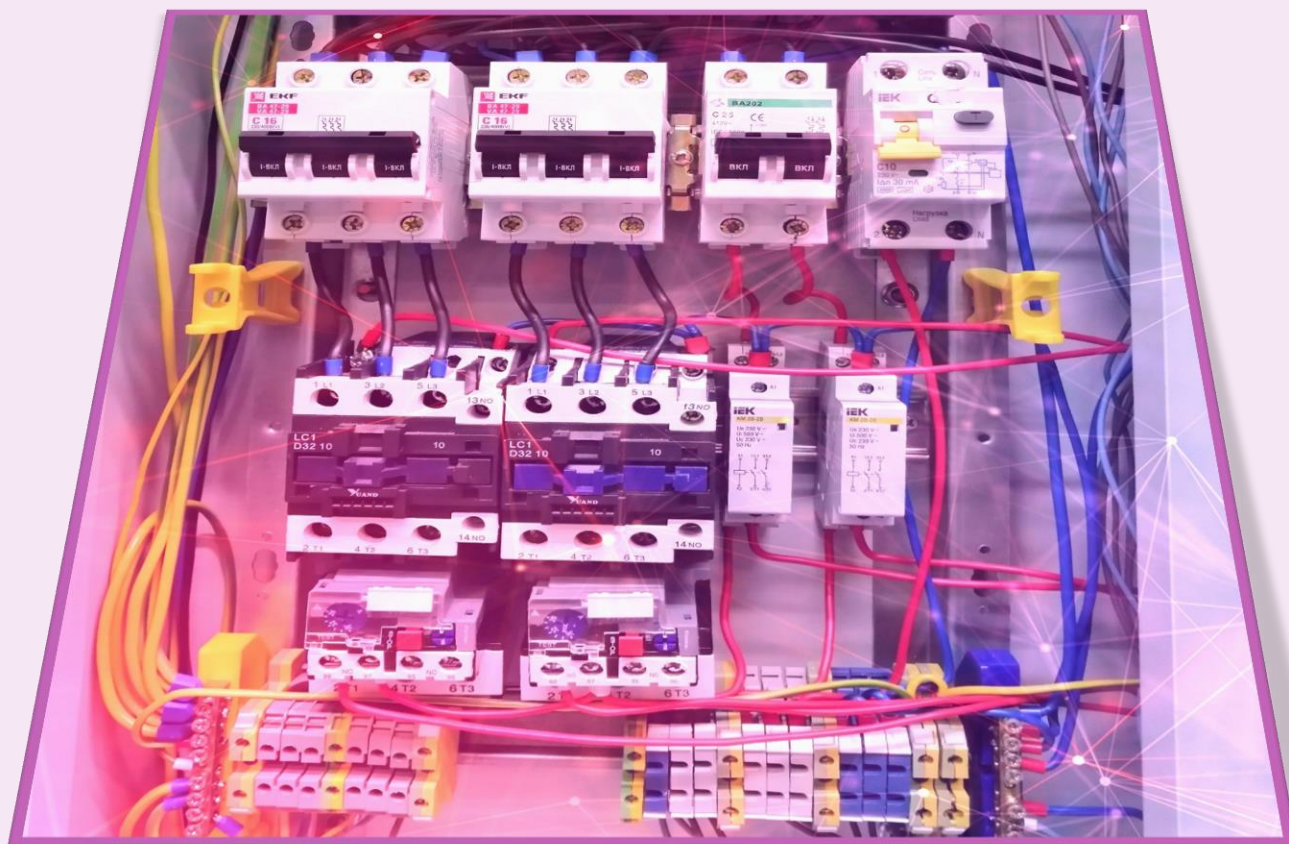


# ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ

по учебному предмету  
«Специальная технология»

## ДИФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ (ДИФАВТОМАТЫ)



Опорный конспект по учебному предмету  
**«СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»**

(Тема «Техническое обслуживание и ремонт  
пускорегулирующей аппаратуры»)

предназначены для подготовки рабочих кадров  
по квалификации

**4-02-0712-01-01** «Электромонтер по ремонту и  
обслуживанию электрооборудования» – 2, 3, 4-й разряды.

Рекомендуется для использования преподавателями,  
мастерами производственного обучения при организации и  
проведении теоретических и практических занятий;  
учащимися для изучения учебного материала  
самостоятельно

## СОДЕРЖАНИЕ

Содержание .....	2
Введение .....	4
Назначение дифавтоматов .....	4
Классификация .....	4
Структура условного обозначения .....	5
Требования к электрическим параметрам .....	5
Конструкция аппарата.....	5
Принцип работы .....	6
Дифференциальные автоматические выключатели АД-2, АД-4, АД-2S, АД-4S .....	7
Назначение .....	7
Функции.....	8
Условное обозначение .....	8
Конструкция.....	8
Принцип действия .....	8
Основные характеристики.....	9
Технические характеристики .....	9
Габаритные размеры .....	11
Токо-временные характеристики отключения .....	11
Время срабатывания при протекании дифференциального тока .....	12
Температурный коэффициент .....	12
Типовые схемы подключения .....	13
АД-2 (2S) .....	13
АД-4 (4S) .....	13
Монтаж .....	13
Техническое обслуживание .....	14
Подключение дополнительных устройств .....	14
дифференциальные автоматические выключатели АД12, АД12М, АД14.....	15
Назначение и область применения .....	15
Функции.....	15
Структура условного обозначения .....	15
Маркировка .....	16
Устройство АД.....	18
Принцип действия .....	22
Технические характеристики .....	23
Время-токовые характеристики отключения .....	24

