1} .

Индуктивность катушки является мерой ее электромагнитной инерции и зависит от конфигурации, размеров, числа витков катушки, а также от наличия или отсутствия в катушке магнитопровода.

Полное сопротивление катушки

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}.$$

Полное сопротивление может быть определено и в соответствии с законом Ома:

$$Z = U_I / I_I, \text{ Ом}.$$

Катушка (панель) потребляет активную P и реактивную Q мощности. Первая соответствует омическим потерям в витках катушки:

$$P = I_I^2 \cdot R_L, \text{ или } P = U \cdot I_I \cos \varphi_I, \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность идет на создание магнитного поля катушки:

$$Q = I_I^2 \cdot X_L, \quad Q = U \cdot I_I \sin \varphi_I, \text{ ВАр}.$$

Полная мощность электроприемника обозначается S :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ или } S = U \cdot I_I, \text{ ВА}.$$

Нетрудно видеть, что полная активная и реактивная мощности геометрически соотносятся как гипотенуза и катета прямоугольного треугольника (треугольника мощностей), причем угол φ заключен между гипотенузой S и катетом P . Величина

$$\cos \varphi = P/S = P / \sqrt{P^2 + Q^2}$$

показывает, какую долю в структуре потребляемых мощностей занимает активная мощность. Поэтому величину $\cos\varphi$ называют коэффициентом мощности. Наряду с коэффициентом полезного действия, $\cos\varphi$ является важнейшим энергетическим показателем электроприемника.

Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик – изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток в цепи прекратится.

В цепи **переменного тока** конденсатор будет периодически заряжаться, разряжаться и перезаряжаться, так как ток источника периодически меняет свою величину и направление. При этом **ток в своих изменениях опережает напряжение по фазе на 90°** .

Чем больше емкость конденсатора C и частота переменного тока f , тем больше его ток заряда и разряда, а увеличение тока равноценно уменьшению сопротивления. Емкостное сопротивление X_C определяется по формуле:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}, \text{ Ом}$$

Из формулы видно, что с увеличением частоты f и емкости C емкостное сопротивление X_C уменьшается.

В цепи постоянного тока частота $f=0$, а деление на ноль дает бесконечность ∞ , что означает разрыв цепи.

Конденсатор точно так же, как чистая индуктивность является реактивным сопротивлением, и потребляет реактивную мощность Q_C , которая при заряде конденсатора потребляется от источника, а при его разряде возвращается в сеть.

$$Q_C = -I \cdot X_C, \text{ вар.}$$

В общем случае, в цепи переменного тока могут быть участки с активным R , индуктивным X_L и емкостным X_C сопротивлениями. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, ток в нем опережает по фазе напряжение, то есть оба эти сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что когда конденсатор запасает энергию, индуктивность в этот момент ее отдает. В следующий момент – наоборот.

Для того, чтобы учесть эти противоположные действия индуктивного и емкостного сопротивления при последовательном соединении, их складывают с разными знаками. Общее реактивное сопротивление цепи $X_p = X_L - X_C$ и напряжение на нем $U_p = U_L - U_C$.

При параллельном соединении этих сопротивлений складываются их проводимости, общий реактивный ток $I_p = I_L - I_C$.

$$\text{Реактивная мощность цепи } Q = Q_L - Q_C.$$

Пример 1.1.

Индуктивная катушка имеет активное сопротивление $R = 3 \text{ Ом}$, включена в цепь переменного тока с частотой $f = 50 \text{ Гц}$ и действующим напряжением $U = 36 \text{ В}$, при этом сила тока в катушке имеет действующее значение $I_1 = 7,2 \text{ А}$.

Требуется:

1. Для указанных условий:
 - 1.1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.
 - 1.2. Определить индуктивное сопротивление и построить в масштабе треугольник сопротивлений.
 - 1.3. Определить:
 - индуктивность катушки L ;
 - коэффициент мощности катушки $\cos\varphi$;
 - активную P , реактивную (индуктивную) Q и полную S мощности, потребляемые катушкой.
2. Для изменения энергетических характеристик электрической цепи параллельно катушке подключили конденсатор C с емкостным сопротивлением $X_C = 9 \text{ Ом}$.

Требуется:

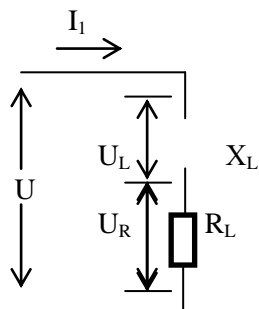
- 1.1 Вычертить электрическую схему включения конденсатора параллельно катушке;
 - 1.2 Определить силу тока, протекающего по конденсатору;
 - 1.3 Определить емкость конденсатора C ;
 - 1.4 Определить силу тока в неразветвленной части цепи I_2 и $\cos\varphi$ всей цепи; активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи;
 - 1.5 Ответить письменно на вопрос: как влияет на $\cos\varphi$ параллельное подключение конденсатора и индуктивной катушки?
2. Обмотку катушки и конденсатора соединили последовательно.

Требуется:

- 1.1. Вычертить электрическую схему последовательного соединения катушки и конденсатора.
- 1.2. Определить:
 - силу тока I_3 в цепи;
 - полное сопротивление Z ;
 - коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
 - действующие значения напряжений на катушке и конденсаторе U_K и U_C .

Решение:

1. Катушка включена в цепь переменного тока без конденсатора.
- 1.1. Эквивалентная схема катушки, включенной на переменное напряжение (см.рис.)



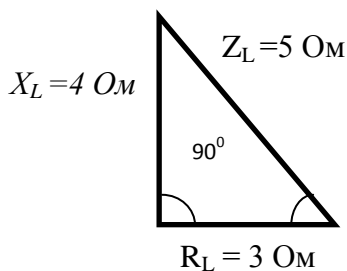
Полное сопротивление катушки $Z = U/I_1 = 36/7,2 = 5 \text{ A}$

- 1.2. Индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \frac{U_L}{I_1} = \frac{U - U_R}{I_1} = \frac{36 - 12}{7,2} = 4 \text{ Ом.}$$

Строим в масштабе треугольник сопротивлений:

- по горизонтали откладываем отрезок равный $R_L = 3 \text{ Ом}$ (например 3 см);
- к концу отрезка вверх под углом 90° откладываем отрезок, равный X_L ;
- начало отрезка R_L и конец отрезка X_L соединяем и получаем треугольник сопротивлений;
- $\cos\varphi = R_L/Z$, следовательно угол φ находится в начале отрезка R_L , между R_L и Z_L .



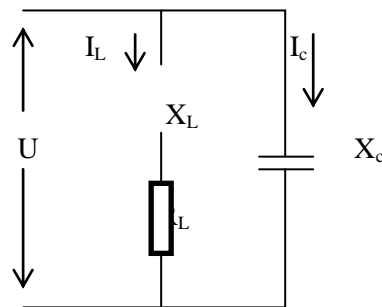
- 1.3. Определяем:

- индуктивность катушки из выражения $X_L = 2\pi f L$
- $$L = X_L / (2\pi f) = 4 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50) = 0,013 \text{ Гн.}$$

- коэффициент мощности катушки:
 $\cos\varphi = R_L/Z = 3/5 = 0,6;$
- активная мощность, потребляемая катушкой
 $P = I_1^2 \cdot R_L = 7,2^2 \cdot 3 = 155,5 \text{ Вт}$ или
 $P = U \cdot I_1 \cos\varphi = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,6 = 155,5 \text{ Вт};$
- реактивная мощность, потребляемая катушкой
 $Q = I_1^2 \cdot X_L = 7,2^2 \cdot 4 = 207,4 \text{ вар}$ или
 $Q = U \cdot I_1 \sin\varphi = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,8 = 207,4 \text{ вар}$ – полная мощность, потребляемая катушкой
 $S = I_1^2 \cdot Z = 7,2^2 \cdot 5 = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$ или
 $S = U \cdot I = 36 \cdot 7,2 = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$

2. Параллельно катушке подключили конденсатор С.

2.1. Электрическая схема включения конденсатора параллельно катушке (см. рис.)



2.2. Сила тока, протекающая по конденсатору

$$I_C = U/X_C = 26/9 = 4 \text{ А}$$

2.3. Сила тока в неразветвленной части цепи

$$I_2 = \sqrt{I_a^2 + I_L^2},$$

$$I_a = I_1 \cdot \cos\varphi_1 = 7,2 \cdot 0,6 = 4,32 \text{ А}$$

$$I_L = I_1 \cdot \sin\varphi = 7,2 \cdot 0,8 = 5,76 \text{ А}$$

$$\sin\varphi = \frac{I_L}{I_1} = \frac{5,76}{7,2} = 0,8$$

$$\text{тогда } I_2 = \sqrt{4,32^2 + 5,76^2} = 7,2 \text{ А.}$$

Коэффициент мощности всей цепи

$$\cos\varphi_2 = I_a / I_2 = 4,32/7,2 = 0,6$$

Активная мощность цепи

$$P = U \cdot I_2 \cos\varphi_2 = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,6 = 155,5 \text{ Вт.}$$

Реактивная мощность цепи

$$Q = U \cdot I_2 \sin\varphi_2 = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,8 = 207,4 \text{ Вт,}$$

$$\text{где } \sin\varphi_2 = \frac{Q}{U \cdot I_2} = \frac{207,4}{36 \cdot 7,2} = 0,8$$

Полная мощность цепи

$$S = U \cdot I_2 = 36 \cdot 7,2 = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{155,5^2 + 207,4^2} = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$$

2.4. Емкость конденсатора С определяем из выражения

$$X_C = 1/2 \cdot I_C = 1/2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 9 = 0,00035 \text{ Ф}$$

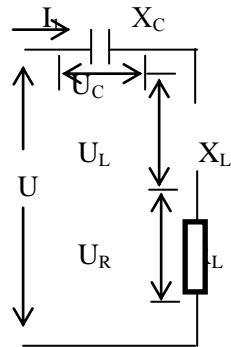
$$\text{или } C = 0,00035 \cdot 10^6 = 350 \text{ мкФ}$$

2.5. Как видно из результатов расчета, коэффициент мощности цепи без подключения конденсатора составил $\cos\varphi_1 = 0,6$; при подключении конденсатора параллельно

катушке увеличился $\cos\varphi_2 = 0,927$, при этом ток в неразветвленной части уменьшился с $I_1 = 7,2$ А до $I_2 = 4,66$ А.

