

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронные системы управления технологическими машинами

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Электробезопасность при эксплуатации сельских установок.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лабораторная работа № ЛР-2Магнитные пускатели.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Лабораторная работа № ЛР-3Линии и проводки.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Лабораторная работа № ЛР-4Автоматические водокачки.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 Лабораторная работа № ЛР-5Водонагреватели.....</b>	<b>20</b>
<b>2. Методические материалы по проведению практических занятий.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Заземление и зануление. Защитное отключение...</b>	<b>32</b>
<b>2.2 Практическое занятие № ПЗ-2Элементы автоматики.....</b>	<b>38</b>
<b>2.3 Практическое занятие № ПЗ-3– Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4).....</b>	<b>50</b>
<b>2.4 Практическое занятие № ПЗ-4Электрические измерения и приборы.....</b>	<b>55</b>

# **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

## **1.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).**

**Тема: «Электробезопасность при эксплуатации сельских установок»**

**1.1.1 Цель работы:** Изучение мер электробезопасности при эксплуатации сельских установок.

### **1.1.2 Задачи работы:**

1. Электробезопасность при эксплуатации сельских установок.
2. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

### **1.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Набор слесарного инструмента, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

### **1.1.4 Описание (ход) работы**

Общие мероприятия по электробезопасности

1. Защита от прикосновения к частям электроустановок, нормально находящихся под напряжением.

Переменный ток частотой 50 Гц и величиной 100 мА, протекая через тело человека более 3 с, может парализовать деятельность сердца. Большие токи парализуют деятельность сердца за доли секунды. Дыхание может быть парализовано уже при длительном токе 30 - 80 мА. Токи в 10-25 мА, протекающие между руками или между рукой и ногами; вызывают судорогу мышц (неотпускающий ток).

При расчетах электробезопасности принимают допустимыми:

Ток, мА.....	250	65	6
Продолжительность, с .....	0,2	1	30

Длительно допустимыми токи менее 0,8 - 1 мА. В зависимости от состояния кожи, пути тока и величины напряжения сопротивление тела составляет от 100 кОм до 1000 - 500 Ом.

Электроустановки по степени опасности поражения током подразделяют на две группы: до и выше 1000 В. Напряжение в 36, 24 и 12 В считают относительно безопасными.

В зависимости от характера окружающей среды помещения разделяют на три класса:

1. С повышенной опасностью, к которым относят: а) сырье с относительной влажностью воздуха, длительно превышающей 75%; б) с проводящей пылью, выделяющейся по условиям производства в таком количестве, что она может проникать внутрь машин и аппаратов, оседать на поверхности изоляции; в) с токопроводящими земляными, железобетонными, сырьими деревянными полами; г) жаркие с температурой более 30 С (длительно); д) с возможностью одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и к соединенным с землей металлоконструкциям здания или механизмам.

2. Особо опасные. Имеющие один из признаков: а) особо сырье с относительной влажностью воздуха, близкой к 100% (потолок, стены, все предметы покрытые влагой); б) с химически активной разрушающей изоляцию средой; в) имеющие одновременно два (или более) признака помещений с повышенной опасностью.

3. Без повышенной опасности (когда нет признаков, определяющих два первых класса).

Важнейшим средством защиты от прикосновения к частям электроустановки, нормально находящимся под напряжением, служит электрическая изоляция. Ее

сопротивление измеряют мегомметром на 1000 В не реже одного раза в 2 года у электропроводки в обычных помещениях и ежегодно в помещениях с едкимиарами, сырьих, особо сырьих, взрыва- и пожароопасных. Если сопротивление между проводом одной из фаз и землей или между фазами на участке между последовательно включенными плавкими предохранителями или за последним предохранителем менее 0,5 МОм, то изоляцию надо испытать в течение 1 мин напряжением 1000 В переменного тока или мегомметром на напряжение 2500 В. Для электродвигателей в холодном состоянии норма сопротивления изоляции 1 МОм.

Оголенные токоведущие части, которые невозможно расположить на высоте, недопустимой для прикосновения, защищают кожухами, сплошными или сетчатыми ограждениями.

Под проводами воздушных электрических линий работа экскаватором, стреловых кранов и стогометателей запрещена. Работу вблизи линий разрешают только при условии, что расстояние между крайней точкой машины и ближайшим проводом составляет не менее 1,5 м при напряжении линий до 1 кВ, 2 м - при напряжении 1 - 20 кВ и 4 м при 35 и 110 кВ. При передвижении крупных машин под проводами высоковольтных линий расстояние по вертикале между высшей точкой машины или груза и низшим проводом линии должно быть не менее 1 м при напряжении до 1 кВ, 2 м при напряжении 1 - 20 кВ и 2,5 м при 35 - 220 кВ.

Для защиты от прикосновения к нормально находящимся под напряжением частям электроустановок используют защитные изолирующие средства и инструменты, указатели напряжения, предупредительные плакаты. Последние подразделяются на предостерегающие, запрещающие, разрешающие, напоминающие.

## **2. Меры электробезопасности при повреждении изоляции.**

Для защиты от поражения электрическим током при соприкосновении с частями электроустановок, которые нормально не находятся под напряжением, но при повреждении изоляции приобретают опасный потенциал, проводят порознь или в сочетании следующие защитные мероприятия: защитное заземление, зануление, защитное отключение, а также применяют двойную изоляцию, разделяющие трансформаторы; пониженное напряжение; выравнивание потенциалов.

**Двойная изоляция** заключается в наложении двух изоляционных слоев, каждый из которых длительно и надежно выдерживает рабочее напряжение.

Например, рукоятку ручного переносного светильника делают из диэлектрического материала с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надежная изоляция на тот случай, если произойдет повреждение рабочей изоляции проводов внутри рукоятки. С двойной изоляцией, изготавливают некоторые типы электросверлилок (ГОСТ 8524 - 63). Поэтому, хотя корпус у них металлический, заземлять или занулять их не требуется, но надо периодически проверять мегомметром на 500. В сопротивлении рабочей изоляции между обмоткой и сердечником статора, а также защитную изоляцию между статором и металлическими деталями корпуса. При сопротивлении изоляции менее 0,7 МОм пользоваться сверлилкой запрещено.

**В разделяющем трансформаторе** первичное напряжение - до 1000 В, вторичное - до 4000 В. Надежность конструкции и изоляции такого трансформатора повышенная. Его защитное действие основано на отделении электроприемника от первичной сети заземления. Благодаря этому прикосновение к корпусу электроприемника, на которой произошел пробой изоляции, практически безопасно. Изоляцию испытывают в течение 1 мин напряжением в 4 кВ переменного тока 50 Гц между первичной и вторичной обмотками, а также между обмотками и корпусом. От разделяющего трансформатора можно питать только один электроприемник по сравнительно коротким проводам с надежной изоляцией. Если электроприемник переносный, провод должен быть шлангового типа.

Мощности электроприемника и самого трансформатора должны быть такими, чтобы с первичной стороны трансформатор защищался плавким предохранителем с номинальным током вставки не более 15 А или автоматом с таким же током уставки, то есть трехфазный трансформатор с первичным номинальным напряжением 380 В не может иметь мощность более 10 кВА.

Запрещается заземлять или занулять вторичную обмотку разделяющего трансформатора или питающейся от него электроприемник, но корпус самого трансформатора должен быть заземлен или занулен в зависимости от режима работы нейтрали питающейся сети.

**Пониженное напряжение** (12 - 36 В) обычно получают от разделяющего трансформатора, например, для питания ручного переносного светильника. Пониженное напряжение является дополнительной гарантией безопасности. Пониженное напряжение можно применять и как самостоятельное защитное мероприятие. При питании от однородного общего понижающего трансформатора разветвленной сети 36 В для местного освещения на станках трансформатор нельзя считать разделяющим и нужно занулять не только его корпус, но и нейтраль или один из выводов вторичной обмотки.

### 3. Заземление и зануление.

Заземлением называют соединение частей электроустановки с заземляющим устройством (совокупность заземления и заземляющих проводников). Заземлитель - проводник или группа электрически соединенных проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники - металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Защитное заземление применяют во всех электроустановках до 1000 В с незаземленной нейтралью.

В сельских сетях напряжением 380 В с наглухо заземленной нейтралью применяют зануление. Под занулением понимают соединение корпусов электроприемников, каркасов распределительных щитов и шкафов, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и проводок, станины станков с заземленной нейтральной точкой (нулевой точкой) генератора или вторичной обмотки трансформатора, питающего сеть.

В качестве зануляющих обычно используют рабочие нулевые провода. К однофазным электроприемникам (например, светильникам и электроинструменту) прокладывают отдельный (третий) зануляющий проводник. При замыкании фазы на зануленный корпус электроприемника или другие детали установки происходит однофазное короткое замыкание (к. з.), которое должно вызывать достаточно быстрое (несколько секунд или доли секунды) отключение поврежденного участка электроустановки или электроприемника.

Применение в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью защитного заземления без связи с нулевой точкой источника запрещено. На случай обрыва нулевого провода на воздушных линиях и для снижения напряжения на зануленном оборудовании при повреждении изоляции в нем (в том числе при целом нулевом проводе) по концам линии или ответвленной длиной более 200 м, а также в промежуточных точках не реже чем через 250 м делают повторные заземления нулевого провода. В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током при напряжении 380/220 В, а также во всех помещениях (кроме взрывоопасных) при напряжении 36 В и ниже переменного тока или 110 В и ниже постоянного тока зануление и защитное заземление не применяют.

Сопротивление заземлений повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом. Если сеть питается от подстанции или электростанции с суммарной мощностью агрегатов до 100 кВа, то сопротивление каждого повторного заземлителя при их количестве не менее трех на линию может достигать 30 Ом.

Наименьшие допустимые размеры стальных зануляющих проводников указаны в таблице. На воздушных линиях стальные однопроволочные нулевые провода,

используемые в качестве зануляющих, могут быть того же диаметра, что и фазные (наименьший - 4 мм на линии и 3 мм на ответвлении для ввода в дом).

Проводимость зануляющих проводников из цветных металлов - не менее 0,5 от проводимости фазных проводников на данном участке (кроме воздушных линий, питающих животноводческие фермы, и их внутренних проволок, где проводимости нулевых проводов должны быть не менее проводимости фазных). Наименьшие допустимые по механической прочности сечения зануляющих проводников из цветных металлов указаны в таблице.

В качестве зануляющих проводников в дополнение к ним, а когда достаточно по проводимости, то и вместо них следует применять так называемые естественные зануляющие проводники: металлические трубопроводы (кроме газопроводов и труб, содержащих горючие жидкости и газы), а также стальные конструкции зданий, подкрановые пути.

Металлические оболочки кабелей (но не проводов). Исключением являются взрывоопасные помещения класса В-1, где в электропроводках во всех случаях должен быть отдельный зануляющий проводник или специальная кабельная жила. Быстрое автоматическое отключение поврежденного участка или электроприемника обеспечивает ток металлического однофазного к. з. только при величине не менее трехкратного номинального тока плавкой вставки предохранителя или номинального тока расцепителя автомата с зависимой от тока характеристикой.

Во взрывоопасных наружных электроустановках или помещениях необходимая кратность - 4 для предохранителя и 6 для автомата с зависимой характеристикой. При установке автоматов с расцепителями, имеющими независимую характеристику (электромагнитный без теплового реле или часового механизма), ток однофазного короткого замыкания должен в 1,4 раза превышать ток срабатывания расцепителя при номинальном токе автомата до 100 А, или в 1,25 раза при большем номинальном токе.

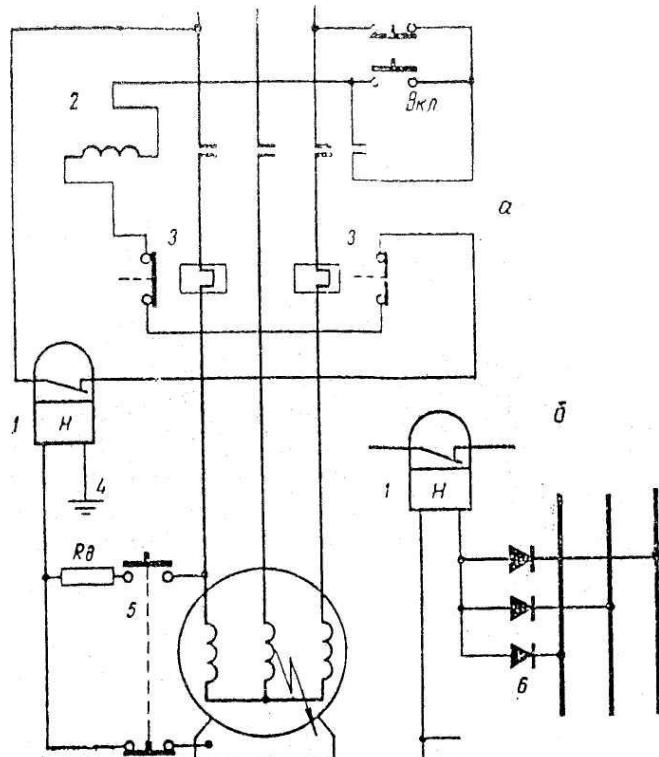


Рисунок 1 - Схема защитного отключения по напряжению.

*a* - со вспомогательным заземлителем: в-фрагмент схемы с выпрямителями вместо заземлителя: 1- реле напряжения: 2-катушка магнитного пускателя: 3- тепловые реле пускателя: 4- вспомогательное заземление: 5- кнопка контроля: 6- выпрямители ДГЦ.

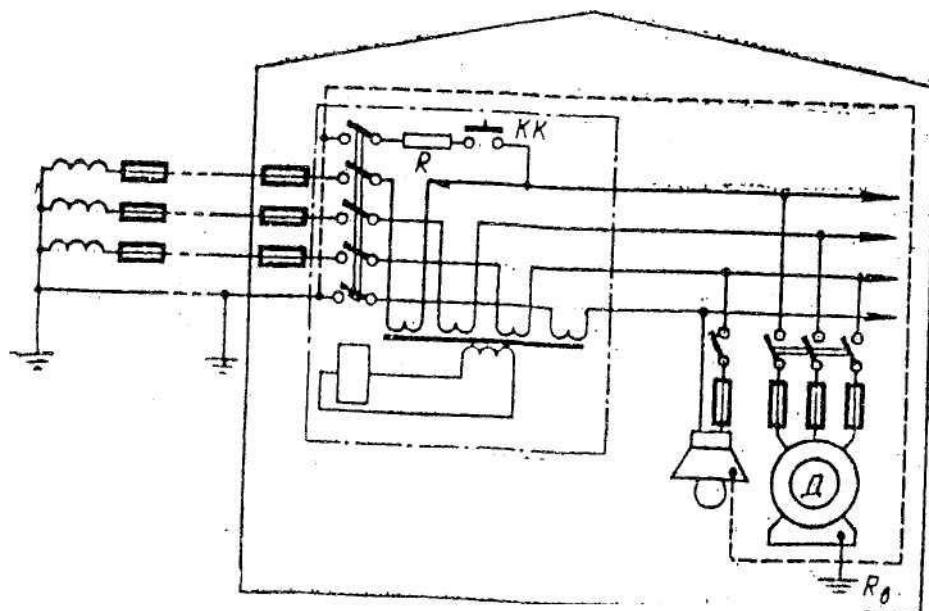


Рисунок 2 - Схема защитного отключения по току утечки.

#### 4. Защитное отключение.

Защитное отключение происходит автоматически не более чем за 0,2 с. При повреждении изоляции относительно корпуса оборудования и для уменьшения вероятности поражения при однофазном прикосновении человека к сети 380/220 В. Применяют его вместо зануления или в дополнение к нему. Защитное отключение по току утечки уменьшает опасность поражения при прикосновении к токоведущим частям.

Защитное отключение по напряжению осуществляют при помощи реле напряжения типа РН-60 или ЭН-500. Вспомогательное заземление, к которому присоединена катушка автомата, должно иметь сопротивление не более нескольких сотен Ом (вместо 10 или 30 Ом, которое должно было бы иметь повторное заземление при использовании зануления). Если корпус защищаемого оборудования связан с землей, помимо цепи через катушку автомата, то вспомогательное заземление должно отстоять от защищаемого оборудования не менее чем на 10 м.

Для защитного отключения по току утечки служит специальный автоматический выключатель, например типа F1, в котором применен трансформаторный фильтр токов нулевой последовательности с первичными обмотками для всех 4 проводов сети и с одной вторичной обмоткой, замкнутой на отключающую катушку автомата. Пока в защищаемых токоприемниках нет утечки тока через изоляцию на землю, в магнитопроводе трансформаторного фильтра сумма мгновенных значений магнитных потоков от всех четырех катушек равна нулю. Появление тока утечки определенной величины приводит к появлению во вторичной обмотке тока, достаточного для отключения автомата. Вместо вспомогательного заземления здесь можно использовать и зануление, но присоединять защищаемые металлические предметы к нулевому проводу надо до автомата по ходу энергии, а не после автомата. Иначе ток утечки будет проходить через фильтр и к месту повреждения и обратно, отчего автомат не сработает. Автоматы F1 имеют токи срабатывания от 30 до 300 мА.

Разработаны для сельскохозяйственных установок защитно - отключающие устройства (ЗОУ) с токами срабатывания 10 и 20 мА. Надо помнить, что их нельзя применять для одновременной защиты большой группы электроприемников: в этом случае происходят ложные срабатывания из-за токов утечки, которые всегда есть даже в практически исправной электрической сети (например, на вводе фермы они иногда превышают 10 мА). ЗОУ применяют для индивидуальной защиты цепи одного электро - приемника или группы из двух - трех приемников. Для обеспечения высокой чувствительности эти устройства снабжены полупроводниковыми усилителями между

вторичной катушкой трансформаторного фильтра токов нулевой последовательности и катушкой магнитного пускателя или автомата, отключающего сеть.

Защитно-отключающее устройство ЗОУП-25 для передвижных электроустановок состоит из магнитного пускателя ПМЕ-236 и блока защитного устройства, встроенного в корпус пускателя вместо термобиметаллических реле. Оно применимо и для стационарных электроприемников в сети с заземленной нейтралью.

Реле утечки серии РУД-02 бывают двух исполнений: для однофазных двухпроводных цепей РУД-022 (применяют в жилых и вспомогательных помещениях; контакты обеспечивают непосредственное отключение и включение защищаемой цепи); для четырехпроводной сети с заземленной нейтралью - РУД-024 (применяют в комплекте с пускателем или автоматом, уже имеющимся в установке; контакты воздействуют на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата). Реле РУД-024 допустимо к установке в помещениях с запыленной или агрессивной средой только в специальном защитном кожухе (например, в аппаратном ящике ЯАП-1 сборных распределительных устройств серии РУС). Технические характеристики устройств ЗОУП-25 и РУД-02 приведены в таблице.

Таблица 1 - Технические характеристики защитно-отключающих устройств по току утечки.

Наименование показателя	Значение показателей для устройства		
	ЗОУП-25	РУД-022	РУД-024
Номинальное напряжение, В	380	220	380
Номинальный ток, А	25	10	25
Уставка, мА	10+3	10+1	20+2
Время срабатывания, с	Не более 0,05	0,05	0,025
Относительная влажность не более, %	90	80	98
Температура окружающего воздуха, °C	±40	0±50	-40 ±50
Высота над уровнем моря не более, м	1000	2000	2000
Масса, г-	4,5	1,5	1,3/3,8
Габариты, мм	160x256x150	165x100x115	165x100x115 (262x140x135 в кожухе)
Мощность, потребляемая полупроводниковой схемой, Вт	30		
Число включений и отключений	10		

Для нормальной работы полупроводникового реле необходимо напряжение в сети в пределах 0,85 - 1,1 от номинального.

Установочные автоматические выключатели серии АЕ-2000 могут иметь блок чувствительного органа для защитного отключения по току утечки с полупроводниковым реле, для нормальной работы которого напряжение сети должно быть в пределах 0,85 - 1,1 от номинального. Время срабатывания автомата не более 0,1 с, а время готовности выключателя к работе 0,2 с. Автомат предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от -40 до +40°C, относительной влажности до 90% и высоте над уровнем моря до 1000м.

Защитное отключение по току в нулевом проводе (в сочетании с зануленем) при номинальном токе до 50 А выполняют с помощью автомата АК50-2МЗТО, имеющего мгновенный электромагнитный токовый расцепитель в нулевом проводе (при еще двух - в фазах). При больших токах используют магнитные пускатели или автоматы с независимыми расцепителями (например, А3124 или А3134) и реле типа РЭ-571т., включенным в нулевой повод и действующим на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата. Так как обычно ток в нулевом проводе не превышает 0,5 от тока в фазном проводе, уставка реле или расцепителя в нулевом проводе может быть значительно меньше, чем номинальный ток фазных расцепителей. Тем самым создается чувствительная мгновенная защита от однофазных коротких замыканий на зануленное оборудование. При этом достаточно обеспечить отношение тока однофазного к. з. к току срабатывания расцепителя в нулевом проводе, равное 1,4, а по отношению к уставке реле РЭ-571т., равное 2, как для мгновенных максимальных токовых защит (отсечек).

Таблица 2 - Технические характеристики установочных автоматов с блоком защитного отключения по току утечки.

Наименование	Значение показателя для автомата			
	АЕ-2045-13р	АЕ-2046-13р	АЕ-2035-13р	АЕ-2036-13р
Номинальное напряжение, В	220	380	220	380
Номинальный ток, А	40	40	25	25
Уставка по току утечки, мА	15±2	15±2	10±2	10±2
Масса, не более кг.	1,5	1,5	0,81	0,86
Габариты, мм.	213x130x75	213x130x75	167x124x75	167x124x75

## 5. Первая помощь пострадавшему от электрического тока.

Пострадавшего нужно как можно быстрее освободить от действия тока. Для этого отключают ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. При напряжении до 400 Вт. Для этого можно воспользоваться любыми не проводящими ток предметами: встать на сверток сухой одежды или на доску, обмотать шарфом руку, которой затем оттащить пострадавшего. Даже голой рукой можно взять пострадавшего за сухую одежду, но нельзя касаться его голого тела или обуви, которая может быть влажной или имеет металлические детали. Если пострадавший касается одного из проводов, то прервать ток можно, подсунув под пострадавшего сухую доску или оттянуть ноги от земли палкой ли с помощью сухой веревки. Иногда быстрее перерубить провода инструментом с изолированными ручками (рубить их - по одному, чтобы не появилась электрическая дуга из-за короткого замыкания).

Если напряжение установки более 400 В и быстрое отключение невозможно, то следует либо оттащить пострадавшего от частей установки под напряжением, пользуясь изолирующими защитными средствами, рассчитанными на это напряжение (штанги, клещи для предохранителей, а также диэлектрические боты и перчатки), либо вызывать автоматическое отключение установки, устройств в ней короткое замыкание на безопасном расстоянии от пострадавшего. Например, на воздушной линии набрасывают

голый провод на 2-3 фазы линии, предварительно присоединив этот провод какому-либо заземлителю. Набрасываемый провод после соприкосновения с проводами линии не должен касаться бросавшего или других людей, и никто не должен стоять ближе 5 метров от заземлителя.

После отключения линии напряжением выше 1000 В на ней может сохраниться опасный для жизни емкостный заряд. Лишь после надежного ее заземления к пострадавшему можно прикасаться без изолирующих штанг, клещей и т.п.

Прежде всего, надо постараться вызвать скорую медицинскую помощь, и, не теряя времени, одновременно оказать первую помощь пострадавшему.

Если пострадавший не дышит совсем или, находясь в бессознательном состоянии, дышит редко и судорожно, то нужно делать искусственное дыхание. Перед этим надо быстро расстегнуть одежду пострадавшего, стесняющую дыхание (галстук, пояс), но не следует раздевать его, так как это бесполезно отнимает время, а вероятность успеха тем меньше, чем позже начато искусственное дыхание. Нужно также раскрыть рот пострадавшего и удалить все, что может мешать дыханию (сместившиеся зубные протезы и т.д.).

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является следующее: Пострадавшего кладут на спину, подложив под лопатки что-либо мягкое так, чтобы голова запрокинулась назад как можно больше, зажимают

ему нос и, глубоко вдохнув, выдыхают воздух в рот пострадавшего. Назад воздух выходит сам.

Если у пострадавшего расширены зрачки и пульс не прощупывается даже на шее, то у него парализовано не только дыхание, но и сердце. Тогда искусственное дыхание чередуют с массажем сердца путем надавливания на нижнюю треть грудной клетки пострадавшего быстрыми толчками положенных одна на другую ладоней спасателя (там, где грудине выдается мечевидным отростком в виде угла над животом, но не «под ложечкой»). Делают 4-5 толчков со скоростью примерно раз в секунду так, чтобы грудине смешалась в направлении к позвоночнику на 4-5 см. Затем дважды спасатель делает глубокий вдох и, зажав ноздри пострадавшего, вдувает воздух ему в рот. Затем опять делает 4-5 нажатий на грудину и т.д.

Когда пострадавший пошевелит губами, веками или сделает глотательное движение горлом, нужно проверить, не начнет ли он дышать самостоятельно и равномерно. Искусственное дыхание прекращают, иначе оно может только повредить. Если же после нескольких мгновений ожидания окажется, что пострадавший не дышит, искусственное дыхание немедленно возобновляют. Летальный исход несчастного случая можно считать только в том случае, если после часа искусственного дыхания в сочетании с массажем собственное дыхание у пострадавшего не появляется и резко расширенные зрачки не суживаются.

