

БПОУ ВО «ГРЯЗОВЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

СОГЛАСОВАНО

Директор ООО «ПЗ Покровское»



В.И.Жильцов

2019г

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор БПОУ ВО  
«Грязовецкий политехнический техникум»

А.С.Маслов  
« » 2019г.



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ОП.04. Электротехника и электронная техника

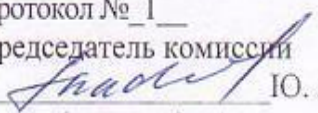
Специальность 35.02.07 «Механизация сельского хозяйства»

РАССМОТРЕНО

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

Протокол № 1\_\_


Председатель комиссии

 Ю. Л. Гладков  
(подпись)

«29» августа 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по ОМР

 И. В. Пospelова

«29» августа 2019 г.

## **1. Общие положения**

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины ОП.04.Электротехника и электронная техника.

ФОС включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме зачёта.

ФОС разработаны на основании положений:

ФГОС СПО специальности 35.02.07. Механизация сельского хозяйства, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 мая 2014 г. № 456;

основной профессиональной образовательной программы по специальности 35.02.07. Механизация сельского хозяйства;

программы учебной дисциплины ОП.04. Электротехника и электронная техника .

**2. Перечень основных показателей оценки результатов, элементов практического опыта, знаний и умений, подлежащих текущему контролю и промежуточной аттестации**

<b>Код и наименование основных показателей оценки результатов (ОПОР)</b>	<b>Код и наименование элемента практического опыта</b>	<b>Код и наименование элемента умений</b>	<b>Код и наименование элемента знаний</b>
1	2	3	4
ОК1-9		У 1. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности	3.1. Основы электротехники; классификацию электронных приборов
ПК 1.1.- 1.5 ПК 2.1 – 2.4		У 2. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы. У3. рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.	3.1. основные правила эксплуатации оборудования и методы измерения электрических величин; 3.2. параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных приборов
ПК 3.1. – 3.4. ПК 4.1- 4.5.		У4. Пользоваться электроизмерительными приборами приспособлениями. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками. У5. Собирать электрические схемы.	3.1. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей. Правила эксплуатации оборудования.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

5.1. Техник должен обладать общими компетенциями, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, обеспечивать её сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Выполнять регулировку узлов, систем и механизмов двигателя и приборов электрооборудования.

ПК 1.2. Подготавливать почвообрабатывающие машины.

ПК 1.3. Подготавливать посевные, посадочные машины и машины для ухода за посевами.

ПК 1.4. Подготавливать уборочные машины.

ПК 1.5. Подготавливать машины и оборудование для обслуживания животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик.

ПК 1.6. Подготавливать рабочее и вспомогательное оборудование тракторов и автомобилей.

ПК 2.1. Определять рациональный состав агрегатов и их эксплуатационные показатели.

ПК 2.2. Комплектовать машинно – тракторный агрегат.

ПК 2.3. Проводить работы на машинно – тракторном агрегате.

ПК 2.4. Выполнять механизированные сельскохозяйственные работы.

ПК 3.1. Организовывать и выполнять техническое обслуживание сельскохозяйственных машин, механизмов и другого инженерно – технологического оборудования.

ПК 3.2. Проводить диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин, механизмов и другого инженерно – технологического оборудования.

ПК 3.3. Организовывать и осуществлять технологический процесс ремонта сельскохозяйственных машин, механизмов и другого инженерно – технологического оборудования.

ПК 3.4. Выполнять восстановление деталей машин, механизмов и другого инженерно – технологического оборудования.

ПК 4.1. Участвовать в планировании основных показателей машинно – тракторного парка и сельскохозяйственной организации.

ПК 4.2. Планировать выполнение работ исполнителями.

ПК 4.3. Организовывать работу трудового коллектива.

ПК 4.4. Контролировать ход и оценивать результаты выполнения работ исполнителями.

ПК 4.5. Вести утвержденную учетно – отчетную документацию.

### **Перечень лабораторных работ**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование лабораторных работ</b>	<b>Количество часов</b>
<b>Тема 2.1. Электрические измерительные приборы.</b>		
1.	ЛПЗ № 1. Изучение устройства индукционного и электромагнитного измерительного механизма.	2
2.	ЛПЗ № 2. Измерение токов, напряжений и сопротивлений.	2
3.	ЛПЗ № 3. Измерение мощностей.	2
4.	ЛПЗ № 4. Выбор пускозащитной аппаратуры для силового электрооборудования.	2
5.	ЛПЗ № 5. Составление схем автоматизации.	2
	Итого	10

## **Инструкционная карта**

**ЛПЗ № 1** по дисциплине: «Электротехника и электронная техника»

**Тема:** *«Изучение устройства индукционного и электромагнитного измерительного механизма»*

**Цель работы:** Изучение устройства, принципа действия, достоинств и недостатков электроизмерительных механизмов.

Студент должен:

Знать: принцип действия, устройство, основные характеристики электронных устройств и приборов;

Уметь: подбирать устройства электронной техники, электрические приборы;

**Норма времени:** 2 часа

**Перечень оборудования:**

1. Измерительный прибор
2. Инструменты

**Порядок выполнения работы**

1. Определение назначения всех элементов устройства измерительного механизма.
2. Изучения принципа работы.
3. Составления отчета.
4. Ответы на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Принцип создания вращающегося момента.
2. Принцип создания момента противодействия.
3. Принцип создания успокаивающего (тормозного) момента.
4. Достоинства и недостатки механизмов данной системы.
5. Схемы подключения приборов данной системы.

