The background features a dark blue gradient with faint technical diagrams, including circular gauges and a scale with numerical markings (150, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260).

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
ТЕМА  
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ  
КОМПРЕССОРОМ»

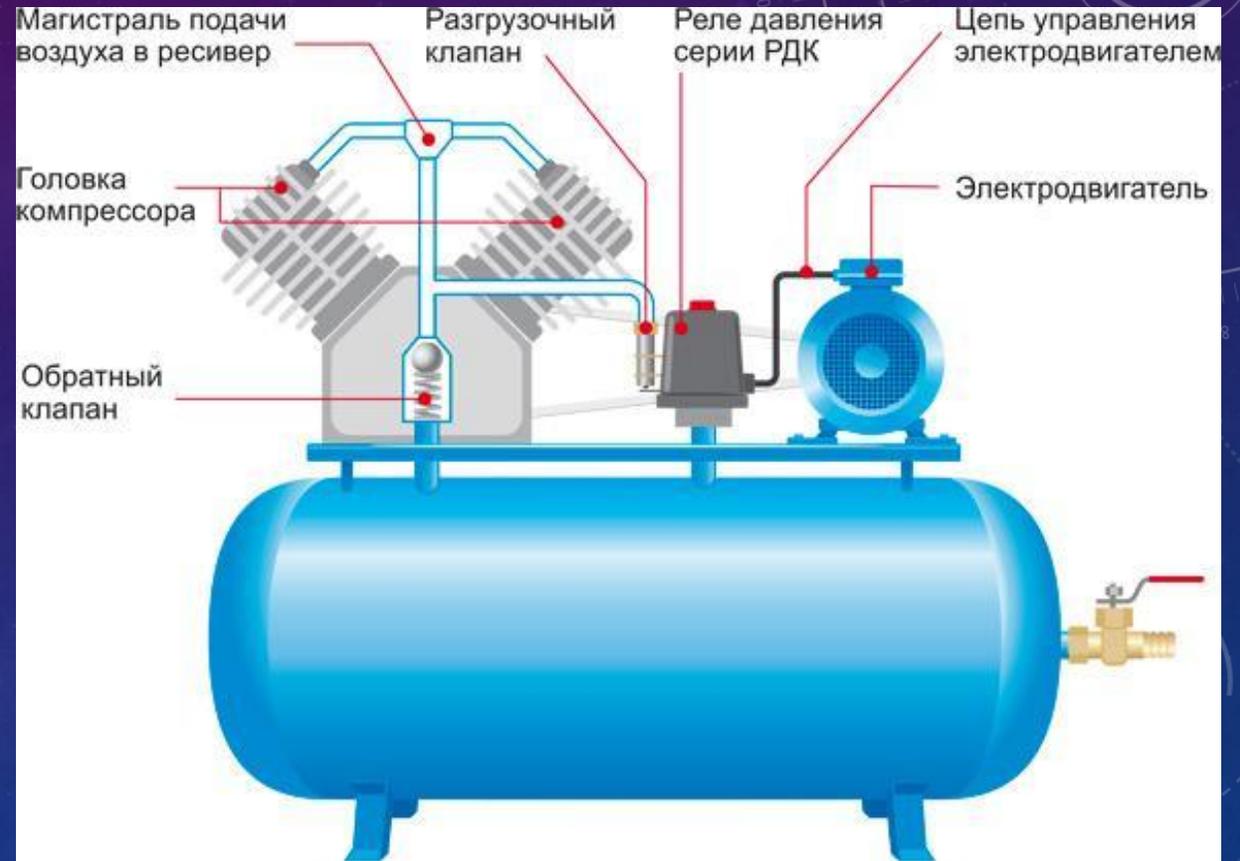
РАЗРАБОТАЛ ГАФИЯТУЛЛИН РУСЛАН

ГРУППА МЭ-41

# ВВЕДЕНИЕ

- Цель курсового проекта – получить навыки расчета и выбора электрооборудования компрессора, составления технической документации, закрепить навыки чтения и составления электрических схем.
- Актуальность темы: компрессоры широко применяются в сельском хозяйстве, промышленности, применение в различных сферах жизнедеятельности человека поэтому существует объяснимая потребность в разработке и проектировании надежных и безопасных компрессорных установок.
- Задачи:
  - Рассчитать мощность электродвигателя;
  - Разработать схемы панели управления;
  - Выбрать аппараты защиты, сечение проводов и кабелей, способы их прокладки.