## **6. Электробезопасность на животноводческих фермах.**

Большинство помещений животноводческих ферм по степени опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным. В них запрещена работа на токоведущих частях, находящихся под напряжением, и замена под напряжением ламп. Сечение и марка нулевого провода на линии, питающей животноводческие помещения, а также во внутренней проводке должны быть такими же, как и у фазных проводов. Электролампы следует равномерно распределить по фазным проводам и включать их трехполюсными выключателями. Однополюсные выключатели - только для светильников суммарной мощностью не более 20% от общей мощности освещения фермы. Все другие однофазные токоприемники, кроме имеющих мощность не более 0,6 кВт, включать на линейное напряжение, причем и в этом случае их мощность не должна быть более 1,3 кВт (иначе надо применять трехфазные).

Выключатели и предохранители размещают в соседних с сырьими сухих помещениях. Кнопки управления пусковой аппаратурой устанавливают у рабочих мест.

Троллейные провода или шины для электротранспорта или для облучательных и других установок в животноводческих помещениях подвешивают на высоте не менее 3 м. от уровня поля. Напряжение на них подают только на время работы.

Корпуса стригальных агрегатов, рубильников, чугунные крышки выключателей зануляют. В качестве заземляющих электродов передвижного электростригального пункта применяют два отрезка двухдюймовой трубы, заглубленных в землю не менее чем на 1,5 м. Электромонтер, обслуживающий электрооборудование, должен иметь III квалификационную группу; он может менять плавкие предохранители, делать переключения на щитах и сборках. Участие второго лица требуется только при работах на высоте более двух метров, с лестниц или подмостей или при работах без снятия напряжения (в помещениях без повышенной опасности).

Персонал, обслуживающий установки для ультрафиолетового облучения животных или птицы, должен иметь квалификацию по III группе, пользоваться очками с дымчатыми или бесцветными, но толстыми стеклами (не менее 3 мм.) и по возможности не находится в зоне действия ультрафиолетовых лучей.

При использовании электроизгороди запрещается браться за проволоку, осматривать и исправлять ее, когда она находится под напряжением. Не следует включать пульсатор до присоединения к проволоке изгороди и открывать крышку включенного пульсатора в сырую погоду. Строго запрещается подключать батарейную электроизгородь к электросети. Наиболее эффективным мероприятием для обеспечения электробезопасности крупного рогатого скота, является применение выравнивания потенциалов путем заложения в пол под передними и задними ногами коров (на расстоянии 1,2-1,4 м.) стальной катанки диаметром 6-8 мм., соединенной со всеми металлоконструкциями и трубопроводами, доступными для прикосновения животных. Раз в полгода целостность выравнивающих проводников проверяется измерением сопротивления петли из двух проводников. Оно должно быть не более 1 Ом.

Если стойловое помещение не содержит металлоконструкций или транспортеров, вместо выравнивания потенциалов можно применять изоляционные вставки длиной не менее 1 м. Ими отделяют автопоилки от водопроводной магистрали, электрически связанной с корпусом электронасоса, электроводонагревателя. Длину вставки определяют по номограмме. Изолирующую вставку длиной 20-25 см., включают в вакуумпровод доильной установки. Этим защищают коров от заноса опасного потенциала.

Электропроводку в помещениях для скота прокладывают на высоте не менее 2,5 м. Если это требование выполнить невозможно, проводку прокладывают в стальных трубах или выполняют защищенными проводами. Между электропроводкой и трубопроводами внутри здания выдерживают расстояние не менее 10 см.

Для изоляции электродвигателей и электрических аппаратов на машинах и механизмах доступных прикосновению животных, между корпусами электрооборудования и этими машинами применяют изолирующие муфты, прокладки или звенья, которые должны выдерживать в течение 1 мин., испытательное напряжение 4 кВ., переменного тока частотой 50 Гц.

Электродные водонагреватели допустимы к эксплуатации только с блокировкой, исключающей открытие водоразборного крана до отключения нагревателя от электросети. Кроме того, электродные водонагреватели должны быть трехфазными, с незануленным и незаземленным корпусом, который зануляют. В зануляющий провод включают катушку токового реле или расцепителя автомата, срабатывающего при токе в 20% от номинального тока водонагревателя. Трубопроводы для электропроводки и для воды зануляют. Последние присоединяют к корпусу водонагревателя через изолирующие вставки с сопротивлением столба воды не менее 2000 Ом при расчетном удельном сопротивлении воды не более 2 Ом.

Электрифицированные передвижные машины и аппараты (или стационарные, но с питанием по гибкому кабелю), если они не перемещаются сами, на время передвижения

отключают от источника питания, а кабель отсоединяют от неподвижного щитка (для предотвращения чрезмерного натяжения, отчего может повредиться изоляция или оборваться зануляющая жила). Для присоединения передвижных и переносных электроприемников в помещениях ферм размещают штепсельные соединения в герметизированном исполнении с зануляющим контактом.

## **1.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).**

**Тема: «Магнитные пускатели»**

**1.2.1 Цель работы:** Изучить устройство, принцип действия, применение и схемы включения магнитных пускателей

### **1.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить устройство магнитных пускателей: обычного и реверсивного.
2. Вычертить и собрать электрическую цепь с магнитным пускателем, кнопочной станцией и трехфазным электродвигателем.
3. Проверить работу магнитного пускателя, вспомогательных контактов и нулевой защиты.

### **1.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Магнитные пускатели типа ПМЕ, ПА, ПНВ-39 и ПМН - по 1 шт.; кнопочные станции типа КС-2, КС-3 - по 1 шт.; набор нагревательных элементов к тепловым реле; тепловые реле типа РТ, ТРН - по 1 шт.; стенд с трехфазным асинхронным электродвигателем и механическим тормозом; амперметр на 20А; вольтметр на 250 В; соединительные провода с площадью сечения 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 1 м - 12 шт.

### **1.2.4 Описание (ход) работы**

Магнитный пускатель предназначен для автоматического и дистанционного управления асинхронными электродвигателями и другими электроприемниками. В устройстве магнитного пускателя используют явление магнитного действия тока. Пускатель состоит из контактора переменного тока и теплового реле, принцип действия которого основан на тепловом действии тока и тепловом расширении тел.

Контактор переменного тока состоит из двух основных частей: неподвижной и подвижной.

**Неподвижная часть** представляет собой изоляционное основание 4, на кагором укреплены три пары: основных (силовых) контактов Л1-С1, Л2-- С2, Л3—С3 и одна или несколько пар в зависимости от типа пускателя вспомогательных контактов.. На этом же основании установлен Ш-образный сердечник (магни-тапровод) 3 (верхняя часть), набранный из изолированных листов электротехнической стали. На средний стержень сердечника надета катушка 2, которая рассчитана на напряжение 127, 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц.

**Подвижная часть** контактора также выполнена из изоляционного материала. На ней укреплены мостиковые контакты 6, соединяющиеся в процессе работы с основными и вспомогательными контактами. К подвижной части пускателя прикреплен Ш-образный магнитопровод 1 (нижняя часть), который средним стержнем входит внутрь катушки.

При подаче тока в катушку сердечник неподвижной части магнитного контактора намагничивается и притягивает к себе сердечник подвижной части. При этом основные и вспомогательные контакты замыкаются, и трехфазный ток течет к электроприемнику. Для выключения трехфазного тока, идущего к электроприемнику, достаточно прекратить протекание тока через катушку контактора. При этом сердечник размагничивается, и подвижная часть контактора под действием собственной массы перемещается вниз, разрывая все контакты.

Для защиты электродвигателей от перегрузки в магнитных пускателях монтируют тепловые реле. На кожухе пускатель имеет специальную кнопку возврата тепловых реле после их срабатывания и остыивания. Некоторые типы пускателей не имеют тепловых реле. При выборе магнитных пускателей, прежде всего необходимо обращать внимание на наибольшую допустимую мощность электродвигателя. Если пускатель управляет электродвигателем большей мощности, чем указано в паспорте магнитного пускателя, то его контактная система быстро выйдет из строя. Напряжение, указанное на втягивающей катушке, должно соответствовать напряжению в сети. Если оно больше напряжения катушки, то последняя сгорит при первом же включении магнитного пускателя.

При изучении устройства обычного и реверсивного магнитных пускателей нужно обратить внимание на особенности конструкции подвижной и неподвижной частей, основные и вспомогательные контакты, электрические и механические блокировки в пускателях и кнопочных станциях.

На рисунке 2 представлена схема включения *нереверсивного магнитного пускателя*. Для пуска и остановки двигателя используют кнопочную станцию с двумя кнопками. При нажатии кнопки SB1 «*Пуск*» через размыкающий контакт SB2 «*Стоп*» замыкается цепь катушки KM магнитного пускателя. Электрический ток течет по цепи A-L1-SB2-SB1-2-KK1-KK2-KM-L3-C. Это вызывает намагничивание верхней части магнитопровода пускателя, в результате чего подвижная часть притягивается к неподвижной, включаются силовые контакты L1 - C1, L2-C2 и L3-C3 в главной цепи электродвигателя и он оказывается включенным в сеть. Одновременно соединяется замыкающий вспомогательный контакт 1-2 (самопитания), включенный параллельно кнопке SB1 «*Пуск*», что позволяет отпустить ее, не вызвав при этом разрыва цепи управления. Электродвигатель отключают от сети нажатием кнопки SB2 «*Стоп*».

Работу "вспомогательных контактов магнитного пускателя проверяют, закладывая между ними изоляционный материал (бумагу, картон и др.). При наличии во вспомогательном контакте диэлектрика магнитный пускатель включается при нажатии кнопки «*Пуск*» и отключается при отпускании этой кнопки.

Магнитный пускатель обеспечивает нулевую защиту, т. е. защиту электрической установки от самопроизвольного повторного: включения при восстановлении напряжения после аварийного снижения до нуля или до недопустимо низких значений. «При отключении напряжения вследствие перебоев в электроснабжении катушка магнитного пускателя обесточивается, магнитопровод размагничивается и подвижная часть пускателей под действием собственной массы опускается, вызывая размыкание основных контактов и отключение электроприемника. При появлении напряжения в сети пускатель не включится до тех пор, пока не будет нажата кнопка «*Пуск*».

Если электродвигатель включить рубильником, пакетным выключателем или контроллером, то при перебое в электроснабжении и в случае остановки двигателя схема не нарушится, т. е. при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в сеть. Такой самопроизвольный пуск может быть причиной аварии или несчастного случая.

Работу нулевой защиты магнитного пускателя проверяют, отключив на короткое время (1... 2 с) напряжение рубильником или автоматическим выключателем и снова включив напряжение. При этом магнитный пускатель должен отключиться. То же происходит при снижении напряжения до 50... 60% от номинального. Замена кнопочной станции аппаратами ручного управления без самовозврата, например пакетным выключателем или тумблером, приводит к тому, что схема теряет свойство нулевой защиты.

Тепловое реле предназначено для защиты электродвигателей и других электроустановок от перегрузок. Оно состоит из нагревательного элемента (нихромовая проволочная спираль или лента), включаемого последовательно в цепь, биметаллической пластинки и контактов KK1 и KK2, включаемых в цепь катушки магнитного пускателя.

Биметаллическая пластинка представляет собой конструкцию, сваренную из двух разнородных металлических пластинок. Одна пластинка выполнена из металла с высоким коэффициентом теплового расширения, например латунь, никель, а другая - из металла (сплава) с меньшим коэффициентом теплового расширения, например инвара. При нагревании такой пластинки одна из сторон расширяется сильнее, чем другая, поэтому пластинка изгибаются.

При перегрузке электроустановки через нагревательный элемент проходит большой ток. От теплоты, выделяемой в нагревательном элементе, биметаллическая пластинка изгибаются и, воздействуя через систему рычагов, размыкает контакты в цепи катушки магнитного пускателя. Катушка обесточивается, главные контакты пускателя при этом размыкаются, электроустановка (электродвигатель) отключается от сети. В исходное положение контакты теплового реле возвращаются в результате нажатия кнопки «Возврат» или автоматически, при помощи механизма самовозврата, после остывания биметаллической пластинки.

Тепловые реле выпускают однополюсными типа РТ и двухполюсными типа ТРИ. Однополюсные реле устанавливают в магнитные пускатели по два, двухполюсные — по одному.

**Реле типа РТ** состоит из нагревательного элемента 1, биметаллической пластинки 2, контактов 5, пружины 3 и кнопки возврата 4.

Нагревательный элемент 1 включен после силовых контактов магнитного пускателя последовательно с обмоткой электродвигателя. Контакты реле КК1 и КК2 включены последовательно с катушкой пускателя. Нагревательный элемент выбирают по номинальному току защищаемого электродвигателя. Поэтому при протекании номинального тока в обмотке электродвигателя нагревательный элемент не нагревается. При перегрузках электродвигателя ток в обмотке возрастает, и нагревательный элемент теплового реле нагревается.

Излучаемая нагревательным элементом теплота нагревает биметаллическую пластинку 2, которая, изгибаясь, разрывает контакты 5 (КК1, КК2) в цепи катушки магнитного пускателя, и электродвигатель отключается. Для приведения теплового реле в состояние готовности нужно после остывания биметаллической пластинки нажать кнопку возврата 4.

**Двухполюсное реле типа ТРИ** состоит из пластмассового корпуса, разделенного на три ячейки. В крайних ячейках размещены нагревательные элементы 1, в средней -- температурный компенсатор 3, регулятор тока срабатывания 4, механизм разделителя, размыкающий контакт 8 мостикового типа и рычаг ручного возврата 6.

При протекании тока перегрузки через нагревательный элемент 1 основная биметаллическая пластинка 2, деформируясь (показано пунктиром), перемещает вправо толкатель./0/, связанный жестко с биметаллической пластинкой температурного компенсатора 3. Направление незначительной деформации пластины компенсатора противоположно направлению деформации основной пластины.

Вследствие этого пластина компенсатора начинает перемещаться вправо. При этом защелка 7 освобождается, штанга расцепителя 6 под действием пружины 9 отходит вверх, контакты 8 реле размыкаются.

Для каждого типа реле выпускают комплекты сменных нагревательных элементов, которые подбирают по номинальному току электродвигателя. Работу тепловых реле проверяют на стенде, где установлены электродвигатель, магнитный пускатель, амперметр и ручной тормоз. Нажимая рукоятку ручного тормоза, отмечают изменения тока по показаниям амперметра и коэффициента мощности -- по показаниям фазометра. Одновременно следят за покраснением нагревательных элементов, изгибом биметаллических пластинок и срабатыванием тепловых реле. После остывания нагревательного элемента и биметаллической пластинки тепловое реле приводят в состояние готовности, нажимая кнопку возврата. Магнитный пускатель отключается при

обрыве одной из фаз сети. При этом также срабатывают тепловые реле за счет повышения силы тока в оставшихся фазах,

**Реверсивный магнитный пускател** состоит из двух обычных пускателей, один из которых обеспечивает вращение вала двигателя в одном направлении, другой в противоположном, Реверсивный

магнитный пускатель управляется при помощи кнопочной станции, имеющей три кнопки. Между ними имеется механическая блокировка, что исключает возможность одновременного срабатывания обоих пускателей. Реверсивные магнитные пускатели применяют в схемах управления стационарными кормораздатчиками, штанговыми и скреперными навозными транспортерами.

### **1.3.Лабораторная работа №3 (2 часа).**

**Тема: «Линии и проводки»**

**1.3.1 Цель работы:** Ознакомиться с линиями электропередачи, внутренними проводками, марками проводов, применяемыми в сельскохозяйственном производстве. Освоить принципы расчета проводов.

#### **1.3.2 Задачи работы:**

- 1.Ознакомиться с устройством линии электропередачи и видами электрических проводок.
- 2.Ознакомиться с марками проводов и кабелей.
- 3.Рассчитать электрические провода по нагреву.
- 4.Составить и сдать отчет о проделанной работе.

#### **1.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Плакаты.

#### **1.3.4 Описание (ход) работы**

*Методические указания к работе.* Электрическая энергия передается и распределяется по воздушным линиям напряжением 6, 10, 35 и 110 кВ.

Алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода воздушных линий подвешиваются при помощи изоляторов на деревянных и железобетонных опорах. На территории животноводческих ферм и комплексов применяют воздушные и кабельные линии, передающие трехфазный переменный ток напряжением 380/220 В. По условиям механической прочности для воздушных линий можно применять голые провода площадью поперечного сечения не менее: алюминиевые— 16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые— 10, стальные многопроволочные 25, стальные однопроволочные - 4 мм<sup>2</sup>.

Для распределения электрической энергии в зданиях служат внутренние проводки различных видов (провод, шнуры, кабели), а также относящиеся к ним монтажные изделия, поддерживающие и защитные конструкции. Вид проводок определяют характером, средой, категорией помещений, маркой применяемых монтажных материалов.

Применяют следующие виды проводок:

открытую, проложенную незащищенными изолированными и голыми проводами по наружным поверхностям стен, потолков, по балкам и фермам на недоступной высоте;

открытую, проложенную защищенными изолированными проводами, а также тросовую;

скрытую (под штукатуркой), выполненную изолированными проводами в изоляционных трубах (резиновых, винилитовых, стеклянных, эбонитовых и др.);

открытую и скрытую . (часть в полу), смонтированные изолированными проводами в стальных трубах;

открытую и скрытую, выполненные кабелем.

Открытую проводку выполняют на роликах, изоляторах, на тросах или непосредственно по конструкциям зданий.

В производственных помещениях открытые, не защищенные от механических повреждений изолированные провода прокладывают или подвешивают на высоте не менее 2,5 м от пола. Провода, проложенные на меньшей высоте, защищают от механических повреждений трубами или другими устройствами. Вертикальные спуски к щиткам, выключателям, розеткам защищают на высоте не менее 1,5 м.

В помещениях без повышенной опасности (бытовые помещения предприятий, жилые помещения и др.) провода прокладывают на высоте 2 м от пола.

Вертикальные спуски к выключателям, штепсельным розеткам и щиткам можно не защищать.

Проходы незащищенных изолированных проводов через стены выполняют в неразрезанных трубах, оконцованных в сухих помещениях втулками, а в сырых - воронками. В стене или в перегородке между "сухими" помещениями все провода прокладывают в изолированной трубе, в остальных случаях - - каждый провод в отдельной трубе. Проходы через' сгораемые стены и перекрытия выполняют в отрезках стальных труб.

При прокладке проводов между помещениями с разной температурой, влажностью или условиями окружающей среды, воронки заливают изолирующим компаундом, например битумной массой.

По деревянным основаниям жилых и производственных построек прокладывают провод АППР в резиновой изоляции, не воспламеняющейся при горении. Изолированные провода АПВ, АППВ, АПН, АПРВ, поддающиеся горению, прокладывают по сгораемым основаниям только по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающего с каждой стороны провода не менее чем на 5 мм. Провод АППВ прокладывают на роликах по деревянным основаниям, а провода АППВ, АПН, АПР, АПВ, АПРВ —на клипах. Тросовую проводку применяют в животноводческих, птицеводческих и других сельскохозяйственных производственных помещениях. При монтаже этой проводки выполняют меньше трудоемких дыропробивных и подготовительных работ за счет подготовки ее в мастерской независимо от готовности строительных работ на объекте.

Тросовые проводки выполняют специальными проводами. АВТС, АВТ, АРТ, а также обычными проводами и кабелями и прикрепляемыми к предварительно натянутому тросу. По способу подвеса проводки подразделяют: с непосредственным креплением проводов АПВ, АПРВ и кабелей АВРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ к несущему тросу; с креплением проводов АПР на пластмассовых подвесках, на изоляторах или роликах, либо на стальных подвесках.

Скрытую проводку прокладывают по стенам по горизонтали и по вертикали, а по потолкам по кратчайшим расстояниям между ответвительными коробками и светильниками.

При пересечении горячих трубопроводов провода должны проходить на расстоянии 100 мм, при параллельной прокладке —на расстоянии 250 мм. Провода, пересекающиеся между собой, обматывают 3... 4 слоями изоляционной ленты. Провода АППВС, АПН, АПВ прокладывают следующими способами: по несгораемым стенам или перегородкам, непосредственно или в трубах в заштукатуренных бороздах, под слоем мокрой штукатурки или в слое алебастрового намета; в зазорах кирпичной кладки; по деревянным (сгораемым) основаниям - под слоем штукатурки с подкладкой под провода слоя листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм. Асбест или намет укладывают с каждой стороны провода с выпуском не менее 5 мм, а также поверх дранки или без нее.

Провода крепят только мягкими (пластмасса, резина) скобами или примораживают алебастром; по несгораемым перекрытиям - в пустотах железобетонных

плит; в зазорах между плитами с заделкой алебастровым раствором, под слоем мокрой штукатурки. Проложенные провода выводят на поверхность стен для присоединения к установочному оборудованию через изоляционные трубы, воронки или втулки.

Провода соединяют в коробках, изготовленных из изоляционного материала или металла с изоляционными прокладками. Из сырых помещений проводку по возможности выносят, а светильники устанавливают на ближайшей к проводке стене. Выключатели и розетки устанавливают вне сырых помещений. Проводку в трубах применяют для подключения технологического оборудования в кормоцехах, в электрощитовых и других производственных помещениях, где требуется защита проводов от механических повреждений и от разрушения агрессивными средами. Для проводок применяют трубы: стальные (тонкостенные и обычные водогазопроводные), винилластовые, полиэтиленовые и пропиленовые. К внутренним проводкам предъявляют следующие требования: „, они должны быть безопасными как в пожарном отношении, так и для жизни людей и животных; обеспечивать надежную передачу электроэнергии от источника до потребителя; не влиять на качество электроэнергии, т. е. на значение напряжения; выполнять с учетом минимальных материальных затрат.

Для внутренних проводок изготавливают незащищенные (изоляция не предохранена специальными оболочками от механических повреждений) и защищенные провода, имеющие одну или несколько изолированных жил, находящихся в общей оболочке. Провода выпускают на номинальные напряжения 380, 500 и 660 В.

Провода с резиновой изоляцией имеют оплетку из волокнистых материалов, у АР и АРТО оплетка пропитана противогнилостным составом. Некоторые марки проводов имеют оболочку из пластмассы или металла.

Марки проводов расшифровывают следующим образом: А - - алюминиевая жила (если этой буквы нет, то провод имеет медную жилу); П - - провод (если буква П в марке повторяется, то это указывает на плоскую конструкцию провода); Р и В резиновая или поливинилхлоридная изоляция токоведущей жилы; С или Т - - провод предназначен для скрытой прокладки или прокладки в стальных трубах; О наличие оплетки, пропитанной противогнилостным составом; Н — наличие изоляции из негорючей найритовой резины.

Марки наиболее распространенных в сельском хозяйстве кабелей (АВРГ, АНРГ и др.) расшифровывают, как и марки проводов, с той лишь разницей, что буква Г, стоящая на последнем месте, означает «голый», т. е. кабель, не имеющий поверх оболочки никакого защитного покрова и брони. Буква П, входящая в марку специальных кабелей (АВП), означает, что они имеют полиэтиленовую оболочку.

В сельском хозяйстве применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами (одно- и многопроволочными). Исключение составляет кабель с медными жилами марки ВБВ (с поливинилхлоридной изоляцией, бронированный, с поливинилхлоридной оболочкой), применяемый во взрывоопасных помещениях.

Для эксплуатации в сельскохозяйственном производстве используют провода: с резиновой изоляцией АР, АПР, АПРВ, АПРТО, АРТ, АПН; с поливинилхлоридной АПВ, АППВ, АППВС, АВТ и АВТС; кабели: с резиновой (найритовой) изоляцией и резиновой оболочкой АНРГ (НРГ); с поливинилхлоридной изоляцией и резиновой оболочкой АВРГ (ВРД; с поливинилхлоридной оболочкой АВП; с поливинилхлоридной изоляцией и поливинилхлоридной оболочкой, бронированные АВБВ и ВБВ. Провода ДПБ и АПРВ изготавливают только одножильными; провода и кабели АПН, АВРГ, АНРГ одно-, двух- и трехжильными; провода АППВ и АППВС двух- и трехжильными; и кабели АППР, АРТ, АВБВ четырехжильными; кабели АВВ, АВП пяти шести и семижильными; провода АПРТО—14-жильными.

Провода и кабели, применяемые в сельском хозяйстве, имеют площадь поперечного сечения от 2,5 до 50 мм<sup>2</sup>, с большей площадью сечения используют реже. Для расчета проводки по нагреву нужны данные о нагрузке, т. е. о передаваемой по ней

мощности или о протекающем по ней токе. Передаваемая мощность зависит от числа и мощности установленных электроприемников.

Присоединенная мощность осветительных установок (Вт) представляет собой сумму номинальных мощностей всех присоединенных ламп

$$P=n_1P_1+n_2P_2+\dots+n_nP_n,$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_n$  - число ламп одинаковой мощности;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - мощности ламп, Вт.

Рабочий ток электродвигателя /р определяют с учетом коэффициента загрузки кз рабочей машины, номинального тока / и КПД т) электродвигателя (берут из справочных таблиц)

Для магистрали, питающей несколько электродвигателей, рабочий ток определяют по формуле:

где  $k_c$ -коэффициент спроса (берут из справочных таблиц);  $/r_1, /r_2, \dots, /r_n$  — рабочие токи отдельных электродвигателей, А. По рабочему току выбирают площадь поперечного сечения провода В процессе эксплуатации возможны короткие замыкания, что ведет к непредвиденному увеличению тока в проводах, их нагреву и выходу из строя. Чтобы этого избежать, предусматривают защиту проводов плавкими предохранителями. Плавкая вставка предохранителя защищает установку

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели

*Примечание.* При определении числа проводов, проложенных в проложенных одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехф. тока в расчет не принимают.

где  $k_c$  — коэффициент спроса;  $/r$ , — рабочий ток электродвигателя, А;  $/'_{\text{пуск}}$  — наибольший пусковой ток одного из двигателей, А.