**Содержание отчета:**

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Оборудование и приборы.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Выводы.

## Инструкционная карта

ЛПЗ № 2 по дисциплине: «Электротехника и электронная техника»

**Тема:** *«Изучение измерений токов, напряжений, сопротивлений»*

**Цель работы:** Изучение устройства, принципа действия, достоинств и недостатков электроизмерительных приборов: амперметра; вольтметра; омметра.

Студент должен

*Знать:* принцип действия, устройство, основные характеристики электронных устройств и приборов;

*Уметь:* пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;

**Норма времени:** 2 часа

### **Перечень оборудования:**

Амперметр.

Вольтметр.

Омметр.

Схема электрической цепи.

### **Порядок выполнения работы**

Определение назначения всех элементов устройства измерительного прибора.

Способы подключения его в цепь.

Определение цены деления.

Снятие показаний.

### **Контрольные вопросы**

6. Принцип подключения амперметра в цепь.
7. Выполнение измерения тока амперметром.
8. Принцип подключения вольтметра в цепь.
9. Выполнение измерения напряжения вольтметром.
10. Принцип определения сопротивления по показаниям амперметра и вольтметра.
11. Принцип подключения омметра в цепь.
12. Выполнение измерения сопротивления омметром.

### **Содержание отчета:**

6. Наименование работы.
7. Цель работы.
8. Оборудование и приборы.
9. Ответы на контрольные вопросы.
10. Выводы.



## Инструкционная карта

ЛПЗ № 3 по дисциплине: «Электротехника и электронная техника»

**Тема:** *«Изучение измерений мощностей»*

**Цель работы:** Изучение устройства, принципа действия, достоинств и недостатков электроизмерительного прибора ваттметра.

### Порядок выполнения работы

Определение назначения всех элементов устройства измерительного прибора.

Способы подключения его в цепь.

Определение цены деления.

Снятие показаний.

**Норма времени:** 2 часа

### Перечень оборудования:

5. Ваттметр.
6. Схема электрической цепи.

### Контрольные вопросы

13. Принцип подключения ваттметра в цепь.
14. Выполнение измерения мощности ваттметром.
15. Принцип подключения ваттметра в симметричную трёхфазную цепь при соединении нагрузки звездой.
16. Принцип подключения ваттметра в симметричную трёхфазную цепь при соединении нагрузки треугольником.
17. Принцип подключения ваттметра в трёхпроводную трёхфазную цепь при несимметричной нагрузке.
18. Принцип подключения ваттметра с искусственной нулевой точкой.
19. Выполнение измерения мощности ваттметром в трёхфазных цепях.

### Содержание отчета:

11. Наименование работы.
12. Цель работы.
13. Оборудование и приборы.
14. Ответы на контрольные вопросы.
15. Выводы.

## Инструкционная карта

ЛПЗ № 4 по дисциплине: «Электротехника и электронная техника»

### Тема: Выбор пуско-защитной аппаратуры для силового электрооборудования

Студент должен

знать:

- условия выбора двигателя, магнитного пускателя, теплового реле, автоматического выключателя, предохранителя, сечения и марки привода (кабеля);

уметь:

- пользоваться справочной литературой.

**Задача.** Рабочая машина (агрегат, установка, рабочий механизм) приводится в движение с помощью передаточного устройства трехфазным АД с короткозамкнутым ротором. Двигатель питается от сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью при частоте  $f_{\text{л}} = 50$  Гц.

Данные к задаче представлены в таблице.

Климатический район, где расположена рабочая машина, определить по месту расположения учебного заведения.

Требуется:

1. Вычертить схему управления двигателя рабочей машины в зависимости от наличия реверса с помощью магнитного пускателя.
2. Выбрать электродвигатель для привода рабочей машины, магнитный пускатель, тепловое реле, сечение провода (кабеля), автоматический выключатель для защиты электроустановки от перегрузки и короткого замыкания.

Таблица 1. Исходные данные к задаче

Варианты	Рабочая машина, агрегат, установка, механизм	Тип передачи	Частота вращения рабочего вала машины, мин <sup>-1</sup>	Потребляемая мощность, кВт	Характеристика места установки рабочей машины	Способ прокладки проводов (кабеля)
1	2	3	4	5	6	7
Дробилка – измельчитель грубых кормов повышенной влажности ИРТ-80						
01, 26, 51, 76	ротатор дробилки	непосредственно	2920	27	под навесом	в металло-рукове

0,2 27, 52, 77	загрузочный бункер	вариаторная + коническая + клиноременная	$n_{\text{мин}}=218$ $n_{\text{макс}}=515$	1,4	—«—	—«—
Измельчитель грубых кормов ИГК 30Б						
03, 28, 53, 78	ротор дробилки	клиноременная 1:3	2920	25,6	—«—	—«—
Установка доильная «Елочка-Автомат» УДА-16А						
04, 29, 54, 79	молочный насос НМУ-6	непосредственно	2940	0,6	как и под навесом	в ПХВ- рукаве
05, 30, 55, 80	вакуумная установка УВУ-60	непосредственно	2850	3,2	—«—	—«—
Универсальная доильная установка УДС-3Б						
06, 31, 56, 81	вакуумная установка УВУ-45	непосредственно	2850	2,4	—«—	—«—
Резервуар – охладитель молока МКА-2000 л-2А						
07, 32, 57, 82	молочный насос 36 МЦ-10-20	непосредственно	2850	1,2	—«—	—«—
Установка теплохолодильная ТХУ 23						
08, 33, 58, 83	насос хладоносителя (воды) 1,5К-6А	непосредственно	2900	1,5	—«—	—«—
Холодильная машина МВТ-20-01						
09, 34, 59, 84	вентилятор	непосредственно	1360	0,55	Сухое неотапливаемо е	—«—
Агрегат картофелезапарочный АКЗ-3						
10, 35, 60, 85	выгрузной шнек	Червячный одноходовой редуктор + цепь	85	1,0		в металло- рукаве
1	2	3	4	5	6	7
Дробилка кормов молотковая ДКМ-5						
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	935	0,9	—«—	—«—