Условное графическое обозначение.....	25
Электрические схемы.....	25
АД12.....	25
АД12М.....	25
АД14.....	26
Порядок установки.....	26
Техническое обслуживание и эксплуатация.....	28
Выбор дифференциальных автоматических выключателей.....	28
Номинальное напряжение и фазность.....	28
Токовый номинал и характеристика.....	29
Ток утечки.....	29
Класс УЗО.....	30
Защита от обрыва нулевого проводника.....	30
Время отключения.....	30
Расчет суммарного значения тока утечки сети.....	30
Контрольные задания.....	32
АД2, АД4.....	32
АД12, АД14.....	36

## ВВЕДЕНИЕ

**Дифференциальный автоматический выключатель** (далее дифавтомат) – это аппарат, сочетающий функции автоматического выключателя (далее АВ) с устройством защитного отключения (далее УЗО).

Существует ряд факторов, свидетельствующих в пользу установки УЗО, но бесспорным остается одно из важнейших преимуществ выбора дифавтомата – это экономия места для установки оборудования в распределительном щите, так как при проектировании схемы электрической сети необходимо учесть, что УЗО, подключенное в цепь потребителей, должно обеспечиваться защитой от короткого замыкания и перегрузок по току, то есть на каждый УЗО потребуется установка автоматического выключателя. В итоге может получиться так, что для этого не будет хватать места на DIN-рейке щитка.

Выбор дифавтомата, сочетающего в себе функции АВ и УЗО, позволяет более рационально использовать электрический щит.

В данной теме будут рассмотрены дифавтоматы серии АД.

## НАЗНАЧЕНИЕ ДИФАВТОМАТОВ

Дифавтоматы обеспечивают эффективную защиту:

- ✓ человека от поражения электрическим током в случае его прикосновения к токоведущим частям или к элементам электрооборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения изоляции токоведущих частей;
- ✓ электрооборудования (далее ЭО) от сверхтока (короткого замыкания и перегрузки);
- ✓ в ряде исполнений дифавтоматов предусмотрена защита от импульсных перенапряжений в сети.

## КЛАССИФИКАЦИЯ

**По способу управления:** функционально зависящие от напряжения сети, не размыкающиеся автоматически в случае исчезновения напряжения сети (способные размыкаться при замыкании на землю).

**По способу установки:** для стационарной установки при неподвижной проводке.

**По условиям регулирования отключающего дифференциального тока:** с одним значением номинального отключающего дифференциального тока.

**По условиям устойчивости к нежелательному срабатыванию от воздействия импульсов напряжения:** с нормальной устойчивостью к нежелательному срабатыванию (общего типа).

**По наличию задержки по времени** (в присутствии дифференциального тока) – без выдержки времени - тип для общего применения.

**По способу защиты от внешних воздействующих факторов:** незащищенного исполнения (для использования с дополнительной оболочкой).

**По способу присоединения внешних проводников:** дифавтоматы, присоединения которых связаны с механическими креплениями.

## СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

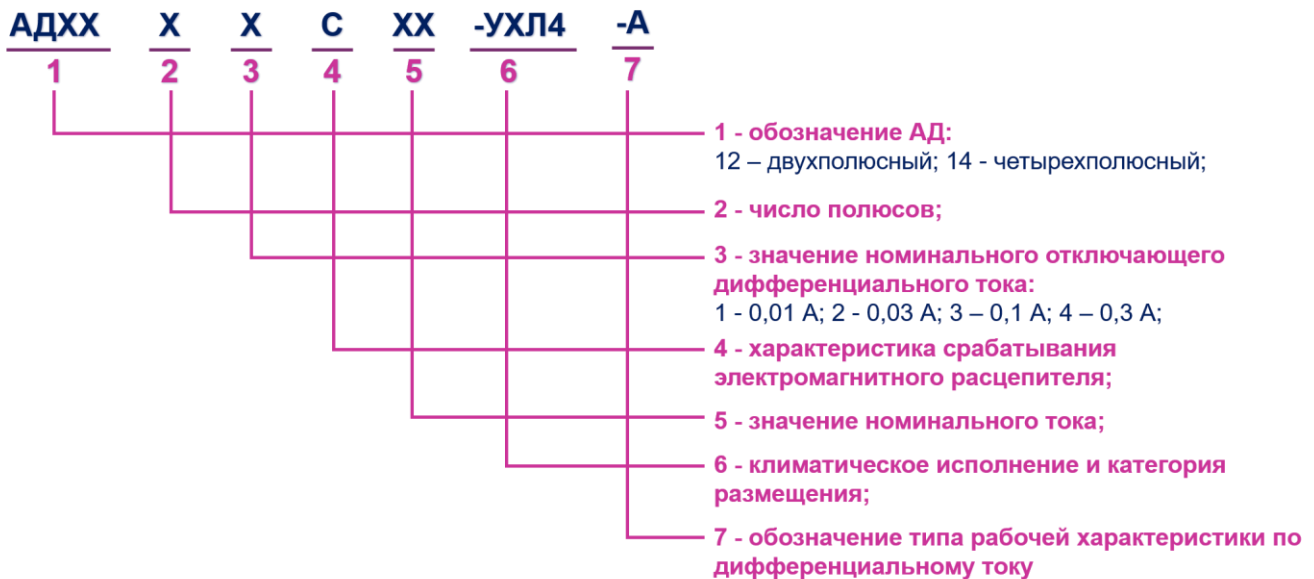


Рисунок 1. Структура условного обозначения

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

**Дифавтоматы должны автоматически отключать защищаемый участок сети при появлении в нем:**

- ✓ тока утечки на землю (переменного типа АС или постоянного пульсирующего типа А), превышающего значение нерегулируемой уставки срабатывания с индикацией отключенного состояния;
- ✓ короткого замыкания и перегрузки по току нагрузки с индикацией отключенного состояния.
- ✓ АД должны размыкаться после нажатия на кнопку «Т» в диапазоне рабочих напряжений от 0,85 до 1,1  $U_n$ .
- ✓ АД не должны размыкаться при снятии и повторном включении напряжения сети и коммутации тока нагрузки.

**АД должны сохранять работоспособность** с сохранением всех характеристик при отклонениях напряжения в однофазной питающей сети от 70 до 253В, а трехфазной от 180 до 440В.

**Сопротивление изоляции** сухого, не бывшего в эксплуатации АД, в нормальных климатических условиях должно быть не менее 20 МОм.

**Электрическая прочность изоляции** АД в нормальных условиях должна выдерживать в течение 1 минуты без пробоя и поверхностного перекрытия воздействие испытательного напряжения 2000 В (действующее значение) переменного тока частотой 50 Гц.

## КОНСТРУКЦИЯ АППАРАТА

Конструкция дифавтомата представляет собой соединение двух функциональных узлов: электронный модуль дифференциальной защиты и автоматический выключатель (см. **Рисунок 2**).