Площадь сечения (мм<sup>2</sup>) наружной трехфазной линии электропередачи рассчитывают по потере напряжения

где  $r$  — удельное сопротивление провода, Ом·м;  $P$  — мощность нагрузки, Вт;  $l$  — длина проводки, м;  $\Delta U$  — потеря напряжения (задана), %;  $V$  — номинальное напряжение, В.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие изоляционные материалы используют в проводах?
2. Какие требования предъявляют к внутренним проводкам?
3. Как выбирают площадь поперечного сечения проводов по нагреву?
4. Как выбирают площадь сечения проводов по потере напряжения?
5. Как устроена тросовая проводка?
6. Как устроена скрытая проводка?
7. Как устроена открытая проводка, выполненная плоскими проводами?
8. Как защищают внутренние проводки от коротких замыканий?

### 1.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

**Тема: «Автоматические водокачки»**

**1.4.1 Цель работы:** Изучить устройство и схемы управления башенными и без башенными автоматическими водокачками.

#### 1.4.2 Задачи работы:

1. Изучить назначение и устройство деталей и сборочных единиц башенной автоматической водокачки...

2. Проверить работу модели башенной водокачки.
3. Изучить назначение и устройство деталей и сборочных единиц без башенной автоматической водокачки.
4. Проверить работу модели без башенной водокачки.
5. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

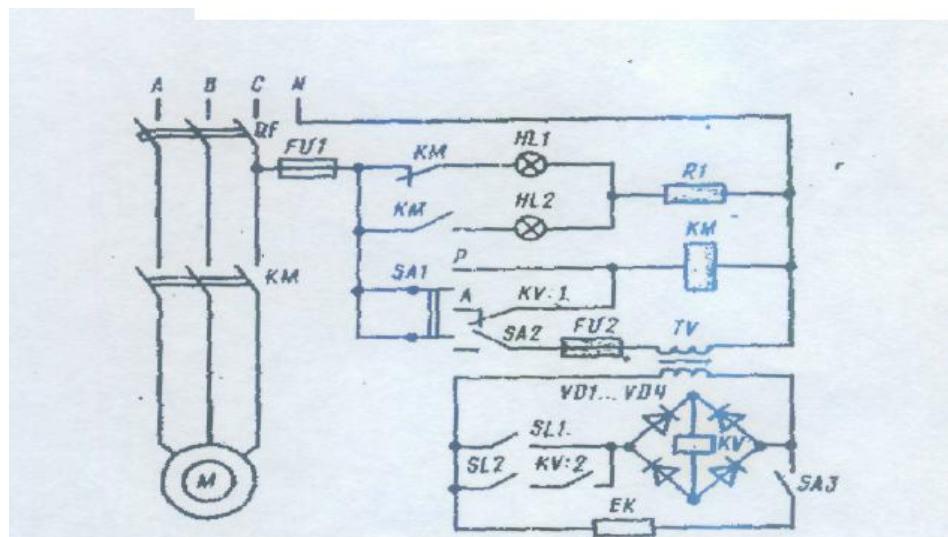
#### **1.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Плакаты.

#### **1.4.4 Описание (ход) работы**

*Методические указания к работе.* Принципиальная электрическая схема автоматической пашенной водокачки показана на рисунке 1. Основные сборочные единицы водокачки: электродвигатель М, автоматический выключатель QF, магнитный пускатель KM, понижающий трансформатор TV, реле уровня KV, включенное через выпрямительный мост VD1 ... VD4, электродный датчик с контактами верхнего SL1 и нижнего SL2 уровней.

Для пуска водокачки переключатель SA1 ставят в положение «Р» -- ручное управление или положение «Л» — автоматическое. Затем включают автоматический выключатель QF. При этом ток проходит по цепи С - QF — FU1 — SA1 — SA2 --FU2 -- ТУ --> N. Если в баке водокачки вода отсутствует (переключатель SA1 в положении «А»), то цепь электрического тока проходит через размыкающий контакт реле уровня KV: 1 и катушку магнитного пускателя KM, который срабатывает и замыкает свои контакты в цепи электродвигателя.



*Рис.1. Схема управления башенной водокачкой.*

М, вращающего водяной насос. Вода начинает поступать в напорный бак водокачки. Уровень воды в баке постепенно достигает датчика SL2 нижнего уровня, заполняет пространство между электродами и продолжает повышаться. При наполнении водой бака до датчика SL1 верхнего уровня образуется вторичная электрическая цепь TV - - SL1 -- VD1... VD4 — KV -- ТУ. Реле уровня KV срабатывает и разрывает размыкающим контактом KV : 1 цепь питания катушки магнитного пускателя KM, что вызывает остановку электродвигателя М и насоса. При замыкании контакта KV :2 образуется вторичная цепь TV—SL2—KL-2—VD1... VD4 — KV—TV, по которой поступает ток до тех пор, пока уровень воды в баке опустится ниже датчика нижнего уровня. При этом через катушку реле уровня KV ток не проходит и снова образуется цепь — С— GF — FU1 —SA1 -- KV : 1- - KM -- N. включается двигатель М и насос подает воду в бак. Затем все повторяется. При отключении насоса загорается зеленая лампа HL2, при его работе —

красная HL1. Чтобы зимой электроды датчика не обмерзали, в схеме предусмотрен нагревательный элемент ЕК, включаемый выключателем SA3.

Принципиальная электрическая схема автоматической без башенной водокачки с воздушно-водяным котлом приведена на рисунке 2.(а, б). Водокачка управляет при помощи реле давления SP, реагирующего на изменение давления воздуха внутри котла.

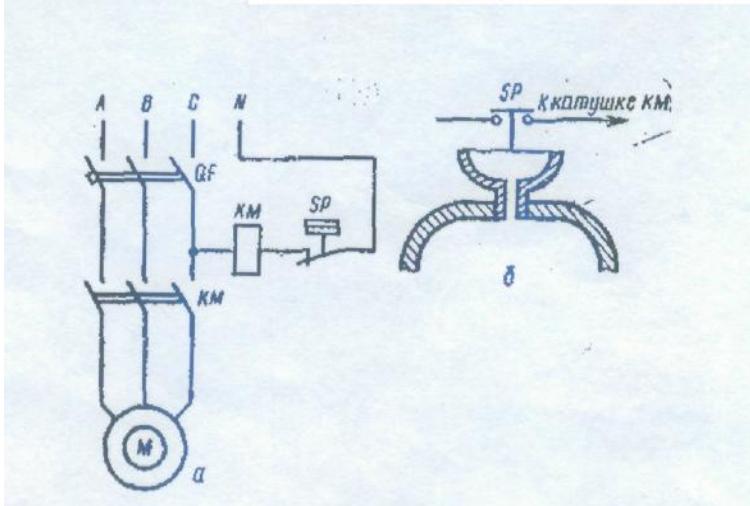


Рис. 2. Схема управления без башенной водокачкой (а) при помощи реле давления (б)

Для ее пуска включают автоматический выключатель QP. При отсутствии воды в котле контакт реле давления SP замкнут и ток проходит через катушку магнитного пускателя КМ, который управляет работой электродвигателя М, вращающего водяной насос. Насосом вода нагнетается внутрь котла и воздух в нем сжимается. При достижении заданного давления внутри котла реле SP срабатывает и выключает магнитный пускатель КМ, останавливая двигатель и насос. Под давлением сжатого воздуха вода из котла подается в водопроводную сеть. Когда давление воздуха в котле снизится до атмосферного, снова замыкается контакт реле SP и включается магнитный пускатель и насос.

В современных без башенных водокачках внутри котла устанавливают резиновую диафрагму, которая разделяет воду и воздух. Благодаря этому нет необходимости периодически сливать воду из котла.

Если по каким-либо причинам реле давления не отключит насос, когда давление превысит допустимое значение, срабатывает специальный предохранительный клапан, который открывает путь воде на слив.

Вследствие того что без башенные водокачки не требуют сооружения дорогостоящих водонапорных башен, стоимость подачи ими воды в 1,5...2 раза меньше по сравнению с башенными водокачками.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Как работает автоматическая башенная водокачка?

Как работает автоматическая без башенная водокачка?

Каково назначение котла в без башенной водокачке?

Как работает реле давления?

### 1.5.Лабораторная работа № 5 (2 часа).

Тема: «Водонагреватели»

**1.5.1 Цель работы:** Изучение конструкции и работы системы нагрева воды, выполнение операций технического обслуживания и оценка их технического состояния.

### **1.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить устройство и работу системы подачи воды.
2. Изучить устройство и работу системы подогрева воды.
3. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

### **1.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

Набор слесарного инструмента и приборов, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

### **1.5.4 Описание (ход) работы**

*Методические указания к работе.* Затраты труда на животноводческих фермах на доставку воды и поение животных составляют около 30 % общих трудовых затрат. Электрификация и автоматизация водоснабжения резко снижают затраты труда и средств, облегчают труд обслуживающего персонала и улучшают санитарно-гигиенические условия.

Различают хозяйственное и пожарное водопотребление. Под хозяйственным понимается потребление воды для питья, бытовых, коммунальных, производственных и технических целей. Противопожарное водопотребление характеризуется тем количеством воды, которое необходимо иметь в хозяйстве на случай пожара, не вызывающего нарушение нормального водоснабжения.

Система водоснабжения объединяет комплекс сооружений и устройств на территории хозяйства, обеспечивающих всех потребителей доброкачественной водой в необходимых количествах.

Системы водоснабжения делятся на централизованные, децентрализованные и смешанные. Централизованной называют систему, при которой все точки потребления воды в хозяйстве обслуживаются одним водопроводом. Применение децентрализованной системы означает, что для снабжения водой каждого пункта служит отдельный водопровод. Смешанной называют систему, при которой часть точек потребления снабжается водой централизованно, а другая — децентрализованно.

Выбор системы водоснабжения и ее схемы зависит от многих условий. Однако в любом случае принятые система и схема водоснабжения должны обладать наилучшими в техническом и экономическом отношениях показателями.

Различают напорные и самотечные водопроводы.

Напорные водопроводы применяют, когда вода в источнике находится на одном уровне с потребителем или ниже его, и поэтому ее приходится поднимать на некоторую высоту. Напорные водопроводы разделяют на башенные и обезбашенные.

Башенные водопроводы снабжены порно-регулирующими сооружениями — водонапорными башнями или баками. Общая схема автоматизированного башенного водоснабжения из открытого источника следующая. Вода из источника по трубе самотеком поступает в приемный колодец. Насосная станция поднимает воду из приемного колодца и подает ее в очистное сооружение из которого вода поступает в резервуар чистой воды. Вторая насосная станция поднимает воду из резервуара чистой воды в водонапорную башню, откуда она направляется по водонапорной сети к объектам потребления.

Когда вода источника не нуждается в очистке (подземные источники), из схемы исключают очистное сооружение, резервуар и насосную станцию.

Схема простой насосной станции с водонапорной башней была приведена на рис. 1. Водонапорную башню рекомендуется ставить в наиболее высоком месте территории животноводческой фермы.

В безбашенных водопроводах напорно-регулирующим устройством служит герметически закрытый воздушно-водянной котел 5, снабженный реле давления 8.

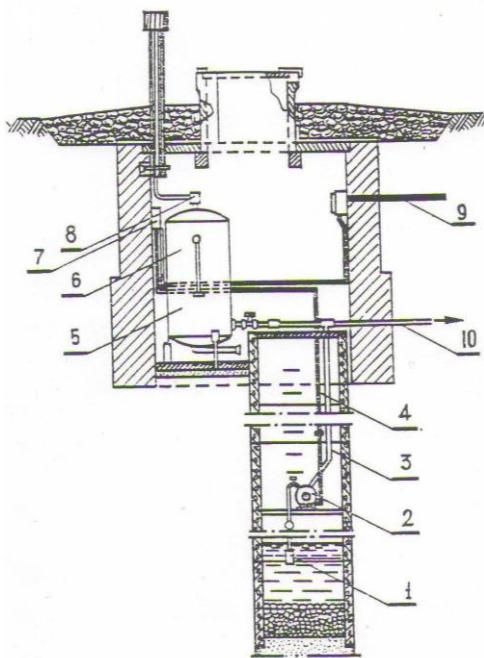


Рис. 20. Схема безбашенной водокачки:  
 1 — приемный клапан; 2 — электродвигатель насоса; 3 — напорная труба; 4 — электрический кабель; 5 — воздушно-водяной котел; 6 — водомерное стекло и манометр; 7 — станция управления; 8 — реле давления; 9 — кабельный звено; 10 — наружная водопроводная сеть

Безбашенная водокачка работает следующим образом. Из источника воды, в который спущен приемный клапан 1, насос по напорной трубе 3 подает воду в наружную водонапорную сеть и в воздушно-водяной котел 5. Если при включенном насосе потребление воды прекратилось, то давление в сети и в воздушно-водяному котлу повышается и реле давления 8 отключает электродвигатель 2 насоса. Когда потребление воды возобновляется, давление в трубопроводе и в воздушно-водяному котлу падает, реле давления включает электродвигатель 2 насоса.

Самотечные водопроводы применяются в тех случаях, когда уровень воды в источнике находится выше уровня расположения потребителя. Вода накапливается в сборном колодце и по трубопроводу самотеком поступает в подземный сборный резервуар, а из него по наружному трубопроводу и потребителю.

Автоматический ветроводоподъемник ВП-ЗМ предназначен для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м. Он работает в диапазоне скоростей ветра 3—15 м/с, обеспечивая подачу воды до 3 м<sup>3</sup>/ч. Состоит из следующих основных узлов: восемнадцатилопастного колеса диаметром 3 м, двухступенчатого редуктора с повышающими передачами, хвоста для наведения ветроколеса на ветер, металлической мачты, внутри которой помещается вертикальный вал, передающий вращение от верхнего редуктора к нижнему, опоры и ленточного водоподъемника.

Расположение ветрового колеса относительно оси мачты таково, что при скорости ветра от 8 до 15 м/с частота вращения колеса остается постоянной (изменяется угол наклона колеса к направлению ветра). При скорости ветра ниже 8 м/с ветровое колесо располагается перпендикулярно к направлению ветра, а при скорости ветра больше 15 м/с колесо останавливается.

Ветроподъемная установка ВВУ-3 по устройству и принципу действия аналогична рассмотренной выше. Она работает в диапазоне скоростей ветра 3,5 — 25 м/с, обеспечивая подъем воды с глубины до 30 м при производительности 3 м<sup>3</sup>/ч.

Суточная производительность насосной станции должна быть равна максимальному суточному расходу воды на животноводческой ферме.

Система автоматического поения животных представляет собой внутреннюю сеть с водопроводной арматурой (ventingili, задвижки, клапаны) и водоразборными устройствами

(краны, колонки, гидранты, автопоилки и др.). Автоматические поилки широко распространены в животноводстве. Различают индивидуальные и групповые автоматические поилки. Первые применяют для поения крупного рогатого скота на фермах привязного содержания и свиней, содержащихся в отдельных станках; вторые — для поения крупного рогатого скота при беспривязном содержании, свиней при свободно-выгульном содержании, овец, птицы в летних лагерях и на пастбищах.

Автопоилка одинарная ПА-1 применяется для поения крупного рогатого скота на фермах привязного содержания. Она состоит из поильной чашки 8 ёмкостью около 2 л, корпуса 4 и клапанного механизма пружинного типа.

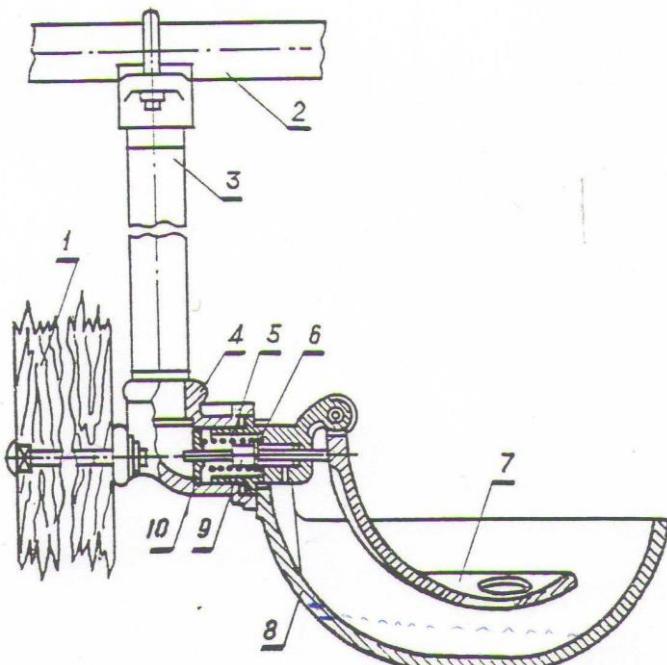


Рис. 21. Автопоилка ПА-1:

1 — разделительная стойка; 2 — внутренняя водопроводная труба; 3 — стояк; 4 — корпус поилки; 5 — пружина; 6 — резиновая прокладка; 7 — педаль; 8 — поильная чашка; 9 — клапан; 10 — решетка

#### Автопоилка ПА-1:

1 — разделительная стойка; 2 — внутренняя водопроводная труба; 3 — стояк; 4 — корпус поилки; 5 — пружина; 6 — резиновая прокладка; 7 — педаль; 8 — поильная чашка; 9 — клапан; 10 — решетка

Вода из трубы 2 по стояку 3 подводится к внутренней полости корпуса 4 поилки и через решетку 10 подходит к резиновой прокладке 6, служащей седлом клапана 9. Когда животное нажимает на педаль 7, пружина 5 сжимается, клапан 9 отходит от седла-прокладки 6 и вода через образовавшуюся щель поступает в поильную чашку 8. Напившись, животное отпустит педаль, клапан 9 под действием пружины 5 плотно прижмется к седлу, поступление воды в поильную чашку прекратится.

Автопоилка ПА-1 рассчитана на обслуживание двух животных, поэтому ее устанавливают на разделительной стойке 1, проходящей между двумя стойками. Автопоилка сдвоенная ПАС-2 предназначена для поения свиней, содержащихся в станках. Отличается от автопоилки ПА-1 в основном тем, что имеет две поильные чашки, смонтированные на опорной стойке и закрытые металлическими крышками, которые свободно закреплены на осиах. Для того, чтобы животное могло приподнять крышку, края ее выступают за края чашки. Автопоилку ПАС-2 устанавливают между двумя станками и крепят к полу болтами.

Автопоилка групповая АГК-12 применяется для поения крупного рогатого скота на выгульных площадках при беспривязном содержании, а также в летних лагерях.

Вода в автопоилку поступает из цистерны емкостью 3 м или из водонапорной сети. Поилка состоит из двух металлических корыт, соединенных между собой патрубком, один из которых снабжено клапанным механизмом. Корыта устанавливаются на полозьях, облегчающих их, перемещение.

Клапанный механизм поилки состоит из металлической камеры и клапана. управляемого поплавком, автоматически поддерживающим уровень воды в корытах. Вода из сети или из цистерны подводится к клапану. По мере заполнения корыт уровень воды в них и в камере повышается, поплавок поднимается, закрывая клапан и прекращая поступление воды в корыта. Когда уровень воды в корытах понижается, поплавок опускается, открывая клапан, и вода поступает в корыта. Одна такая поилка рассчитана на обслуживание 100—120 коров. Автопоилка групповая АГС-24 предназначена для поения свиней при групповом их содержании в летних лагерях и в зимних помещениях на свинофермах. Основные узлы поилки: цистерна емкостью 3100 л, установленная на салазках; два корыта, каждое из которых разделено на 12 поильных мест. закрытыми крышками. Крышки во время поения открываются сами животные. Цистерну после заполнения ее водой герметически закрывают крышкой. Уровень воды в корытах поддерживается при помощи трубы вакуумного регулятора, связывающей цистерну с одним из корыт. Поилка АТС рассчитана на обслуживание до 500 свиней.

На фермах и комплексах крупного рогатого скота применяется схема кольцевого напорного внутреннего водопровода с одинарными поилками ПА-1. Вода из наружного водопровода поступает в систему внутреннего водопровода. Ввод устраивают в теплой части помещения или утепляют. Для ввода используют трубы диаметром не менее 50 мм, прокладывая их с уклоном по направлению к наружному водопроводу. Ввод и внутреннюю водопроводную сеть соединяют стояком, на котором устанавливают вентиль, служащий для спуска воды из сети, и сгон на случай разборки при ремонте. Главную магистраль внутреннего водопровода собирают из труб диаметром 25 мм. При верхней разводке трубы прокладывают по верху стойловых рам, на высоте 1600—1700 мм от пола, вдоль переднего борта кормушек. На разделительных стойках кормушек на высоте 600 мм от пола крепят автопоилки. Поилки соединяют с магистральным трубопроводом стояками и седелками. Стояк присоединяют к седелке и к корпусу автопоилки на резьбе.

В стык- между седелкой и внутренней водопроводной трубой устанавливают резиновую прокладку и крепят хомутом. В местах присоединения седелок в трубе просверливают отверстие диаметром 10—12 мм. Для мытья помещения и других нужд предусматривают сооружение водоразборных и поливочных кранов, расположенных на высоте 0,5—1,1 м от пола.

На животноводческих комплексах возможно применение схемы безнапорного внутреннего водопровода, которая предполагает применение бесклапанных поилок, представляющих собой поильные чаши емкостью от 2 до 4 л или железобетонные корыта. Поильные чаши крепят на стойках внутреннего трубопровода нижней разводки.

Для регулирования уровня воды в поилках служат групповые регулирующие бачки емкостью 30—50 л. Такой бачок снабжен запорным клапаном и поплавком. Вода из наружной водопроводной сети по вводу поступает к запорному клапану группового бачка. Поплавок открывает или закрывает запорный клапан в зависимости от уровня воды в поилках, то есть по мере ее расходования.

При устройстве безнапорного водопровода поилки устанавливают на одном уровне с групповыми регулирующими бачками, а водопроводные трубы прокладывают с уклоном 0,05 от бачка.

В зимнее время возникает необходимость подогрева воды для поения животных. Особенно важен подогрев воды в неотапливаемых помещениях и при беспривязном содержании животных. Холодная вода очень неохотно потребляется животными, из-за чего снижаются удои у коров и привесы у откормочного поголовья. Кроме того, очень

часты простудные заболевания, особенно у молодняка. Следовательно, подогрев воды при поении животных зимой необходим, главным образом, по биологическим причинам.

В соответствии с зоотехническими требованиями, температура воды в поилках зимой должна быть для крупного рогатого скота не ниже 5—7° С, для свиней на откорме 1—3° С, для молодняка в зависимости от возраста 15—25° С.

Оптимальная температура питьевой воды для коров 12—14° С.

Такая вода оказывает освежающее действие и потребляется животными в достаточном количестве. При этом надои от каждой коровы увеличиваются на 0,5—1 л в день, сокращается потребление кормов, снижаются простудные заболевания.

Кроме зоотехнических требований, необходимость подогрева воды обусловливается также опасностью замерзания трубопроводов, особенно в неотапливаемых помещениях. Перебои в водоснабжении снижают удои коров на 10—15%, а их прирост—на 3—5%.

Способы и схема электроподогрева воды при поении зависят от вида животных, их содержания, типа помещений и др.

При привязном содержании животных применяется подогрев с циркуляцией воды. В питательную магистраль автопоения встраивается проточный электроводонагреватель типа УАП или ВЭП-600. Принудительную циркуляцию доды в замкнутой системе создает центробежный насос, включенный в разрез системы после водонагревателя.

Схема системы автопоения с подогревом воды часто представляет собой обычную внутреннюю водопроводную сеть с нижней разводкой магистрального трубопровода 2 (рис. 22), который расположен ниже автопоилок 4. Вода в поилки поступает по стоякам снизу вверх. Температура воды для поения коров, согласно зоотехническим требованиям, должна составлять 12 ~ 14° С. Поэтому в зимнее время внутренний трубопровод подключают к нагревательному устройству, которое состоит из вихревого насоса 1 с электродвигателем, нагревательного 5 и смесительного 8 баков. Насос с электродвигателем и нагревательный бак устанавливают в подсобном помещении, а смесительный —

На чердачном перекрытии скотного двора.

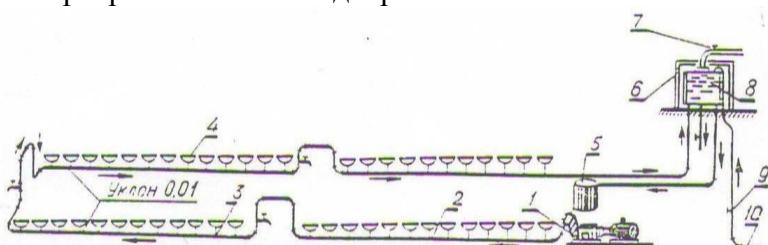


Рис. 22. Схема системы автопоения с электроводонагревателем:

1 — насос с электродвигателем; 2 — главная магистраль; 3 — стояк автопоилки; 4 — автопоилка; 5 — нагревательный бак; 6 — короб; 7 — кран; 8 — смесительный бак; 9 — стояк; 10 — ввод

#### Схема системы автопоения с электроводонагревателем:

1 — насос с электродвигателем; 2 — главная магистраль; 3 — стояк автопоилки; 4 — автопоилка; 5 — нагревательный бак; 6 — короб; 7 — кран; 8 — смесительный бак; 9 — стояк; 10 — ввод

Нагревательный бак 5 выполнен в виде герметически закрытого металлического цилиндра, внутри которого находится трёхфазный элементный водонагреватель мощностью 6—12 кВт, соединенный в звезду.

Водонагреватель собран из двух секций, позволяющих регулировать температуру подогреваемой воды в зависимости от температуры воздуха в животноводческом помещении.

Смесительный бак 8 изготовлен из листового железа и снабжен герметически закрывающейся крышкой с вмонтированной в нее трубой, через которую в бак поступает

холодная вода из наружной водопроводной сети. Бак утепляют опилками, которые засыпают между стенками короба 6 и бака. Холодная вода из наружной водопроводной сети поступает по вводу 10, стояку 9 в смесительный бак 8, одновременно заполняя нагревательный бак 5 и главную магистраль 2. При заполнении\*системы водой кран 7 открывают, чтобы выпустить воздух: когда же система заполнена, кран 7 закрывают и включают электродвигатель насоса 1. а затем нагревательные элементы бака 5.