		ступенчатый цилиндрический 3:1				
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

## Методические указания

**Задача** – комплексная, содержит задания по выбору электродвигателя для привода конкретной рабочей машины, аппаратов управления, проводов (кабеля) для питания электродвигателя, аппаратов защиты.

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 2. 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  $1500 \text{ мин}^{-1}$ . Число таких двигателей в сельском хозяйстве превышает 90%. Двигатели на  $3000 \text{ мин}^{-1}$  применяют для привода центробежных насосов и вентиляторов большого напора. Двигатели на  $1000 \text{ мин}^{-1}$  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.

### **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):

$$ПВ = 100\% \cdot t_p / t_u$$

$$t_u = t_p + t_o$$

где  $t_p$ ,  $t_o$ ,  $t_u$  - продолжительности работы, отключения и одного цикла  $t_u \leq 10$  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  $\eta$  – к.п.д. передачи (о.е), см. табл. 2.

$K_3$  - рекомендуемый коэффициент загрузки двигателя для данного типа машины или механизма (см. табл. 3.)

Таблица 3.

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 4. 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:

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

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

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.

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

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

$$I_{\text{доп}} \geq I_p;$$

Для осветительных проводок 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

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

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

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{к.з.}}^{(3)} \quad \text{или} \quad \geq I_{\text{к}}^{(1)}$$

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);  $\alpha$  -коэффициент зависящий от длительности прохождения пускового (пикового)тока,  $\alpha= 1,6...2,5$ .

При  $t_{\text{пуска}} < 8 \text{ сек}$   $\alpha = 2,5$

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

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

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

где  $I_{\text{н.дв } i}$  - 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,*

$$I_{у.т.р.} \geq k_n I_{р.макс}$$

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*

$$I_{у.э.р.} \geq k_n I_{макс}$$

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

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

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:*

$$k_q^{(1)} \geq \frac{I_{к.з}^{(1)}}{I_{у.т.р.}} \geq 3 - \text{для невзрывоопасной среды}$$

$$k_q^{(1)} \geq \frac{I_{к.з}^{(1)}}{I_{у.т.р.}} \geq 6 - \text{для взрывоопасной среды}$$

Сечение проводов и кабелей согласуют с выбранными уставками расцепителей автоматов:

1.  $I_{\text{доп}} > 1,25 I_{\text{у.т.р.}}$  - при защите от перегрузок
2.  $I_{\text{доп}} > I_{\text{у.т.р.}}/1,5$  - при защите только от к.з. для автоматов с тепловыми расцепителями
3.  $I_{\text{доп}} > I_{\text{у.т.р.}}/4,5$  - 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.

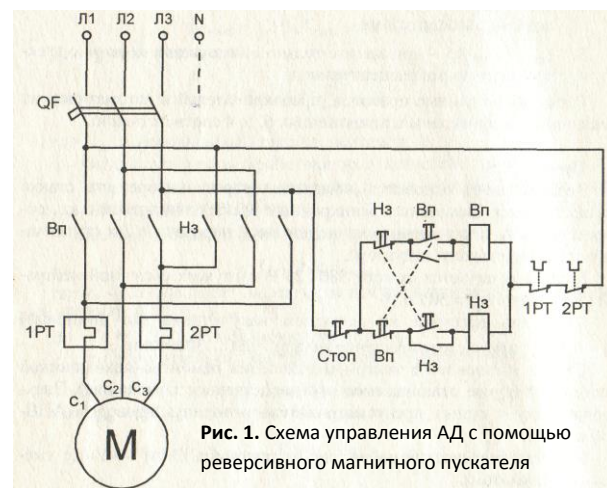
Двигатель питается от сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью при частоте  $f_1 = 50$  Гц.

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

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:  $P_x = 6,3$  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

$$P_{дв} \geq P_x / \eta_n K_3,$$

где  $P_x = 6,3$  кВт - по условию

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

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

$\eta_{ц.ред} = 0,9$  - 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.

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

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

$$P_n = 7,5 \text{ кВт} \geq P_{да}$$

2.3. Определяем частоту вращения двигателя

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

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

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

$$P_n = 7,5 \text{ кВт,}$$

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

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

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

$$k_i = 7,5$$

$$n_n = 1440 \text{ мин}^{-1},$$

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;

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

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

$k_t = 7,5$  - 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;

$U_n = 380 \text{ В}$



$$I_n = 15,4 \text{ A}$$

По приложению 3 выбираем тепловое реле РТЛ-102104, исходя из условия  $I_{н.п.} = 25 \text{ A} \geq I_{р.макс.} = I_n = 15,4 \text{ A}$ , так как  $k_3 > 0,7$ .