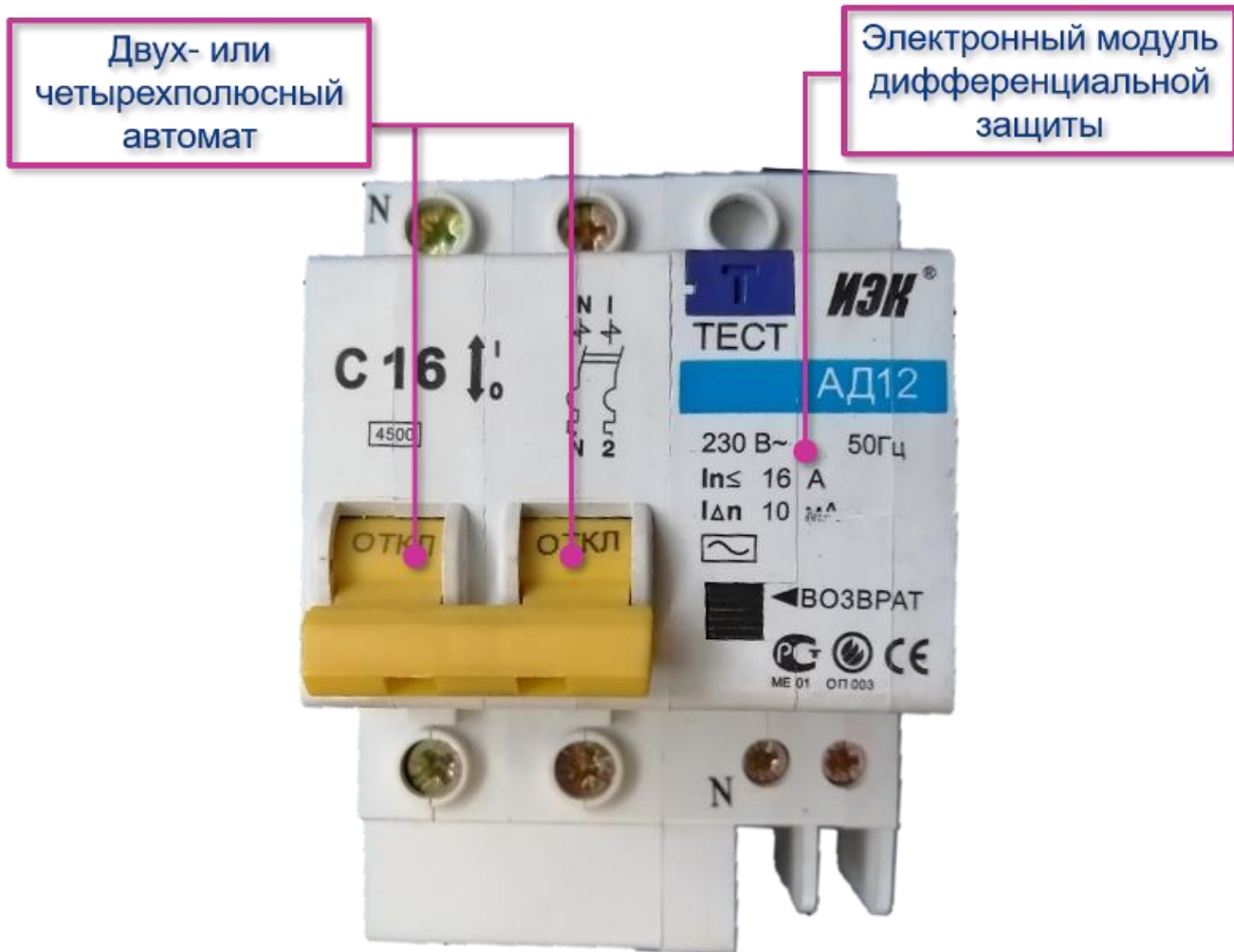


Рисунок 2. Общее устройство

**Электронный модуль** состоит из дифференциального трансформатора тока, электронного усилителя с пороговым устройством, исполнительного электромагнита сброса и источника питания.

## ПРИНЦИП РАБОТЫ

**При обнаружении дифавтоматом в защищаемом участке сети тока утечки (повреждения) на землю или сверхтока (тока перегрузки или короткого замыкания)** происходит срабатывание устройства, приводящее к отключению защищаемой сети.

**При автоматическом срабатывании АД** рукоятка управления аппарата переключается в положение «ОТКЛ».

Для индикации срабатывания от дифференциального тока на корпусе аппарата имеется кнопка «R» (Возврат) (см. **Рисунок 3**). Кнопка находится в утопленном положении при срабатывании автоматического выключателя от сверхтока и выдвигается из корпуса при срабатывании электронного модуля дифференциальной защиты от дифференциального тока.

**Перед включением АД и повторным включением** после устранения причины срабатывания, вызванной появлением дифференциального тока, необходимо сначала нажать кнопку «R» (Возврат) на модуле защитного отключения (МЗО), а потом взвести ручку автоматического выключателя.



Рисунок 3. Индикатор срабатывания (кнопка «ВОЗВРАТ»)

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АД-2, АД-4, АД-2S, АД-4S

### НАЗНАЧЕНИЕ

Выключатели автоматические дифференциального тока АД-2 и АД-4 предназначены для использования соответственно в одно- и трехфазной электрической сети переменного тока номинального напряжения 230В (АД-2), 400В (АД-4) и частотой 50 Гц.

Дифавтоматы реагируют на дифференциальный ток (утечку) с фазных проводов на землю или соединенные с ней элементы металлоконструкций.

Ток, протекающий по телу человека, прикоснувшегося к токоведущей части электрооборудования на землю, также является дифференциальным.

АД-2 и АД-4 выпускают в стандартном и селективном (АД-2S, АД- 4S) исполнении.



## ФУНКЦИИ

- ✓ Защита людей от поражения электрическим током при случайном прикосновении к открытым проводящим частям электроустановки;
- ✓ Защита электрооборудования (ЭО) при повреждении изоляции проводников и неисправностях ЭО;
- ✓ Предотвращение возгораний и пожаров, возникающих вследствие протекания токов утечки и развивающихся из них коротких замыканий, замыканий на корпус и замыканий на землю;
- ✓ Автоматическое отключение участка электрической сети при перегрузках и коротких замыканиях.
- ✓ Применение в схемах заземления IT и TT, где требуется защита и проводника нагрузки, и проводника нейтрали.

## УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ



Рисунок 4. Условное обозначение АД-2 (АД-4)

## КОНСТРУКЦИЯ

**АД** – электронное устройство, состоящее из двух электрически и механически связанных частей:

- ✓ автоматического выключателя с механизмом свободного расцепления (МСР);
- ✓ модуля обнаружения тока утечки, содержащего дифференциальный трансформатор тока (далее ДТТ) с усилителем.

**Прибор оборудован кнопкой «Тест»** для периодической проверки работоспособности.

Все узлы АД заключены в корпус, изготовленный из негорючей пластмассы.

АД имеет возможность соединения с автоматическими выключателями с помощью соединительной U-образной шины.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

**В нормальном режиме** при отсутствии тока утечки, по проводникам силовой цепи, проходящим сквозь окно магнитопровода ДТТ, протекают рабочие токи нагрузки. Эти токи наводят в магнитном сердечнике ДТТ равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки. Результирующий магнитный поток равен нулю, следовательно, ток во вторичной обмотке так же равен нулю. Вся система находится в состоянии покоя и выключатель остается во включенном положении.

**При возникновении тока утечки** (например, утечки на землю или прикосновении человека к токоведущим частям ЭО) – баланс токов в питающих проводниках, а, следовательно, и магнитных потоков в сердечнике нарушается и во вторичной обмотке ДТТ появляется дифференциальный ток. Пропорциональное этому току напряжение со вторичной обмотки ДТТ подается на вход усилителя и, если это напряжение превышает значение срабатывания, усилитель подает напряжение на катушку электромагнита выключателя, тем самым отключая защищаемую цепь от питающей сети.