Во время работы насоса вода циркулирует по замкнутому кольцу: насос 1 — главный трубопровод 2 — смесительный бак 8 — нагревательный бак 5 — насос 1. поступая при этом по стоякам 3 в автопоилки 4. Холодная вода, попадающая в смесительный бак 8 из наружного водопровода, все время перемешивается с теплой.

На животноводческих фермах беспривязного содержания с поением животных на выгульно-кормовых площадках применяют групповые поилки, оборудованные электрическими водонагревательными элементами, а в помещениях для молодняка, молочных и родильных отделениях — водонагреватели-термосы.

Автопоилка АГК-4 предназначена для поения крупного рогатого скота на выгульно-кормовых площадках при беспривязном содержании.

Автопоилка представляет собой теплоизолированный корпус, в верхней части которого установлена поильная чаша. Автопоилка имеет четыре поильных места, закрытых крышками. Крышки в закрытом состоянии удерживаются пружинами. В средней части поильной чаши находится устройство поплавкового типа, состоящее из поплавка и клапана, которое автоматически поддерживает заданный уровень воды в автопоилке.

Чтобы вода в автопоилке зимой не замерзала, имеется электрическая система подогрева воды с расположением воздушного электронагревателя под поильной чашей. Температура воды поддерживается в пределах 5—14 С при помощи терморегулятора.

Для слива воды из поильной чаши во время периодической мойки поилки служит спускная труба, закрытая пробкой. Автопоилка АГК-4 рассчитана на обслуживание 100—120 голов крупного рогатого скота.

Большое распространение на животноводческих фермах получил водонагреватель-термос ВЭТ-200 емкостью 200 л. Он подключается к электрической сети через магнитный пускатель, предохранители и рубильник.

К водопроводной сети аппарат присоединяется через запорный вентиль, обратный клапан и шланги.

В конструкцию водонагревателя входят резервуар, кожух с крышкой, между которыми расположена теплоизоляция, электрическое нагревательное устройство и температурное реле. Нижний патрубок резервуара соединен с водопроводом, а верхний — с трубой горячей воды.

Нагревательное устройство состоит из трех элементов (ТЭНов), которые рассчитаны на присоединение к электрической сети напряжением 380/220 В по схеме «Звезда». Корпус каждого из них выполнен в виде изогнутой трубы, внутрь которой заложена спираль высокого сопротивления. Между спиралью и стенками трубы уложена электрическая изоляция, хорошо проводящая тепло. Температурное реле отключает водонагреватель от электрической сети, когда температура воды достигнет заданного значения. Аппарат нагревает 200 л холодной воды в течение 4 ч до температуры 80—85° С, потребляя при этом из сети 21 кВт·ч электроэнергии. Резервуар водонагревателя-термоса постоянно заполнен водой. При отборе горячей воды в резервуар поступает такое же количество холодной воды.

Водонагреватель-термос ВЭТ-400 по конструкции и принципу действия аналогичен описанному выше водонагревателю-термосу ВЭТ-200, но имеет емкость 400 л.

По заданию Министерства сельского хозяйства КазССР в Казахском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства была разработана простая и надежная конструкция электродного водонагревателя типа ЭВН-10/20—0,4 мощностью 16—25 кВт. Водонагреватель предназначен для отопления

животноводческих и различных производственных помещений (мастерских, гаражей, столовых), а также клубов, библиотек, детских садов и жилых домов объемом до 600 м<sup>3</sup>. Он может быть использован для получения горячей воды через теплообменник или промежуточный бак.

Водонагреватель ЭВН-10/20—0,4 состоит из следующих основных частей: корпуса, крышки, электродов со шпильками, изоляторов, защитного кожуха, изолирующих пластин, входного и выходного патрубков, кронштейна для крепления.

Отдельно от водонагревателя на стене крепится шкаф управления и автоматики. Внутри шкафа управления (рис. 23) смонтированы: автоматический выключатель АВ, магнитный пускатель Л, промежуточные реле РП1—РП4, предохранитель ПР, термосигнализатор ТСМ-100, трансформатор тока ТТ, клеммный набор КН. На дверце шкафа управления установлены кнопка управления КУ, пакетный переключатель ПП, сигнальная лампа ЛС с добавочным сопротивлением R, амперметр А.

Датчик термосигнализатора устанавливается с помощью специального патрубка, прилагаемого в комплекте, на отводящем трубопроводе на расстоянии не более 1 м от изолирующей вставки или непосредственно на крышке нагревателя. В автоматическом режиме периодическое включение водонагревателя осуществляется магнитным пускателем с помощью промежуточного реле РП1, нормально замкнутые контакты которого РШ находятся в цепи катушки Л магнитного пускателя.

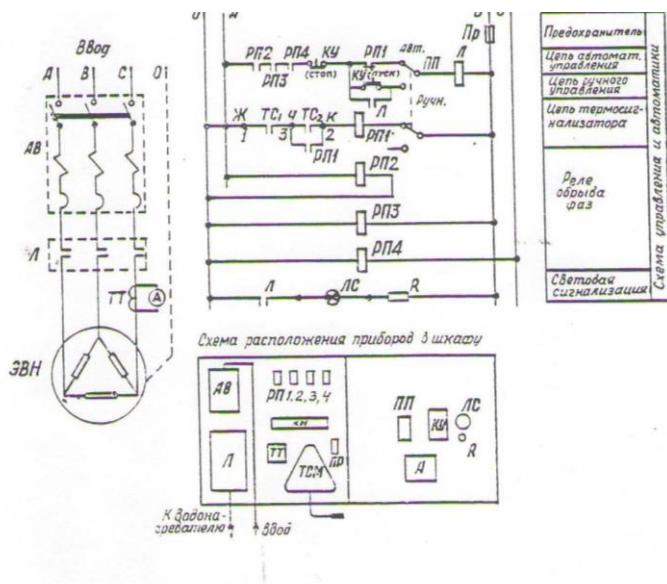


Рис. 23. Электрическая схема управления и автоматики нагревателя ЭВН-10/20-0,4

В зависимости от заданных границ температуры, устанавливаемых с помощью термосигнализатора ТСМ-100, происходит включение и отключение реле РШ (контактами ТС1 и ТС2). Так, при достижении верхней границы температуры в системе отопления, равной 95° С, контакты ТС2 замыкаются и реле РШ, включаясь разрывает свои нормально замкнутые контакты РШ в цепи магнитного пускателя Л. Последний отключает водонагреватель от электрической сети.

При снижении температуры контакты ТС2 размыкаются. Однако реле РШ самоудерживается во включенном состоянии нормально открытыми контактами РП1, замкнутыми ранее при замыкании контактов ТС2. При достижении системой отопления (или горячего водоснабжения) нижнего предела температуры контакты ТС1 размыкаются, реле РП1 отключается и пускатель Л, снова включаясь, подключает водонагреватель к сети. Затем цикл работы автоматики повторяется.

При ручном управлении, только в случае необходимости опробования нагревателя, переключатель режимов работы ПП должен быть поставлен в положение «Ручное».

Включение нагревателя осуществляется кнопкой «Пуск», отключение — кнопкой «Стоп».

При пропадании одной из фаз или перегорании предохранителя катушка пускателя Л самостоятельно или с помощью реле РП2—РП4 теряет питание, и нагреватель отключается от сети. В зависимости от использования водонагреватель должен присоединяться к трубопроводам согласно требованиям техники безопасности. Электрический ввод подключают к автомату, расположенному в шкафу управления, от шкафа управления концы кабеля — к шпилькам электродов и болту зануления. При этом также должны строго соблюдаться правила техники безопасности.

Схемы включения водонагревателя в системы отопления и горячего водоснабжения обычные. Допустимо также включение водонагревателя на промежуточную аккумулирующую ёмкость не более 1,5 м<sup>3</sup> для периодического (трех-, четырехкратного) расхода горячей воды до 1200 л/ч.

Бак водонагревателя может крепиться к стене с помощью имеющегося в комплекте кронштейна или устанавливаться на изолирующих подставках. Для наиболее удобного подключения нагревателя к системе отопления кронштейн может закрепляться в различных точках ниже разъема крышки и корпуса. Шкаф управления и автоматики монтируется на стене рядом с водонагревателем.

Система отопления должна иметь расширительный бак и сообщаться с атмосферой. При естественной циркуляции расширительный бак устанавливается в верхней точке системы и соединяется с подводящим трубопроводом. Нагреватель должен находиться в низшей точке системы. Датчик термосигнализатора (термобаллон) устанавливается в верхней крышке нагревателя.

При необходимости увеличения мощности водонагревателя следует поменять установленные электроды на электроды с большей поверхностью. Для этого нужно отключить водонагреватель, снять защитный кожух и питающий кабель.

лишив питания катушку магнитного пускателя, отключает котел от сети.

Когда температура воды превысит максимально допустимую, электроконтактный термометр ЭКТ 2, замыкая цепи катушек других промежуточных реле, отключит котел от сети.

В схеме применен однопозиционный принцип регулирования, поскольку котлы ЭПЗ предназначаются для работы с замкнутым контуром. Если котел используется для отопления помещений, то вместо электроконтактного термометра ЭКТ 2 подключается двухпозиционный датчик температуры ДТ камерного типа.

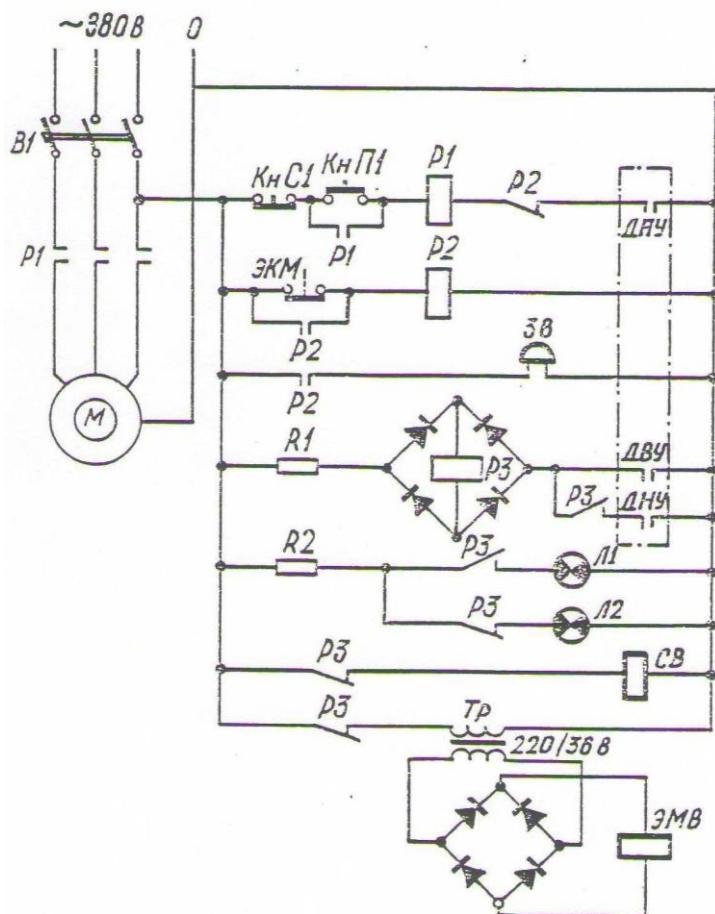
В режиме ручного управления переключатель ставят в положение Р. Потребляемую мощность можно изменять от 10 до 100 %, перемещая при помощи регулировочного колеса изоляционные цилиндры между фазными электродами и антиэлектродами (нулевыми электродами).

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПАРОВЫХ КОТЛОВ

На животноводческих комплексах и фермах при тепловой обработке кормов, пастеризации молока, стерилизации молочной посуды, отоплении помещений и т. д., кроме горячей воды, широко используется пар. Эти процессы выполняются при помощи пара низких параметров с избыточным давлением 70—200 кПа, который вырабатывают огневые котлы типов КВ, КМ и др., а также электрические котлы и парообразователи.

Электрическая схема автоматизации парового котла типа КМ, работающего на жидком топливе, показана на рисунке 24. Топливо к форсункам подает насос, приводимый в действие электродвигателем М.

Схему включают автоматом В1. Вода из водопровода проходит через открывшийся соленоидный вентиль СВ, подвергается электромагнитной обработке, поступает в котел и, заполняя его, замыкает контакты электродных датчиков уровней. Когда вода замкнет контакт датчика верхнего уровня ДВУ, сработает промежуточное реле Р3 и отключит соленоидный вентиль и магнитную обработку воды. Электродвигатель топливного насоса включается кнопкой КнШ. только если вода в котле перекрывает датчик аварийного уровня ДАУ. Соленоидный вентиль снова подает воду в котел, когда будет израсходован весь регулирующий объем, заключенный между верхним и нижним электродами. В дальнейшем в зависимости от расхода пара и горячей воды цикл наполнения повторяется. О наличии воды в кotle сигнализируют лампы Л1 и Л2.



Если давление в котле превышает установленное, электроконтактный манометр ЭКМ закрывает свой контакт и подает питание на промежуточное реле Р2, которое отключает магнитный пускатель Р1 двигателя топливного насоса. Нагрев прекращается.

Приведенная схема является полуавтоматической и используется для однократного получения пара. Однако применение устройств зажигания топлива ЭЗС-1 и контроля пламени РП-2 позволяет полностью автоматизировать процесс.

Электрические котлы и парообразователи проще в управлении и надежнее в работе, чем паровые котлы.

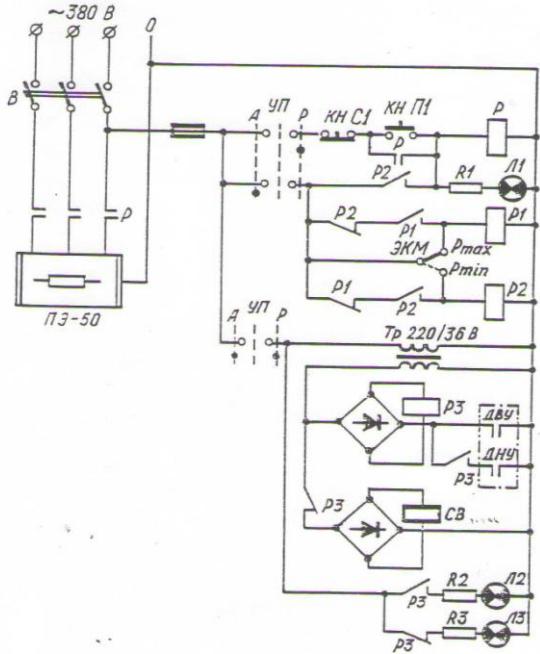
Схема автоматизации электрического парообразователя ПЭ-50 приведена на рисунке 25. Ее подключают к сети автоматом В.

Универсальным переключателем УП задают автоматический и ручной режимы работы.

В автоматическом режиме переключатель УП переводят в положение А. В парообразователе установлены электродные датчики уровней. Когда вода замыкает контакты датчика ДВУ верхнего уровня, получает питание промежуточное реле Р3, которое лишает питания соленоидный вентиль СВ, в результате чего прекращается

поступление воды в парообразователь. Повторно вентиль включается, если вода откроет контакты ДНУ датчика нижнего уровня.

Давление пара в заданных пределах поддерживает электроконтактный манометр ЭКМ. Когда давление пара уменьшится до минимального, замыкается контакт Рmin, реле Р2 получает питание и вводит в цепь тока катушку магнитного пускателя Р, включающего нагрев. Если же давление возрастает до максимально допустимого, замыкается контакт Рtah, получает питание реле Р1 и отключает реле Р2. Магнитный пускатель Р теряет питание и отключает парообразователь. В ручном режиме работой парообразователя управляют при помощи кнопочной станции.



действием возрастающего давления пара вода из камеры 2 вытесняется в камеру 3, при этом электроды оголяются, и мощность котла уменьшается. Такой принцип обеспечивает автоматическую работу котла не только при изменении разбора пара, но и при изменении удельного сопротивления воды. Это выгодно отличает котел типа КЭПР от водогрейных электродных котлов, например типа КЭВЗ, рассчитанных на воду с определенным удельным сопротивлением.

Подпитка котла осуществляется через поплавковый регулятор подпитки 5, откуда вода поступает в вытеснительную камеру 3. Для уменьшения влажности пара в парогенерирующей камере установлен механический сепаратор пара 6. Котел снабжен двумя предохранительными клапанами для защиты от повышения давления, двумя водомерными колонками и манометром со шкалой, до 1000 кПа (10 кгс/см<sup>2</sup>).

Котел КЭПР-6 отличается от описанного котла электрическими вводами, рассчитанными на напряжение 6 кВ. Мощность 2500 кВт при 3000 кг/ч пара и давлении 600 кПа.

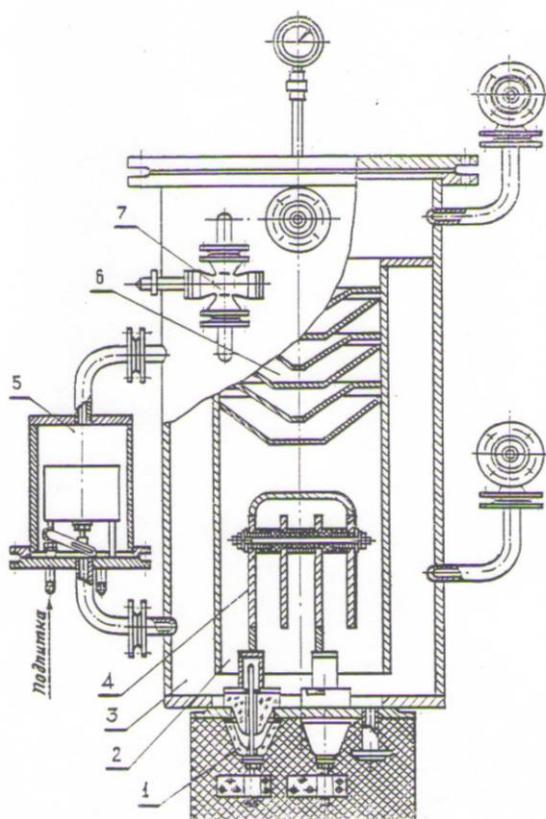


Рис. 26. Электродный паровой котел типа КЭПР-160/0,42.

1 — проходной изолятор; 2 — парогенераторная камера; 3 — вытеснительная камера; 4 — электродная система; 5 — поплавковый регулятор подпитки; 6 — механический сепаратор пара; 7 — регулятор температуры пара

Рис. 26 Электродный паровой котел типа КЭПР –1

1-проходной изолятор. 2-парогенераторная камера  
электродная система, 5- поплавковый регулятор  
паратора пара, 7 – регулятор температуры пара.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### **3.1 Практическое занятие №1 (2 часа).**

**Тема: «Заземление и зануление. Защитное отключение»**

#### **3.1.1 Задание для работы:**

1. Заземление и зануление
2. Защитное отключение

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Заземление и зануление.

Заземлением называют соединение частей электроустановки с заземляющим устройством (совокупность заземления и заземляющих проводников). Заземлитель - проводник или группа электрически соединенных проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники - металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Защитное заземление применяют во всех электроустановках до 1000 В с незаземленной нейтралью.

В сельских сетях напряжением 380 В с наглухо заземленной нейтралью применяют зануление. Под занулением понимают соединение корпусов электроприемников, каркасов распределительных щитов и шкафов, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и проводок, станины станков с заземленной нейтральной точкой (нулевой точкой) генератора или вторичной обмотки трансформатора, питающего сеть.

В качестве зануляющих обычно используют рабочие нулевые провода. К однофазным электроприемникам (например, светильникам и электроинструменту) прокладывают отдельный (третий) зануляющий проводник. При замыкании фазы на зануленный корпус электроприемника или другие детали установки происходит однофазное короткое замыкание (к. з.), которое должно вызывать достаточно быстрое (несколько секунд или доли секунды) отключение поврежденного участка электроустановки или электроприемника.

Применение в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью защитного заземления без связи с нулевой точкой источника запрещено. На случай обрыва нулевого провода на воздушных линиях и для снижения напряжения на зануленном оборудовании при повреждении изоляции в нем (в том числе при целом нулевом проводе) по концам линии или ответвленной длиной более 200 м, а также в промежуточных точках не реже чем через 250 м делают повторные заземления нулевого провода. В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током при напряжении 380/220 В, а также во всех помещениях (кроме взрывоопасных) при напряжении 36 В и ниже переменного тока или 110 В и ниже постоянного тока зануление и защитное заземление не применяют.

Сопротивление заземлений повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом. Если сеть питается от подстанции или электростанции с суммарной мощностью агрегатов до 100 кВа, то сопротивление каждого повторного заземлителя при их количестве не менее трех на линию может достигать 30 Ом.

Наименьшие допустимые размеры стальных зануляющих проводников указаны в таблице. На воздушных линиях стальные однопроволочные нулевые провода, используемые в качестве зануляющих, могут быть того же диаметра, что и фазные (наименьший - 4 мм на линии и 3 мм на ответвлении для ввода в дом).

Проводимость зануляющих проводников из цветных металлов - не менее 0,5 от проводимости фазных проводников на данном участке (кроме воздушных линий, питающих животноводческие фермы, и их внутренних проволок, где проводимости нулевых проводов должны быть не менее проводимости фазных). Наименьшие

допустимые по механической прочности сечения зануляющих проводников из цветных металлов указаны в таблице.

В качестве зануляющих проводников в дополнение к ним, а когда достаточно по проводимости, то и вместо них следует применять так называемые естественные зануляющие проводники: металлические трубопроводы (кроме газопроводов и труб, содержащих горючие жидкости и газы), а также стальные конструкции зданий, подкрановые пути.

Металлические оболочки кабелей (но не проводов). Исключением являются взрывоопасные помещения класса В-1, где в электропроводках во всех случаях должен быть отдельный зануляющий проводник или специальная кабельная жила. Быстрое автоматическое отключение поврежденного участка или электроприемника обеспечивает ток металлического однофазного к. з. только при величине не менее трехкратного номинального тока плавкой вставки предохранителя или номинального тока расцепителя автомата с зависимой от тока характеристикой.

Во взрывоопасных наружных электроустановках или помещениях необходимая кратность - 4 для предохранителя и 6 для автомата с зависимой характеристикой. При установке автоматов с расцепителями, имеющими независимую характеристику (электромагнитный без теплового реле или часовогом механизма), ток однофазного короткого замыкания должен в 1,4 раза превышать ток срабатывания расцепителя при номинальном токе автомата до 100 А, или в 1,25 раза при большем номинальном токе.

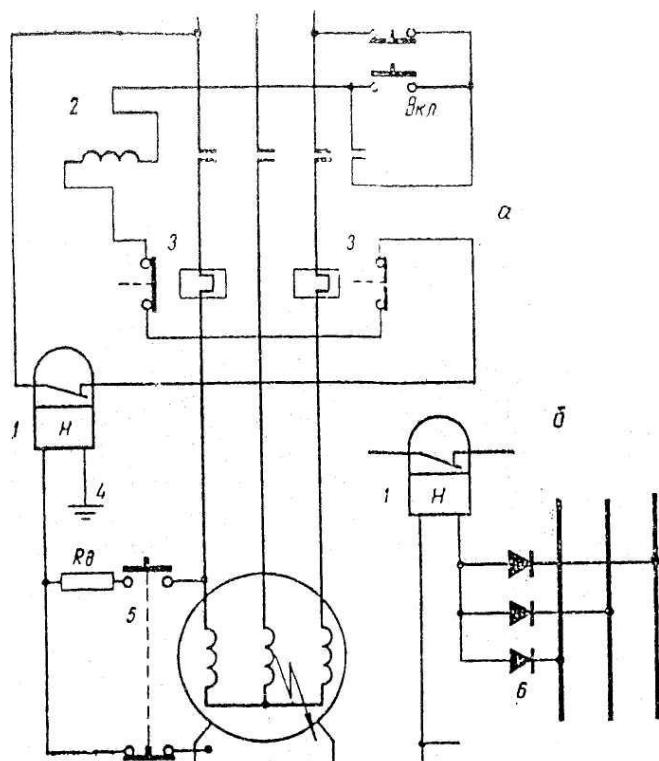


Рисунок 1 - Схема защитного отключения по напряжению.

*a* - со вспомогательным заземлителем: *b*-фрагмент схемы с выпрямителями вместо заземлителя: 1- реле напряжения: 2-катушка магнитного пускателя: 3- тепловые реле пускателя: 4- вспомогательное заземление: 5- кнопка контроля: 6- выпрямители ДГЦ.

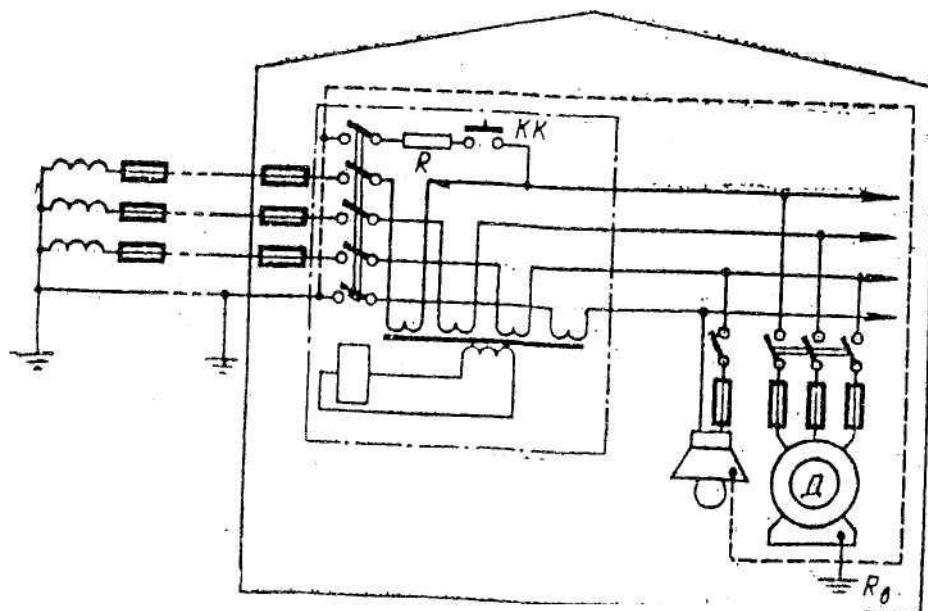


Рисунок 2 - Схема защитного отключения по току утечки.