3. Обмотку катушки и конденсатор соединили последовательно.

3.1. Электрическая схема включения конденсатора последовательно катушке (см. рис.)



3.2. Определяем:

– полное сопротивление цепи

$$Z = \text{_____} = 5,83 \text{ Ом}$$

– сила тока в цепи I_3

$$I_3 = U/Z = 36/5,83 = 6,17 \text{ А}$$

– коэффициент мощности цепи

$$\cos\varphi_3 = R/Z = 3/5,83 = 0,51$$

– напряжение на конденсаторе

$$U_C = I_3 \cdot X_C = 6,17 \cdot 9 = 55,5 \text{ В}$$

– напряжение на индуктивном сопротивлении

$$U_L = I_3 \cdot X_L = 6,17 \cdot 4 = 24,7 \text{ В}$$

– напряжение на активном сопротивлении

$$U_R = I_3 \cdot R_L = 6,17 \cdot 3 = 18,5 \text{ В}$$

– напряжение на катушке

$$U_K = \text{_____} = 30,8 \text{ В}$$

– напряжение сети

$$U = \text{_____} = 36 \text{ В}$$

К задаче 2.

Двигатели основной единой серии 4А предназначены для работы от сети с частотой 50 Гц и напряжениями согласно нижеприведенной таблицы.

Мощность двигателя, кВт	Номинальное напряжение, В	Схема соединения обмотки статора	Число выводных концов
0,06...0,37	220 и 380	Δ и	3
0,55...11	220, 380 и 660	Δ /	6
15...110	220/380, 380/660		
132...400	380/660		

Двигатели изготовляют на синхронные частоты вращения 500...3000 об/мин.

В зависимости от частоты оси вращения вала до опорной плоскости двигателя серии 4А разделены на 17 типоразмеров (габаритов) и выполнены с высотами оси вращения 50...355 мм.

АД всех серий имеют основные и несколько специализированных исполнений. АД специализированных исполнений имеют конструктивные особенности (встраиваемые, малошумные, со встроенной температурной защитой и т.п.), особые характеристики и параметры (с повышенным скольжением, многоскоростные и т.п.)

При обозначении двигателей всех серий принята следующая структура:

Номер серии (4А, 4АМ, АИР, 5А)	X0
исполнение по способу защиты от воздействия окружающей среды А-защищенное; отсутствие буквы – закрытое, обдуваемое	X1
модификация основного исполнения: отсутствие буквы – двигатель с к.з. ротором, к- с/фазным ротором, с – с повышенным скольжением р – с повышенным пусковым моментом;	X2
исполнение по материалу станины и подшипниковых щитов: А – станина и щиты алюминиевые, Х – станина алюминиевая, щиты стальные или наоборот, отсутствие буквы – станина и щиты стальные или чугунные	X3
двух- или трехзначное число – высота оси вращения h, мм	X4
установочный размер по длине станины: S – меньший, М – средний, L – больший	X5
длина сердечника статора: А – меньшая, В – большая, отсутствие буквы – в данном установочном размере станины и сердечники только одной длины;	X6
число полюсов (2, 4, 6, 8)	X7
климатическое исполнение: ХЛ-для холодного климата, О –общеклиматическое исполнение, У- для умеренного климата.	X8
категория размещения: 1 – на открытом воздухе, 2 – под навесом 3 – в закрытых сухих неотапливаемых помещениях, 4 – в сухих отапливаемых помещениях, 5 – в помещениях с повышенной влажностью.	X9

Структура обозначения АД серии АИ аналогична структуре обозначения АД серии 4А и отличается первыми тремя буквами:

- две первые буквы (АИ) обозначают вид двигателя (асинхронный) новой серии стран Интерэлектро;
- третья буква обозначает вариант привязки мощностей и установочных размеров:
Р – по I варианту;
С - по II варианту.

Серия АД АИ имеет шкалу мощностей, аналогичную шкале серии 4А, и состоит из 34 ступеней от 0,025 до 400 кВт. Выполнена в 18 габаритах, характеризуемых значениями высоты оси вращения от 45 до 355 мм.

Пример условного обозначения трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя серии АИ с привязкой по I варианту, с высотой оси вращения 90 мм, с

установочным размером по длине станины L, двухполюсного, климатического исполнения У, категории размещения 3: двигатель АИР90LУ3.

Синхронная частота вращения поля статора определяется формулой:

$$n_1 = 60f_1/P;$$

Частота вращения ротора при номинальной нагрузке

$$n_n = n_1 (1 - S_n);$$

Частота тока в роторе при номинальной нагрузке

$$f_2 = f_1 \cdot S_n;$$

Номинальный момент на валу двигателя

$$M_n = 9,55 P_n \cdot 10^3 / n_n ;$$

Начальный пусковой момент

$$M_n = m_n \cdot M_n ,$$

где m_n – кратность пускового момента.

Максимальный момент

$$M_{\max} = \dots \cdot M_n$$

где \dots – перегрузочная способность двигателя.

Критическое скольжение, соответствующее максимальному моменту

$$S_{\text{кр}} = S_n \dots$$

Потребляемая электродвигателем из сети мощность $P_1 = P_n / \dots$.

Сила номинального тока в питающей сети (линейного тока) при соединении обмоток статора в треугольник

$$I_{1\text{ном}} = P_1 / \dots \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n .$$

Сила номинального тока в фазе обмотки статора

$$I_{1\phi} = P_1 / \dots \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \text{ или } I_{1\phi} = I_{1\text{ном}} \dots .$$

Сила пускового тока при соединении обмоток статора треугольником (т.е. при номинальном напряжении) $I_n = K_1 \cdot I_{1\text{ном}}$.

Сила пускового тока при соединении обмоток статора звездой (т.е. при пониженном фазном напряжении в \dots раз) уменьшается в фазных обмотках в \dots раз.

Кроме того, при соединении обмоток звездой сила линейного тока равна фазной, в то время как при соединении этих же обмоток треугольником сила линейного тока больше фазной в \dots раз.

Следовательно, включением обмотки статора звездой мы уменьшаем силу линейного тока в $\dots^2 = 3$ раза, т.е. $I_1 = I_n / 3$.

Начальный пусковой и максимальный моменты также уменьшается в 3 раза, т.к. развиваемый двигателем момент пропорционален квадрату напряжения U_1 , т.е.

$$M'_n = (U_1)^2; M'_n = M_n/3; M'_{\max} = M_{\max}/3$$

При снижении напряжения в питающей сети на 10% - сила пускового тока также уменьшается на 10%, т.е.

$$I'_n = I_n \cdot \dots$$

Начальный и пусковой моменты составят:

$$M'_n = M_n \cdot \dots; M'_{\max} = M_{\max} \cdot \dots;$$

Для получения данных, необходимых для построения механической характеристики электродвигателя, используют полученные значения $M_{\text{ном}}$, $M_{\text{пуск}}$, $M_{\text{макс}}$ и определяют промежуточные значения момента при скольжениях $S > S_{\text{кр}}$ ($S = 0,04$ и $S=0,06$) по упрощенной формуле Клосса

$$M = \dots$$

Результаты вычислений:

S.....	0	S_n	$S_{\text{кр}}$	0,4	0,6	1,0
--------	---	-------	-----------------	-----	-----	-----

M, Н·м.....	0	M _н	M _{макс}	M _{0,4}	M _{0,6}	M _{пуск}
-------------	---	----------------	-------------------	------------------	------------------	-------------------

Применение упрощенной формулы Клосса наиболее целесообразно при расчете рабочего участка механической характеристики при скольжениях $S < S_{кр}$, так как при скольжениях $S > S_{кр}$, ошибка в расчетах может достигать 15...17%.

Пример 1.2. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР180М2СУ1 для привода измельчителя грубых кормов ИГК-30Б имеет следующие технические данные: номинальную мощность $P_n = 30 \text{ кВт}$; номинальное напряжение при соединении обмоток в треугольник или звезду $U_n = 380/660 \text{ В}$; скольжение $S_{кн} = 2,25\%$; КПД $\eta_n = 90,5\%$, $\cos\phi_n = 0,88$; кратности моментов: пускового $M_n/M_n = 1,7$; максимального $= M_{макс}/M_n = 2,7$ (–перегрузочная способность двигателя), минимального $M_{мин}/M_n = 1,6$; кратность пускового тока $k_i = \text{—} = 7,5$.

Напряжение питающей сети $U_1 = 220 \text{ В}$ (фазное), частота $f_1 = 50 \text{ Гц}$.

Определить: высоту вращения h , число полюсов $2p$, особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое скольжение $S_{кр}$, частоту вращения поля статора n_1 , частоту тока в роторе f_{2S} и частоту вращения ротора $n_{ном}$ при номинальной нагрузке, момент на валу $M_{ном}$, начальный пусковой M_n и максимальный $M_{макс}$ моменты; силу номинального и пускового токов $I_{1н}$ и I_n в питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем мощность при номинальной нагрузке P_1 (кВт).

По упрощенной формуле Клосса рассчитать данные и построить механическую характеристику $M = \text{—}$.

Решение:

1. Высоту оси вращения h и число полюсов $2p$ находят из структуры типоразмера электродвигателя АИР180М2СУ1:

$$h = 180 \text{ мм}; 2p = 2.$$

Буква «С» в структуре обозначения показывает, что двигатель предназначен для особых условий работы – сельскохозяйственный, У – для умеренного климата, цифра 1 – для размещения на открытом воздухе.