**При защите от повышенного напряжения** выключатель отключается по достижении входного напряжения.

**При перегрузках по току** срабатывает комбинированный расцепитель (тепловой и электромагнитный).

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Таблица 1. Технические характеристики**

Параметры	Значения	
	АД2	АД4
Количество полюсов	2	4
Номинальное напряжение, $U_n$ , В	230	400
Частота $f_n$ , Гц	50	
Номинальный ток $I_n$ , А	6,10, 16, 25, 32, 40, 50, 63	10, 16, 25, 32, 40, 50, 63
Номинальная наибольшая отключающая способность, $I_{сн}$ , кА	4, 5, 6	
Номинальный отключающий дифференциальный ток (ток утечки) $I_{\Delta n}$ , мА	10, 30, 100, 300	
Характеристика отключения	В, С	В, С, D
Механизм	Электронный	
Тип срабатывания по дифференциальному току	АС	
Время отключения (срабатывания) при $I_n$ , не более сек.	0,05	
Механическая износостойкость, механических циклов, не менее	10 000	
В том числе коммутационная износостойкость, электрических циклов, не менее	3000	
Максимальное сечение подключаемого провода, мм <sup>2</sup>	25	
Степень защиты	IP20	
Диапазон рабочих температур, °С	от -25 до +50	
Категории применения	А	

**Примечание:**

\* **В, С** - характеристики защиты от сверхтоков для бытового и аналогичного применения.

**D** - характеристика защиты от сверхтоков для производственного применения.

Ток отключения АД типа А (и соответствующее время отключения) должны соответствовать значениям таблицы (см. **Таблица 3**).

**Таблица 2. Ток отключения АД типа А**

Угол задержки тока, $\alpha$	Отключающий дифференциальный ток, А	
	Нижний предел	Верхний предел
0°	0,35 I $\Delta$ n	1,4 I $\Delta$ n (при I $\Delta$ n > 0,01 А)
90°	0,25 I $\Delta$ n	2 I $\Delta$ n (при I $\Delta$ n < 0,01 А)
135°	0,11 I $\Delta$ n	

Значения максимального времени отключения и времени неотключения для типа АС приведены в таблице (см. **Таблица 3**).

**Таблица 3. Значения максимального времени отключения и времени неотключения**

Тип	Значения времени отключения и неотключения, при дифференциальном токе I $\Delta$ , с				
	I $\Delta$ n	2 I $\Delta$ n	5 I $\Delta$ n *	I $\Delta$ t **	
Общий	0,3	0,15	0,04	0,04	Максимальное время отключения
Селективный (S)	05	02	0,15	0,15	
	0,13	0,06	0,05	0,04	Минимальное время неотключения

**Примечания:**

\* при токе I $n$  = 0,25 А - для АД общего типа с I $n$  < 30 мА;

\*\* испытание проводят с током I $n$ , который равен нижнему пределу диапазона тока мгновенного расцепления согласно типу защитной характеристики С.

Для АД типа А максимальное время отключения, значения которого указаны в таблице 3, также должны иметь силу, однако значения токов (I $n$ , 2 I $n$ , 5 I $n$ ) должны быть умножены при испытании на коэффициент 1,4 для АД с I $n$  > 0,01 А и на коэффициент 2 для АД с I $n$  0,01 А.

Время-токовые характеристики в режиме сверхтоков при контрольной температуре +30°С приведены в таблице (см. **Таблица 4**).

**Таблица 4. Время-токовые характеристики в режиме сверхтоков при контрольной температуре +30°С**

Испытательный переменный ток (тип защитной характеристики С)	Начальное состояние	Пределы времени расцепления или нерасцепления	Требуемые результаты
1,13 I $n$	Холодное	t > 1 ч	Без расцепления
1,45 I $n$	Немедленно после испытания на номинальный ток 1,13 I $n$	t < 1 ч	Расцепление
2,55 I $n$	Холодное	1 с < t < 60 с (при I $n$ < 32А) 1с <t< 120 с (при I $n$ > 32А)	Расцепление
5 I $n$	Холодное	t < 0,1 с	Без расцепления
10 I $n$	Холодное	t < 0,1 с	Расцепление

**Примечания.**

1. Термин "холодное" состояние означает без предварительного пропуска тока при контрольной температуре калибровки.

2. Условный ток нерасцепления 1,13 I $n$  и расцепления 1,45 I $n$  проверяются при пропуске тока через все полюса выключателя, соединенные последовательно, начиная с холодного состояния.