## 2. Защитное отключение.

Защитное отключение происходит автоматически не более чем за 0,2 с. При повреждении изоляции относительно корпуса оборудования и для уменьшения вероятности поражения при однофазном прикосновении человека к сети 380/220 В. Применяют его вместо зануления или в дополнение к нему. Защитное отключение по току утечки уменьшает опасность поражения при прикосновении к токоведущим частям.

Защитное отключение по напряжению осуществляют при помощи реле напряжения типа РН-60 или ЭН-500. Вспомогательное заземление, к которому присоединена катушка автомата, должно иметь сопротивление не более нескольких сотен Ом (вместо 10 или 30 Ом, которое должно было бы иметь повторное заземление при использовании зануления). Если корпус защищаемого оборудования связан с землей, помимо цепи через катушку автомата, то вспомогательное заземление должно отстоять от защищаемого оборудования не менее чем на 10 м.

Для защитного отключения по току утечки служит специальный автоматический выключатель, например типа F1, в котором применен трансформаторный фильтр токов нулевой последовательности с первичными обмотками для всех 4 проводов сети и с одной вторичной обмоткой, замкнутой на отключающую катушку автомата. Пока в защищаемых токоприемниках нет утечки тока через изоляцию на землю, в магнитопроводе трансформаторного фильтра сумма мгновенных значений магнитных потоков от всех четырех катушек равна нулю. Появление тока утечки определенной величины приводит к появлению во вторичной обмотке тока, достаточного для отключения автомата. Вместо вспомогательного заземления здесь можно использовать и зануление, но присоединять защищаемые металлические предметы к нулевому проводу надо до автомата по ходу энергии, а не после автомата. Иначе ток утечки будет проходить через фильтр и к месту повреждения и обратно, отчего автомат не сработает. Автоматы F1 имеют токи срабатывания от 30 до 300 мА.

Разработаны для сельскохозяйственных установок защитно - отключающие устройства (ЗОУ) с токами срабатывания 10 и 20 мА. Надо помнить, что их нельзя применять для одновременной защиты большой группы электроприемников: в этом случае происходят ложные срабатывания из-за токов утечки, которые всегда есть даже в практически исправной электрической сети (например, на вводе фермы они иногда превышают 10 мА). ЗОУ применяют для индивидуальной защиты цепи одного электро - приемника или группы из двух - трех приемников. Для обеспечения высокой чувствительности эти устройства снабжены полупроводниковыми усилителями между

вторичной катушкой трансформаторного фильтра токов нулевой последовательности и катушкой магнитного пускателя или автомата, отключающего сеть.

Защитно-отключающее устройство ЗОУП-25 для передвижных электроустановок состоит из магнитного пускателя ПМЕ-236 и блока защитного устройства, встроенного в корпус пускателя вместо термобиметаллических реле. Оно применимо и для стационарных электроприемников в сети с заземленной нейтралью.

Реле утечки серии РУД-02 бывают двух исполнений: для однофазных двухпроводных цепей РУД-022 (применяют в жилых и вспомогательных помещениях; контакты обеспечивают непосредственное отключение и включение защищаемой цепи); для четырехпроводной сети с заземленной нейтралью - РУД-024 (применяют в комплекте с пускателем или автоматом, уже имеющимся в установке; контакты воздействуют на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата). Реле РУД-024 допустимо к установке в помещениях с запыленной или агрессивной средой только в специальном защитном кожухе (например, в аппаратном ящике ЯАП-1 сборных распределительных устройств серии РУС). Технические характеристики устройств ЗОУП-25 и РУД-02 приведены в таблице.

Таблица 1 - Технические характеристики защитно-отключающих устройств по току утечки.

Наименование	Значение показателей для устройства		
	ЗОУП-25	РУД-022	РУД-024
Номинальное	380	220	380
Номинальный ток, А	25	10	25
Уставка, мА	10+3	10+1	20+2
Время срабатывания,	Не более 0,05	0,05	0,025
Относительная влажность не более, %	90	80	98
Температура окружающего воздуха, °С	±40	0±50	-40 ±50
Высота над уровнем моря и более, м	1000	2000	2000
Масса, г-	4,5	1,5	1,3/3,8
Габариты, мм	160x256x150	165x100x115	165x100x115 (262x140x135 в кожухе)
Мощность, потребляемая полупроводниковой схемой,	30		
Число включений и отключений	10		

Для нормальной работы полупроводникового реле необходимо напряжение в сети в пределах 0,85 - 1,1 от номинального.

Установочные автоматические выключатели серии АЕ-2000 могут иметь блок чувствительного органа для защитного отключения по току утечки с полупроводниковым реле, для нормальной работы которого напряжение сети должно быть в пределах 0,85 - 1,1 от номинального. Время срабатывания автомата не более 0,1 с, а время готовности выключателя к работе 0,2 с. Автомат предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от -40 до +40°C, относительной влажности до 90% и высоте над уровнем моря до 1000м.

Защитное отключение по току в нулевом проводе (в сочетании с зануленем) при номинальном токе до 50 А выполняют с помощью автомата АК50-2МЗТО, имеющего мгновенный электромагнитный токовый расцепитель в нулевом проводе (при еще двух - в фазах). При больших токах используют магнитные пускатели или автоматы с независимыми расцепителями (например, А3124 или А3134) и реле типа РЭ-571т., включенным в нулевой повод и действующим на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата. Так как обычно ток в нулевом проводе не превышает 0,5 от тока в фазном проводе, уставка реле или расцепителя в нулевом проводе может быть значительно меньше, чем номинальный ток фазных расцепителей. Тем самым создается чувствительная мгновенная защита от однофазных коротких замыканий на зануленное оборудование. При этом достаточно обеспечить отношение тока однофазного к. з. к току срабатывания расцепителя в нулевом проводе, равное 1,4, а по отношению к уставке реле РЭ-571т., равное 2, как для мгновенных максимальных токовых защит (отсечек).

Таблица 2 - Технические характеристики установочных автоматов с блоком защитного отключения по току утечки.

Наименование	Значение показателя для автомата			
	АЕ-2045-13р	АЕ-2046-13р	АЕ-2035-13р	АЕ-2036-13р
Номинальное напряжение, В	220	380	220	380
Номинальный ток, А	40	40	25	25
Уставка по току утечки, мА	15±2	15±2	10±2	10±2
Масса, не более кг.	1,5	1,5	0,81	0,86
Габариты, мм.	213x130x75	213x130x75	167x124x75	167x124x75

### 3. Электробезопасность на животноводческих фермах.

Большинство помещений животноводческих ферм по степени опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным. В них запрещена работа на токоведущих частях, находящихся под напряжением, и замена под напряжением ламп. Сечение и марка нулевого провода на линии, питающей животноводческие помещения, а также во внутренней проводке должны быть такими же, как и у фазных проводов. Электролампы следует равномерно распределить по фазным проводам и включать их трехполюсными выключателями. Однополюсные выключатели - только для светильников суммарной мощностью не более 20% от общей мощности освещения фермы. Все другие однофазные токоприемники, кроме имеющих мощность не более 0,6 кВт, включать на линейное напряжение, причем и в этом случае их мощность не должна быть более 1,3 кВт (иначе надо применять трехфазные).

Выключатели и предохранители размещают в соседних с сырьими сухих помещениях. Кнопки управления пусковой аппаратурой устанавливают у рабочих мест.

Троллейные провода или шины для электротранспорта или для облучательных и других установок в животноводческих помещениях подвешивают на высоте не менее 3 м. от уровня поля. Напряжение на них подают только на время работы.

Корпуса стригальных агрегатов, рубильников, чугунные крышки выключателей зануляют. В качестве заземляющих электродов передвижного электростригального пункта применяют два отрезка двухдюймовой трубы, заглубленных в землю не менее чем на 1,5 м. Электромонтер, обслуживающий электрооборудование, должен иметь III квалификационную группу; он может менять плавкие предохранители, делать переключения на щитах и сборках. Участие второго лица требуется только при работах на

высоте более двух метров, с лестниц или подмостей или при работах без снятия напряжения (в помещениях без повышенной опасности).

Персонал, обслуживающий установки для ультрафиолетового облучения животных или птицы, должен иметь квалификацию по III группе, пользоваться очками с дымчатыми или бесцветными, но толстыми стеклами (не менее 3 мм.) и по возможности не находится в зоне действия ультрафиолетовых лучей.

При использовании электроизгороди запрещается браться за проволоку, осматривать и исправлять ее, когда она находится под напряжением. Не следует включать пульсатор до присоединения к проволоке изгороди и открывать крышку включенного пульсатора в сырую погоду. Строго запрещается подключать батарейную электроизгородь к электросети. Наиболее эффективным мероприятием для обеспечения электробезопасности крупного рогатого скота, является применение выравнивания потенциалов путем заложения в пол под передними и задними ногами коров (на расстоянии 1,2-1,4 м.) стальной катанки диаметром 6-8 мм., соединенной со всеми металлоконструкциями и трубопроводами, доступными для прикосновения животных. Раз в полгода целостность выравнивающих проводников проверяется измерением сопротивления петли из двух проводников. Оно должно быть не более 1 Ом.

Если стойловое помещение не содержит металлоконструкций или транспортеров, вместо выравнивания потенциалов можно применять изоляционные вставки длиной не менее 1 м. Ими отделяют автопоилки от водопроводной магистрали, электрически связанной с корпусом электронасоса, электроводонагревателя. Длину вставки определяют по номограмме. Изолирующую вставку длиной 20-25 см., включают в вакуумпровод доильной установки. Этим защищают коров от заноса опасного потенциала.

Электропроводку в помещениях для скота прокладывают на высоте не менее 2,5 м. Если это требование выполнить невозможно, проводку прокладывают в стальных трубах или выполняют защищенными проводами. Между электропроводкой и трубопроводами внутри здания выдерживают расстояние не менее 10 см.

Для изоляции электродвигателей и электрических аппаратов на машинах и механизмах доступных прикосновению животных, между корпусами электрооборудования и этими машинами применяют изолирующие муфты, прокладки или звенья, которые должны выдерживать в течение 1 мин., испытательное напряжение 4 кВ., переменного тока частотой 50 Гц.

Электродные водонагреватели допустимы к эксплуатации только с блокировкой, исключающей открытие водоразборного крана до отключения нагревателя от электросети. Кроме того, электродные водонагреватели должны быть трехфазными, с незануленным и незаземленным корпусом, который зануляют. В зануляющий провод включают катушку токового реле или расцепителя автомата, срабатывающего при токе в 20% от номинального тока водонагревателя. Трубопроводы для электропроводки и для воды зануляют. Последние присоединяют к корпусу водонагревателя через изолирующие вставки с сопротивлением столба воды не менее 2000 Ом при расчетном удельном сопротивлении воды не более 2 Ом.

Электрифицированные передвижные машины и аппараты (или стационарные, но с питанием по гибкому кабелю), если они не перемещаются сами, на время передвижения отключают от источника питания, а кабель отсоединяют от неподвижного щитка (для предотвращения чрезмерного натяжения, отчего может повредиться изоляция или оборваться зануляющая жила). Для присоединения передвижных и переносных электроприемников в помещениях ферм размещают штепсельные соединения в герметизированном исполнении с зануляющим контактом.

### 3.2 Практическое занятие № 2 (2 часа).

Тема: «Элементы автоматики»

#### 3.2.1 Задание для работы:

1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры.
2. Пирометры.

#### 3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

##### 1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры

Приборы, предназначенные для измерения температуры, называются *термометрами*. Разновидностями термометров являются пирометры, принцип действия которых основан на измерении электромагнитного излучения нагретых тел.

И настоящее время для построения термометров наибольшее распространение получил термоэлектрический и терморезисторный методы, а также метод, основанный на тепловом излучении нагретых тел.

Термоэлектрический метод измерения температуры основан на возникновении термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в цепи, составленной из двух разнородных проводников, при неравенстве температур в местах соединения концов проводников. Первичный преобразователь - *термопара*.

В приборе прямого преобразования (рис. 1) ЭДС термопары  $e$  преобразуется в силу тока  $I$ , а затем формируется вращающий момент  $M$  как результат взаимодействия тока в рамке с полем постоянного магнита. Этот момент уравновешивается упругим моментом пружины, в результате чего на выходе получается сигнал  $\phi$ .

В схеме уравновешивающего преобразователя (рис. 2) уравновешивание ЭДС термопары осуществляется за счет сигнала с мостовой схемы, управляемой двигателем  $D$ .

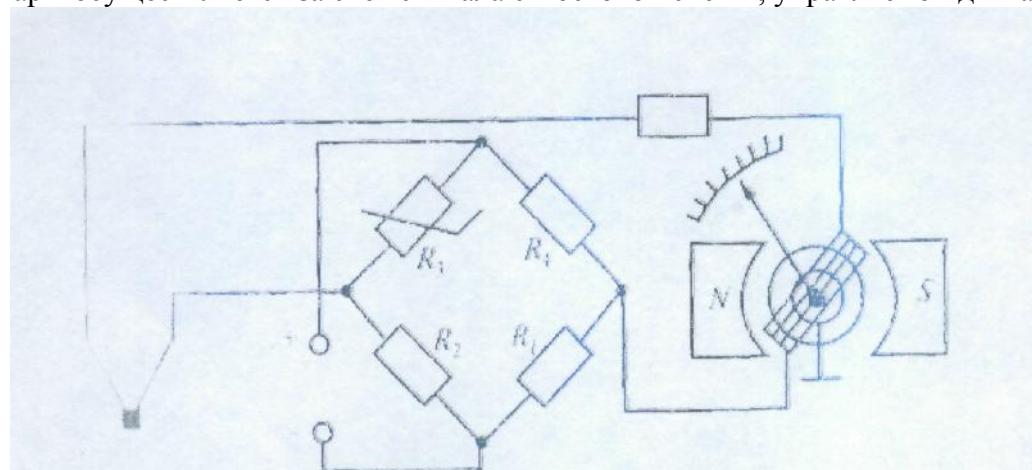
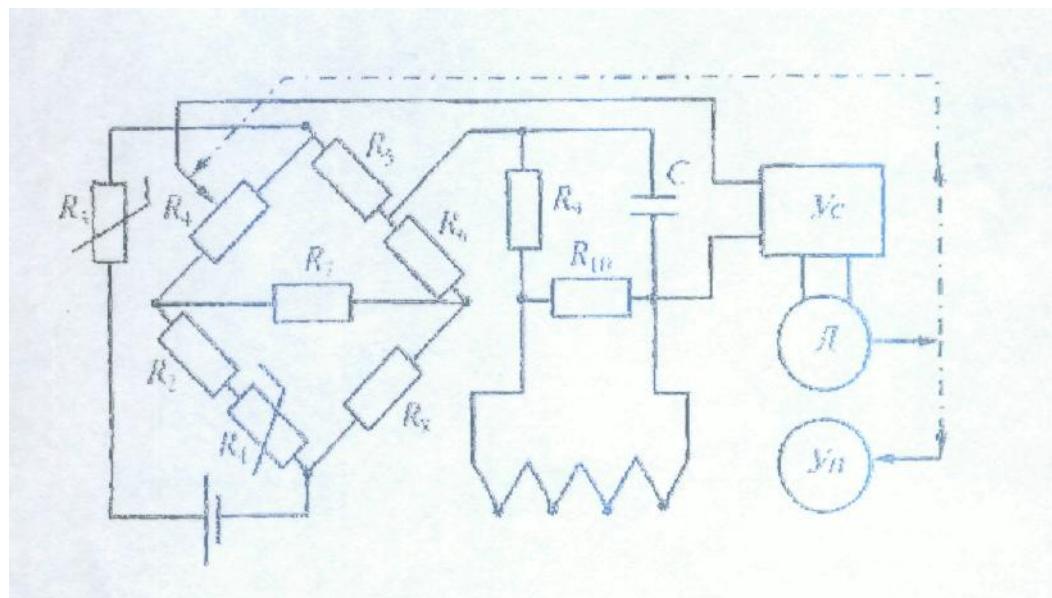


Рис 1. Измерение температуры прибором прямого преобразования на базе мостовой схемы.



*Рис 2. Измерение температуры в схеме уравновешивающего преобразователя.*

В качестве вторичных приборов, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, применяются милливольт метры, автоматические потенциометры со шкалой, отградуированной в градусах.

В качестве материалов для изготовления термоэлектродов применяются вольфрам, рений, платина, платинородий, хромель, копель, медь. Промышленностью выпускаются термоэлектрические преобразователи вольфрамо-рениевые (ТВР), платинородий-платиновые (ТПП), платино-родиевые (ТПР), хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-копелевые (ТХК), медь-копелевые (ТМК).

На защитной арматуре термоэлектрического преобразователя и на шкале измерительного прибора указывается обозначение номинальной статической характеристики преобразователя.

Преимущества: точность измерений, легкость передачи сигнала на расстояние и его обработка. Недостатки: электроды термопары защищаются чехлом, частично заключенным в стальной трубе, и в зону высоких температур вносится только наконечник, который стальной трубой не защищается, из-за наличия фарфорового чехла термопара имеет большую инерционность (несколько минут) и не выдерживает резких колебаний измеряемой температуры, не рекомендуется быстро вносить термопару в зону с высокой температурой; высокая стоимость и сложность вторичного элемента.

Предельная температура измеряемая этим методом, достигает 2500°C при временном применении с помощью термопары ТВР.

Принцип действия термопреобразователей сопротивления основан на свойстве металлических проводников изменять электрическое сопротивление при изменении температуры. Эти термометры строятся на принципе прямого (рис. 3) и уравновешивающего преобразования (рис. 4).

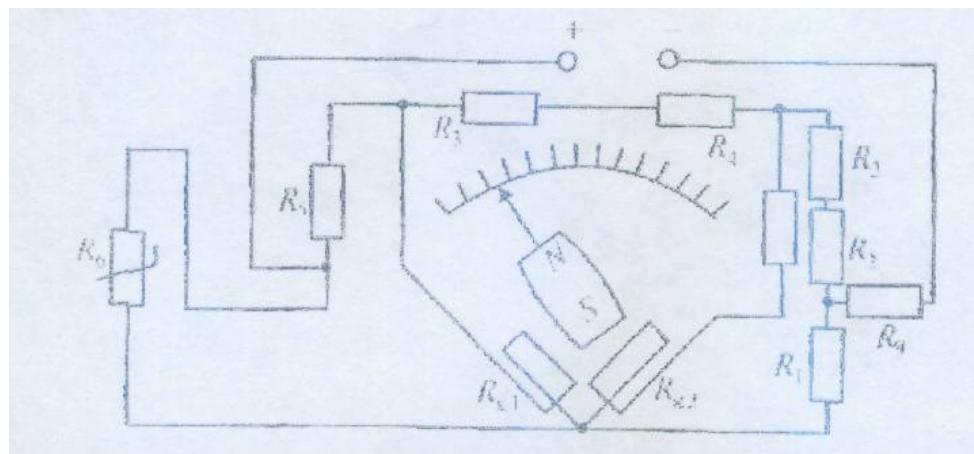


Рис 3. Измерение температуры с помощью термосопротивления и логометра.

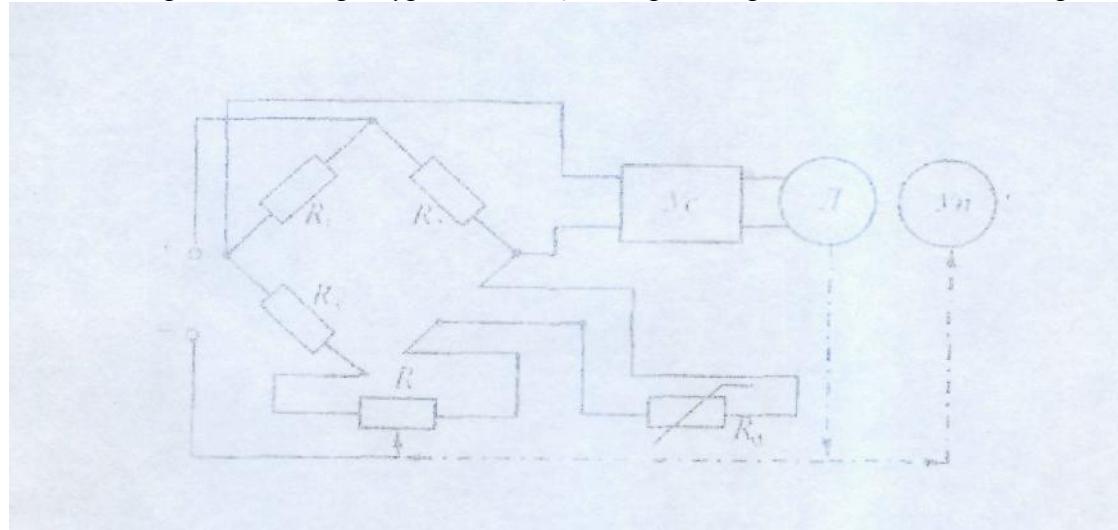


Рис 4. Схема термометра уравновешивающего преобразования.

Наиболее пригодными материалами для изготовления термометров по своим физико-химическим свойствам являются медь, платина, никель. Для медных и платиновых проводников зависимость изменения сопротивления от температуры выражается формулой:

$$R_t = R^0(1 + a \cdot t),$$

где  $R_t$  сопротивление при температуре  $t$ ;  $R^0$  сопротивление при температуре  $0^\circ\text{C}$ ;  $a$  - температурный коэффициент (для платины  $-0,00394$ , для меди  $-0,004$ ).

Платиновые термосопротивления предназначены для измерения температур от  $-260$  до  $1100^\circ\text{C}$ , они выпускаются с номинальным сопротивлением, чувствительного элемента:  $1, 10, 50, 100$  и  $500$  Ом (табл. 1) Выпускаются термопреобразователи сопротивления с монтажной длиной  $60$ - $3200$  мм. Монтажную длину  $\ell$  выбирают в зависимости от места установки термопреобразователя.

Медные термопреобразователи сопротивления (ТСМ) применяются для длительного измерения температуры от  $-200$  до  $200$  С Номинальные сопротивления чувствительного элемента Ко составляют  $10, 50, 100$  Ом (см. табл.). Эти элементы выполняются в виде проволоки диаметром  $0,1$  мм, намотанной безиндукционной намоткой на цилиндрический каркас из пластмассы и герметизированной слоем лака.

Таблица 1

Тип	Нормативное значение сопротивления	Условное номинальной характеристики преобразователя	обозначение статической	Диапазон измеряемых температур, С
-----	------------------------------------	---	-------------------------	-----------------------------------

	при 0 С, Ом	в РФ	Международное	
TСП	1	1 П	Pt 1	0...1100
	10	10 П	Pt 10	-200..
	50	50 П	Pt 50	-
	100	100 П	Pt 100	-
	500	500 П	Pt 500	-
TCM	10	10М	Cu 10	-50.. .200
	50	50 М	Cu 50	
	100	100М	Cu 100	

Никелевые термопреобразователи сопротивления применяются для измерения температуры в интервале от —60 до 180°С с номинальным сопротивлением при 0°С, равным 50 Ом.

Для изготовления полупроводниковых преобразователей сопротивления (терморезисторов) применяются германий, оксиды меди, марганца, титана и их смеси. Полупроводниковые материалы обладают большим отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и большим удельным электрическим сопротивлением, что позволяет изготавливать небольшие по размерам терморезисторы, обладающие большим коэффициентом преобразования.

Основным недостатком, ограничивающим применение терморезисторов, является то, что технология получения полупроводниковых термопреобразователей сопротивления не позволяет изготавливать их с идентичными характеристиками. Полупроводниковые терморезисторы нашли широкое применение в качестве температурных сигнализаторов — термореле.

## 2. Пирометры

Тепловое излучение нагретых тел характеризуется распространением электромагнитных волн, которые могут восприниматься другими телами. *Термометры, воспринимающие тепловую энергию, доставляемую электромагнитными волнами, называются пирометрами.* Наибольшее распространение получили пирометры, основанные на трех методах измерений:

- радиационном - измерение плотности интегрального излучения;
- яркостном - измерение спектральной интенсивности излучения определенной длины волны;
- цветовым - измерение отношения спектральной интенсивности двух волн.

Преимуществом измерения температуры по тепловому излучению является то, что можно измерять температуру бесконтактным методом, не искажая температурного поля объекта измерения; не ограничен верхний предел измерения, приборы обладают большой чувствительностью. Серийно выпускаемые пирометры применяются для измерения температур от 20 до 6000°С.

К недостаткам можно отнести то, что температура, показываемая пирометром (яркостная, цветовая, радиационная), отличается от действительной. Расхождение между температурой, показываемой пирометром, и действительной температурой тела (среды) может составлять десятки и сотни градусов. На показания пирометров влияет среда, находящаяся между пирометром и объектом, температура которого измеряется.

Ослабление теплового излучения промежуточной средой, находящейся между объектом измерения и пирометром, влияет на результаты измерения всех пирометров.