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

#### 4. Выбор сечения проводов для питания электродвигателя

Исходные данные:

$$P_n = 7,5 \text{ кВт}$$

$$I_{ном} = 15,4 \text{ A}$$

$$U_n = 380 \text{ В}$$

$$k_i = 7,5$$

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

4.1. Определяем рабочий (расчетный) ток двигателя:

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

4.2. Максимальный ток двигателя

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

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

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

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

4.4. Ток уставки теплового расцепителя автомата

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

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

4.5. Ток уставки электромагнитного расцепителя

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

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

4.6. 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).

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИР132S4	7,5	1440	15,4	87,5	0,86	7,5	1,9	2,2	1,6
АИР132M4	11	1450	22,0	87,5	0,87	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР160S4	15	1455	28,5	90	0,87	7,0	2,0	2,9	1,8
АИР160M4	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	1,8
АИР180S4	22	1460	42,5	90,5	0,89	7,0	1,7	2,4	1,5
АИР200M4	37	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР200L4	45	1470	83,0	92,2	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР225M4	55	1470	101	93	0,89	7,0	1,7	2,6	1,6
АИР250S4	75	1480	138	94	0,89	7,5	1,7	2,5	1,4
АИР63B6	0,25	860	1,04	59	0,62	4,0	2,0	2,2	1,6
АИР71A6	0,37	915	1,31	65	0,65	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР71B6	0,55	915	1,74	68,6	0,70	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80A6	0,75	920	2,26	70	0,72	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80B6	1,1	920	3,05	74	0,74	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР90L6	7,5	925	4,2	76	0,72	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L6	2,2	945	5,6	81	0,74	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112MA6	3,0	950	7,1	81	0,76	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112MB6	4,0	950	9,2	82	0,81	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S6	6,5	960	12,3	85	0,80	7,0	2,0	2,2	1,6
АИРB2M6	7,5	960	16,5	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР160S6	11	970	22,9	89,5	0,83	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР160M6	15	970	30,1	88	0,85	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР180M6	18,5	980	37	88	0,85	6,5	1,8	2,4	1,6
АИР200M6	22	980	47	90	0,83	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР200L6	30	975	59,6	90	0,85	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР225M6	37	980	72,7	91	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250S6	45	980	87	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250M6	55	980	105	92,5	0,86	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР280S6	75	980	137	92,5	0,90	6,5	1,3	2,2	1,0
АИР80A8	0,25	690	1,04	56	0,65	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80B8	0,37	700	1,54	60	0,61	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LA8	0,55	700	2,07	64	0,63	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LB8	0,75	700	2,47	70	0,66	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР100L8	1,1	700	3,32	72	0,70	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР112MA8	1,5	705	4,1	76	0,73	5,5	1,6	1,7	1,2
АИР112MB8	2,2	710	6,2	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132S8	3,0	710	7,8	79	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132M8	4,0	715	10,5	83	0,70	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160S8	5,5	710	13,6	83	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4

АИР160M8	7,5	725	17,5	87	0,75	5,5	1,6	2,4	1,4
АИР180M8	11	725	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	1,4
АИР200M8	15	730	31,2	89	0,82	5,5	1,6	2,2	1,5
АИР200L8	18,5	730	39,0	89	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР225M8	22	730	45,8	90	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР250S8	30	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	1,3
АИР250M8	37	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	1,4
АИР280S8	45	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	1,3
АИР280M8	55	725	106	92	0,86	6,0	1,3	2,2	1,0
АИР315S8	75	725	141	93	0,87	6,0	1,4	2,2	1,0

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	ПМЛ123002	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-561102	-	-	ПМЛ-472002 ПМЛ-571002
6	125	1з. +1р. 2з. +2р.	+ ПМЛ — 621002	-	-	ПМЛ-661002	-	-	ПМЛ671002
7	200	2з. +2р.	+ ПМЛ-721102	-	-	ПМЛ-761102	-	-	-

Примечание к приложению 2.

1. Все пускатели имеют степень защиты IP54.
2. Пускатели первой - четвертой величины допускают установку одной дополнительной контактной приставки для вспомогательных цепей в исполнениях 4р.; 1з.+1р.; 2з.+2р.; 2з.; 4з.
3. Номинальная сила тока указана для пускателей открытого исполнения.

Приложение 3.  
Технические данные тепловых реле серии РТЛ, встраиваемых  
в пускатели НМЛ (согласно ТУ 16-523, 549-78)

Величина пускателя	Тип реле	Номинальная сила тока реле, А	Среднее значение силы тока тепло- вого элемента реле, А	Пределы регули- рования силы тока несрабатывания, А
1	2	3	4	5
1	РТЛ – 100104	25	0,14	0,1-0,17
	РТЛ – 100204		0,21	0,16-0,26
	РТЛ – 100304		0,32	0,24-0,4
	РТЛ – 100404		0,52	0,38-0,65
	РТЛ – 100504		0,8	0,61-1,0
	РТЛ – 100604		1,3	0,95-1,6
	РТЛ – 100704		2,0	1,5-2,6
	РТЛ – 100804		3,2	2,4-4,0
	РТЛ – 101004		5,0	3,8-6,0
	РТЛ – 101204		6,8	5,5-8,0
	РТЛ – 101404		8,5	7,0-10
2	РТЛ – 101004		8,5	7,0-10
	РТЛ – 101604		12	9,5-14
	РТЛ – 102104		16	13-19
	РТЛ – 202204		21,5	18-25
3	РТЛ – 102204	80	21,5	18-25
	РТЛ – 205304		27,0	23-32
	РТЛ – 205504		35,0	30-40
4	РТЛ – 205504		35	30-40
	РТЛ – 205704		44	38-50
	РТЛ – 205904		52	47-57
	РТЛ – 206104		60	54-66
5	РТЛ – 206104		60	54-66
	РТЛ – 206304		71,5	63-80
6	РТЛ – 206304	200	71,5	63-80
	РТЛ – 312504		99	75-105
	РТЛ – 312504		110	95-125
7	РТЛ – 312504		110	95-125
	РТЛ – 316004		140	120-160
	РТЛ – 320004		175	150-200