## Габаритные размеры

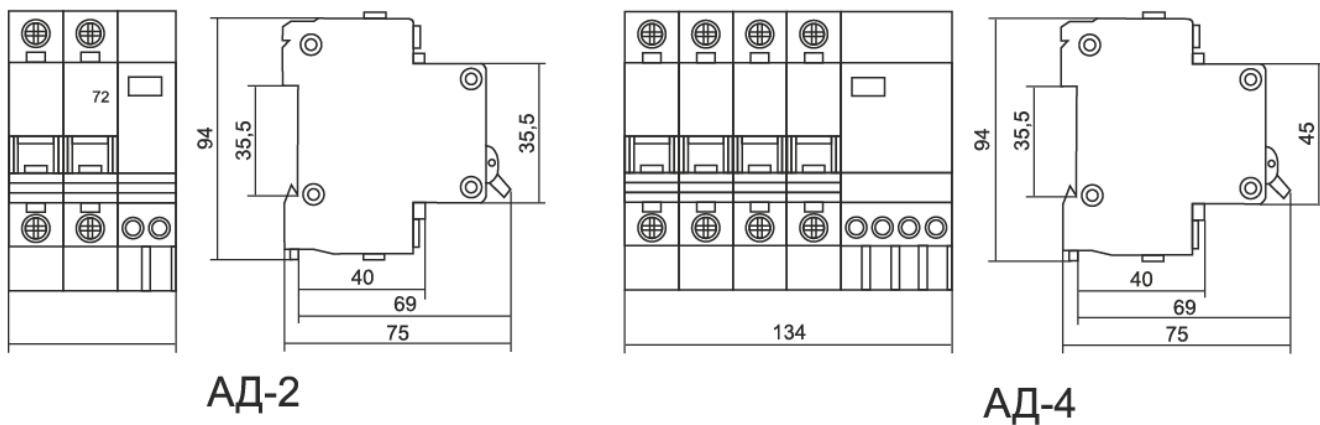


Рисунок 5. Габаритные размеры

## Токо-временные характеристики отключения

При температуре окружающего воздуха +30°C

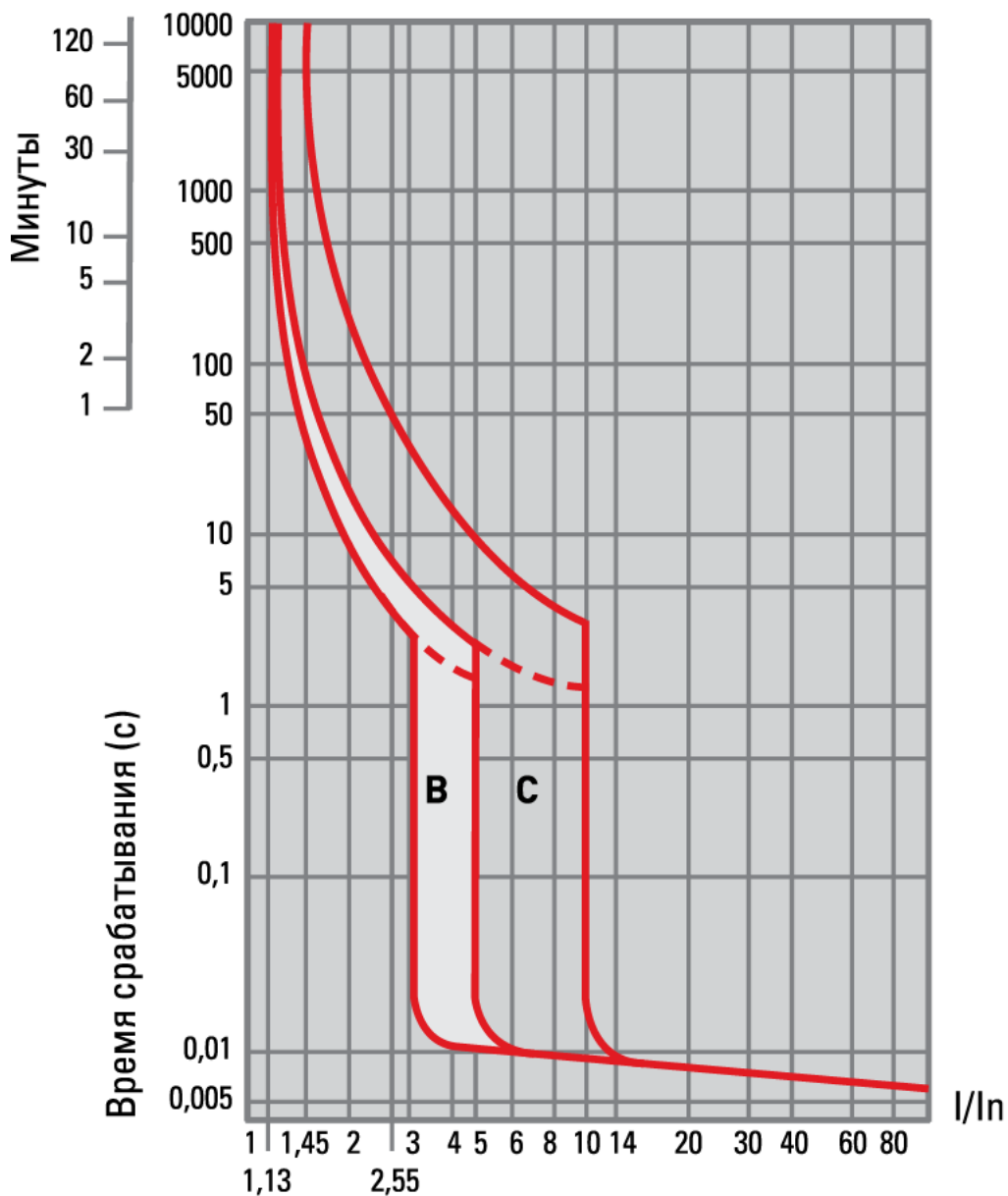


Рисунок 6. Защитная характеристика в условиях действия сверхтоков при контрольной температуре +30°C, с холодного состояния, при пропускании тока через все защищенные полюса АД