Наиболее широко в промышленности применяются радиационные пирометры. В них (рис. 5.) лучи от нагретого тела поступают на линзу 1, которая направляет их через диафрагму 2 на приемник излучения 3.

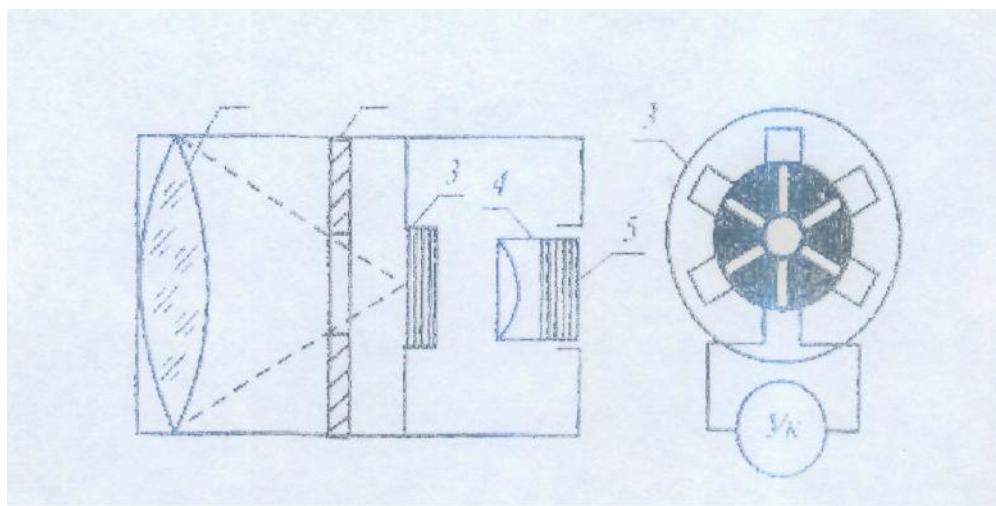


Рис. 5. Радиационный пирометр.

Приемник излучения состоит из большого числа термопар, горячие спаи которых выполнены в виде секторных тонких пластинок. Сигнал с термопар, соединенных последовательно, подается на указатель  $Y_k$ , в качестве которого может быть гальванометр или автоматический потенциометр.

В настоящее время выпускаются агрегатный комплекс стационарных пирометрических преобразователей и пирометров излучения АПИР-С, пирометрические преобразователи полного излучения (ГШТ-121, ГШТ-121-01 и др.) на диапазон измерения от 30 до 1 2500°C, преобразователи частичного излучения (ГГЧД-Ш-01, ПЧД-Ш-07) с диапазоном измерения 450—2500°C.

#### Приборы и методы измерения давления

##### 1. Электромеханические дистанционные манометры

В электромеханических дистанционных манометрах (рис. 6) сигнал деформации упругого элемента (мембранны) используется для перемещения движка потенциометра. Потенциометр образует днища плеча  $R_1$  и  $R_2$  моста, а два других плеча составлены из резистором  $R_3$  и  $R_4$ . В качестве указателя в манометре применяется логометр с неподвижными рамками (катушками) и подвижными магнитами. Применение логометра обеспечивает независимость показаний прибора от колебаний питающего напряжения. Комплект прибора включает преобразователь, указатель и соединительные провода. В качестве первичных преобразователей (чувствительных элементов) применяют манометрические коробки (при измерении давления до 0,3 МПа), гофрированные мембранны (до 10 МПа) и манометрические трубы (до 25 МПа).

Электромеханические манометры серии ЭМ предназначены для измерения давления жидкостей (например, топлива в двигателях) и выпускаются в вариантах ЭМ-10 и ЭМ-100.

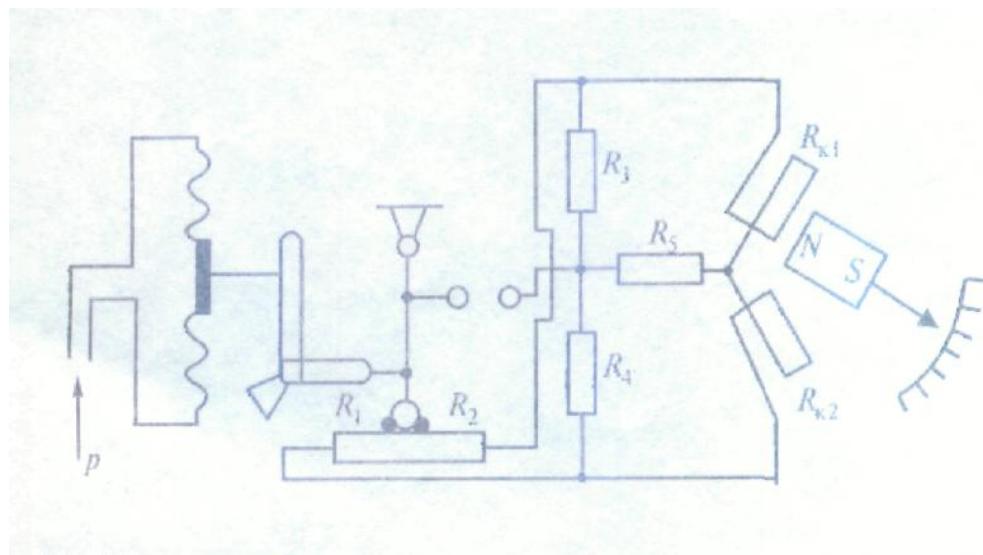


Рис. 6. Электромеханический

Погрешности манометров серии ЭМ не превышают 3%, Преобразователь и указатель взаимозаменяемы; потребляемый прибором ток не превышает 0,1 А.

В целях устранения контактного трения щетки о потенциометр можно применять бесконтактные преобразователи — индуктивный или емкостный преобразователи. В манометре с индуктивным дифференциальным преобразователем (рис. 7) якорь связан с жестким центром мембранны. Снимаемые с индуктивного преобразователя 1 сигналы переменного тока, промодулированные по амплитуде сигналом деформации, выпрямляются диодами \$D\_1, D\_2\$, и на логометр 2 указателя, поступают детектированные сигналы, пропорциональные измеряемому давлению.

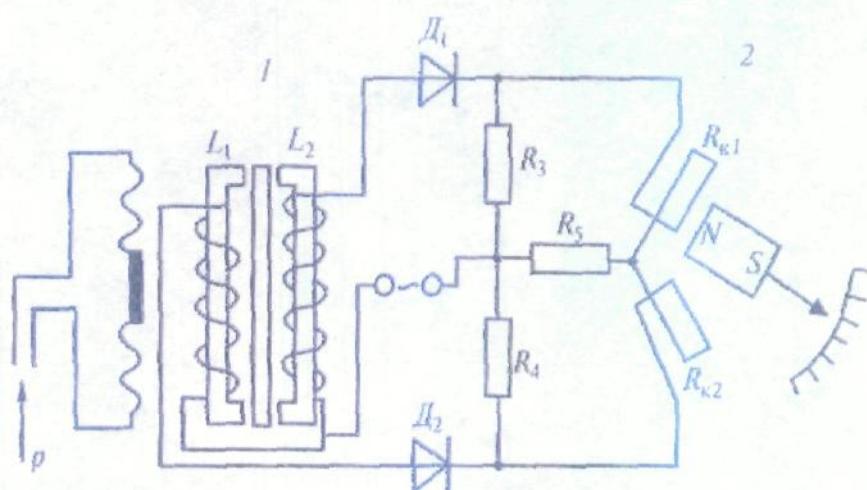


Рис. 7. Манометр с индуктивно-дифференциальным преобразователем.

Приборы выпускаются на низкое и высокое давление. Манометры МЭД модели 2364 имеют пределы измерений 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 кгс/см, вакуумметры этой же модели выпускаются на предел от 1 до 0 кгс/см, а мановакуумметры - от 1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15 кгс/см. Приборы модели 2365 выпускаются с манометрической шкалой на пределы 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600, 1000 и 1600 кгс/см, мановакуумметрической 1 - 24 кгс/см.

Диаметр корпуса 160 мм, погрешность показаний 1; 2,5% от суммы верхнего и нижнего пределов измерения. Питание осуществляется переменным током от вторичного прибора. Взаимная индуктивность манометров изменяется от нуля до 10 мГн при

измерении манометрического, вакуумметрического и мановакуумметрического давлений. Применяются во взрывобезопасных помещениях при температуре воздуха 5—50°C.

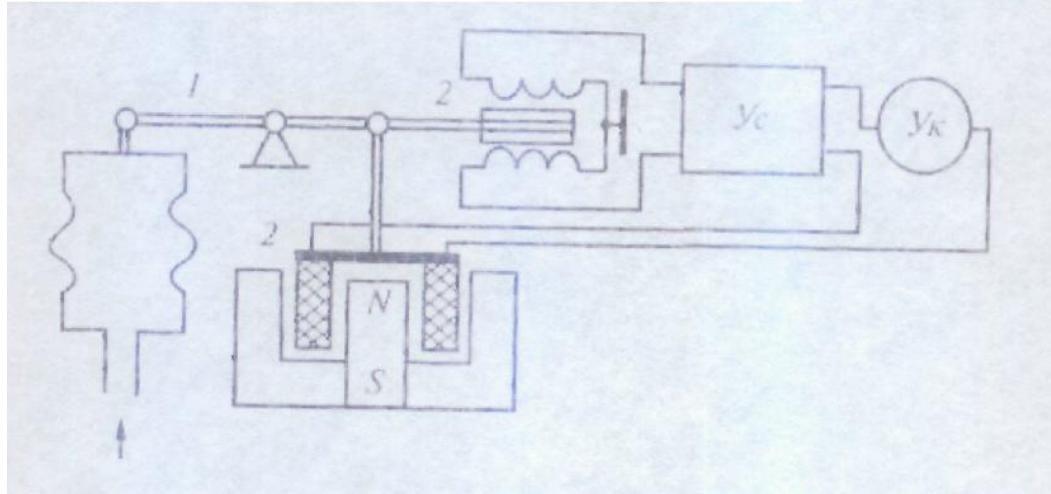


Рис. 8. Манометр уравновешивающего преобразования с силовой компенсацией.

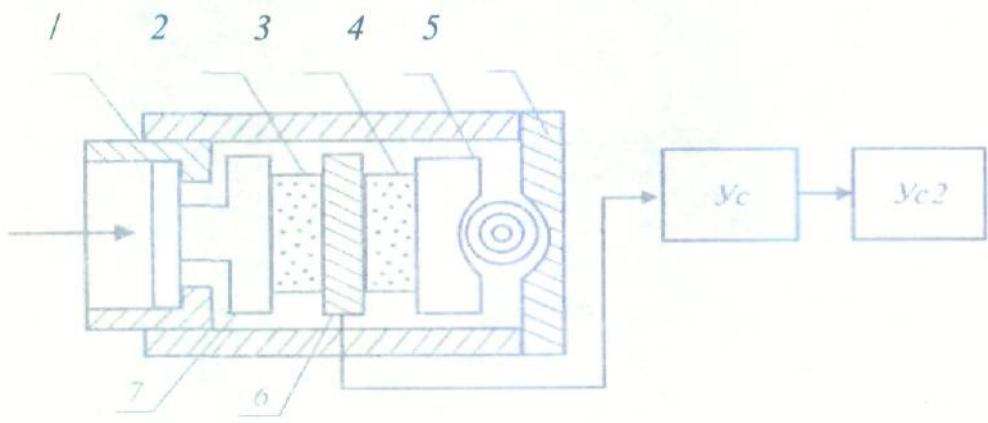
Измерительные цепи манометров уравновешивающего преобразования показаны на рис. 8. В схеме (манометр с силовой компенсацией) статического уравновешивания деформация сильфона преобразуется в перемещение рычага 1, на конце которого размещен преобразователь сигналов 2. Сигналы с преобразователя после усиления в усилителе  $U_c$  поступают на указатель  $Y_K$  и на катушку электромагнита 3, якорь которого связан с рычагом. При взаимодействии токов в катушке с магнитным полем постоянного магнита образуется сила, уравновешивающая силу, созданную сильфоном, и препятствующая перемещению рычага. При этом, чем больше измеряемое давление, тем больше сила тока в катушках. Таким образом, с точностью до статической погрешности рычаг будет находиться в среднем положении, а показания прибора, пропорциональные силе тока в катушках, будут являться мерой давления, подаваемого в прибор.

Схемы статического уравновешивания называются также схемами силовой компенсации.

Верхний предел измерения измерительных преобразователей избыточного давления - 160 МПа, а преобразователей вакуумметрического давления - 0,1 МПа. Класс точности 0,6; 1; 1,5. Сигнал дистанционной передачи - постоянный ток 0-5 мА. Они работают в комплекте с вторичными приборами КПУ, КСУ и могут применяться в комплекте с регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления.

## 2. Пьезоэлектрический манометр

При измерении высокочастотных пульсаций давления в качестве преобразователя в манометрах применяются пьезоэлектрические элементы (рис.9) в виде пластинок кварца цилиндрической или прямоугольной формы толщиной в несколько миллиметров. Допускаемая нагрузка на кварцевую пластинку достигает 8000 ГПа.



*Рис. 9. Пьезометрический манометр*

Чувствительный элемент пьезоманометра включает мембрану 1, кварцевые пластинки 2 и 3, шарик 4, колпачок 5, электрод 6 и опорный элемент 7. Воспринимаемое давление передается через элемент 7 на кварцевые пластинки. Шарик 4 способствует равномерному распределению давления по поверхности кварцевых пластинок.

Кварцевые пластинки располагаются так, чтобы их плоскости, на которых возникают отрицательные заряды, соприкасались с электродом 6. Положительные заряды заземляются. Сигналы с электрода 6 подаются на усилитель с очень большим входным сопротивлением и малой входной емкостью, в качестве которого применяется полевой транзистор. Подобный усилитель называется электрометрическим.

### **3. Приборы и методы измерения количества и расхода вещества**

#### **1. Общие сведения**

Отдельные участки технологического потока современных заводов строительных материалов разделены промежуточными емкостями, предназначенными для хранения полуфабрикатов или готовой продукции. В качестве емкостей применяют баки, резервуары (для хранения воды, смазочных масел, мазута, шлама и т. п.), бункеры и силосы (для хранения порошкообразных материалов - сырьевых смесей, угольного порошка, цемента и т. п.). Бункеры применяют также для хранения кусковых материалов (гипса, дробленого известняка и т. д.). Для обеспечения бесперебойной работы агрегатов оператор должен располагать информацией о количестве материала в емкостях.

Для получения такой информации применяют различные приборы, измеряющие уровень. По уровню материала в емкости оператор определяет количество материала, находящееся в ней. Все приборы, измеряющие уровень, могут быть разделены на две группы: сигнализаторы уровня и уровнемеры.

Сигнализаторами уровня называются приборы, обеспечивающие получение информации (сигнала) о достижении уровнем каких-либо фиксированных значений, определяемых местом установки их чувствительных элементов (первичных преобразователей).

Уровнемерами называются приборы, обеспечивающие получение непрерывной информации о положении уровня в контролируемой емкости в любой момент времени.

Для контроля за ходом технологического процесса бывает необходимо измерять наряду с другими величинами расход и количество вещества, протекающего через сечение трубопровода в единицу времени. Количество вещества измеряют в единицах массы (кг, т) или объема ( $m^3$ ,  $dm^3$ ). В соответствии с выбранными единицами производится измерение массового  $QM$  (кг/с, кг/ч, т/ч) или объемного расхода ( $m^3/s$ ,  $l/s$ ,  $m^3/\text{ч}$  и т. д.). При измерении расхода газов, выраженного в объемных единицах, при его различных физических состояниях для получения сопоставимых данных результаты измерения приводят к нормальным условиям. Такими нормальными условиями принято считать:

температуру  $tH = 20^{\circ}\text{C}$ ; давление  $pH = 101\ 325 \text{ Па} (760 \text{ мм рт. ст.})$ . В этом случае объемный расход обозначается  $QH$  и выражается в объемных единицах.

Прибор, измеряющий количество вещества, протекающего по трубопроводу за некоторый промежуток времени (смену, сутки и т. д.), называют *счетчиком количества* или просто *счетчиком*.

Массу или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяют по разности двух последовательных показаний отсчетного устройства в начале и в конце некоторого промежутка времени.

Прибор, предназначенный для измерения расхода вещества, называют *расходомером*. Если расходомер имеет интегрирующее устройство со счетчиком и служит одновременно для измерения расхода и количества вещества, его называют *расходомером-счетчиком*.

## 2. Емкостные уровнемеры

Принцип действия емкостного уровнемера основан на зависимости емкости специального конденсатора от уровня жидкости в баке.

Чувствительный элемент емкостного уровнемера (рис.10) представляет собой цилиндрический (или плоский) конденсатор с внутренним электродом 1, наружным 2 и изоляционным слоем 5. Между изоляционным слоем и наружным электродом находится слой жидкости, уровень которой необходимо измерить. Если уровень жидкости в баке изменяется, то будет меняться и емкость конденсатора вследствие того, что диэлектрические постоянные жидкости и воздуха различны.

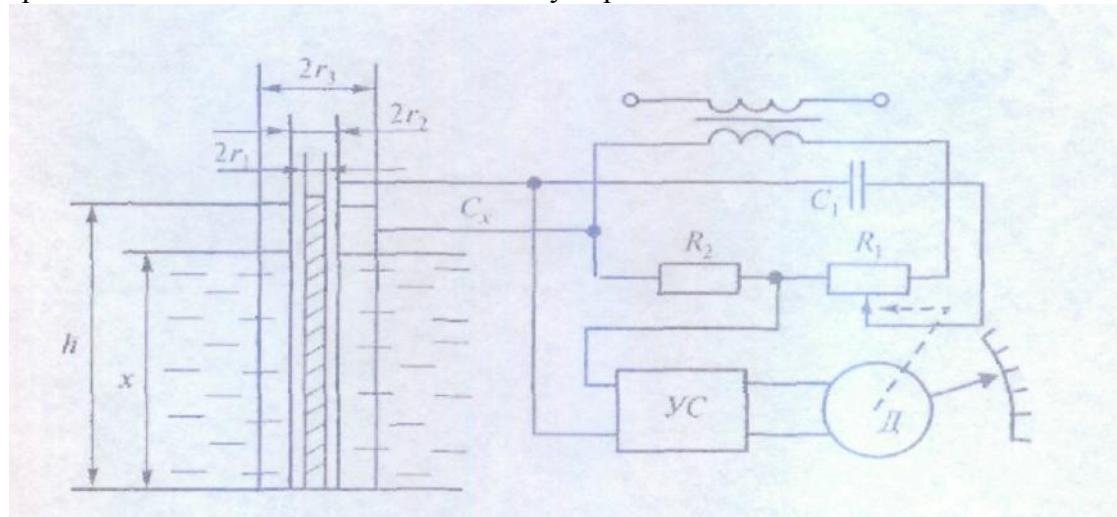


Рис. 10. Емкостной уровнеметр

Если баки имеют большую высоту, но малые поперечные размеры, то в качестве внешнего электрода можно использовать стенки бака.

Емкостные уровнемеры пригодны для измерения количества непроводящих и проводящих жидкостей. Широкое распространение они получили в топливных системах. Их преимуществами являются отсутствие подвижных частей и меньшая погрешность при кренах.

Изменение сорта топлива приводит к изменению диэлектрической постоянной, что может вызвать методическую погрешность, доходящую до 5 %. Эту погрешность можно учесть по характеристикам топлива.

Методическая температурная погрешность меньше при градуировке в единицах массы, нежели в единицах объема.

Инструментальные погрешности емкостных топливомеров малы, и ими можно пренебречь.

## 3. Поплавковый уровнемер

Благодаря простоте своей конструкции поплавковые уровнемеры довольно широко применяются для измерения уровня воды, нефтепродуктов и других жидкостей. При

небольших диапазонах измерения контролируемых уровней применяют поплавковые приборы рычажного типа (рис. 11). Принцип действия уровнемера основан на преобразовании перемещения поплавка в изменение электрического сопротивления потенциометра. При изменении уровня жидкости в баке поплавок через коромысло и рычаги перемещает движок по потенциометру.

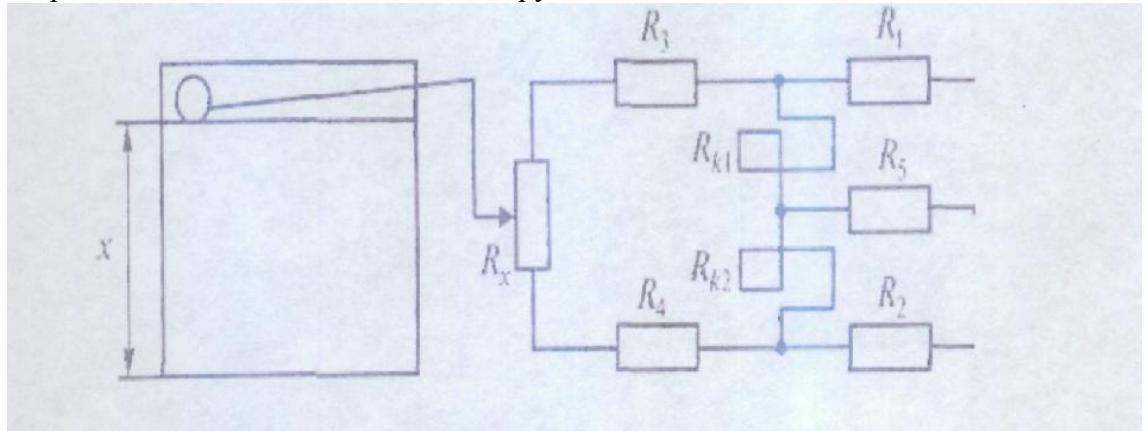


Рис. 11. Поплавковый уровнемер рычажного типа

Поскольку баки имеют сложную конфигурацию, то уровень жидкости в них связан с объемом сложной зависимостью и шкала прибора без принятия специальных мер будет неравномерной.

Отечественной промышленностью выпускаются поплавковые дистанционные уравновешенные уровнемеры типа УДУ с диапазоном измерения 0-12, 0-20 м. Погрешность измерения  $\pm 4\text{мм}$ . Выходной сигнал 0-5 мА (0—20 мА)

#### 4. Ультраакустический топливомер

Ультраакустические методы измерения количества топлива реализуются в двух вариантах.

В первом варианте используется способ отражения ультраакустической волны и границы раздела воздух -жидкость со стороны воздуха. Для реализации метода пьезоэлектрический преобразователь устанавливают в верхней крышке бака (рис 12). Преобразователь посылает пачку импульсов в пространство над жидкостью.

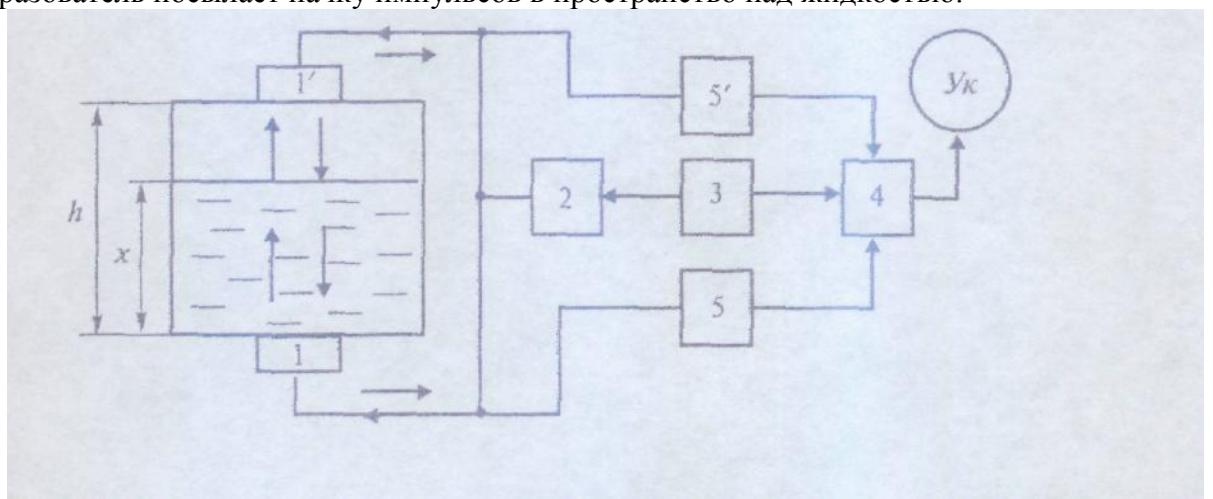


Рис 12. Ультраакустический топливомер

#### 5. Радиоизотопный уровнемер

Радиоизотопные уровнемеры и сигнализаторы уровня применяются в тех случаях, когда нельзя применять рассмотренные ранее уровнемеры из-за тяжелых условий работы. Радиоактивные сигнализаторы уровня применяются для определения уровня сыпучих материалов в составных цехах и дозировочно-смесительных отделениях.

Для автоматической бесконтактной сигнализации о заданных значениях уровня твердых или сыпучих материалов отечественная промышленность выпускает

радиоизотопный релейный прибор РРП-3. Для контроля уровня цемента в пневмокамерных насосах применяется гамма-релейный прибор ГРП-1.

Принцип действия радиоизотопных уровнемеров и сигнализаторов уровня (рис. 13) основан на использовании зависимости интенсивности потока радиоактивного излучения, падающего на приемник (детектор) излучения, от положения уровня измеряемой среды.

Основными элементами радиоизотопного прибора являются: источник радиоактивного излучения (*Из*); приемник (детектор - *Дет*) излучения; электронное устройство (*Ус*), преобразующее и усиливающее сигнал, идущий от детектора в измерительный (показывающий, записывающий, сигнализирующий) прибор (*Ук*).