Приложение 4.  
Технические данные трехполюсных автоматов  
с комбинированными расцепителями

Типо- исполне- ние	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители Сила номинального тока $I_{ном}$ , А	Пределы регулирува- ния	Кратность силы тока срабаты- вания
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		
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		



Приложение 6.

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

Площадь сечения токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	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

## Инструкционная карта

### ЛПЗ № 5

#### Тема: Составление схем автоматизации

*Студент должен*

*знать:*

- Условные обозначения элементов схем;


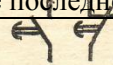


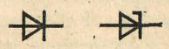


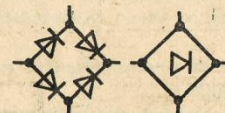




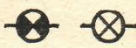

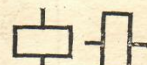
*уметь:*

- Разрабатывать и чертить развернутую схему релейно-контакторного управления трехфазными асинхронными двигателями.

**Задача.** Разработать и вычертить согласно ГОСТ развернутую схему релейно-контакторного управления трехфазными асинхронными электродвигателями. Данные для всех вариантов приведены в таблице 1. Пояснить работу схемы.

№ варианта	Число двигателя й			Тип ротора		Наличие реверса		Характер пуска				Число постов			Защита двигател я		Световая сигнализация срабатывает при
	1	2	3	короткозамкнутый	фазный	нет	есть	прямой	резистор в статоре	Число ступеней в роторе		1	2	3	тепловые реле	токовые реле	
										2	3						
1		+		+		+		+				+			+		пуске каждого двигателя
2	+				+	+				+			+		+		останове двигателя
3			+	+		+		+				+				+	пуске каждого двигателя

**Таблица 1. Исходные данные к задаче**

4	+			+			+	+					+	+		останове двигателя							
5	+				+		+			+				+		пуске двигателя							
6		+		+		+		+				+		+		пуске последнего двигателя							
7	+				+	+					+		+		+	останове двигателя							
8	+			+			+		+			+		+		пуске и останове двигателя							
9			+	+		+		+				+			+	пуске каждого двигателя							
10	+				+		+				+	+			+	останове двигателя							
11	+			+		+			+				+		+	пуске и останове двигателя							
12		+		+		+		+					+		+	пуске каждого двигателя							
13	+			+			+		+				+	+		останове двигателя							
14			+	+		+		+					+		+	пуске последнего двигателя							
15	+				+			+					+		+	останове двигателя							
16	Наименование			Условное обозначение			Буквенное обозначение			+	Наименование			+	Условное обозначение			Буквенное обозначение					
17														+									
18														+									
19	Электродвигатель переменного тока						M				б) замыкающий							КЛ					
20														+									
										в) с выдержкой времени при срабатывании												PB	
Электрическая машина постоянного тока:												M OB											
а) с параллельным возбуждением																							
б) с последовательным возбуждением												M; OB											
Диод, стабилитрон								Д															
Транзистор								Т															
Тиристор								S															
Выпрямитель								В															
										г) с выдержкой времени при возврате												PB	
										д) теплового реле												PT	
										Кнопка «Пуск»												КнП	
										Кнопка «Стоп»												КнС	
										Лампа накаливания сигнальная и осветительная												ЛС	
										Предохранитель плавкий												Пр	
										Катушка контактора, магнитного пускателя, реле												КЛ	

Примечания: 1. В нереверсивной схеме в каждом посту две кнопки: «Пуск» и «Стоп», реверсивной схеме три кнопки: «Вперед», «Назад» и «Стоп». 2. Крестиками указаны условия, которые нужно принимать при составлении схемы. 3. при наличии в схеме нескольких электродвигателей предусмотреть контакты реле времени для создания выдержки времени при пуске каждого двигателя. Должна обеспечиваться такая последовательность пуска: 1–2 или 1–2–3. 4. При нескольких постах кнопки «Пуск» включаются параллельно, кнопки «Стоп» – последовательно.

Условные графические и буквенные обозначения на электрических схемах, согласно ГОСТ 2.728–68, 2.732–68, 2730–73, 2.754–74.

# Тестовые задания

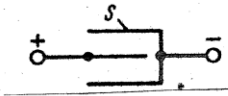
## ВАРИАНТ 1

Выберите правильный ответ:

1. Как нужно изменить ёмкость конденсатора, чтобы при неизменном напряжении между его пластинами заряд увеличился?  
а) уменьшить  
б) оставить без изменения  
в) увеличить

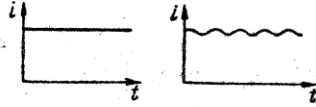
2. Конденсатор образован тремя пластинами, площадь каждой  $S$ . Какую площадь подставить в формулу для определения ёмкости?

- а)  $3S$
- б)  $S$
- в)  $2S$



3. Какой из приведённых графиков является графиком постоянного тока?