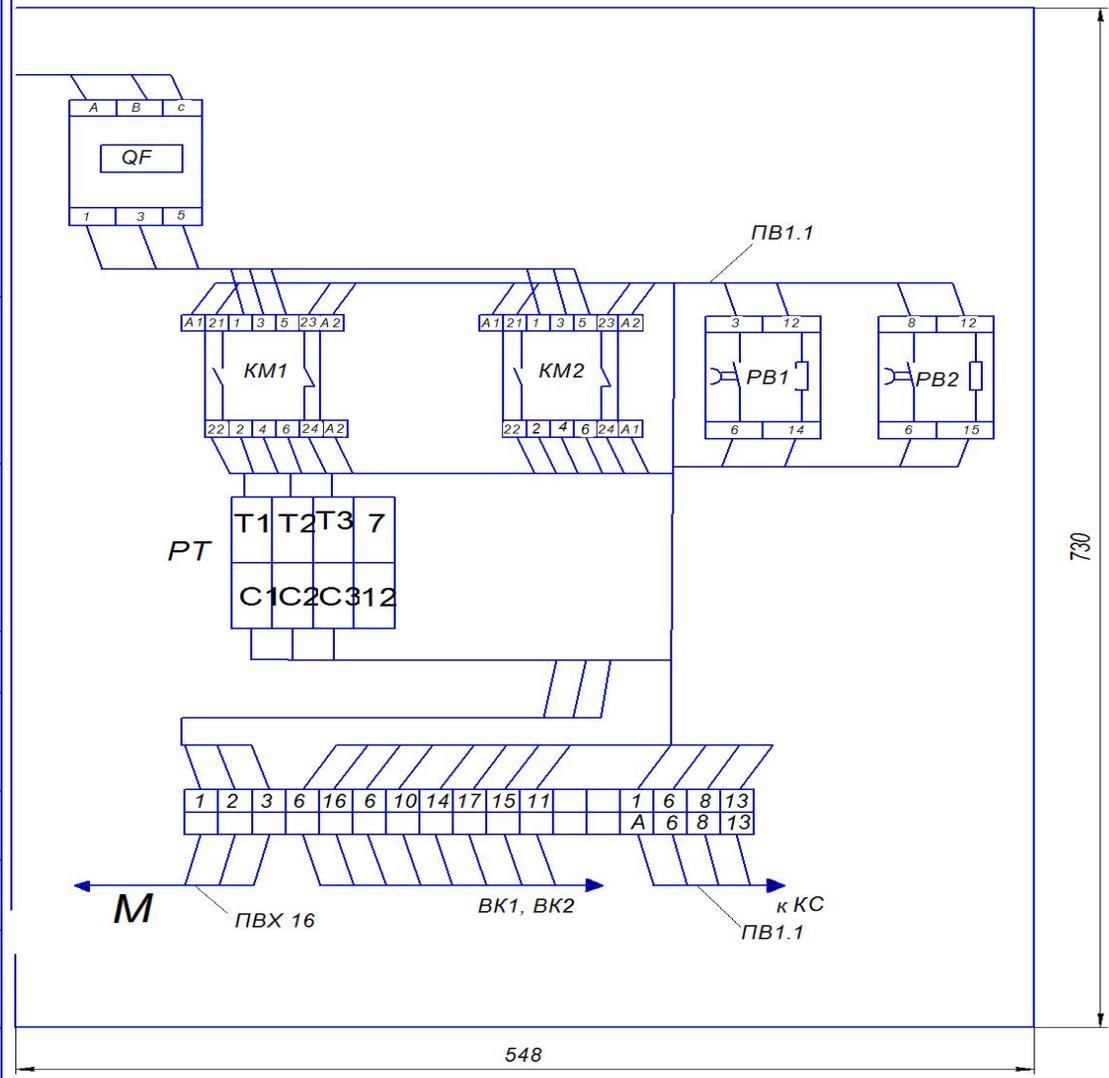
# ВНЕШНИЙ ВИД КОМПРЕССОРА



# МОНТАЖНАЯ СХЕМА

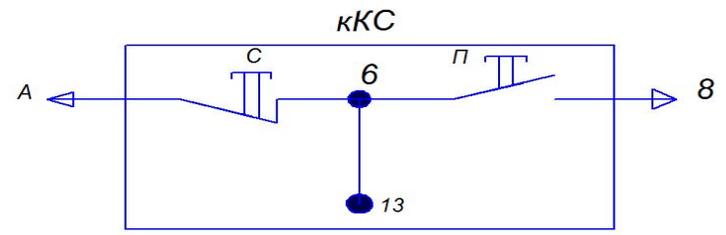
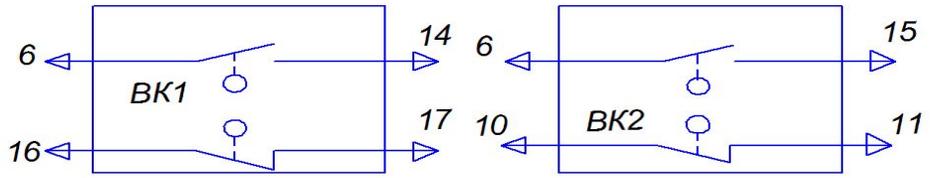
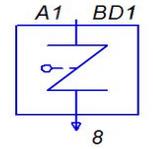
ГПОУ СИК МЭ-41 877 ПР

Перс. прораб.  
Стрел. №  
Полн. и дата  
Изм. № подл.  
Полн. и дата  
Изм. № подл.  