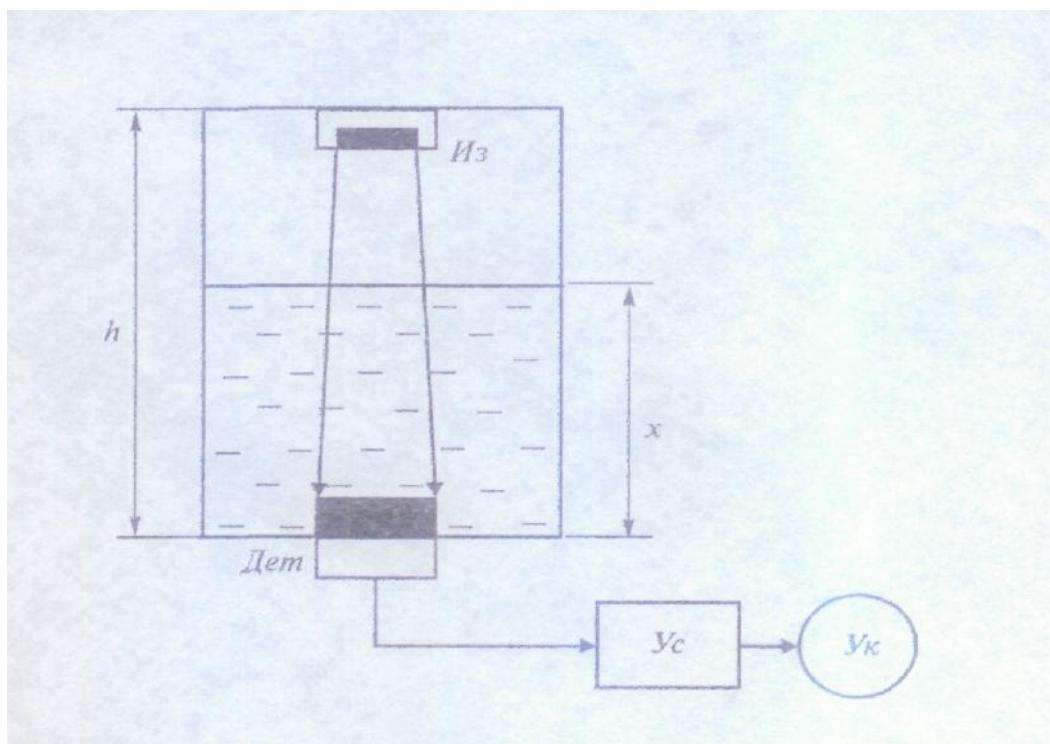


Рис 13. Радиоизотопный уровнемер

В качестве источника радиоактивного излучения применяют изотопы кобальта или цезия. Источник излучения расположен в защитной чугунной оболочке, залитой свинцом, которая является надежной защитой от радиационного излучения. В ней сделано овальное конусообразное отверстие. В рабочем положении источник устанавливается против отверстия, на его геометрической оси. В нерабочем положении источник излучения смещается относительно геометрической оси отверстия внутрь свинцовой оболочки. Приемником излучения служат газоразрядные и сцинтилляционные счетчики, которые устанавливаются так, чтобы условная ось, проходящая через центры блоков источников излучения и счетчиков, была параллельна границе раздела двух сред.

Пределы измерения ограничиваются высотой резервуара, погрешность сигнализатора + 20 мм, других уровнемеров 2—3 %.

При эксплуатации радиоизотопных приборов необходимо применять меры биологической защиты, руководствуясь санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

## 6. Объемные расходомеры

При использовании объемного метода применяются обратимые насосы -зубчатые с овальными лопастями 1 (рис. 14 а), лопастные с выдвижными лопастями 2 (рис. 14 б) и др. При подаче на насос перепада давления ротор начинает вращаться, подавая порции жидкости при каждом обороте. Измерение расхода сводится к измерению числа порций жидкости, проходящих в единицу времени, т. е. к измерению частоты вращения ротора

насоса. Вращение ротора через редуктор и магнитную муфту передается счетному механизму.

Вязкость жидкости не оказывает влияния на показания прибора, что является преимуществом объемного метода изменения. Однако измерение температуры жидкости существенно влияет на точность измерения.

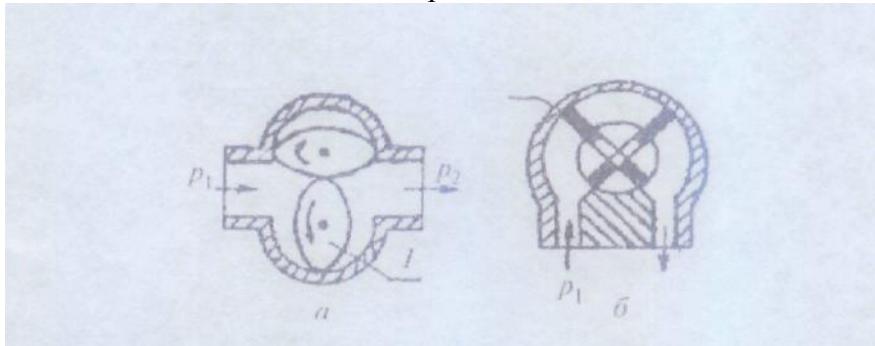


Рис. 14. Устройство обратимых насосов объемных расходомеров: а - зубчатых с овальными лопастями; б — лопастных с выдвижными лопастями

Для измерения количества вязких жидкостей применяют объемные счетчики лопастные (ЛЖ, ЛЖА) и с овальными шестернями (ШЖУ, ШЖО), сконструированные по блочно-модульному принципу построения с унифицированными присоединительными размерами, что допускает полную взаимозаменяемость комплектующих блоков.

Лопастные счетчики предназначены для измерения количества агрессивных (ЛЖА) и неагрессивных (ЛЖ) веществ. Класс точности счетчиков типа ЛЖ - 0,25; 0,5. Выпускаются на наибольший расход 420 м<sup>3</sup>/ч.

Счетчики типов ШЖУ, ШЖО предназначены для измерения количества нефтепродуктов. Для замера быстrozастывающих нефтепродуктов предусмотрен обогрев счетчиков промышленным паром (ШЖО). Класс точности 0,5. Наибольший измеряемый расход от 3,3 до 24 м<sup>3</sup>/ч.

Для измерения объемного количества очищенных неагрессивных горючих газов применяются ротационные счетчики газа типа РГ (РГ-40, РГ-100 и др.), а также турбинные расходомеры — счетчики типа ТУРГАС.

Принцип действия ротационных счетчиков аналогичен принципу действия счетчика с овальными шестернями. Класс точности 1; 3. Условный проход счетчиков лежит в пределах 50 - 1200 мм; пропускная способность - от 4 до 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Принцип действия турбинных расходомеров-счетчиков типа ТУРГАС (рис. 15) основан на вращении потоком чувствительного элемента винтовой турбинки, который преобразует угловую скорость, пропорциональную расходу газа. Предназначены для непрерывного автоматического измерения объемного расхода и объемного количества плавно меняющихся потоков газа в технологических трубопроводах. Состоит из вертушки 1, червячной передачи 2, валика к измерительному прибору 3.

Приборы характеризуются высокой надежностью, точностью (класс точности 1; 1,5) и могут использоваться во взрывоопасных помещениях. Контролируемые среды: очищенный природный газ, воздух и другие неагрессивные газы с плотностью не менее 0,7 кг/м<sup>3</sup>, температурой 0-50°C и давлением не более 0,59 МПа. В зависимости от типоразмеров (ТУРГАС-100, ТУРГАС-200 и т. д.) максимальный объем газа, который может быть измерен с нормированной погрешностью — 100-10 000 м<sup>3</sup>/ч.

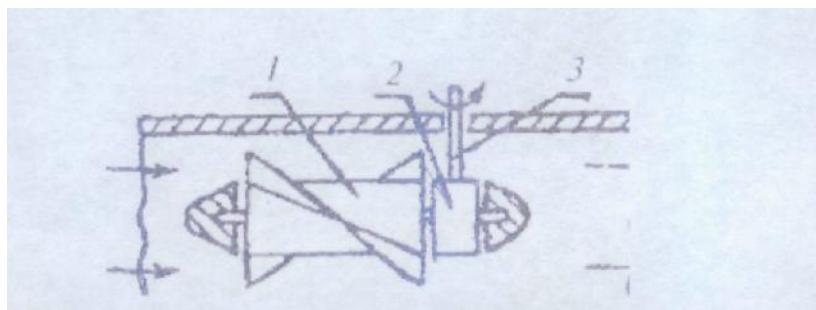


Рис. 15. Турбинный расходомер-счетчик газа типа ТУРГАС

### 3.3 Практическое занятие № 3 (2 часа).

Тема: «Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4)»

#### 3.3.1 Задание для работы:

1. Изучить устройство и работу Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4).
2. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

#### 3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Комплект оборудования «Климат-4» предназначен для создания необходимого воздухообмена в животноводческих и птицеводческих помещениях. В состав комплекта входят системы с централизованным теплоснабжением и с децентрализованной подачей теплоты.

Комплект «Климат-4» состоит из отопительного и вентиляционного оборудования. Отопительными агрегатами служат теплогенераторы ТГ-1,0 (ТГ-1,0А), ТГ-2,5 (ТГ-2,5А) или электрокалориферы типа СФОЦ. Число агрегатов в комплекте изменяют в зависимости от помещения, климатической зоны, вида и возраста животных.

«Климат-4» выпускают в двух типоисполнениях: с контактной станцией управления типа ШАП.5711-33А2У5 и с бесконтактным устройством МК- ВАУЗ. В зависимости от номера вентилятора комплект имеет два типоразмера «Климат-45», «Климат-47». В зависимости от числа вентиляторов каждый типоразмер имеет по пять типоисполнений.

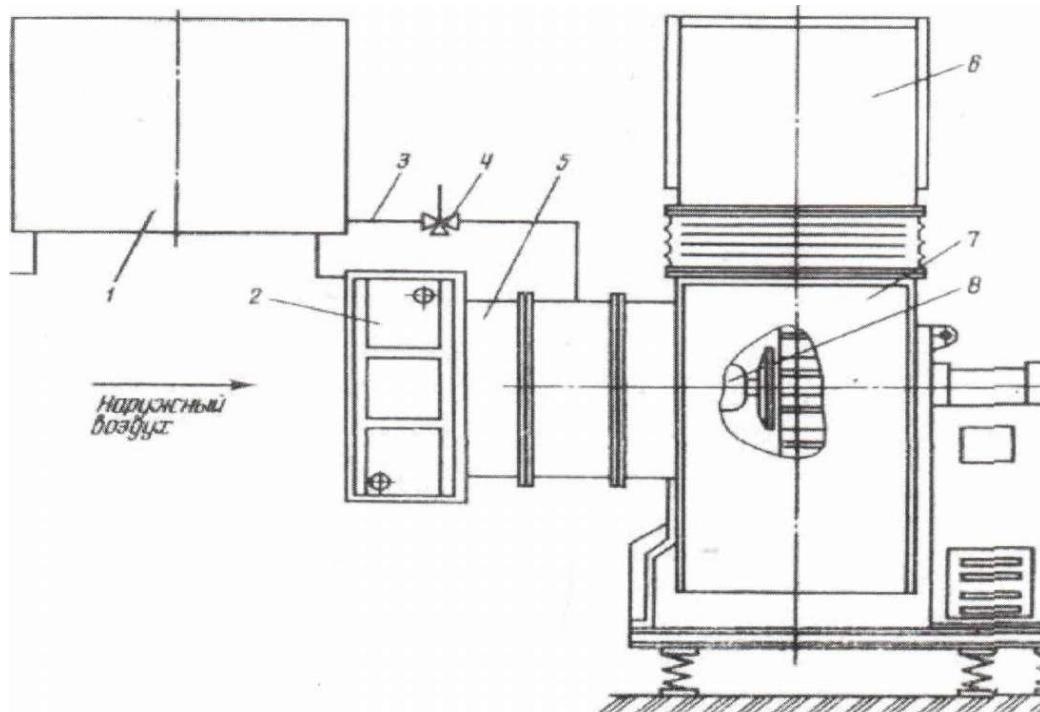
Комплекты оборудования «Климат-2» и «Климат-3» предназначены Для создания температурно-влажностных условий в животноводческих и птицеводческих помещениях с системами воздушного обогрева при помощи отопительно-вентиляционных агрегатов с водяными (паровыми) калориферами.

В комплекты «Климат-2» и «Климат-3» входит приточная отопительно-вентиляционно-увлажнительная установка типа ПОВУА, которая предназначена для подогрева, увлажнения, охлаждения и подачи свежего воздуха в помещение.

Установка ПОВУА состоит (рис.1) из вентиляционного агрегата, разбрзгивателя, каплеуловителя, напорного бака, жалюзи, калориферов, регулирующего клапана (для «Климат-3»).

Вентиляционный агрегат представляет собой радиальный вентилятор Ц4- 70, смонтированный на раме с виброизоляторами. Центробежный (радиальный) вентилятор имеет входное и выходное отверстия, кожух, внутри которого находится рабочее лопастное колесо и шкив, насаженный на вал, вращающийся в подшипниках. Рабочее колесо—основной орган центробежного вентилятора — представляет собой пустотелый барабан, в котором по всей боковой поверхности параллельно оси вращения на равных расстояниях установлены лопатки. Они скреплены по окружности передним кольцом и задним сплошным диском, в центре которого находится ступица для насаживания рабочего колеса на вал. В зависимости от назначения вентилятора лопатки рабочего колеса изготавливают загнутыми вперед, назад и радиальными. Работа вентилятора

заключается в том, что при вращении рабочего колеса в его полости создается разрежение. Воздух, поступающий в полость колеса, захватывается его лопатками, сжимается и под действием центробежных сил отбрасывается к периферии кожуха, изменяя направление своего движения на 90°.



Климатическая установка КЛИМАТ - 4»:

1—напорный бак; 2—калориферы; 3 — трубопровод; 4 — электромагнитный клапан; 5 — жалюзи; 6 — каплеуловитель; 7 — вентиляционный агрегат; 8 — разбрзгиватель.

Подачу вентиляторов регулируют дросселированием, поворотом лопаток рабочего колеса и частотой вращения.

Для привода радиальных вентиляторов ПОВУА используют трехскоростные электродвигатели, позволяющие достаточно просто изменять подачу агрегатов. Частоту вращения регулируют изменением числа пар полюсов обмотки электродвигателя. Синхронная частота вращения асинхронного электродвигателя пропорциональна частоте тока питающей сети и обратно пропорциональна числу пар полюсов.

Поэтому при изменении числа пар полюсов (при неизменной частоте сети) изменяется синхронная частота вращения асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Многоскоростные двигатели изготавливают как с одной статорной обмоткой, разделенной на равные части, так и с двумя независимыми обмотками. Полуобмотки соединяют последовательно или параллельно. При параллельном включении изменяется направление тока в одной части обмоток и магнитный поток перераспределяется в пространстве, что уменьшает вдвое число пар полюсов и соответственно увеличивает синхронную частоту вращения. Многоскоростные двигатели обладают высокими энергетическими показателями (КПД, cos φ), что особенно важно для вентиляции животноводческих ферм и комплексов, где приточные вентиляторы работают до 8 тыс. ч в год.

В разбрзгивателе (рис.2) вода для увлажнения потока воздуха, проходящего через вентиляционный агрегат, распыляется при помощи диска 6 приводимого во вращение двухполюсным электродвигателем 3. Вода на диск подается самотеком по трубе из напорного бака и под действием центробежных сил равномерно распыляется.

Нераспылившаяся вода стекает вниз в каплеуловитель. Подачу воды регулирует электромагнитный клапан.

Принцип действия клапана заключается в том, что электродвигатель исполнительного механизма при подаче на него напряжения через шестерни и рейку поднимает или опускает подвижную систему плунжера, который увеличивает или уменьшает расход горячей воды через клапан. Различным положениям плунжера соответствуют определенные количества воды, проходящей через клапан в калориферы. При отключенном от сети исполнительном механизме плунжер клапана может находиться в любом положении.

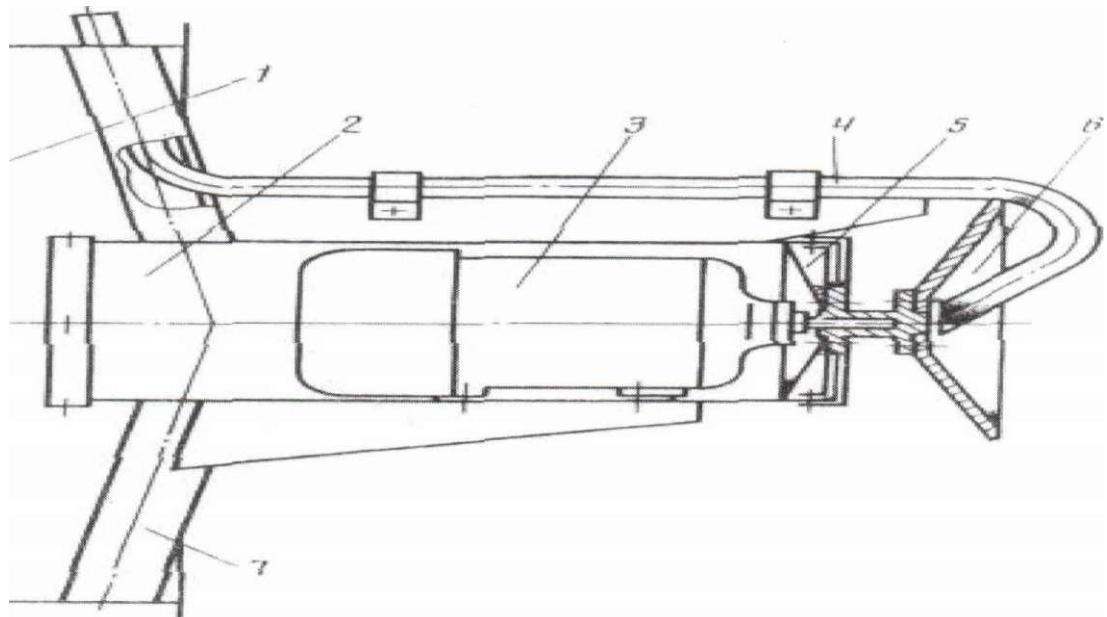


Рис. 2. Устройство разбрзгивателя:

1 — конфузор; 2—каркас; 3—электродвигатель; 4—трубка; 5— крыльчатка;  
6—диск; 7 — трубчатые стойки.

Для подогрева приточного воздуха агрегаты ПОВУА комплектуют многоходовыми пластинчатыми калориферами типа КВС-П или КВБ-П средней или большой модели.

Калориферы состоят из теплоотдающих элементов, трубных решеток, боковых крышек и щитов. Теплоотдающий элемент выполнен из трубок диаметром 16x1,6 мм и стальных гофрированных пластин, насаженных на трубы. Расположение трубок — смещенное, с шагом 8 мм. Контакт между трубками и насаженными на них пластинами осуществляется при помощи оцинковки. Калориферы имеют съемные боковые щитки, которые крепят к торцам трубных решеток при помощи болтового соединения. Между щитками и трубной решеткой, а также составных калориферных установках по торцам трубных решеток ставя уплотнительные прокладки. Калориферы устанавливают с горизонтальным расположением трубок.

В комплекте «Климат-3» мощность калориферов регулируют изменением расхода теплоносителя при помощи регулирующего клапана на обратном трубопроводе.

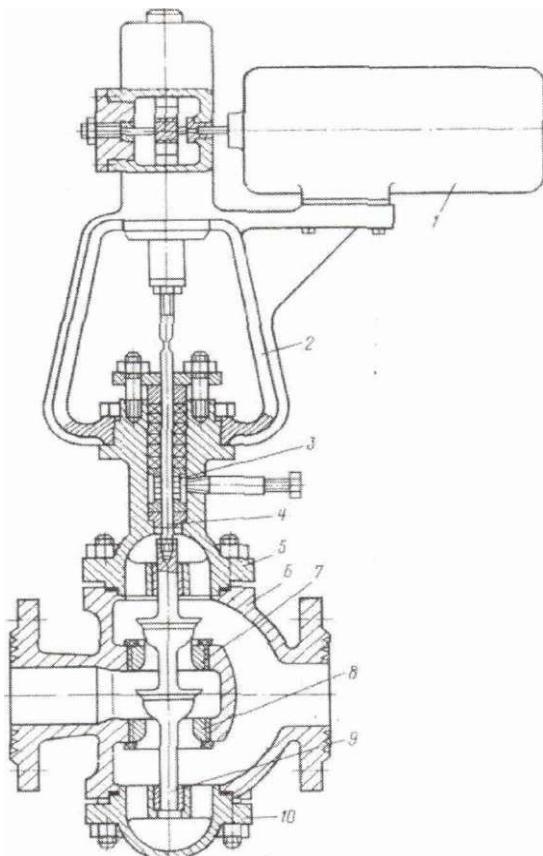


Рис. 3. Устройство регулирующего клапана:

1 — исполнительный механизм; 2 — бугель; 3 — сальник; 4 — шток; 5 — верхняя крышка; 6 — корпус; 7 — верхнее седло; 8 — нижнее седло; 9 — плунжер; 10 — нижняя крышка.

Клапан 25Ч931нж (рис.3) состоит из корпуса 6 с верхним 7 и нижним 8 седлами, верхней 5 и нижней 10 крышек штока 4 с плунжером 9, сальника 3 из асбестового шнура АН, бугеля 2 и исполнительного механизма-1.

Комплекты оборудования «Климат-45» и «Климат-47» отличаются между собой типом и числом входящих в них вентиляторов. Указанные модификации комплектуют вентиляторами ВО-5,6 и ВО-7.

Отличительная особенность вентиляторов типа ВО — применение, широколопастной крыльчатки из алюминия, свободно открывающейся жалюзийной решетки на выходе воздуха из вентилятора и специальных электродвигателей для привода, частоту вращения которых можно регулировать изменением напряжения на зажимах. Для этого предназначены автотрансформатор ТВ типа АТ-10 мощностью 10 кВ-А с 16 отпайками на различное напряжение и станция управления.

Система управления комплектами оборудования типа «Климат» обеспечивает:

ступенчатое регулирование частоты вращения вентиляторов; автоматический переход на низшую и высшую частоты вращения вентиляторов при изменении температуры воздуха в помещении;

автоматический выбор числа работающих вентиляторов и отключение одной группы вентиляторов при понижении температуры воздуха в помещении;

автоматическое отключение вентиляторов при аварийном понижении температуры воздуха в помещении;

автоматическую защиту от коротких замыканий и перегрузок. При помощи системы управления можно задавать температуру воздуха в помещении от 5 до 35°C, регулировать напряжение, подаваемое на

электродвигатели вентиляторов, осуществлять сигнализацию частоты вращения вентиляторов.

В качестве командных приборов используют два трехпозиционных полупроводниковых терморегулятора типа ПТР-3 с диапазоном регулируемых температур 5...35°C. Терморегулятор размещают в пластмассовом корпусе, к которому крепят монтажную панель. На панели с наружной стороны укрепляют настроочный блок и предохранитель. На настроочном блоке имеются шкалы для установки требуемых значений температуры и дифференциала (размах колебаний температуры).

Принципиальная электрическая схема системы управления комплектом оборудования «Климат-4» приведена на рисунке 4. Десять вентиляторов комплекта разбиты на три группы и через автоматические выключатели подключены к щиту управления, на который ведено напряжение питания от автотрансформатора АТ-10 и напряжение сети. Максимально допустимый ток нагрузки станции управления 25 А.

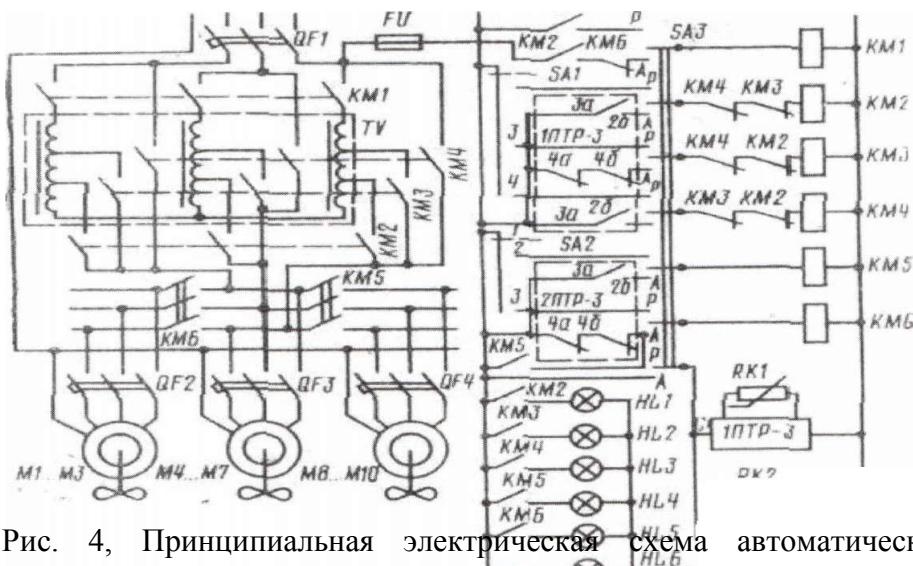


Рис. 4, Принципиальная электрическая схема автоматического управления комплектом оборудования «Климат-4».

Экранированными проводами к щиту подключены датчики температуры—термисторы терморегуляторов ПТР-3. Системой предусмотрено ручное и автоматическое управление работой вентиляторов при помощи переключателя SA3. Переключатель &41 имеет четыре положения: «1»—все вентиляторы отключены; «2»—включен пускатель КМ1, вентиляторы работают на низкой частоте вращения; «3»—включен пускатель КМ3, вентиляторы работают на средней частоте вращения. В четвертом положении двигатели вентиляторов подключаются пускателем RM4 на полное напряжение сети и работают с максимальной подачей.