- а) правый
- б) левый
- в) оба



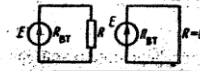
4. Как влияет на напряжение на зажимах цепи изменение сопротивления нагрузки, если ток увеличился?

- а) напряжение  $U$  растёт
- б) напряжение  $U$  уменьшается
- в) напряжение  $U$  остаётся неизменным



5. Для какой из приведенных схем справедливо равенство:  $E = U_{вт}$ ?

- а) для левой
- б) для правой

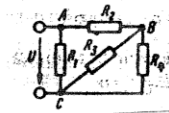


6. Каким признаком характеризуются металлические проводники?

- а) наличием свободных ионов
- б) наличием свободных электронов
- в) наличием свободных электронов и ионов

7. Можно ли считать, что сопротивления  $R_2$  и  $R_4$  включены последовательно?

- а) нельзя
- б) можно

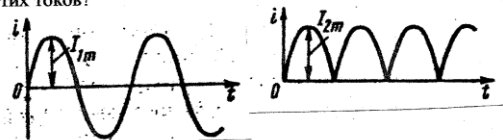


8. Как определится ток при параллельном соединении резисторов ?

- а)  $I = \text{const}$
- б)  $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$
- в)  $I = E/R + r$

9. На приведённых графиках  $I_{1m} = I_{2m}$ . Каково соотношение между действующими значениями этих токов?

- а)  $I_1 > I_2$
- б)  $I_1 < I_2$
- в)  $I_1 = I_2$



10. Какова частота пересечения силовыми линиями магнитного поля стержней обмотки неподвижного ротора?

- а) максимальная
- б) минимальная
- в) равная нулю

11. Чему был бы равен ток в обмотке ротора, если бы ротор вращался с частотой вращения магнитного поля?

- а) максимально возможному значению
- б) нулю

12. Какое выражение целесообразно использовать для определения напряжённости электрического поля?

- а)  $E = F/Q$
- б)  $U = E \cdot \ell$
- в)  $E = Q / (4\pi\epsilon_0 R^2)$

13. Напряжение сети 127В. В паспорте асинхронного двигателя указано напряжение 127/220В. Как должны быть соединены обмотки статора двигателя: а) при пуске, б) в рабочем режиме?

- а) 1) звездой, 2) треугольником
- б) 1), 2) треугольником
- в) 1), 2) звездой
- г) 1) треугольником, 2) звездой

14. Где и когда появились первые автоматы?

- а) в древней Греции
- б) в 1765г. В России
- в) в 1784г. В Англии



14. Где и когда появились первые автоматы?

- а) в древней Греции
- б) в 1765г. В России
- в) в 1784г. В Англии

15. Какой электрический параметр оказывает непосредственное физиологическое воздействие на организм человека?

- а) напряжение
- б) мощность
- в) ток
- г) напряжённость

16. Какие достоинства характерны для электроизмерительных приборов?

- а) высокая точность и надёжность
- б) возможность передачи показаний на дальние расстояния
- в) удобство сопряжения с ЭВМ
- г) все перечисленные достоинства

17. Какие сети не используют для передачи электроэнергии?

- а) сети постоянного тока
- б) сети однофазного тока
- в) сети трёхфазного тока
- г) сети многофазного тока

18. Изменяются ли потери энергии внутри источника при изменении сопротивления внешнего участка цепи при условии, что ЭДС  $E = \text{const}$ ?

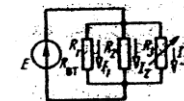
19. Какой прибор используется для измерения электрической мощности?

20. Запишите закон Ома для участка цепи.

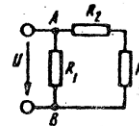
# ВАРИАНТ 2

Выберите правильный ответ:

- Как изменится заряд конденсатора, если при неизменном напряжении увеличится расстояние между пластинами?
  - увеличится
  - не изменится
  - уменьшится
- Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ . Какой параметр нужно подставить в формулу для определения ёмкости?
  - $2d$
  - $d$
- За 1 час при постоянном токе был перенесён заряд в 180 Кл. Определить силу тока?
  - 180 А
  - 0,05 А
- При каком условии справедлив приведённый график?
  - $R = \text{const}$
  - $R \neq \text{const}$
- Почему при разомкнутой цепи источника разделение зарядов прекращается в определённый момент?
  - энергия источника иссякает
  - возникшее электрическое поле уравновешивает поле сторонних сил
- Какое явление приводит к увеличению сопротивления металлического проводника?
  - изменение напряжённости электрического поля
  - уменьшение расстояния между ионами кристаллической решётки
  - увеличение амплитуды колебаний ионов в узлах кристаллической решётки
  - изменение концентрации зарядов (числа заряженных частиц в единице объёма)
- Как изменятся токи  $I_1$  и  $I_2$ , если сопротивление  $R_3$  уменьшится?
  - увеличатся
  - уменьшатся
  - останутся неизменными



- Можно ли считать, что сопротивления  $R_2$  и  $R_3$  включены последовательно?
  - нельзя
  - можно



- Как определяется эквивалентное сопротивление при параллельном соединении резисторов?
  - $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
  - $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$
  - $R = U/I$

- Как определится ток при последовательном соединении резисторов?
  - $I = \text{const}$
  - $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$
  - $I = E/R + r$

- Какова частота пересечения силовыми линиями магнитного поля стержней обмотки ротора двигателя в режиме холостого хода?
  - максимальная
  - минимальная
  - равная нулю

- Перевести в амперы 200 (нА)
  - 0,2 А
  - 0,002 А
  - 0,000002 А
  - 0,0000002 А

- Кто изобрёл плавкий регулятор уровня жидкости в сосуде?
  - английский механик Д. Уатт
  - русский механик И. Ползунов
  - русский механик Н. Кулибин

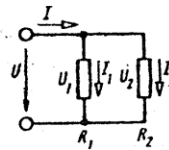
- Два источника имеют одинаковые ЭДС и токи, но различные внутренние сопротивления. Какой из источников имеет больший КПД?
  - КПД источников равны
  - с меньшим внутренним сопротивлением
  - с большим внутренним сопротивлением

15. Какая из формул для определения количества теплоты, выделяющейся в проводнике, является наиболее универсальной?