Полн. и дата  
Изм. № подл.  
Полн. и дата



730

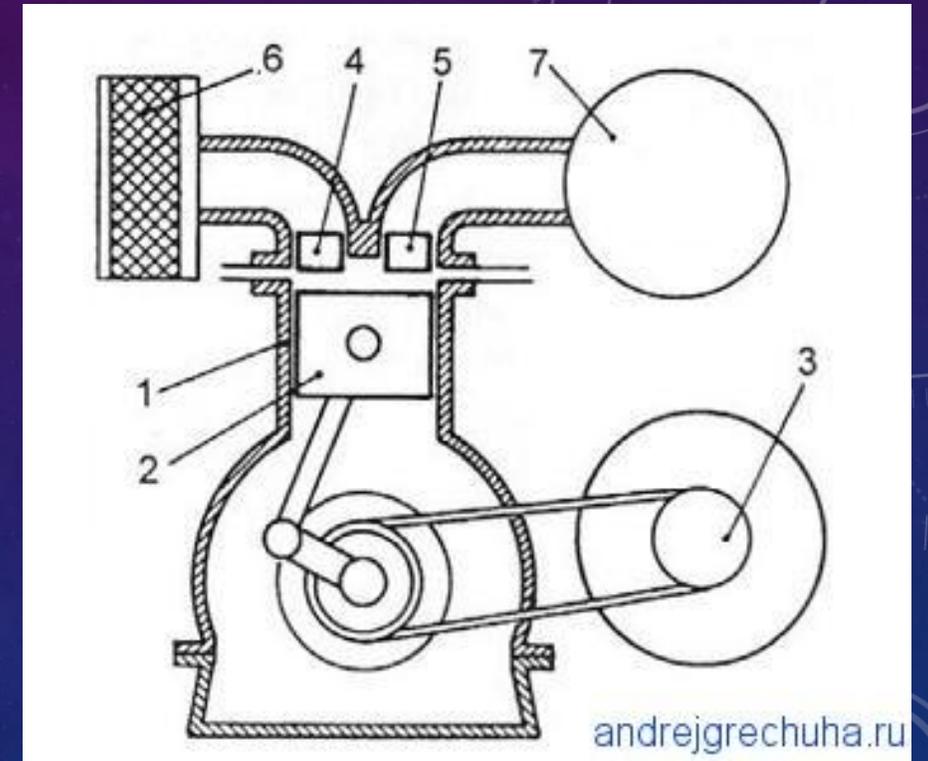
548



ГПОУ СИК МЭ-41 877 ПР				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2:1
Разраб.						
Пров.						
Т. контр.						
Н. контр.						
Утв.						
Монтажная схема					Лист	Листов 1
					МЭ-41	
Копировал					Формат А2	