2. Критическое скольжение

$$S_{кр} = S_{ном} \left(1 + \frac{M_{макс}}{M_{ном}} \right) = 2,5 \left(2,7 + \frac{2,7}{1,6} \right) = 2,5 \cdot 5,2 = 13\%$$

3. Частота вращения поля статора

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ мин}^{-1}$$

4. Частота тока в роторе при номинальной нагрузке

$$f_{2S} = f_1 \cdot S_{ном} = 50 \cdot 0,025 = 1,25 \text{ Гц}.$$

5. Частота вращения ротора при номинальной нагрузке

$$n_n = n_1 (1 - S_n) = 3000 \cdot (1 - 0,025) = 2925 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Номинальный момент на валу двигателя

$$M_{ном} = 9,55 \text{ —} = 9,55 \text{ —} = 98 \text{ Н·м}$$

7. Начальный пусковой момент

$$M_n = 1,7 \cdot 98 = 166 \text{ Н·м}$$

8. Максимальный момент

$$M_{макс} = 2,7 \cdot M_{ном} = 2,7 \cdot 98 = 265 \text{ Н·м}$$

9. Потребляемая электродвигателем из сети мощность

$$P_1 = P_n / \eta_n = 30 / 0,905 = 33,1 \text{ кВт}$$

10. Сила номинального тока в питающей сети определяется при сопряжении обмоток статора в «треугольник»

$$(U_{1л} = \text{—} U_{1ф} = 1,73 \cdot 220 = 380 \text{ В}).$$

$$I_{1ном} = P_1 / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\phi_n = 33,1 / 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,88 = 57 \text{ А},$$

Сила номинального тока в фазе обмотки статора
 $I_{1\phi} = P_1 / \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot \cos\varphi_n = 33,1/3 \cdot 0,38 \cdot 0,88 = 33 \text{ A}$,
 где m_1 – число фаз обмотки статора, или
 $I_{1\phi} = I_{1\text{ном}} \sqrt{3} = 57/1,73 = 33 \text{ A}$

11. Сила пускового тока при соединении обмоток статора «треугольником» (т.е. при номинальном напряжении)

$$I_{п\Delta} = K_i \cdot I_{1\text{ном}} = 7,5 \cdot 57 = 428 \text{ A.}$$

Сила пускового тока при соединении обмоток статора «звездой»

$$I_1 = I_n / 3 = 428/3 = 143 \text{ A.}$$

12. Начальный пусковой и максимальный моменты также уменьшаются в 3 раза, т.к. развиваемый двигателем момент пропорционален квадрату напряжения U_1

$$M'_n = M_n/3 = 166/3 = 55 \text{ Н·м,}$$

$$M'_{\text{макс}} = M_{\text{макс}}/3 = 265/3 = 88 \text{ Н·м,}$$

13. Значения моментов при $S = 0,4$ и $S = 0,6$ определяем по упрощенной формуле Клосса:

$$M = \frac{M_{\text{макс}}}{s} \cdot \frac{s - s_{\text{кр}}}{s_{\text{кр}} - s_n}$$

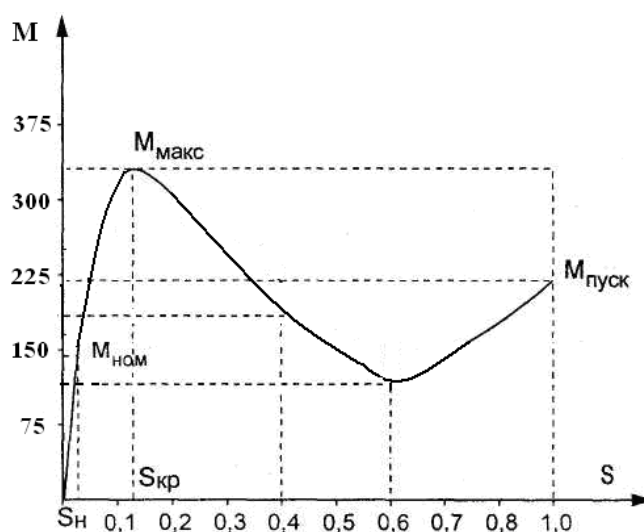
$$M_{0,4} = 265 \cdot \frac{0,4 - 0,13}{0,6 - 0,1} = 265 \cdot 0,59 = 156 \text{ Н·м,}$$

$$M_{0,6} = 265 \cdot \frac{0,6 - 0,13}{0,6 - 0,1} = 265 \cdot 0,41 = 110 \text{ Н·м,}$$

14. По значениям скольжения и моментов

$S=0$, о.е.	$S_n = 0,025$	$S_{\text{кр}} = 0,13$	$S = 0,4$	$S = 0,6$	$S = 1$
$M = 0$, Н·м	$M_n = 98$	$M_m = 265$	$M_{0,4} = 156$	$M_{0,6} = 110$	$M_{\text{пуск}} = 166$

Строим механическую характеристику $M = f(S)$



15. Сила пускового тока при снижении U_1 на 10%,
 $I'_n = I_n \cdot 0,9 = 0,9 \cdot 428 = 385 \text{ A.}$

$$I'_n = I_n \cdot 0,9 = 0,9 \cdot 428 = 385 \text{ A.}$$

Начальный и пусковой и максимальный моменты составят при $U_1 = 0,9 U_n$:

$$M'_n = M_n \cdot \frac{U_1^2}{U_{ном}^2} = 0,81 \cdot 166 = 134 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M'_{\text{макс}} = M_{\text{макс}} \cdot \frac{U_1^2}{U_{ном}^2} = 0,81 \cdot 265 = 215 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Вывод. Квадратичная зависимость момента асинхронных двигателей от напряжения $M \propto U_c^2$ является их недостатком, т.е. при незначительном снижении напряжения момент существенно изменяется.

Если, например, U_1 снизится на 30%, т.е. $U_1 = 0,7 \cdot U_{ном}$, то $M'_2 = (0,7)^2 \cdot M_{ном} = 0,49 M_n$, $M'_{\text{макс}} = 0,49 \cdot M_{\text{макс}}$, $M'_{\text{пуск}} = 0,49 M_{\text{пуск}}$, т.е. уменьшается более чем в 2 раза.

Изменение напряжения влияет не только на значения моментов, но и на значение частоты вращения двигателя.

Пуск двигателя возможен, если его пусковой момент $M_{\text{пуск}}$ больше момента M_c , равного сумме моментов холостого хода и сопротивления рабочей машины, приводимой во вращение.

К задаче 3

Электродвигатели к рабочим машинам выбирают по условиям:

- по напряжению и роду тока $U_{\text{ндв}} = U_{\text{сети}}$
- частоте вращения $n_{\text{ндв}} = n_{\text{раб. м.}}$
- условиям окружающей среды: климатическое исполнение, категория размещения
- значению нагрузки: $P_{\text{н. дв}} \geq P_{\text{потр. раб. м.}} (P_x)$
- режима нагрузки: длительный, кратковременный, повторно-кратковременный.

В сельскохозяйственном производстве, в основном, используют трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, предназначенные для продолжительного режима работы при напряжении 380/220 В.

Выбор электродвигателя по частоте вращения

Прямое соединение двигателя с машиной с помощью муфты возможно только при совпадении частот вращения двигателя и приводного вала машины. Если частоты не совпадают, то подбирают двигатель с большей частотой вращения и применяют соответствующего типа передачу. Тип передачи выбирают в зависимости от необходимого передаточного числа и конструктивных особенностей производственной установки.

Таблица 3.1.

КПД и максимально допустимые передаточные числа различных передач

Тип передачи	Максимально допустимое передаточное число	КПД
Прямая (с помощью муфты)	1	
Клиноременная	10	0,95...0,96
Цепная	8	0,96..0,97
Зубчатая сухая	7	0,93..0,95
Зубчатая в масляной ванне	7	0,95...0,98
Двухступенчатый цилиндрический редуктор		0,86...0,94
Редуктор с однозаходной червячной передачей		0,72...0,77
Редуктор двухзаходной червячной передачей		0,80...0,85

При выборе электродвигателя по номинальной частоте вращения учитывают и технические показатели. Масса и стоимость быстроходных двигателей меньше, а номинальные КПД и коэффициент мощности $\cos \phi$ больше.

Технико-экономические расчеты и практический опыт показывают, что в большинстве случаев наиболее экономичны двигатели с частотой вращения 1500 мин^{-1} . Число таких двигателей в сельском хозяйстве превышает 90%. Двигатели на 3000 мин^{-1} применяют для привода центробежных насосов и вентиляторов большого напора. Двигатели на 1000 мин^{-1} используют для привода поршневых компрессоров, вентиляторов среднего напора большой производительности и в других случаях, когда возможно прямое соединение с валом рабочей машины.

Тихоходные двигатели обладают техническими преимуществами по сравнению с быстроходными в том случае, когда осуществляются частые пуски и реверсы. При этом тихоходные двигатели, обладая малой величиной кинетической энергии ротора, обеспечивают меньшие потери энергии и время переходных процессов.

Выбирая тип двигателя в зависимости от характера нагрузки и мощности механизмов, можно руководствоваться следующими данными. При длительной постоянной и переменной нагрузках мощностью до 100 кВт наиболее экономичны асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, при нагрузках больше 100 кВт – синхронные двигатели. При резкопеременной нагрузке мощностью до 100 кВт применяют асинхронные двигатели с повышенным скольжением, при мощности свыше 100 кВт – асинхронные двигатели с фазным ротором.

Выбор электродвигателя по условиям окружающей среды

Электродвигатели одного и того же типа изготавливают в различных конструктивных исполнениях в зависимости от среды, в которой они могут работать, и способа механического монтажа их на производственной машине.