- а)  $Q = I^2 R t$
- б)  $Q = U I t$
- в)  $Q = W$

16. Каково соотношение между напряжениями  $U_1$  и  $U_2$  в середине и в конце линии?

- а)  $U_1 = U_2$
- б)  $U_1 < U_2$
- в)  $U_1 > U_2$



17. Что понимается под электрическими измерениями?

- а) способ оценки физических величин
- б) сравнение измеряемой величины с её значением, принятым за единицу
- в) измерения величин, характеризующих электрические и магнитные явления

18. Какой прибор используется для измерения электрического тока?

19. Назовите основные части асинхронного двигателя.

20. Запишите закон Ома для полной цепи.

### ВАРИАНТ 3

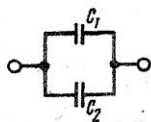
Выберите правильный ответ:

1. Как изменится ёмкость и заряд на пластинах конденсатора, если напряжение на его зажимах повысится?

- а) ёмкость и заряд увеличатся
- б) ёмкость уменьшится, заряд увеличится
- в) ёмкость останется неизменной, заряд увеличится
- г) ёмкость останется неизменной, заряд уменьшится

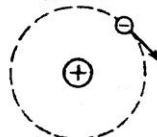
2. В данной схеме  $C_1 \gg C_2$ . Какой из этих ёмкостей можно пренебречь при приближённом определении  $C_{\text{общ}}$ ?

- а)  $C_1$
- б)  $C_2$



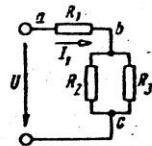
3. Является ли движение электрона вокруг ядра электрическим током?

- а) является
- б) не является



4. Какая из приведенных формул для определения тока  $I_1$  не верна?

- а)  $I_1 = U / R_1$
- б)  $I_1 = U_{\text{общ}} / R_1$
- в)  $I_1 = U / R_{\text{общ}}$



5. Будет ли проходить в цепи постоянный ток, если вместо источника ЭДС включить заряженный конденсатор?

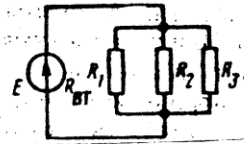
- а) не будет
- б) будет, но недолго
- в) будет

6. Зависит ли сопротивление катушки, изготовленной из медного провода, от приложенного к ней напряжения?

- а) не зависит
- б) сильно зависит
- в) почти не зависит

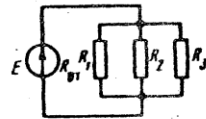
7. Как изменится на параллельном разветвлении, подключённом к источнику с  $R_{вт}$ , если число ветвей увеличится?

- а) не изменится
- б) увеличится
- в) уменьшится



8. Какое соединение представлено на схеме?

- а) параллельное
- б) последовательное
- в) смешанное



9. Три конденсатора, подключённые к источнику питания, соединены последовательно. Как распределяется напряжение на конденсаторах?

- а)  $U_1 > U_2 > U_3$
- б)  $U_1 = U_2 = U_3$
- в)  $U_1 + U_2 + U_3 = U$

10. Как определяется напряжение при последовательном соединении резисторов ?

- а)  $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$
- б)  $U = \text{const}$
- в)  $U = I \cdot R$

11. Какие материалы используют для изготовления короткозамкнутой обмотки ротора?

- а) алюминий
- б) алюминий, медь
- в) медь, серебро

12. Как изменится ток в обмотке ротора при увеличении механической нагрузки на валу двигателя?

- а) увеличится
- б) не изменится
- в) уменьшится

13. Напряжение сети 220В. В паспорте асинхронного двигателя указано напряжение 127/220В. Как должны быть соединены обмотки статора двигателя в рабочем режиме?

- а) треугольником
- б) звездой
- в) звездой, треугольником

14. Что служит главным стимулом автоматизации производства?
- а) повышение производительности труда
  - б) увеличение национального дохода
  - в) рост прибыли
15. Как изменится количество теплоты, выделяющейся в нагревательном приборе, при ухудшении контакта в штепсельной розетке?
- а) не изменится
  - б) увеличится
  - в) уменьшится
16. Где применяются электроизмерительные приборы?
- а) для контроля параметров технологических процессов
  - б) для контроля параметров космических кораблей
  - в) для экспериментальных исследований в различных областях науки
17. Почему магнитопровод набирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных лаком друг от друга?
- а) для уменьшения потерь на вихревые токи
  - б) для уменьшения потерь на перемагничивание
18. Как определится эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов ?
19. Какую размерность имеет абсолютная диэлектрическая проницаемость среды в системе СИ по закону Кулона  $\epsilon_0$ ?
20. Какой прибор используется для измерения электрического напряжения?