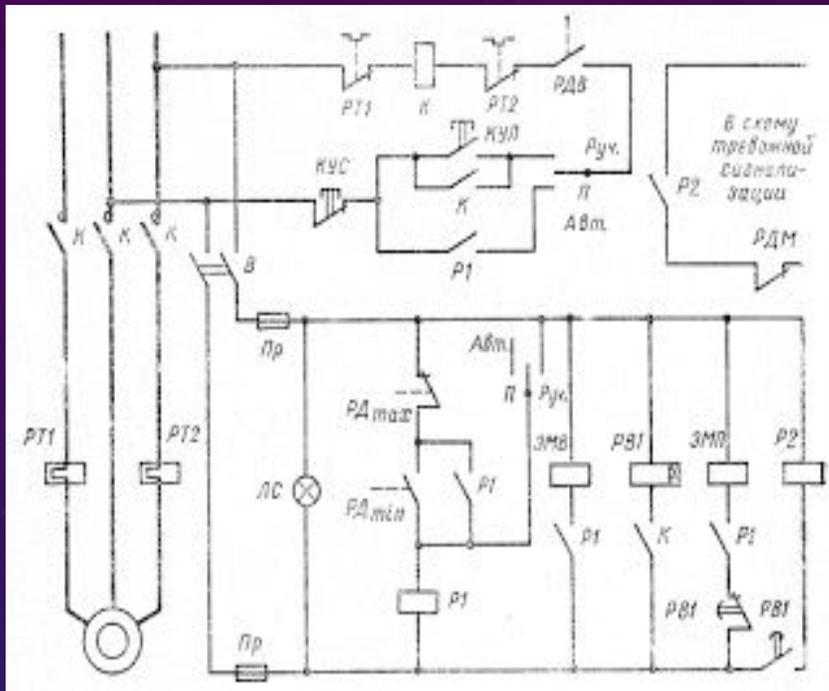
# ПРИНЦИП РАБОТЫ КОМПРЕССОРА

- **Устройство поршневого компрессора**
- Компрессор состоит из цилиндра 1, поршня 2, двигателя 3, вращающего приводной вал, впускного 4 и нагнетательного 5 клапанов, фильтра 6 и ресивера 7. **Принцип работы поршневого компрессора** заключается в следующем. Вращающийся от двигателя приводной вал (кривошипно-коленчатого или эксцентрикового исполнения) преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное перемещение поршня, которым обеспечивается подача сжатого воздуха в полость ресивера.
- Очистка отбираемого внешнего воздуха производится фильтром, который одновременно представляет собой и осушитель воздуха для компрессора. Цикличность поступления воздуха в рабочую полость цилиндра осуществляется синхронным действием клапанов: при обратном ходе поршня открывается впускной клапан (соответственно, закрывается нагнетательный), а при прямом – наоборот – впускной клапан закрывается, а нагнетательный открывается.



# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОМПРЕССОРА

## Схема управления автоматизированного электропривода компрессора



На рис. показана **схема управления автоматизированного электропривода компрессора**. Схема предусматривает управления: ручное — кнопками управления КУП и КУС; автоматическое — в функции давления в баллонах.

**При ручном управлении** переключатель П ставится в положение «Руч.». После замыкания выключателя управления В получает питание катушка реле Р1. Контакт этого реле подает питание на электромагнитный клапан ЭВМ, который открывает доступ охлаждающей воде в зарубашечное пространство компрессора. Вторым замкнувшимся контактом Р1 включается электромагнитный клапан продувания ЭМП. В это время охлаждающая вода создала нужное давление ( $1,5 \text{ кгс/см}^2$ ) в охлаждающей системе компрессора и срабатывает реле давления воды РДВ — его контакт замыкается в цепи контактора К. Компрессор еще не работает, но уже охлаждается водой, а его цилиндры через открытые клапаны продувания ЭМП сообщены с окружающей атмосферой.

**При нажатии на кнопку КУП** срабатывает контактор К и начинает работать компрессор и через клапаны ЭМП выдувает скопившийся конденсат. Одновременно с началом вращения компрессора блок-контакт К включает реле времени РВ1, которое по истечению 15 с размыкает свой контакт в цепи клапана продувания ЭМП. Клапан закрывается, и продувание прекращается — теперь компрессор нагнетает воздух в баллоны.

**При автоматическом управлении** переключатель П переводится в положение «Авт.». При снижении давления воздуха в баллонах до  $6 \text{ кгс/см}^2$  замыкается контакт реле давления РДmin и через замкнутый контакт РДmax запитывается реле Р1, после чего схема срабатывает на пуск так же, как при ручном управлении, только вместо кнопки КУП замыкается контакт Р1.

**При повышении давления воздуха в баллонах** выше  $6 \text{ кгс/см}^2$  контакт РДmin размыкается, но реле Р1 продолжает получать питание через свой блок-контакт Р1, шунтирующий реле РДmin. При достижении давления воздуха в баллонах  $8 \text{ кгс/см}^2$  размыкается контакт реле РДmax, что приводит к остановке компрессора. При падении давления ниже  $8 \text{ кгс/см}^2$  контакт РДmax замыкается, но пуск компрессора произойдет только после того, как снизится давление воздуха до  $6 \text{ кгс/см}^2$  и замкнется контакт реле РДmin.

# РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

- Расчет мощности электродвигателя определяем по формуле:

$$P_{\text{дв.в}} = K_3 \frac{QH \cdot 10^{-3}}{\eta_k \eta_{\text{п}}} \text{ кВт где:}$$

- Q- производительность компрессора (20 м<sup>3</sup>/с)
- Н-напор газа (начальное 1.1\*10<sup>5</sup>, конечное 10\*10<sup>5</sup> Па)
- $\eta_k$  - КПД компрессора(0,78)
- $\eta_{\text{п}}$ -КПД механизма (0,95)
- $K_3$ -коэффициент запаса(1.1-1.2).

- $P_{\text{дв.в}} = 1.1 \frac{20 \cdot 10 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0.78 \cdot 0.95} = 29 \text{ кВт}$

- По справочнику выбираем двигатель марки 4А200М4УЗ (3х фазный асинхронный двигатель серии А, степень защиты IP 44, станина чугунная или стальная, высота оси вращения 200 мм, условная длина станины М, число пар полюсов 4, категория размещения 3 (сухие помещения) мощностью 30 кВт.



# ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

- Для выбора автоматического выключателя и предохранителей необходимо вычислить номинальный ток нагрузки  $I_{\text{НОМ}}$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi} = \frac{29000}{\sqrt{3} \cdot 380\text{В} \cdot 0,8} = 55 \text{ А}$$

- $P_{\text{н}}$  – мощность эл.двигателя
- $U_{\text{н}}$  – величина напряжения сети
- Далее необходимо выбрать ток расцепителя по условию:

$$I_{\text{р}} \geq 1,25 I_{\text{НОМ,э}}$$

$$I_{\text{р}} \geq 1,25 \cdot 55\text{А} = 69\text{А}$$

- По справочнику выбираем автоматический выключатель марки : ВА 51Г-31  $I_{\text{н.}} = 100 \text{ А}$   $I_{\text{н.расц}} = 63 \text{ А}$   $I_{\text{откл}} = 5 \text{ кА}$



- Выберем автоматический выключатель для цепи управления:

$$I_{\text{эл.расц}} \geq I_{\text{ном}}, \text{ А}$$

$$I_{\text{расч}} = 0,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{эл. расц.}} \geq 1,25 \times 0,6$$

$$I_{\text{эл. расц.}} \geq 0,75 \text{ А}$$

- Выбираем автоматический выключатель АЕ2020 16/1 с номинальным током максимального расцепителя 1 А и кратностью отсечки 7.



# ВЫБОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ

- Электромагнитные пускатели выбирают по следующим условиям:
- Серия электромагнитного пускателя
- Величина электромагнитного пускателя (ток нагрузки, который способен включать и выключать пускатель своими главными контактами)
- Рабочее напряжение катушки
- Должно соответствовать напряжению цепей управления – стандартные значения напряжения ~24 В, ~110 В, ~220 В, ~380 В, DC 24 В
- Количество дополнительных контактов электромагнитного пускателя
- Степень защиты, IP

Позиционные обозначения и типы		Напряжение главных контактов, В	Ток главных контактов, А	Число главных контактов зам./разм	Число вспом. контактов зам./разм	Напряжение катушки, В
ПМ12-063 24 1-63А-380А С-УХЛ2-Б	требуется	380	55	3/0	2/2	380
	<b>выбрано</b>	380	63	3/0	2/2	380



# ВЫБОР ТЕПЛОВЫХ РЕЛЕ

## Выбор тепловых реле

Тепловые реле выбираются по номинальному току двигателя (или длительному расчетному току):

$$\begin{cases} I_{\text{ном.т.р}} \geq I_{\text{ном. Дв}} \\ \text{ном.т.р } 55\text{A} \geq \text{ном. Дв } 69\text{A} \end{cases}$$

При выборе теплового реле необходимо стремиться к тому, чтобы ток уставки находился в центре диапазона регулирования. При выборе тепловых реле предпочтительнее выбирать трехполюсное реле серии РТЛ, при больших токах – 3 однополюсных реле серии РТТ.

По справочнику выбираем тепловое реле: РТЛ – 2061 – 2 с регулируемым диапазоном 55 до 70 А.