Номер серии (4А, 4АМ, АИР, 5А)	X0
исполнение по способу защиты от воздействия окружающей среды А-защищенное; отсутствие буквы – закрытое, обдуваемое	X1
модификация основного исполнения: отсутствие буквы – двигатель с к.з. ротором, к- с/фазным ротором, с – с повышенным скольжением р – с повышенным пусковым моментом;	X2
исполнение по материалу станины и подшипниковых щитов: А – станина и щиты алюминиевые, Х – станина алюминиевая, щиты стальные или наоборот, отсутствие буквы – станина и щиты стальные или чугунные	X3
двух- или трехзначное число – высота оси вращения h, мм	X4
установочный размер по длине станины: S – меньший, М – средний, L – больший	X5
длина сердечника статора: А – меньшая, В – большая, отсутствие буквы – в данном установочном размере станины и сердечники только одной длины;	X6
число полюсов (2, 4, 6, 8)	X7
климатическое исполнение: ХЛ-для холодного климата, О –общеклиматическое исполнение, У- для умеренного климата.	X8
категория размещения: 1 – на открытом воздухе, 2 – под навесом 3 – в закрытых сухих неотапливаемых помещениях, 4 – в сухих отапливаемых помещениях, 5 – в помещениях с повышенной влажностью.	X9

Выбор электродвигателей по характеру нагрузки

Различный характер работы технологических установок обусловил выделение восьми стандартизованных нагрузочных режимов работы двигателей электропривода, условное обозначение которых проставляется на паспортной табличке (щитке) электродвигателя: S1, S2...S8

Из них наиболее используемые: S1 – длительный, S2 – кратковременный, S3 – повторно-кратковременный.

Для режима работы S2 электродвигатели выпускают на стандартные продолжительности работы 10, 30, 60 и 90 мин.

Режим S3 дополнительно характеризуется относительной продолжительностью включения (ПВ):

$$ПВ = 100\% \cdot t_p / t_{\Sigma}$$

$$t_{\Sigma} = t_p + t_o$$

где t_p , t_o , t_{Σ} - продолжительности работы, отключения и одного цикла $t_{\Sigma} \leq 10$ мин.

Стандартные значения ПВ: 15, 25, 40 и 60%.

Выбор электродвигателя по мощности

Мощность электрического привода определяется мощностью используемого в его составе двигателя, который должен иметь в процессе работы допустимую температуру нагрева, надежно запускаться при возможных снижениях питающего напряжения, устойчиво работать при возникновении различных внешних возмущений.

Мощность двигателя для привода рабочей машины определяют по мощности нагрузки на ее валу (P_x), и режиму работы.

При выборе электродвигателя по мощности возможны два случая:

1) мощность нагрузки на валу рабочей машины известна (приводится в технической характеристике машины);

2) мощность нагрузки на валу рабочей машины неизвестна.

Во втором случае для определения мощности P_x нужно использовать нагрузочные диаграммы, снятые каким-либо регистрирующим прибором; нормативы, учитывающие расход энергии и выход вырабатываемой продукции; известные формулы для расчета P_x . При известной мощности нагрузки P_x на валу рабочей машины мощность электродвигателя выбирают из условия

$$P_{\text{н.дв}} \geq P_x / \eta_{\text{п}} K_3,$$

где η – к.п.д. передачи (о.е), см. табл. 2.

K_3 - рекомендуемый коэффициент загрузки двигателя для данного типа машины или механизма (см. табл. 3.3)

Таблица 3.2.

Наименование машин	Коэффициент загрузки, K_3
зерноочистительные и зерносушильные машины	1,0
транспортные устройства для подачи кормов, зерна на токах, сбора яиц	0,8
транспортные устройства для уборки навоза, помета	0,6
кормоприготовительные машины	0,6-1,0
доильные установки	0,8
сепараторы, пастеризаторы	0,95
маслоизготовительные и охлаждающие устройства	0,65
инкубаторы, насосы и вентиляторы	1,0
мельницы	0,7-0,9
металлообрабатывающие станки	1,0

Общий к.п.д. передачи всех механических передач из n-ступеней равен $\eta_n = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_n$

Выбор аппаратов управления и защиты

Методика выбора аппаратов управления и защиты установлена руководящими техническими материалами РТМ «Методика выбора элементов пускорегулирующей и защитной аппаратуры электроприводов сельскохозяйственных машин». Согласно этому документу аппараты управления и защиты выбирают в зависимости от установленной мощности и режима работы электроприемника, условий внешней среды, технических требований и монтажного исполнения.

Выбор аппаратов защиты начинают с определения вида (принципа действия) защиты. Неправильный выбор вида защиты способствует интенсивному старению изоляции и сокращению срока службы электроприемников, возникновению пожаров, а также поражению животных и людей электрическим током. Учитывая это, рекомендуют следующие виды защиты.

Таблица 3.3.

Выбор вида защиты

Электроприемники	Вид защиты	Аппараты защиты
Электроприводы металлорежущих и деревообрабатывающих станков, зерноочистительных машин, механизмов, работающих в присутствии обслуживающего персонала	Токовая	Предохранители, тепловые реле. Автоматические выключатели
Электроприводы вентиляторов, насосов, компрессоров	Токовая	То же
Электроприводы механизмов, работающих в животноводческих помещениях	Температурная. Фазочувствительная	Устройства УВТЗ, ФУЗ-У, ФУЗ-М
Электроприводы дробилок, измельчителей, молотилок, мельниц, дозаторов, пилорам, котельных насосов, сушилок	То же	То же
Электроприводы транспортеров элеваторов, шнеков, тельферов, лебедок, кранов, лифтов	В зависимости от характера нагрузки. Токовая или температурная	Автоматические выключатели, устройства УВТЗ
Электроприводы механизмов, работающих без присутствия обслуживающего персонала (вентиляторы сушки сена, погружные насосы и пр.)	Температурная. Фазочувствительная	Устройства УВТЗ, ФУЗ-У, ФУЗ-М
Электротермические и осветительные установки	Токовая	Автоматические выключатели

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления трехфазными АД и другими электроустановками, а также для защиты от самозапуска, от снижения напряжения, а в исполнении с тепловыми реле от длительных перегрузок и обрыва фазы.

В настоящее время выпускают пускатели серии ПМЛ со встроенными тепловыми реле серии РТЛ, имеющие меньшие габаритные размеры, значительно ниже их инерционность, они постепенно заменяют пускатели старых серий ПМЕ, ПАЕ (см. приложения 2 и 3).

Выбор магнитных пускателей производится:

- по напряжению сети $U_{н.п.} \geq U_{сети}$;
 - по роду тока и его значению $I_{н.п.} \geq I_{раб. макс.}$;
 - по напряжению катушки $U_K = U_{упр.}$;
 - по исполнению (степень защиты, категория размещения, необходимое количество вспомогательных контактов, наличие реверса, теплового реле и т.д.),
- где $U_{н.п.}$, $U_{сети}$, U_K , $U_{упр.}$ – соответственно номинальное напряжение пускателя, сети, катушки, управления. $I_{н.п.}$, $I_{р. макс.}$ – соответственно номинальный ток пускателя, рабочий максимальный ток потребителя.

Выбор тепловых реле производится:

- по напряжению сети $U_{н.п.} \geq U_{сети}$;
- по роду тока и его значению $I_{н.п.} \geq I_{раб. макс.}$;

$$I_{т. расц} \geq I_{р. макс.}$$

$$I_y \geq I_{р. макс.}$$

где $U_{н.п.}$, $U_{сети}$ – соответственно номинальное напряжение пускателя и сети; $I_{н.п.}$, $I_{т. расц}$, I_y – соответственно номинальный ток реле, теплового расцепителя и ток уставки теплового расцепителя; $I_{раб. макс.}$ – рабочий максимальный ток потребителя.

Для асинхронного двигателя:

$$I_{р. макс} = I_{н.д.} \text{ если } k_3 \geq 0,7;$$

$$I_{р. макс} = 1,1 \cdot k_3 I_{н.д.} \text{ если } k_3 \leq 0,7.$$

Технические данные магнитных пускателей и тепловых реле представлены в приложениях 2 и 3.

Электропроводки выбирают в зависимости от вида электроприемников (стационарные, мобильные) с учетом условий окружающей среды и требований безопасности и противопожарной безопасности.

Для облегчения выбора марок проводов и кабелей и способа их прокладки можно пользоваться специальными справочными таблицами.

При этом следует выбирать провода и кабели с алюминиевыми жилами, за исключением тех случаев, когда электропроводки проектируются во взрывоопасных помещениях, в киноаппаратных, в зрительных залах на 800 и более мест и других объектах, где электропроводки выполняются проводами и кабелями с медными жилами. В сырых, особо сырых с химически активной средой, а также в пожароопасных помещениях следует применять провода и кабели с пластмассовой изоляцией.

Расчет сетей по нагреву заключается в выборе сечения проводника в зависимости от токовой нагрузки, ограниченной предельной допустимой для проводов и кабелей температурой. Длительно допустимая токовая нагрузка зависит от температуры окружающей среды.

Температура окружающей среды для воздуха принимают равной 25°C, для земли и воды +15°C.

$$\text{Таким образом } I_{доп} = I_{доп. табл} \cdot k_0,$$

где k_0 – поправочный коэффициент, принимается по таблице 1.3.3. ПУЭ-85.

Сечения проводов и кабелей напряжением до 1000 В определяются по условию нагревания длительным расчетным током

$$I_{доп} \geq I_p;$$

Для осветительных проводов с лампами накаливания расчетный ток определяют по формулам.

Для однофазной линии освещения

$$I = \frac{P_p}{U_{\phi}}$$

Для двухфазной линии при подключении ламп на фазное напряжение

$$I = \frac{P_p}{2 \cdot U_{\phi}}$$

Для трехфазной линии

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$

Если к осветительной проводке присоединены светильники с люминесцентными лампами, то расчетный ток определяют по формулам: для однофазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{\text{ном}}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi};$$

для двухфазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{\text{ном}}}{2 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi};$$

для трехфазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi};$$

Для ламп ДРЛ следует вместо коэффициента 1,25 подставить величину 1,12, так как ДРЛ имеет меньшие пусковые токи.