### Время срабатывания при протекании дифференциального тока

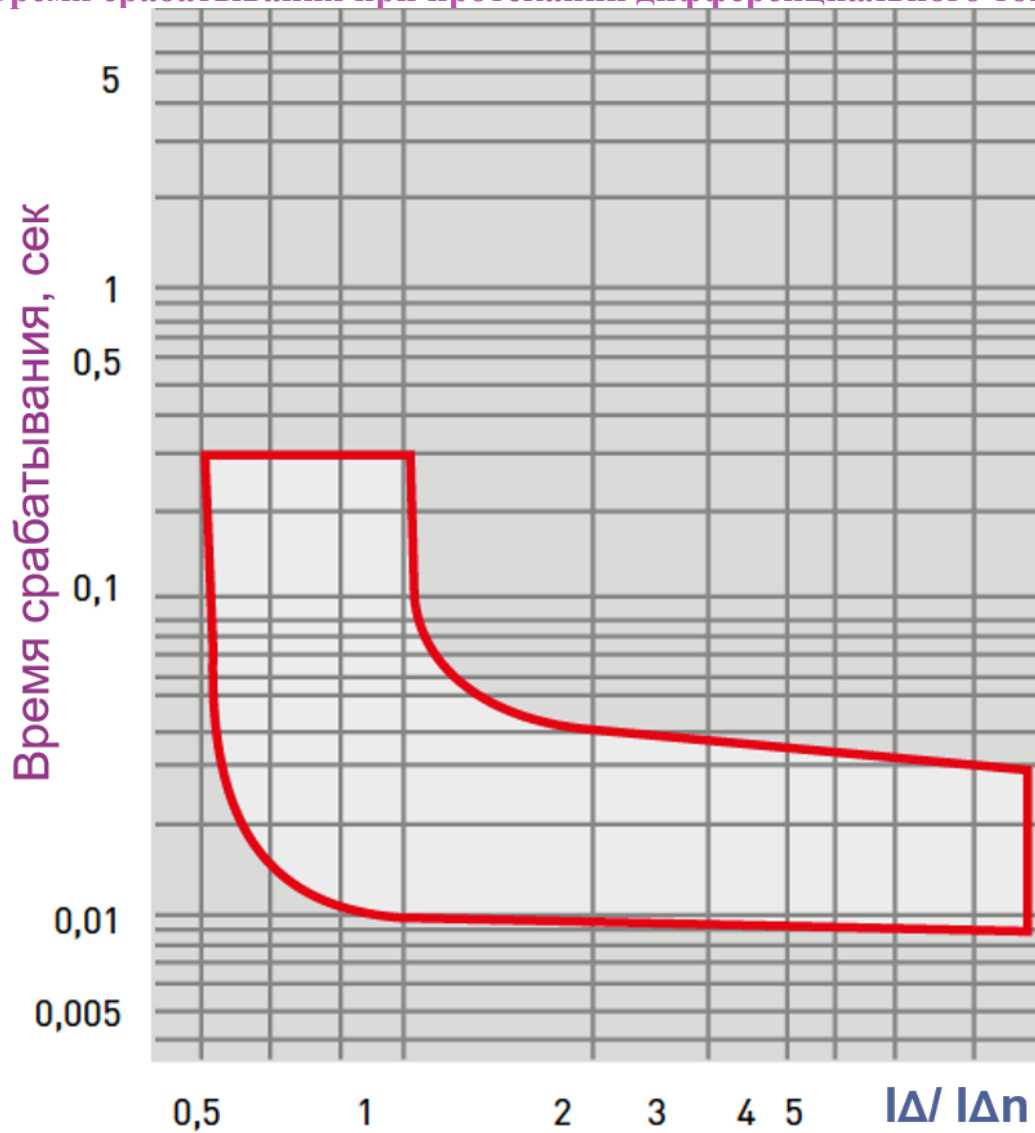


Рисунок 7. Характеристика отключения и пределы времени срабатывания по дифференциальному току (при температуре окружающего воздуха +30°C)