# ВЫБОР РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

- Выбор реле производится по:
  - - числу контактов;
  - - времени выдержки срабатывания контактов;
  - - напряжению катушки;
  - - степени защиты IP.
- Произведём выбор реле времени: Число контактов реле времени 2, время выдержки 15 сек, напряжение катушки 380В, степень защиты IP20

Результаты выбора реле времени

Позиционные обозначения и типы		Число контактов с выдержкой времени зам/разм	Число контактов мгновенного действия зам/разм	Напряжение питания, В	Выдержка времени, сек	Степень защиты
КТ1 РПЛ-122 с приставкой ПВЛ-11М (+13.+1р.)	требуется	0/1	0/0	380	15	IP20
	выбран	1/1	2/2	380	0,1 ÷ 30	IP20



# ВЫБОР СИГНАЛЬНЫХ ЛАМП И ЛАМП МЕСТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Выбор элементов сигнализации и местного освещения выполняется по условиям:

- величины рабочего напряжения (должно соответствовать напряжению цепей в которых установлена лампа);
- выполняемых функций (размер, цвет лампы, излучаемый световой поток);
- экономичности (минимальное потребление электрической энергии).

По справочнику выбираем светодиодную лампу марки СКЛ13  
Светодиодные лампы типа СКЛ 13 выпускаются с цоколем E10

Марка лампы	Наименование на плане	Номинальное напряжение		Номинальный ток лампы, А	Высчитанная мощность, Вт	Цвет
		по схеме, В	по паспорту, В			
СКЛ13	ЛС	380	380	0,003	0,33	красный



# ВЫБОР АППАРАТОВ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Выбор этих аппаратов производится:

1) по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{ном.с}}$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение аппарата, В;

$U_{\text{ном.с}}$  – номинальное напряжение сети, В;

2) по длительному расчетному току цепи

$$I_{\text{ном}} \leq I_{\text{длит}} \leq I_{\text{откл}} \leq I_{\text{длит}}$$

где  $I_{\text{ном}}$  – номинальный ток аппарата, А;

$I_{\text{откл}}$  – наибольший отключаемый аппаратом ток, А;

$I_{\text{длит}}$  – длительный расчетный ток цепи, А.

Длительный расчетный ток цепи:

$$I_{\text{длит}} = S / U_{\text{ном.с}}, \text{ А,}$$

где  $S$  – наибольшую суммарную мощность, потребляемую аппаратами при одновременной работе, ВА.

$$S = \sum S_{pi}, \text{ ВА,}$$

- $S = SKM1 + SKM2 + SKT1 + SKT2 + SKT3 + SKT4 = 50 \times 4 + 8 \times 4 = 232 \text{ ВА}$

- В схеме вентиляционной установки напряжение в цепях управления составляет 380 В., максимальное количество одновременно включенных аппаратов – 4 контактора и 4 промежуточных реле. Согласно справочным данным контактор в рабочем состоянии потребляет 50 ВА, а промежуточные реле 8 ВА. Определяем длительный расчетный ток:  $I_{\text{длит}} = \frac{232}{380} = 0.6 \text{ А}$



Позиционное обозначение	Серия	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Число полюсов	Степень защиты
П1	ПМО Ф221Д1У3	380	10	2	IP40
П2	ПМО Ф1121Д1У3	380	10	2	IP40

- В схеме имеется 2 переключателя SA, который обеспечивает два режима работы установки – автоматический и ручной. ПМО – переключатель малогабаритный общепромышленный, предназначен для коммутации электрических цепей управления, сигнализации и защиты напряжением от 12 до 220В постоянного тока и от 24 до 380В переменного тока частотой 50,60 и 400Гц при токах от 0,25 до 6,3А в стационарных установках.

# ВЫБОР КНОПОК УПРАВЛЕНИЯ

- Номинальное напряжение в цепях управления составляет 380 В, средний ток 0,6 А, что удовлетворяет условиям.
- Выбираем кнопки с цилиндрическим толкателем серии КЕ

Результаты выбора кнопок управления

Позиционные обозначения и типы		Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Цвет толкателя	Число контактов зам./разм.	Степень защиты
КУС КЕ-011У3	требуется	380	0,6	красный	1/1	IP44
	выбрано	500	6,3	красный	1/1	IP44
КУЛ КЕ-011У3	требуется	380	0,6	чёрный	1/1	IP44
	выбрано	500	6,3	чёрный	1/1	IP44



# ВЫБОР ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

- Для контроля давления компрессора с мощностью двигателя 29 кВт с расчетным током цепи управления 0.6А и от температуры работы +50 -50°C требуется прибор с выходным сигналом 4-20 мА, погрешность не должна превышать  $\pm 0,1\%$ .
- Для назначения прибора для контроля за давлением был произведен сравнительный анализ приборов, из справочников.
- В результате анализа был выбран Метран-150, так как у него выходной сигнал 4-20 мА, основная погрешность составляет не более  $\pm 0,075\%$ .
- Диапазон температур окружающей среды составляет от минус 55 до плюс 80°C.
- Улучшенный дизайн и компактная конструкция. Поворотный электронный блок. Высокая перегрузочная способность. Защита от переходных процессов. Внешняя кнопка установки «нуля»
- Технические характеристики указаны ниже.
- Измеряемые среды: жидкости, в т.ч. нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси.
- гарантийный срок эксплуатации 3 года



## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ МЕТРАН 150

Датчики Метран150 штуцерного исполнения В измерительных блоках используется тензорезистивный тензомодуль на кремниевой подложке. Чувствительным элементом тензомодуля является пластина 1 из кремния спленочными тензорезисторами. Давление через разделительную мембрану 3 и разделительную жидкость 2 передается на чувствительный элемент тензомодуля. Воздействие давления вызывает изменение положения чувствительного элемента, при этом изменяется электрическое сопротивление его тензорезисторов, что приводит к разбалансу мостовой схемы. Электрический сигнал, образующийся при разбалансе мостовой схемы, измеряется и подается в электронный преобразователь, который преобразует это изменение в выходной сигнал. В моделях 150ТА и 150ТАR полость над чувствительным элементом вакууммирована и герметизирована.



# РАСЧЕТ И ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

- Выбор проводов будем проводить по двум условиям:
- $I_{\text{длит. доп.}} \geq I_{\text{расч}}$
- $I_{\text{длит. доп.}} \geq K_3 \times I_3$
- где,  $I_{\text{длит. доп.}}$  – длительно допустимый ток для проводов и кабелей
- $I_{\text{расч}}$  – длительный расчётный ток линии;
- $K_3$  – кратность длительно допустимого тока провода или кабеля по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата (автоматического выключателя  $K_3 = 1$ )
- $I_3$  – номинальный ток, или ток срабатывания защитного аппарата.
- 1. Выбираем провод для цепи управления:
  - Расчётный ток  $I_{\text{расч}}$  цепи управления равен 0,6 А, цепь управления защищена автоматическим выключателем: АЕ2020 16/1 с номинальным током максимального расцепителя 1 А и кратностью отсечки 7. Выбираем для цепи управления провод ПВ1 сечением 1 мм<sup>2</sup>, т.к. по данному проводу может протекать допустимый ток 75 А.
  - $16 \text{ A} \geq 1 \text{ A}$
  - Проверим выбранный провод по условию. Так как провод защищён автоматическим выключателем, то  $K_3 = 1$ , тогда:
    - $16 \text{ A} \geq 1 \times 1 \text{ A}$
    - $16 \text{ A} \geq 1 \text{ A}$
    - Выбранный провод ПВ1 соответствует условию.
  - 2. Выберем провод для питания электродвигателя М1
    - Рабочий ток цепи равен току двигателя  $I_{\text{ном. дв}} = 55 \text{ A}$ , двигатель защищен автоматическим выключателем ВА 51Г-31  $I_{\text{н.}} = 100 \text{ A}$  с током электромагнитного расцепителя = 63А.
    - Выбираем провод ПВ с ПВХ изоляцией сечением 16 мм<sup>2</sup>
    - Проверим выбранный провод по условию, т.к кабель защищён автоматическим выключателем, то  $K_3 = 1$ 
      - $63 \text{ A} \geq 1 \times 100 \text{ A}$
      - Выбранный провод ПВ соответствует условию.



# РАСЧЕТ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЕ

Наименование	Количество	Цена (руб)	Того (руб)
1) двигатель марки 4A200M4У3	1	6000	6000
2)Контактор магнитный ПМ12-063 2 4 1-63А-380АС-УХЛ2- Б	1	613	613
4)тепловое реле РТЛ – 2061 – 2	2	544	1088
5) Реле времени РВ1 РПЛ-122 с приставкой ПВЛ-11М (+1з.+1р.)	1	1300	1300
6)Переключатели П1	2	1435	2870
7) Светодиодные лампы типа СКЛ 13	1	175	175
8) кнопки управления	2	60	120
9)Датчик давления Метран-150	1	870	870
10)Провод ПВ1 1мм <sup>2</sup>	5м	7,80	39
11)Провод ПВХ 16мм <sup>2</sup>	10м	23	230
12) ВА 51Г-31 I <sub>н.</sub> =100 А I <sub>н.расц</sub> = 63 I <sub>откл'</sub> кА= 5кА	1	1566	1566
13) автоматический выключатель АЕ2020 16/1	1	130	130