Длительные допустимые токи на изолированные провода представлены в приложении 6.

Допустимый ток ($I_{\text{доп}}$), кроме того, должен быть согласован с током аппарата защиты ($I_{\text{пл.в}}$ – плавкого предохранителя, или I_y – автоматического выключателя), защищающего данный участок сети.

Предохранители устанавливают в местах изменения сечения проводника (с большего на меньшее), на вводах в здание, в головных участках сети.

Выбор предохранителей производится:

по напряжению

$$U_{\text{н.п.}} \geq U_{\text{сети}};$$

по току предохранителя

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_{\text{р. макс}};$$

по предельной коммутационной способности

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{к.з.}}^{\text{с}} \quad \text{или} \quad \geq I_{\text{к}}^{\text{с}}$$

Номинальный ток плавкой вставки для безинерционных предохранителей должен удовлетворять двум условиям:

$$I_{\text{пл.в.}} \geq I_{\text{р. макс}};$$

$$I_{\text{пл.в.}} \geq I_{\text{макс}} / \alpha,$$

где $I_{\text{пл.в.}}$, $I_{\text{р. макс}}$, $I_{\text{макс}}$ – соответственно ток плавкой вставки, ток рабочий максимальный, ток максимальный (пусковой или пиковый); α – коэффициент зависящий от длительности прохождения пускового (пикового) тока, $\alpha = 1,6 \dots 2,5$.

При $t_{\text{пуска}} < 8 \text{ сек}$ $\alpha = 2,5$
 $t_{\text{пуска}} > 8 \text{ сек}$ $\alpha = 1,6 \dots 2$.

Сечения проводов и кабелей согласуют с выбранными вставками:

1. $I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{\text{в}}$ – при защите от перегрузок;

2. $I_{\text{доп}} \geq 0,33 I_{\text{в}}$ – при защите только от к.з. – по селективности защиты.

Технические данные предохранителей представлены в приложении 5.

Выбор автоматических выключателей производится:

- по напряжению $U_{\text{н.п.}} \geq U_{\text{сети}};$

- по роду тока и его значению $I_{\text{н.а}} \geq I_{\text{р. макс}};$

Для отдельного двигателя за расчетный максимальный ток принимается

$$I_{\text{р. макс}} = I_{\text{н.дв}}, \text{ если } k_3 > 0,7;$$

$$I_{\text{р. макс}} = 1,1 k_3 I_{\text{н.дв}}, \text{ если } k_3 < 0,7.$$

Для группы двигателей

$$I_{p.макс} = \sum_{i=1}^{i=n} I_{н.дв.i},$$

где $I_{н.дв.i}$ - номинальный ток i -го двигателя, А,

n - число одновременно работающих двигателей

- *соответствия исполнения аппарата условиям окружающей среды и режиму работы;*

- *по току уставки теплового расцепителя автомата,*

$$I_{y.t.p.} \geq k_n I_{p.макс}$$

где k_n - коэффициент надежности для автоматических выключателей АЕ 2000, А 3700 – $k_n = 1,15$

ВА – $k_n = 1,2 \dots 1,35$ в зависимости от тока.

- *по типу уставки электромагнитного расцепителя*

$$I_{y.z.p.} \geq k_n I_{макс}$$

где $I_{макс} = k_i I_{н.дв}$ – для одиночного двигателя

$$I_{макс} = \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{н.дв} + I_{пускмакс}.$$

где $\sum_{i=1}^{i=n-1} I_{н.дв}$ – сумма номинальных токов электродвигателей без пускаемого двигателя,

$I_{пуск макс}$ - наибольший пусковой ток одного из двигателей.

– *по предельно отключаемому току*

$$I_{пред.откл} \geq I_{к.з.макс}$$

– *по условию чувствительности при однофазных, коротких замыканиях:*

$$k_{\check{c}} \geq \frac{I_{к.з}^{\check{c}}}{I_{y.t.p.}} \geq 3 - \text{для невзрывоопасной среды}$$

$$k_{\check{c}} \geq \frac{I_{к.з}^{\check{c}}}{I_{y.t.p.}} \geq 6 - \text{для взрывоопасной среды}$$

Сечение проводов и кабелей согласуют с выбранными уставками расцепителей автоматов:

1. $I_{доп} > 1,25 I_{y.t.p.}$ - при защите от перегрузок

2. $I_{доп} > I_{yтр}/1,5$ - при защите только от к.з. для автоматов с тепловыми расцепителями

3. $I_{доп} > I_{уэр}/4,5$ - при защите только от к.з. для автоматов с электромагнитными расцепителями.

Технические данные проводов, предохранителей и автоматических выключателей приведены в приложениях 6, 5, 4 соответственно.

Пример задачи.

Электропривод основного движения токарно-винторезного станка осуществляется трехфазным асинхронным электродвигателем с к.з. ротором серии АИР с помощью клиноременной передачи и 2-х ступенчатого цилиндрического редуктора.

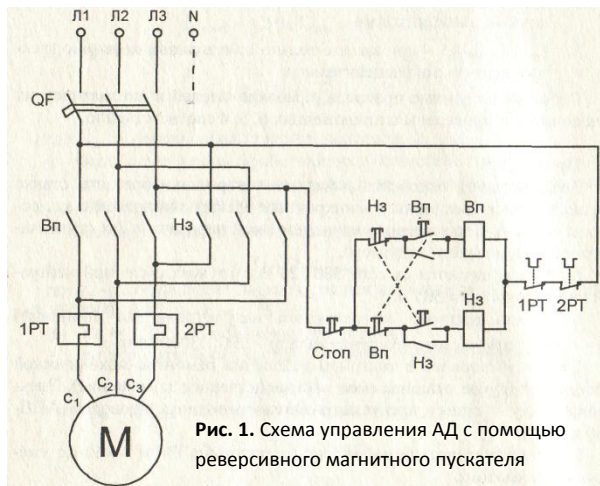
Двигатель питается от сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью при частоте $f_l = 50$ Гц.

Мощность нагрузки на выходном валу станка (на шпинделе) $P_x = 6,3$ кВт при частоте вращения вала $n_x = 200 \dots 3000$ мин⁻¹.

Станок установлен в токарном отделении ремонтно-механической мастерской (сухое отапливаемое производственное помещение). Электропроводку к станку предусматривается выполнить проводом АПВ-660 в трубе.

Микроклиматический район, где расположена РММ – «У» (с умеренным климатом).

Требуется:



1. Вычертить схему управления двигателем основного движения станка 1К62 с помощью реверсивного магнитного пускателя.
2. Выбрать электродвигатель для основного движения станка, магнитный пускатель, тепловое реле, сечение провода для питания станка, автоматический выключатель для защиты электроустановки от перегрузки и коротких замыканий.

Решение:

1. Вычерчиваем схему управления АД с помощью реверсивного магнитного пускателя (см. И.А. Данилов, с. 58, рис. 1).
2. Выбор электродвигателя.

Исходные данные: Мощность нагрузки: $P_x = 6,3 \text{ кВт}$;

Тип передачи: клиноременная + 2-х ступенчатый цилиндрический редуктор;
Микроклиматический район расположения РММ - «У» (с умеренным климатом).
Помещение установки станка - сухое производственное отапливаемое - категория размещения - 4.

2.1. Определяем мощность электродвигателя из условия

$$P_{\text{дв}} \geq P_x / \eta_n K_3,$$

где $P_x = 6,3 \text{ кВт}$ - по условию

$\eta_n = \eta_{\text{кл.рем}} \cdot \eta_{\text{ц.ред}} = 0,95 \cdot 0,9 = 0,855$ - общий К.П.Д. передачи

$\eta_{\text{кл.рем}} = 0,95$ - К.П.Д. клиноременной передачи по табл. 2.

$\eta_{\text{ц.ред}} = 0,9$ - К.П.Д. передачи 2-х ступенчатого цилиндрического редуктора по табл. 2.

$K_3 = 1$ - коэффициент загрузки двигателя для токарно-винторезных станков по табл. 3.

$$P_{\text{дв}} = 6,3 / 0,855 \cdot 1 = 7,4 \text{ кВт}.$$

2.2. Выбираем стандартную номинальную мощность электродвигателя (см. приложение 1).

$$P_n = 7,5 \text{ кВт} \geq P_{\text{да}}$$

2.3. Определяем частоту вращения двигателя

$$n_{\text{дв}} = \frac{n_{x \text{ мин}} + n_{x \text{ макс}}}{2} = \frac{200 + 3000}{2} = \frac{3200}{2} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем синхронную частоту вращения двигателя $n_1 = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $2p = 4$.

2.4. По приложению 1 выбираем электродвигатель АМР132S4 с техническими данными:

$$P_n = 7,5 \text{ кВт},$$

$$U_n = 380 \text{ В}, I_{\text{ном}} = 15,4 \text{ А}.$$

$$\eta = 87,5\%$$

$$\cos \varphi = 0,86$$

$$k_i = 7,5$$

$$n_n = 1440 \text{ мин}^{-1},$$

С привязкой по 1 варианту, с высотой оси вращения 132 мм, с установочным размером по длине станины S, четырехполюсный. Климатическое исполнение У, категория размещения 4. Двигатель - АИР13284У4.

2. Выбор магнитного пускателя

Исходные данные:

$P_n = 7,5 \text{ кВт}$ - номинальная мощность электродвигателя;

$I_{\text{ном}} = 15,4 \text{ А}$ - номинальный ток;

$U_n = 380 \text{ В}$ - номинальное напряжение;

$k_i = 7,5$ - кратность пускового тока;

место установки пускателя - шкаф управления станка;

реверс есть.

Решение:

1. По приложению 2 выбираем магнитный пускатель ПМЛ-2000 второй величины с номинальным током

$$I_{н.п.} = 25 \text{ А} > I_{н.дв.} = 15,4 \text{ А.}$$

Мощность управляемого двигателя при напряжении 380 В $P_{у.дв.} = 11 \text{ кВт}$

$$P_{у.дв.} = 11 \text{ кВт} > P_{н.дв.} = 7,5 \text{ кВт.}$$

С учетом места установки, наличия реверса выбираем по приложению 2 пускатель ПМЛ-261102, реверсивный, без кнопок «Пуск» и «Стоп», открытого исполнения.