При автоматическом управлении эти же операции выполняются по командам терморегуляторов ПТР-3, датчики которых расположены в точке регулирования температуры в помещении. При этом уставка регулятора 1ПТР-3 должна быть на 2...3°C выше уставки регулятора 2ПТР-3. Терморезистор RFCJ управляет частотой вращения всех вентиляторов, RK2—подгруппами.

Автоматическое управление вентиляторами осуществляется следующим образом. Если температура в помещении соответствует заданной на регуляторе 1 ПТР-3, то пускатели КМ1, КМ3, КМ5 и КМ6 включены и вентиляторы работают на средней частоте вращения. При повышении температуры от 0,5 до 2,5 °C (половина значения установки дифференциала регулятора 1 ПТР-3) пускателем KM4: вентиляторы переключаются на максимальную подачу, а при понижении температуры они переключаются на низшую подачу.

Если температура воздуха в точке регулирования продолжает понижаться, то выключается магнитный пускатель *KM5*, отключая соответственно первую группу вентиляторов А/8...АЛО. При дальнейшем снижении температуры выключается пускатель *KM6*, который отключает вторую группу вентиляторов М 1...А/3, а затем пускатель *KM*, который отключает автотрансформатор и все вентиляторы. При повышении температуры включение вентиляторов происходит в обратном порядке. Для изменения напряжения при регулировании подачи отпайки на автотрансформаторе *T* выбирают по регулировочным характеристикам вентиляторов ВО-5,6 и ВО-7.

### **3.4 Практическое занятие № 4 (2 часа).**

**Тема: «Электрические измерения и приборы»**

#### **3.4.1 Задание для работы:**

1. Системы электрических измерительных приборов
2. Основные характеристики электрических измерительных приборов

#### **3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Электрические измерительные приборы - необходимые элементы электрических цепей при контроле режимов работы электрооборудования, учете электроэнергии, при экспериментальном исследовании электрических цепей, при получении достоверной информации для систем автоматического управления.

Электрические измерительные приборы измеряют как электрические величины (ток, напряжение, мощность,  $\cos \phi$ , частоту, электрическую энергию и т.д.), так и неэлектрические величины (температуру, давление и др.).

Электрические и измерительные приборы отличаются высокой чувствительностью, простой конструкцией и надежностью. Показания электрических измерительных приборов относительно просто передавать на дальние расстояния (телеизмерения) при автоматизации и управлении технологическими процессами.

Недостатком электрических измерительных приборов является невозможность их применения на взрывоопасных и пожароопасных помещениях.

#### **6.1. Системы электрических измерительных приборов**

Электрический измерительный прибор состоит из подвижной и неподвижной частей. По перемещению подвижной части измеряют значения измеряемых величин.

В зависимости от принципа действия различают системы: магнитоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, тепловую, индукционную и др.

Таблица 6.1. - Системы электрических измерительных приборов и их условные обозначения

N п/п	Система прибора	Обозначение
1	<b>Магнитоэлектрическая</b>	
2	<b>Электромагнитная</b>	
3	<b>Электродинамическая</b>	
4	<b>Тепловая</b>	
5	<b>Индукционная</b>	

В таблице 6.1 приведены условные обозначения наиболее широко применяемых систем приборов. Эти обозначения и другие важнейшие характеристики приборов указываются на лицевой панели электрических измерительных приборов (рис.6.1).

Работа приборов магнитоэлектрической системы основана на взаимодействии поля постоянного магнита и подвижной катушки.

На рисунке 6.2 Схематически показана основная часть магнитоэлектрического измерительного механизма; подвижная катушка, расположенная в сильном равномерном радиальном магнитном поле.

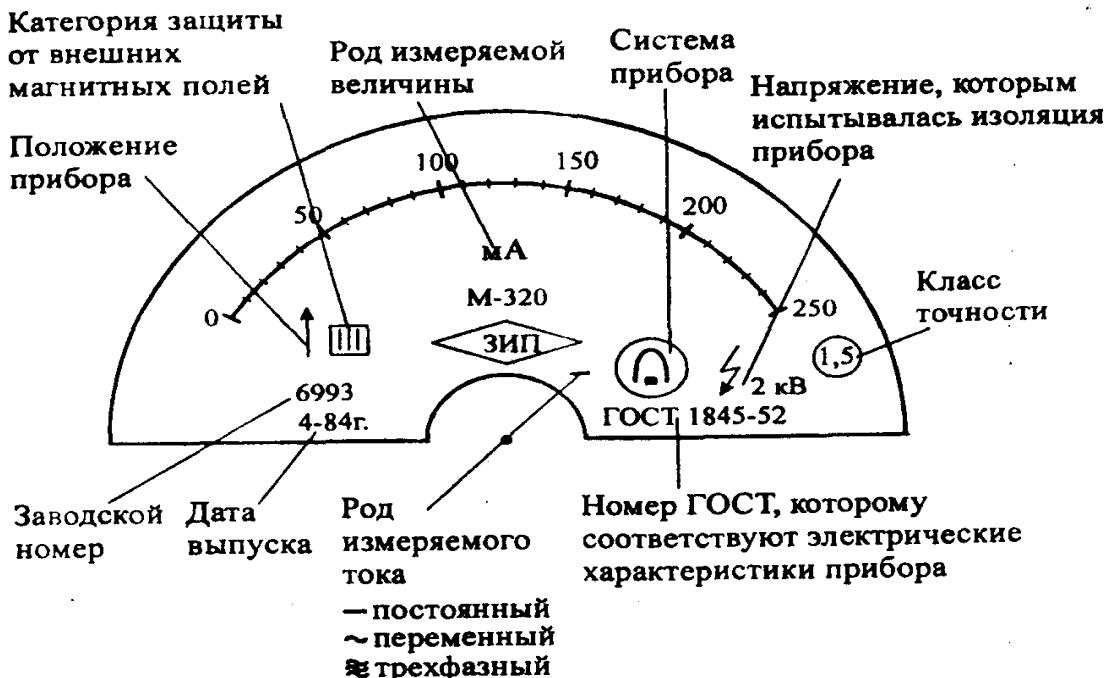


Рисунок 6.1 - Шкала измерительного прибора

Подвижная катушка из тонкого медного или алюминиевого провода намотана на каркас (или без него). На оси подвижной части прибора укреплена стрелка, конец которой перемещается по шкале электрического измерительного прибора.

При протекании по катушке электрического тока согласно закону Ампера возникают силы  $F$ , стремящиеся повернуть катушку. При равенстве врачающего Мвр останавливается и противодействующего Мпр момента катушка останавливается.

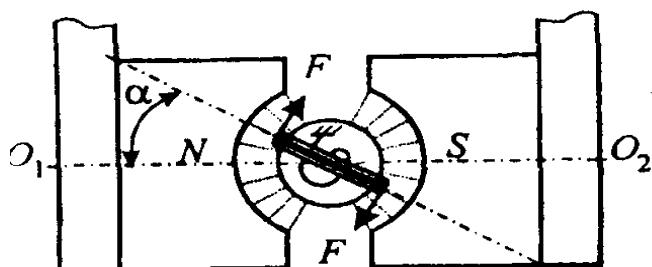


Рисунок 6.2. подвижная катушка в радиальном магнитном поле

Для создания противодействующего момента **Mпр** при одновременно для подвода тока в катушку служат две спирали.

Общее выражение для вращающего момента имеет вид:

(6.1.)

$$M_{\text{вр}} = dW/d\alpha$$

где  $W$  - энергия электромагнитного поля, сосредоточенная в измерительном механизме;

$\alpha$  - угол поворота подвижной части.

Энергия электромагнитного моля  $W$  равна работе по перемещению активной части провода катушки в постоянном магнитном поле с индукцией  $B$

Согласно закона Ампера сила  $F$ , действующая часть провода катушки при протекании по ней тока  $I$  равны:

$$F = I \times B \times \sin \phi \quad (6.2)$$

где  $\phi$  - угол между направлением тока в активной части провода и индукцией магнитного поля;

$l$  - длина активной части катушки.

В нашем случае  $\phi = \pi/2 \sin \phi = 1$ . Следовательно, работа по перемещению двух активных частей провода катушки, перпендикулярных плоскости чертежа (рис. 6.2), равна

$$A = W = 2F \times X = 2I \times B \times l \times r, \quad (6.3)$$

где  $X = rx$   $a$  - длина траектории активной части провода;

$r$  - радиус траектории;

$a$  - угол поворота катушки. Подставляя (6.3) в (6.1) получаем:

$dW$

$$M_{\text{вр}} = \frac{dW}{da} = 2I \times B \times l \times r.$$

$da$

Так как противодействующий момент  $M_{\text{вр}}$  создается упругими элементами, то для установившегося режима

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{вр}} \text{ или } W \phi = 2I \times B \times l \times r.,$$

где  $W$  - удельный противодействующий момент, зависящий от свойств упругого элемента. Следовательно, угол поворота катушки  $a$  пропорционален току  $I$ :

$$\alpha = \frac{2B \cdot l \cdot r}{W} \cdot I = S \cdot I, \quad (6.4)$$

где  $S$  - чувствительность измерительного механизма.

Как видно из (6.4) при изменении направления тока в катушке меняется на обратное и направление отклонения подвижной части и указателя (стрелки).

Для получения отклонения указателя в нужную сторону необходимо при включении прибора соблюдать указанную на приборе полярность

Достоинства приборов магнитоэлектрической системы: высокая чувствительность к измеряемой величине, высокая точность (класс точности 0,05 малое потребление мощности, малая чувствительность к внешним магнитным полям). Недостаток - возможность применения только в цепях постоянного тока.

В приборах электромагнитной системы в неподвижной катушке, по которой протекает измеряемый ток, создает магнитное поле, в которое втягивается, поворачиваясь на оси, ферромагнитный сердечник, намагничиваемый этим же полем. Причем втягивающее происходит как при постоянном, так и при переменном магнитном поле, а угол поворота  $a$  пропорционален квадрату силы измеряемого тока. Поэтому:

а) приборы электромагнитной системы могут применяться в цепях постоянного и переменного тока;

б) шкала прибора неравномерна, сильно сжата в начальной части.

Достоинства электрических измерительных приборов электромагнитной системы: простота и надежность конструкции, небольшое потребление мощности.

Недостатки: невысокая чувствительность к измеряемой величине, относительно низкая точность (класс точности до 1.0), большая чувствительность к внешним магнитным полям.

Вращающий момент электромагнитного измерительного механизма

$$M_{sp} = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{d\left(\frac{L \cdot I^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}.$$

Если противодействующий момент создается с помощью упругих элементов, то для режима установившегося отклонения

$$M = Wa \quad \text{и} \quad a = \frac{1}{2W} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}. \quad (6.5.)$$

## 6.2 Основные характеристики электрических измерительных приборов

6.2.1 Статическая характеристика. Статическая характеристика измерительного прибора - зависимость выходного сигнала  $y$  от входного сигнала  $x$  в статическом режиме работы указанного прибора.

Статическая характеристика в общем случае описывается нелинейным уравнением  $y = f(x)$ ,

Так, например, для электронных измерительных приборов магнитоэлектрической системы статической характеристикой будет являться уравнение (6.3), в котором входным сигналом будет являться электрический

$$A = SI,$$

Поскольку

$$S = \frac{2 \cdot B \cdot L \cdot r}{W} = \text{const}$$

то статическая характеристика электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы линейная.

6.2.2. Погрешность. Абсолютная погрешность прибора в данной точке диапазона измерения равен:

$$\Delta = x - x_u$$

где  $x$  - показание прибора;

$x_u$  - истинное значение измеряемой величины.

Однако в связи с тем, что истинное значение чаще всего неизвестно, вместо него используется действительное значение:  $x_d$ , в качестве которого применяют либо среднее арифметическое значение ряда измерений, либо показания образцового прибора.

Очевидно, что абсолютная погрешность прибора выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина.

Абсолютная погрешность прибора не характеризует в полной мере точность измерения, поэтому при измерениях определяется также *относительная погрешность* - отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{x_u} = \frac{\Delta}{x_d}, \quad (6.7.)$$

или в процентах

$$\delta(\%) = \frac{\Delta}{x_d} \cdot 100\%. \quad (6.8.)$$

*Приведенная* погрешность у электрического измерительного прибора равна отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению  $x_N$ , которое принимается равным верхнему пределу измерений (если нулевая отметка находится на краю или вне шкалы) или диапазону измерения (если нулевая отметка находится внутри диапазона измерения)

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N}, \quad (6.9)$$

или в процентах

$$\gamma(\%) = \frac{\Delta}{x_N} \quad (6.9)$$

Погрешность электроизмерительного прибора зависит от условий проведения измерений. Различают *основную и дополнительную* погрешности.

Основная погрешность - это погрешность, существующая при нормальных условиях, которые указаны в нормативных документах, регламентирующих правила испытания и эксплуатации электроизмерительных приборов.

Под нормальными условиями, например, могут пониматься: температура окружающей среды ( $+20 \pm 2$ ) С;

положение прибора горизонтальное, с отклонением от горизонтального не превышающим  $\pm 2$  С; относительная влажность ( $65 \pm 15$ ) %;

. практическое отсутствие внешних магнитных и электрических полей; . частота питающей сети ( $50 \pm 1$ ) Гц и так далее.

Дополнительная погрешность возникает при отклонении условий испытания и эксплуатации прибора от нормальных.

Например, приведенная погрешность электронно-измерительных приборов при нормальных условиях не превышает 1%. Если же температура окружающей среды лежит вне указанного в нормальных условиях диапазона, то приведенная погрешность может превышать 1%.

6.2.3 Класс точности. *Класс точности* электронных измерительных приборов - обобщенная метрологическая характеристика, определяемая пределами допустимых основной и дополнительной погрешностей.

Класс точности  $K$  стрелочных и самопищущих приборов, как правило, обозначается одним числом, равным максимально допустимому значению основной приведенной погрешности, выраженной в процентах:

$$K(\%) = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100 = \gamma \cdot 100 \quad (6.10.)$$

Электронные измерительные приборы делятся на 8 классов точности: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0.

Пример: Милливольтметр со шкалой до 50 мВ имеет класс точности  $L'' = 0.5$ . Определить максимальную абсолютную погрешность электронного измерительного прибора.

Решение:

Из (6.10) следует, что максимальная абсолютная погрешность при измерениях во всем диапазоне равна

$$K \times X_N = 0.5 \times 50$$

$$\Delta = \frac{0.5 \times 50}{100} = \frac{25}{100} = \pm 0.25 \text{ мВ}$$

6.2.4 Вариация. *Вариация* показаний электроизмерительного прибора - это наибольшая разность его показаний при одном и том же значении измеряемой величины.

Основной причиной вариации является трение в опорах подвижной части прибора.

Вариацию определяют, сравнивая показания электроизмерительного прибора, считанные один раз после установки требуемого значения измеряемой величины подходом снизу (со стороны меньших значений), а другой раз - подходом сверху (со стороны больших значений).

6.2.5 Цена деления. *Цена деления* электроизмерительных приборов численно равна изменению измеряемой величины, вызывающему перемещение указателя (стрелки) на одно деление.

При равномерной шкале цена деления равна отношению предела измерения электроизмерительного прибора  $x_m$  к числу делений шкалы  $n$ :

$$c = x_m/n$$

6.2.6 Предел измерения *Предел измерения* электроизмерительного приборы значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклоняется до конца шкалы. Электроизмерительные приборы могут иметь несколько пределов измерения (многопредельные приборы). При измерениях такими приборами на различных пределах цена деления будет различна.

6.2.7 Чувствительность. *Чувствительность* Сэлектроизмерительного прибора - это отношение изменения сигнала на выходе электроизмерительного прибора  $\Delta y$  к вызвавшему его изменению измеряемой величины  $\Delta x$ :

$$S = \Delta y / \Delta x \quad (6.12)$$

В общем случае чувствительность

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} \quad (6.13)$$

Следовательно, при нелинейной статической характеристике чувствительность зависит от  $x$ , а при линейной статической характеристике -чувствительность постоянна.

У электроизмерительных приборов при постоянной чувствительности шкала равномерная, то есть длина всех делений одинакова.

### 6.3 Измерение тока, напряжения и мощности

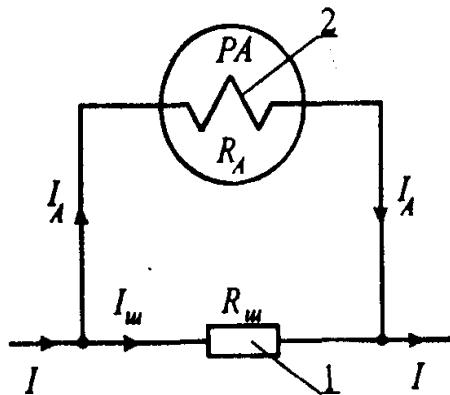
6.3.1 Измерение тока. Для измерения тока служат амперметры, миллиамперметры и микроамперметры. Эти приборы включаются последовательно в участок электрической цепи.

При этом необходимо, чтобы внутреннее сопротивление амперметра было мало по сравнению с сопротивлением участка электрической цепи, в которой он включен. Р противном случае включение прибора вызовет существенное изменение сопротивления и тока на данном участке электрической цепи, а так же изменение режима работы всей цепи.

Сопротивления катушек (рамок) электроизмерительных приборов составляют 1 ...2 кОм рассчитаны на полное отклонение стрелки при токе 100...500 мкД (что соответствует падению напряжения на приборе 0,1.-1 мкА). Следовательно, непосредственное включение электроизмерительного прибора возможно только при измерении малых токов до 500 кд в высокоомных электрических цепях.

Чтобы использовать данный прибор для измерения токов больших значений и снизить его внутреннее сопротивление применяют *шунты*.

Шунт представляет собой манганиновые пластины или стержни, впаянные в медные или латунные наконечники. Сопротивление шунта значительно меньше сопротивления рамки прибора. Шунт включается в электрическую цепь последовательно, а параллельно ему подключается рамки (катушка) прибора.



1 - шунт; 2 - рамка (катушка) прибора; I - измеряемый ток;  $I_{ш}$  - ток через шунт;  $I_A$  - ток через рамку прибора.

Рисунок 6.3 - Схема включения прибора с шунтом

По 1 закону Кирхгофа измеряемый ток в электрической цепи

$$I = I_A + I_{ш}$$

где  $I_A$  - ток через рамку прибора, А;

$I_{ш}$  - ток через шунт, А.

Так как  $r_A \gg r_{ш}$ , то  $I_A \ll I_{ш}$ , так что  $I_{ш} = I$ .

При параллельном соединении  $I_A \times r_A = I_{ш} \times r_{ш}$  или

$$\frac{I_A}{I_{ш}} = \frac{r_{ш}}{r_A}$$

Отсюда сопротивление шунта

$$I_A \times r_A / I_{ш} \times r_A$$

$$r_{ш} = \frac{I_{ш} \times r_A}{I_A \times I_{ш} - I_A}$$

или

$$r_{ш} = \frac{n}{n-1} r_A, \quad (6.14)$$

I

где  $n = \frac{I_{ш}}{I_A}$  - коэффициент шунтирования.

**Пример:** Рамка прибора магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $r_A = 1500$  Ом и рассчитана на максимальное отклонение при токе  $I = 250$  мкА. Определить сопротивление шунта  $r_{ш}$  для измерения токов до 50 мА. **Решение:**

1. Определим коэффициент шунтирования :

$$I = 50 \times 10^{-3}$$

$$n = \frac{I_{ш}}{I_A} = \frac{50 \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-6}} = 200$$

$$I_A = 250 \times 10^{-6}$$

2. Определяем сопротивление шунта

$$r_A = 1500$$

$$r_{ш} = \frac{n}{n-1} r_A = \frac{200}{200-1} \times 1500 = 7,54 \text{ Ом}$$

В амперметрах, предназначенных для измерения токов до 100 А, шунты вмонтированы в корпус прибора и присоединены к контактным выводным зажимам.

В амперметрах, предназначенных для измерения токов более 100 А, шунты делаются наружными и присоединяются к ним при помощи специальных калиброванных проводников, так как иначе распределение токов будут неправильным.

Для расширения пределов измерения амперметров в цепях синусоидального (переменного) тока применяются *трансформаторы тока*, которые служат для преобразования больших токов в малые.

Первичная обмотка трансформатора тока, состоящая из малого числа витков, включается последовательно в цепь с измеряемым током.

Вторичная обмотка состоит из большого числа витков и в нее включаются измерительные приборы (амперметры), изолированные от высоковольтных и сильноточных проводов.

На паспорте в виде дроби указывается коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$K = \frac{I_1 w_2}{I_2 w_1}$$

где  $I_1$  - ток первичной обмотки, А;  
 $I_2$  - ток вторичной обмотки, А;  
 $w_1$  - число витков первичной обмотки;  
 $w_2$  - число витков вторичной обмотки.

Например,  $100/5$  А означает, что данный трансформатор тока рассчитан на первичный ток 100 А и вторичный ток - 5 А. Коэффициент трансформации этого трансформатора  $K = 100/5 = 20$ .

Зная  $K$  и получив показания амперметра во вторичной цепи трансформатора тока  $I_2$  можно определить первичный ток

$$I_1 = K I_2$$

Большинство трансформаторов тока выпускаются с номинальным вторичным током 5 А.

**6.3.2 Измерение напряжения.** Для измерения напряжения служат вольтметры. Они подключаются параллельно участку, на котором необходимо измерить напряжение.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть значительно больше сопротивления участка, к которому он подключается, так как в противном случае вольтметр будет оказывать влияние на токораспределение в электрической цепи и результаты измерения будут содержать большую погрешность.

Для расширения пределов измерений вольтметров последовательно с ними включают *добавочные сопротивления*.

В приборах на напряжение до 300 В, добавочные сопротивления вмонтированы в корпус приборов или укреплены снаружи приборов.

Для измерения напряжений выше 300 В добавочные сопротивления присоединяют к одному из выводных зажимов прибора.

Добавочные сопротивления рассчитывают так, чтобы в цепи с увеличенным напряжением по обмотке (рамке) вольтметра проходил тот же ток, что и при номинальном напряжении, на которое рассчитана обмотка.

Обмотка рассчитана на ток

$$I_V = U/r_V,$$

где  $I_V$  - ток, протекающий через рамку вольтметра, А;

$U$  - напряжение на рамке, В;

$r_V$  - сопротивление рамки, Ом.

При увеличении напряжения в цепи в  $n$  раз, ток  $I_V$  должен остаться прежним

$$nU = U$$

$$I_V = \frac{U}{r_V + r_{\text{доб}}} = \frac{U}{r_V}$$

Отсюда

$$r_{\text{доб}} = r_V \times (n - 1) \quad (6.14)$$

**Пример.** Вольтметром на 15 В необходимо измерить напряжение 150 В. Определить добавочное сопротивление, если внутреннее сопротивление вольтметра 900 Ом.

**Решение:**

1. Определим отношение измеряемого напряжения к напряжению вольтметра  
 $n = 150/15 = 10$

2. Добавочное сопротивление

$$r_{\text{доб}} = r_V \times (n - 1) = 900 \times 9 = 8100 \text{ Ом}$$

Для измерения высоких напряжений синусоидального тока применяют трансформаторы напряжения.

Первичная обмотка трансформатора напряжения включается параллельно потребителю и имеет большое число витков.

В паспорте трансформатора напряжения указывается отношение напряжений первичной и вторичной обмоток. Например 5000/100 означает, что номинальное напряжение первичной обмотки 5000 В, вторичной - 100 В.

Коэффициент трансформации напряжения

$$K = 5000/100 = 50$$

Зная  $K$  и напряжение вторичной обмотки  $U_2$ , можно определить первичное напряжение:

$$U_1 = KU_2$$

Большинство трансформаторов напряжения выпускается с номинальным вторичным напряжением 100 В.

6.3.3 Измерение мощности электрического тока. Для измерения мощности в цепях постоянного и в цепях синусоидального тока промышленной частоты применяются ваттметры, обеспечивающий непосредственный отсчет мощности по шкале.

Ваттметр электродинамической системы состоит из двух катушек (рамок):

- неподвижной, токовой из толстого провода, включаемой последовательно с потребителем;

- подвижной обмотки напряжения, выполненной из тонкого провода и включаемой параллельно потребителю.

При постоянном токе врачающий момент электродинамического прибора пропорционален произведению токов в его обмотках:

$$M_{\text{вр}} = kI_n I_h$$

где  $I_n$  - ток в неподвижной катушке, А;

$I_h$  - ток в подвижной катушке, А.

В ваттметре ток подвижной обмотки прямо пропорционален приложенному напряжению

$$I_h = U/R_h$$

где  $R_h$  - сопротивление подвижной катушки, Ом.

Следовательно, врачающий момент прямо пропорционален мощности. Поэтому электродинамический ваттметр имеет равномерную шкалу, то есть.

$$M_{\text{вр}} = kI_n U/R_h = kP$$

Вращающий момент электродинамического прибора, включенного в цепь синусоидального тока

$$M_{\text{вр}} = kI_n \cos\phi$$

то есть показания ваттметра пропорциональны току, напряжению и  $\cos\phi$ , то есть активной мощности цепи  $P$ .

Ваттметр имеет четыре зажима, к двум выводится токовая обмотка, к другим двум - обмотка напряжения. Первая пара зажимов включается в измеряемую цепь последовательно, вторая - параллельно. Начала обмоток обозначаются звездочками (\*) и соединяются вместе. Это необходимо, чтобы токи в катушках пропускались в определенном направлении.

На шкале ваттметра указываются верхние пределы измерений тока и напряжения. Если, например на шкале ваттметра обозначено  $I=5$  А и  $U=100$  В, это значит, что верхний предел измерения ваттметра  $P = 500$  Вт, то есть им можно измерять мощности до 500 Вт.

Очевидно, что цена деления ваттметра равна

$$c = P/n = IU/n$$

где  $n$  - число делений шкалы.