## МОНТАЖ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ

- Для выполнения проводок вторичных цепей в пределах комплектных устройств электротехнических установок применяют провода с медными и алюминиевыми жилами. Сечение проводов с медными жилами должно быть не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ , с алюминиевыми — не менее  $2 \text{ мм}^2$ , за исключением токовых цепей, соединяющих обмотки приборов защиты и измерения с вторичными обмотками трансформаторов тока. Для этих цепей применяют провода с алюминиевыми жилами сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$ , а с медными жилами — не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ .
- Монтаж вторичных цепей требует определенных знаний по компоновке потоков, умения выполнить эти потоки и сделать разводку их. Для монтажа внутренних вторичных цепей исполнителю выдают монтажные, а при необходимости — и принципиальные схемы. До начала монтажа исполнитель должен тщательно изучить монтажную схему, определить способ прокладки и скомпоновать основные потоки проводов. При компоновке потоков проводов необходимо учитывать:
  - провода, относящиеся к одной монтажной единице, объединяют в один поток;
  - не следует компоновать в один поток большое количество проводов; обычно собирают 20—25 проводов. Потоки с большим количеством проводов требуют сравнительно большой затраты труда;
  - прокладывать провода следует по наиболее коротким путям;
  - провода не должны закрывать контакты аппаратов и их крепежные детали;
  - при прокладке многослойных потоков в один ряд укладывают не более десяти проводов.
- Наиболее протяженные проводники укладывают в нижний ряд, наиболее короткие — в верхний; провода, прокладываемые от одного присоединения к другому, должны быть целыми. Сращивать провода не разрешается. Внешний вид потоков вторичных цепей в значительной степени зависит от подготовки провода. При небольших объемах работ, что характерно для монтажных управлений, подготовка провода заключается в разрезании его на необходимые длины и выравнивании.

# СПОСОБЫ СОЕДИНЕНИЯ И ОКОНЦЕВАНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЖИЛ

- При опрессовке жила вводится в трубчатую часть наконечника (гильзы), в месте соединения специальным инструментом создается давление, при котором металлы приобретают текучесть, происходит сближение проволок жилы и трубчатой части наконечника (гильзы) и образуется монолитное соединение. Высокое качество опрессованных соединений обеспечивается правильным подбором наконечников (гильз) и инструмента. Преимуществами опрессовки по сравнению с другими способами являются достаточная производительность и независимость от внешних источников энергии, а также отсутствие тепловых воздействий на изоляцию. Способ соединения и оконцевания жил пайкой основан на покрытии паяемого металла припоем и последующей его кристаллизации. При пайке припой нагревают до температуры его плавления, очищают поверхности соединения и сплавляют в заранее подготовленную форму.



## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ

- 1) Провода и кабели можно прокладывать после того как трубы, лотки и короба будут окончательно закреплены, а стальные трубы, проложенные в бороздах, фундаментах и полах,— заштукатурены или забетонированы
- 2) При использовании переносных светильников необходимо соблюдать следующие требования: их питание в помещениях повышенной опасности может осуществляться при напряжении до 42 В, а в особо опасных—12 В
- 3) Прозвонку проводов и жил контрольных кабелей можно производить с помощью приборов на напряжение не более 12 В. Перед началом прозвонки необходимо убедиться в том, что с прозваниваемых цепей снято напряжение.
- 4) Измерение сопротивления изоляции мегаомметром или другими приборами нужно производить вдвоем, причем лица, выполняющие эту работу, должны иметь соответствующую квалификационную группу по технике безопасности.
- 5) Рабочие места электромонтажников должны быть оснащены противопожарными средствами, а рабочие обучены правилам пользования ими.
- 6) На месте работ бригада электромонтажников должна иметь аптечку с набором медикаментов, необходимых для оказания первой помощи.
- 7) Электромонтажник обязан пользоваться только исправным инструментом, на ручках которого не должно быть трещин, сколов и других повреждений. Инструмент электромонтажника по вторичным цепям должен иметь изолирующие рукоятки.
- 8) Работать нужно проводить в специальной рабочей форме и с использованием диэлектрических перчаток
- 9) По окончании работ надо: привести в порядок рабочее место, удалить остатки материалов, посторонние предметы, обрезки проводов и изоляции; убрать инструмент и защитные средства на место их хранения, предварительно осмотрев и очистив их от загрязнений; вынести использованный обтирочный материал из помещения, где производились работы, в специально отведенное место; снять (после получения указания от производителя работ) вывешенные плакаты и покинуть помещение, где выполнялись работы.