3. Выбор теплового реле

Исходные данные:

$P_n = 7,5 \text{ кВт}$ - номинальная мощность электродвигателя;

$U_n = 380 \text{ В}$

$I_n = 15,4 \text{ А}$

По приложению 3 выбираем тепловое реле РТЛ-102104, исходя из условия

$$I_{н.п.} = 25 \text{ А} \geq I_{р.макс.} = I_n = 15,4 \text{ А, так как } k_3 > 0,7.$$

Среднее значение силы тока теплового элемента $I_{ср.} = 16 \text{ А}$. Пределы регулирования силы тока несрабатывания 13... 19 А.

4. Выбор сечения проводов для питания электродвигателя

Исходные данные:

$P_n = 7,5 \text{ кВт}$

$I_{ном} = 15,4 \text{ А}$

$U_n = 380 \text{ В}$

$k_i = 7,5$

Помещение сухое, отапливаемое, способ прокладки проводов – в трубе, рекомендуемый провод – АПВ-660. **Решение:**

4.1. Определяем рабочий (расчетный) ток двигателя:

$$I_{р. макс.} = I_n = 15,4 \text{ А, так как } k_3 > 0,7.$$

4.2. Максимальный ток двигателя

$$I_{макс} = I_{пуск} = k_i \cdot I_n = 7,5 \cdot 15,4 = 115,5 \text{ А.}$$

4.3. По приложению 4 выбираем автоматический выключатель с комбинированным расцепителем АЕ 2000, исходя из условия:

$$I_{н.п.} \geq I_{р.макс.} = 15,4 \text{ А}$$

Принимаем к установке автомат АЕ-2036 с $I_{н.а.} = 25 \text{ А}$ и $U_n = 500 \text{ В}$.

4.4. Ток уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{у.т.р.} \geq K_n \cdot I_{р.макс} = 1,15 \cdot 15,4 = 17,7 \text{ А,}$$

где $K_n = 1,15$ – для автоматов АЕ-2000, принимаем $I_{у.т.р.} = 20 \text{ А}$.

4.5. Ток уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{у.э.р.} \geq K_n \cdot I_{макс} = 1,15 \cdot 115,5 = 132,8 \text{ А.}$$

Принимаем $I_{у.э.р.} = 12 \cdot I_{ном}$, так как при $I_{у.э.р.} = 3 \cdot I_{ном}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

4.6.1. По приложению 6 выбираем сечение токопроводящей жилы $F = 4,0 \text{ мм}^2$ с $I_{доп. табл.} = 28 \text{ А}$ для трех проводов, проложенных в трубе (для данного помещения ПУЭ разрешают использовать трубу в качестве защитного и заземляющего проводников).

$$I_{доп. табл.} = 28 \text{ А} > I_{у.т.р.} = 20 \text{ А} > I_{р.макс.} = 15,4 \text{ А.}$$

Приложение 2.
Технические данные пускателей серии ПМЛ (По данным каталога Информэлектро 07.14.01-79)

Величина пускателя	Номинальная сила тока, А	Число и исполнение контактов вспомогательной цепи	Тип и исполнение						
			Нереверсивное			Реверсивное			
			Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Звезда — — треугольник
1	10	1з. 1р.	ПМЛ-121002	ПМЛ-122002	ПМЛ-123002	ПМЛ-161102	ПМЛ-162102	ПМЛ-163102	ПМЛ-172002
2	25	1з. 1р.	ПМЛ-221002	ПМЛ-222002	ПМЛ-223002	ПМЛ-261102	ПМЛ-262102	ПМЛ-263102	ПМЛ-272002
3	40	1з. +1р.	+ ПМЛ-321002	ПМЛ-322002	ПМЛ-323002	ПМЛ-361002	ПМЛ-362002	ПМЛ-363002	-
4	63	1з. +1р.	+ ПМЛ-421002	ПМЛ-422002	ПМЛ-423002	ПМЛ-461002	ПМЛ-462002	ПМЛ-463002	ПМЛ-472002
5	80	1з. +1р. 2з. +2р.	+ ПМЛ-521002 + ПМЛ-521102	-	-	ПМЛ-561102 ПМЛ-561102	-	-	ПМЛ-472002 ПМЛ-571002
6	125	1з. +1р. 2з. +2р.	+ ПМЛ-621002 + ПМЛ-621002	-	-	ПМЛ-661002 ПМЛ-661102	-	-	ПМЛ-671002
7	200	2з. +2р.	+ ПМЛ-721102	-	-	ПМЛ-761102	-	-	-

Приложение 4.
Технические данные автоматов с гелями

			Пределы регулирования	Кратность силы тока срабатывания
АЕ2016Р	10 А, 500 В	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10	$(0,9...1,15) \cdot I_{ном.р.}$	$12 \cdot I_{ном.р.}$
АЕ2036Р	25 А, 500 В	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		
АЕ2046Р	63 А, 500 В	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100		
		125; 160		
		200; 250		
		320; 400		
		500; 630		

Приложение 4.
Технические данные трехполюсных автоматов с комбинированными расцепителями

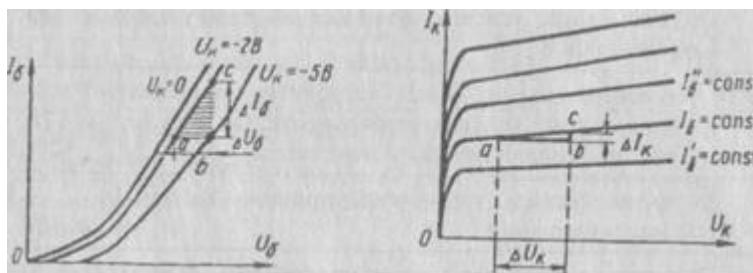
Типо-исполнение	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители Сила номинального тока $I_{ном.р.}$ А	Пределы регулирования	Кратность силы тока срабатывания	
АЕ2016Р	10 А, 500 В	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10	$(0,9...1,15) \cdot I_{ном.р.}$	$12 \cdot I_{ном.р.}$	$(0,6...1,0) \cdot I_{ном.р.}$
АЕ2036Р	25 А, 500 В	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25			$(0,8...1,0) \cdot I_{ном.р.}$
АЕ2046Р	63 А, 500 В	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63			
АЕ2056Р	100 А, 500 В	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100			
АП50Б	63 А, 500 В	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$(0,6...1,0) \cdot I_{ном.р.}$	$12 \cdot I_{ном.р.}$	
А3714Б	160 А, 660 В	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	$(0,64...1,0) \cdot I_{ном.р.}$		
ВА51Г25	25 А, 660 В	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	$(0,8...1,0) \cdot I_{ном.р.}$	$10 \cdot I_{ном.р.}$	
ВА51Г31	100 А, 660 В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		$14 \cdot I_{ном.р.}$	
ВА51Г33	160 А, 660 В	80; 100; 125; 160			
ВА51-35	250 А, 660 В	160; 200; 250		$10 \cdot I_{ном.р.}$	
ВА51-37	400 А, 660 В	250; 320; 400			
ВА51-39	630 А, 660 В	400; 500; 630			

**Длительные допустимые токи (токовые нагрузки)
на изолированные провода и кабели, в амперах**

Площадь сечения токопроводящей жилы, мм ²	Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными жилами		Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с алюминиевыми жилами			Трехжильные кабели с медными жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, бронированные и небронированные		Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, бронированные и небронированные	
	открытая проводка	три провода в трубе	открытая проводка	два провода в трубе	три провода в трубе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	30	25	24	20	19	25	38	19	29
4,0	41	35	32	28	28	35	49	27	38
6,0	50	42	39	36	32	42	60	32	46
10	80	60	55	50	47	55	90	42	70
16	100	80	80	60	60	75	115	60	90
25	140	100	105	85	80	95	150	75	115
35	170	125	130	100	95	120	180	90	140
50	215	170	165	140	130	145	225	110	175
70	270	210	210	175	165	180	275	140	210
95	330	255	255	215	200	220	330	170	255
120	385	290	295	245	220	260	385	200	295

К задаче 4.

Задача к определению h – параметров транзистора, которые устанавливаю связь между малыми изменениями токов и напряжений, выражают функциональную зависимость между входным напряжением и током и выходным напряжением. Основные h – параметры транзистора для схемы включения с общим эмиттером определяются с помощью характеристических треугольников, построенных на семействе входных и выходных характеристик (см. рис.). Параметры, найденные по характеристическому треугольнику, являются малосигнальными, т.к. они справедливы только для прямолинейных участков характеристик.



Из характеристического треугольника определяют входное сопротивление транзистора $R_{BX} = h_{11} = \Delta U_B / \Delta I_B$, при $U_K = \text{const}$ и коэффициент обратной связи $h_{12} = \Delta U_B / \Delta U_K$, при $I_B = \text{const}$.

Из семейства статистических выходных характеристик определяют коэффициенты усиления по току $K_i = h_{21} = \Delta I_K / \Delta I_B$, при $U_K = \text{const}$ и выходную проводимость транзистора $h_{22} = \Delta I_K / \Delta U_K$, при $I_B = \text{const}$.

Параметры транзисторов зависят от схемы включения. Приближенные формулы для перерасчета h – параметров транзистора при включении его на данной схеме, если известны h – параметры, соответствующие другой схеме его включения, приводятся к следующему виду.