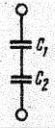
# ВАРИАНТ 4

Выберите правильный ответ:

- При последовательном соединении двух конденсаторов, подключённых к источнику питания, один из них оказался пробитым. Как изменится запас прочности другого конденсатора?
  - уменьшится
  - увеличится
  - останется неизменным

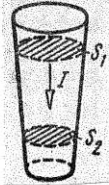
- Какой из этих ёмкостей можно пренебречь при приближённом определении общей ёмкости, если  $C_1 \gg C_2$ ?

- $C_1$
- $C_2$



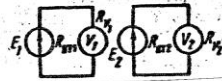
- В каком сечении скорость упорядоченного движения свободных электронов, обеспечивающих данный ток  $I$ , больше?

- в сечении  $S_1$
- в сечении  $S_2$
- скорости в обоих сечениях одинаковы



- Каковы соотношения между показаниями вольтметров, если  $E_1 = E_2$ ,  $R_{V2} > R_{V1}$ ,  $R_{VT1} = R_{VT2}$ ?

- $U_1 = U_2$
- $U_1 > U_2$
- $U_1 < U_2$

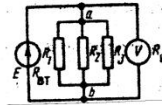


- Существуют ли химически чистые металлы, у которых температурный коэффициент сопротивления  $\alpha = 0$ ?
  - существуют
  - не существуют
  - существуют при низких температурах

- Какой характеристикой источника является ЭДС?
  - силовой
  - энергетической
  - кинетической

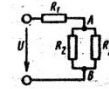
- Каким должно быть сопротивление вольтметра, чтобы он не влиял на режим работы цепи?

- $R_V = 0$
- $R_V \gg R_{ab}$
- $R_V \approx R_{ab}$



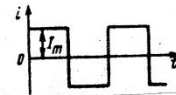
- Как изменится напряжение на участке AB, если параллельно ему включить еще одно сопротивление ( $U = \text{const}$ )?

- не изменится
- уменьшится
- увеличится



- Каково соотношение между амплитудными и действующими значениями тока, представленного на графике?

- $I = 0,707 I_m$
- $I = I_m/2$
- $I = I_m$



- Может ли ротор асинхронного двигателя раскрутиться до частоты вращения магнитного поля?

- может
- не может

- С какой целью двигатель с фазным ротором снабжают контактными кольцами и щётками?

- для подключения двигателя к цепи
- для соединения ротора с регулировочными реостатами

12. Перевести в вольты 0,15 МВ

- а) 1500000 В
- б) 15000000 В
- в) 150000 В
- г) 15000 В

13. Как определяется эквивалентное сопротивление при последовательном соединении резисторов ?

- а)  $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
- б)  $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$
- в)  $R = U/I$

14. Как определяется напряжение при параллельном соединении резисторов ?

- а)  $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$
- б)  $U = \text{const}$
- в)  $U = I \cdot R$

15. К каким последствиям приводит автоматизация производства?

- а) облегчает труд рабочего
- б) повышает благосостояние трудящихся
- в) уменьшает различие между умственным и физическим трудом
- г) ко всем выше перечисленным последствиям

16. При каком напряжении выгоднее передать энергию в линии при заданной мощности?

- а) при пониженном
- б) при повышенном
- в) безразлично

17. Какая сеть требует меньшего расхода металла на провода при равной длине и одинаковой передаваемой мощности ?

- а) сеть напряжением 220/127 В
- б) сеть напряжением 380/220 В
- в) расход металлов на провода в названных выше сетях практически одинаков

18. Какой прибор используется для измерения электрического сопротивления?

19. Какой ток наиболее опасен при прочих равных условиях?

- а) постоянный
- б) переменный с частотой 50 Гц
- в) переменный с частотой 50 МГц

20. Сформулировать и записать первый закон Кирхгофа.



**Эталоны ответов**  
к контрольной работе по дисциплине «Электротехника и электроника»

№	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
вопрос	ответ	баллы	ответ	баллы	ответ	баллы	ответ	баллы
1	в	1	в	1	в	1	а	1
2	в	1	б	1	б	1	а	1
3	б	1	б	1	а	1	б	1
4	б	1	а	1	б	1	в	1
5	б	1	б	1	б	1	б	1
6	б	1	в	1	б	1	б	1
7	а	1	б	1	в	1	б	1
8	б	1	а	1	в	1	б	1
9	в	1	б	1	в	1	в	1
10	а	1	а	1	а	1	б	1
11	б	1	б	1	б	1	б	1
12	б	1	г	1	а	1	в	1
13	а	1	б	1	б	1	а	1
14	а	1	б	1	в	1	б	1

15	в	1	в	1	в	1	г	1
16	г	1	в	1	в	1	б	1
17	г	1	в	1	а	1	б	1
18	нет	2	амперметр	2	$R=R_1+R_2+R_3\ldots$	2	Ом метр	2
19	Ватт метр	2	Станина ,магнито провод,о бмотка статора, ротор	2	безразмер ная	2	б	2
20	$I=U/R$	2	$I=E/R+r$	2	Вольт метр	2	$I_1+I_2+I_3$ $+...+I_n=0$	2
<b>Итого: 23</b>		<b>Итого: 23</b>		<b>Итого: 23</b>		<b>Итого: 23</b>		

Критерии оценок:

Максимальное количество баллов – 23

Оценка «отлично» – 23 – 21

Оценка «хорошо» – 20 – 18

Оценка «удовлетворительно»-17-15