Схема включения транзистора:

с общим эмиттером (ОЭ): $h_{11э} = \frac{h_{11δ}}{1 + h_{21δ}};$

$$h_{12э} = \frac{h_{11δ} \cdot h_{22δ}}{1 + h_{21δ}} - h_{12δ}; \quad h_{21э} = -\frac{h_{21δ}}{1 + h_{21δ}}; \quad h_{22э} = -\frac{h_{22δ}}{1 + h_{21δ}};$$

с общей базой (ОБ): $h_{11δ} = \frac{h_{11э}}{1 + h_{21э}};$

$$h_{12δ} = \frac{h_{11э} \cdot h_{22э}}{1 + h_{21э}} - h_{12э}; \quad h_{21δ} = -\frac{h_{21э}}{1 + h_{21э}}; \quad h_{22δ} = -\frac{h_{22э}}{1 + h_{21э}};$$

с общим коллектром (ОК): $h_{11к} = \frac{h_{11δ}}{1 + h_{21δ}} = h_{11э}$

$$h_{12к} = 1; \quad h_{21к} = -\frac{1}{1 + h_{21δ}} = -(h_{21э} + 1) = -(h_{21} + 1) \quad h_{22к} = -\frac{h_{22δ}}{1 + h_{21δ}} = h_{22э};$$

Пример 4.1.

Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, определить коэффициент усиления $h_{21э}$ по его входной характеристике (рис. 17) и выходным характеристикам (рис. 18), если $U_{δэ} = 0,4$ В; $U_{кэ} = 25$ В. Подсчитать также коэффициент передачи по току $h_{21δ}$ и мощность P_k на коллекторе.

Решение:

1. По входной характеристике (рис. 17) определяем при $U_{δэ} = 0,4$ В ток базы $I_δ = 500$ мкА.

2. По выходным характеристикам (рис. 18) для $U_{кэ} = 25$ В и $I_δ = 500$ мкА определяем ток коллектора: $I_k = 36$ мА.

3. На выходных характеристиках строим отрезок АВ, из которого находим:

$$\Delta I_k = AB = I_{k1} - I_{k2} = 36 - 28 = 8 \text{ мА};$$

$$\Delta I_δ = AB = I_{δ1} - I_{δ2} = 500 - 400 = 100 \text{ мкА} = 0,1 \text{ мА}.$$

4. Определяем коэффициент усилителя:

$$h_{21э} = \Delta I_k / \Delta I_δ = 8 / 0,1 = 80.$$

5. Определяем коэффициент передачи по току:

$$h_{21δ} = h_{21э} / (h_{21э} + 1) = 80 / (80 + 1) = 0,98.$$

6. Определяем мощность на коллекторе

$$P_k = U_{кэ} \cdot I_k = 25 \cdot 36 = 900 \text{ мВт} = 0,9 \text{ Вт}.$$

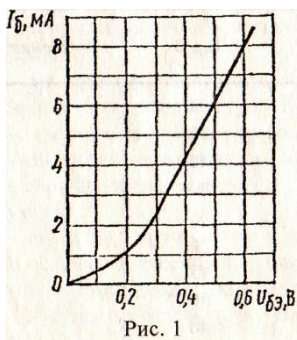


Рис. 1

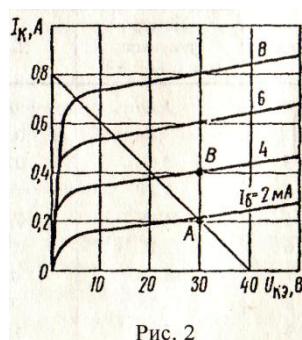


Рис. 2

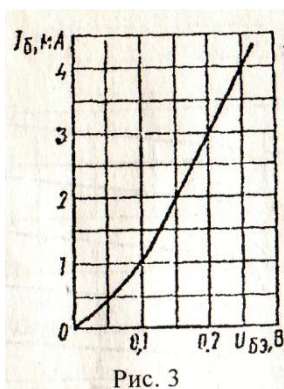


Рис. 3

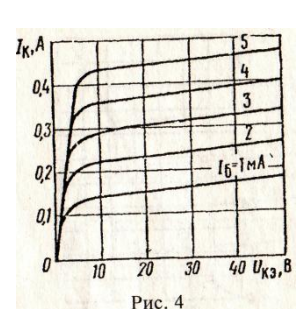


Рис. 4

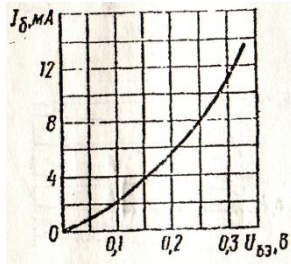


Рис. 5

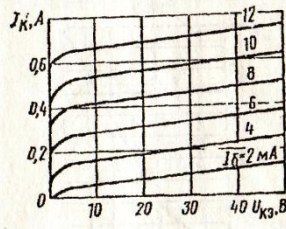


Рис. 6

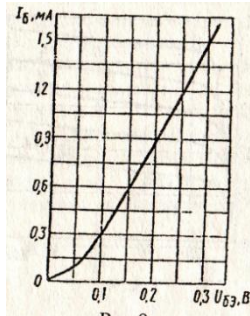


Рис. 9

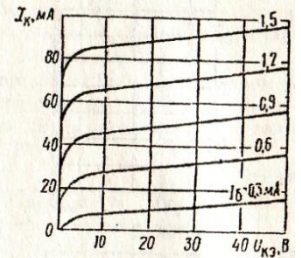


Рис. 10

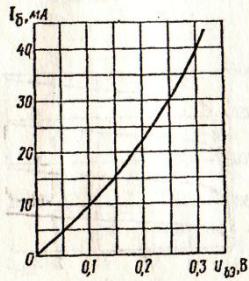


Рис. 7

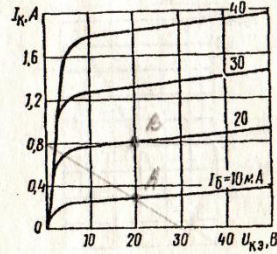


Рис. 8

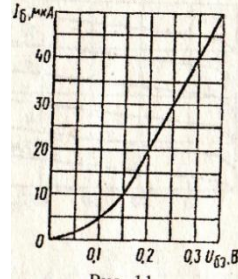


Рис. 11

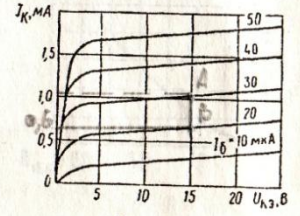


Рис. 12

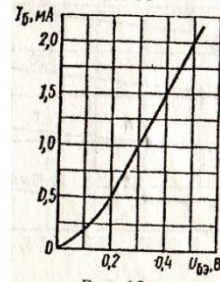


Рис. 13

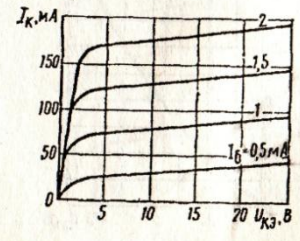


Рис. 14

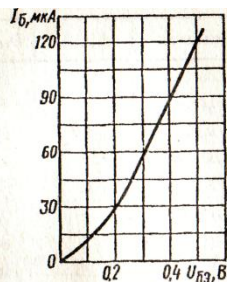


Рис. 15

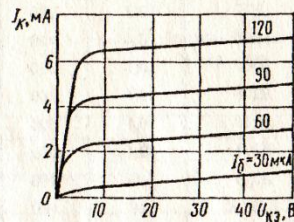


Рис. 16

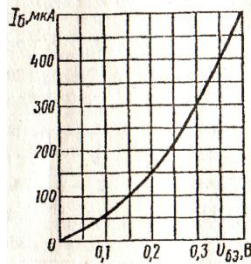


Рис. 17

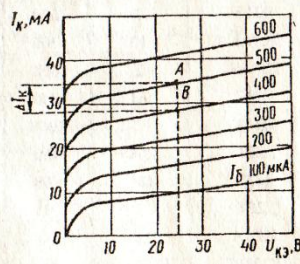


Рис. 18

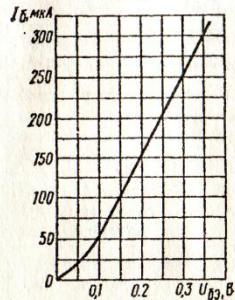


Рис. 19

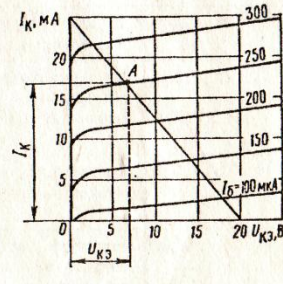


Рис. 20

К задаче 5 относится к расчету выпрямителей переменного тока, собранных на полупроводниковых выпрямительных диодах.

Наибольшее применение нашла однофазная двухполупериодная мостовая схема выпрямителя.

Основными параметрами при выборе диодов являются допустимый ток $I_{\text{доп}}$, на который рассчитан диод, и величина обратного напряжения $U_{\text{обр}}$, которое выдерживает диод в непроводящий период, т.е. при обратном включении.

Для мостовой схемы выпрямления допустимый ток диода $I_{\text{доп}} = I_0$. Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_{m2} = \sqrt{2} U_2,$$

где $U_2 = U_0 / 0,9$ – действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

$$U_{\text{обр.max}} = U_{m2} / 2$$

$$U_{\text{доп}} \geq U_{\text{обр.max}}$$

Таблица 1. Исходные данные к задаче

Вариант	U_0 , В	R_H , Ом	U_1 , В
1	100	125	127
2	500	1680	220
3	20	4	127
4	80	10	220
5	100	20	127
6	250	150	220
7	150	50	127
8	500	100	220
9	350	175	127
0	60	15	220

Таблица 2. Технические данные полупроводниковых диодов

Тип диода	$I_{\text{доп}}$, А	$U_{\text{обр}}$, В	Тип диода	$I_{\text{доп}}$, А	$U_{\text{обр}}$, В
Д7Г	0,3	200	Д231	10	300
Д205	0,4	400	Д231Б	5	300
Д207	0,1	200	Д232	10	400
Д209	0,1	400	Д232Б	5	400
Д210	0,1	500	Д233	10	500
Д211	0,1	600	Д233Б	5	500
Д214	5	100	Д234Б	5	600
Д214А	10	100	Д242	5	100
Д214Б	2	100	Д242А	10	100
Д215	2	200	Д242Б	2	100
Д215А	10	200	Д243	5	200
Д215Б	2	200	Д243А	10	200
Д217	0,1	800	Д243Б	2	200
Д218	0,1	1000	Д244	5	50
Д221	0,4	400	Д244А	10	50
Д222	0,4	600	Д244Б	2	50
Д224	5	50	Д302	1	200
Д224А	10	50	Д303	3	150
Д224Б	2	50	Д304	3	100
Д226	0,3	400	Д305	6	50
Д226А	0,3	300	Д202А	3	50
			Д202Н	1	500

Пример 5.1. Определить действующее U_2 и амплитудное U_{2m} значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора, его коэффициент трансформации K , постоянную составляющую выпрямленного тока I_0 ; выбрать полупроводниковые вентили для двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме (см. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники, с. 529, рис. 18.4).

Выпрямленное напряжение на нагрузочном резисторе $U_0 = 350$ В, сопротивление нагрузочного резистора $R_H = 1400$ Ом, напряжение питающей сети $U_1 = 127$ В.

Решение:

1. Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_2 = U_0 / 0,9 = 350 / 0,9 \approx 390 \text{ В.}$$

2. Коэффициент трансформации трансформатора

$$K = U_1 / U_2 = 127 / 390 = 0,333.$$

3. Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_{m2} = \sqrt{2} \cdot U_2 = 1,41 \cdot 390 \approx 550 \text{ В.}$$

4. Значение максимального обратного напряжения ветвления в данной мостовой схеме

$$U_{\text{обр. max}} = U_{m2}/2 = 550/2 = 275 \text{ В.}$$

5. Постоянная составляющая выпрямленного тока

$$I_o = U_o/R_n = 350/1400 = 0,25 \text{ А.}$$

6. Амплитудное значение выпрямленного тока

$$I_{2m} = \frac{\pi \cdot I_o}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,25}{2} = 0,393 \text{ А.}$$

или

$$I_{2m} = \frac{U_{m2}}{R_n} = \frac{550}{1400} = 0,393 \text{ А.}$$

7. Мощность, выделяемая в сопротивлении нагрузочного резистора

$$P = U_o \cdot I_o = 350 \cdot 0,25 = 87,5 \text{ Вт,}$$

или

$$P = I_o^2 \cdot R_n = 0,25^2 \cdot 1400 = 87,5 \text{ Вт.}$$

8. По таблице 2., исходя из расчетного значения тока I_o и $U_{\text{обр. max}}$, выбираем вентили Д205 с номинальными (допускаемыми) данными $I_{\text{доп}} = 0,4 \text{ А}$, $U_{\text{обр. max доп}} = 400 \text{ В}$.

Задания для выполнения домашней контрольной работы

ЗАДАЧА 1.

Для локального обогрева поросят применяются различного типа электронагревательные панели из бетона, в толщу которых вмонтирована жесткая металлическая рама с намотанной на неё электронагревательным проводом марки ПНВСВ. К электросети напряжением 220 В панели подключают либо последовательным соединением, либо через понижающий трансформатор типа ТСЗ-2,5/1 мощностью 2,5 кВ·А и вторичным напряжением 36 В; 50 В.

Активное сопротивление образованной катушки R , при включении панели в сеть переменного тока с частотой 50 Гц и действующим напряжением U сила тока в панели имеет действующее значение I_l (табл. 1.).

Требуется:

1. Для указанных условий:

1.1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.

1.2. Определить индуктивное сопротивление катушки X_L и построить в масштабе треугольник сопротивлений.

1.3. Определить:

- Силу тока I_3 в цепи;
- Полное сопротивление цепи Z ;
- Коэффициент мощности $\cos \varphi$ цепи;
- Напряжение на катушке и конденсаторе.

Вариант по последней цифре шифра.

Таблица 1.1.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Переменное напряжение U, В	150	30	50	40	60	240	26	52	55	110
Переменный ток I _л , А	30	6	5	4	6	12	2	4	11	22
Активное сопротивление панели R, Ом	3	4	6	8	6	16	5	12	3	4
Емкостное сопротивление конденсатора X _с , Ом	5	10	25	8	20	24	26	13	5	11

ЗАДАЧА 2.

Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР имеет технические данные, приведённые в таблице 1.3., работает от сети с частотой 50 Гц и напряжением $U_c = 380$ В.

Определить: высоту оси вращения h ; число полюсов $2p$; особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое скольжение $S_{кр}$; частоту вращения поля статора n_1 и частоту вращения ротора при номинальной нагрузке n_n ; частоту тока в роторе при номинальной нагрузке f_{2s} , номинальный момент на валу двигателя $M_{ном}$; начальный пусковой M_n и максимальный $M_{макс}$. Моменты; силу номинального и пускового токов I_n и I_n питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем P_1 (кВт) при номинальной нагрузке.

Рассчитать данные и построить механическую характеристику электродвигателя $M = f(S)$; приняв $S = 0$, S_n , $S_{кр}$, $S = 1$, $S = 0,4$ и $S = 0,6$.

Примечание: Для электродвигателей, имеющих соединение обмоток только «звездой», определить, насколько изменится сила пускового тока. Начальный, пусковой и максимальный моменты при снижении напряжения в сети на 10 %.

Таблица 2.1.

вариант	Типоразмер двигателя	Номинальная мощность P_n , кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	Номинальное напряжение U_n , В при соединении обмоток статора	
			КПД, %	$\cos \phi$	скольжение S_n , %				У	Д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АИР100S2У1	4	87	0,88	5	2	2,2	7,5	380	-
2	АИР100L2У3	5,5	88	0,89	5	2	2,2	7,5	380	-
3	АИР112М2У3	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	7,5	380	-
4	АИР132М2У3	11	88	0,9	3	1,6	2,2	7,5	380	-
5	АИР160S2У2	15	89	0,89	3	1,8	2,7	7	660	380
6	АИР160М2У2	18,5	89,5	0,9	3	1,8	2,7	7	660	380
7	АИР180S2У1	22	89,5	0,88	2,7	1,7	2,7	7	660	380
8	АИР100L4СУ1	4	85	0,84	6	2	2,2	7	380	-
9	АИР112М4У5	5,5	87,5	0,88	4,5	2	2,2	7	380	-

11, 36, 61, 86	ротор дробилки	непосредственно	2920	27	под навесом	—«—
12, 37, 62, 87	загрузочный шнек	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	0,9	—«—	—«—
Агрегат для сухой очистки и измельчения корнеклубнеплодов ИКУ-Ф-10						
13, 38, 63, 88	измельчитель кормов	непосредственно	975	7,0	—«—	—«—
14, 39, 64, 89	конвейер винтовой	непосредственно	950	2,0	—«—	—«—
15, 40, 65, 90	конвейер скребковый	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический 3:1	935	0,9	—«—	—«—
16, 41, 66, 91	очиститель	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический 1,54:1	935	1,85	—«—	—«—
Кормораздатчик КЭС-1,7						
17, 42, 67, 92	механизм передвижения	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	0,6	как и на открытом воздухе	гибкий кабель в металло-рукаве
18, 43, 68, 93	механизм раздачи корма	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	2,0	—«—	—«—
19, 44, 69, 94	Электрофреза для обработки почвы ФС-0,85А	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	240	3,0	—«—	гибкий кабель
20, 45, 70, 95	Нория Н1-10, h=30 м	червячный двухзаходный редуктор	114	1,0	—«—	в металло-рукаве
21, 46, 71, 96	Нория Н1-20, h=30 м	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор + клиноременная	92	3,5	—«—	—«—
22, 47, 72, 97	Нория Н1-100, h=30 м	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор + клиноременная	61	11	под навесом	—«—
23, 48, 73, 98	Ленточный трансформатор ЛТ-100	клиноременная	114	12	на открытом воздухе	—«—
24, 49, 74, 99	Цепной трансформатор Т1-ТСЦ-25/15	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор	61	2,5	под навесом	—«—
25, 50, 75, 00	Токарно-винторезный станок 1К-62, главный привод	клиноременная + цилиндрический редуктор	20...3000	9	сухое, отапливаемое	в трубе

ЗАДАЧА 4.

Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, используя входную и выходную характеристики, определить коэффициент усиления $h_{21э}$, если дано напряжение на базе $U_{кэ}$, В.

Подсчитать также коэффициент передачи по току $h_{21б}$ и мощность P_k на коллекторе. Данные для своего варианта взять из таблицы 4.1.

Таблица 4.1.

Вариант	Номер рисунков	$U_{бэ}$, В	$U_{кэ}$, В	Примечание
---------	----------------	--------------	--------------	------------

1	1, 2	0,4	30	
2	3, 4	0,15	30	
3	5, 6	0,15	40	
4	7, 8	0,1	20	
5	9, 10	0,15	35	
6	11, 12	0,25	15	
7	13, 14	0,3	15	
8	15, 16	0,3	30	
9	17, 18	0,25	40	
0	19, 20	0,2	10	

ЗАДАЧА 5.

Составить схему двухполупериодного мостового выпрямителя, определить действующее U_2 и амплитудное U_{2m} значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора, его коэффициент трансформации K , постоянную составляющую выпрямленного тока I_0 и его амплитудное значение, мощность P , выделяемую в нагрузочном резисторе R_n . Выбрать полупроводниковые вентили для выпрямителя.

Значения выпрямленного напряжения U_0 на нагрузочном резисторе, сопротивления нагрузочного резистора R_n и напряжение питающей сети U_1 взять из таблицы 5.1.

Таблица 5.1.

Вариант	U_0 , В	R_n , Ом	U_1 , В
1	100	125	127
2	500	1680	220
3	20	4	127
4	80	10	220
5	100	20	127
6	250	150	220
7	150	50	127
8	500	100	220
9	350	175	127
0	60	15	220