### Температурный коэффициент

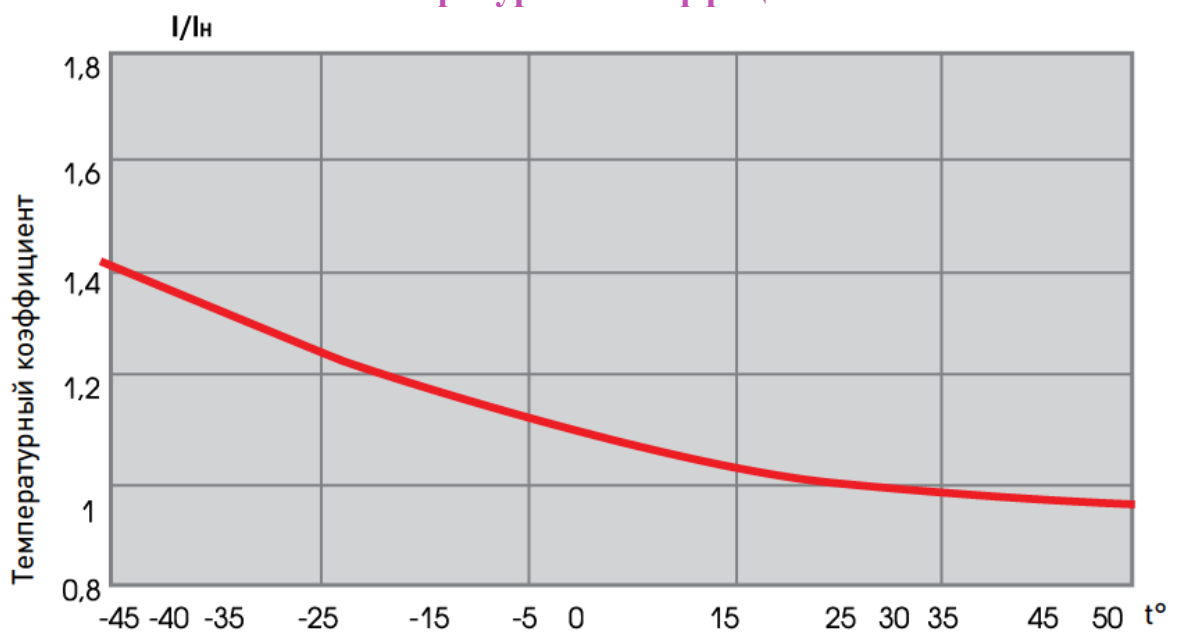


Рисунок 8. Температурный коэффициент

## ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ

АД-2 (2S)

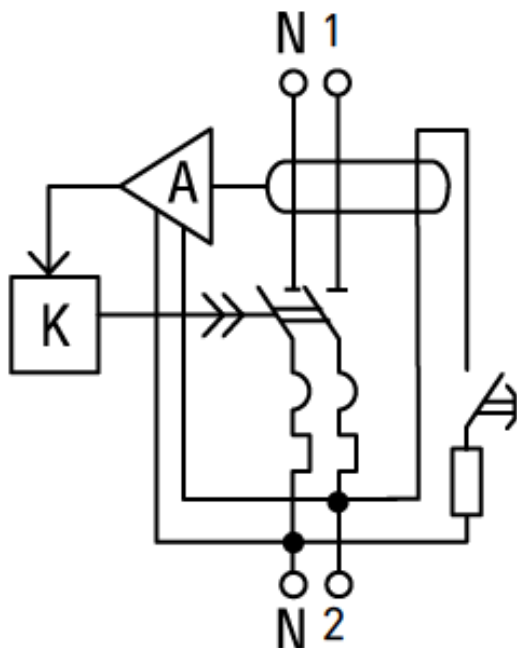


Рисунок 9. Схема подключения АД-2 (2S)

АД-4 (4S)

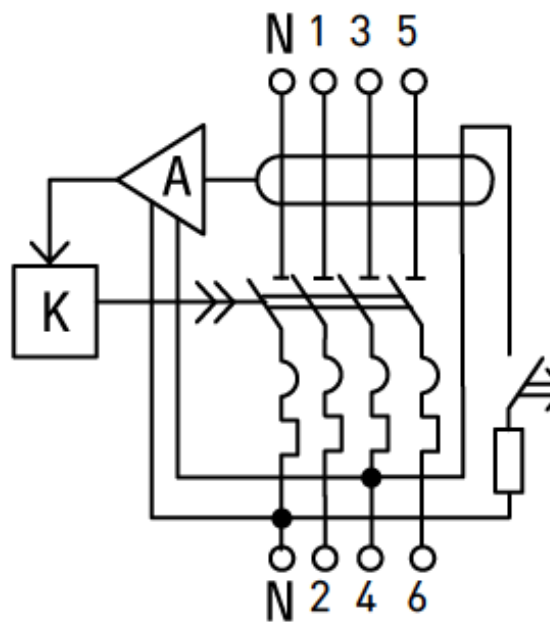


Рисунок 10. Схема подключения АД4 (4S)

### МОНТАЖ

**Перед установкой устройства необходимо убедиться:**

- ✓ в соответствии его параметров (маркировки АД) требуемым условиям;
- ✓ в отсутствии внешних повреждений;
- ✓ в работоспособности механизма (фиксации при переключении), произведя несколько переключений.

Устройство крепится на монтажную DIN-рейку 35×7,5 мм с помощью двухпозиционного зажима.

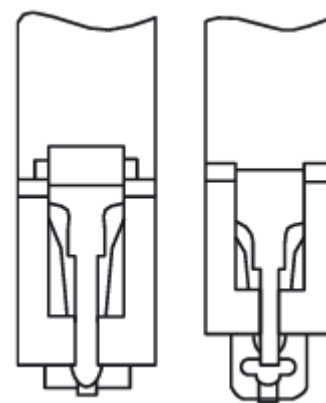


Рисунок 11. Крепление АД с помощью двухпозиционного зажима

**Рабочее положение устройства** – вертикальное (обозначением «ВЫКЛ» рукоятки управления – вниз), с отклонением до 5° в любую сторону от указанной плоскости.

**Таблица 5. Виды подсоединяемых проводников**

Проводник		
жесткий	гибкий	с наконечником

Аппарат предназначен для коммутации алюминиевым и медным проводом.

При этом не допускается одновременное присоединение к одному зажиму медных и алюминиевых проводников.

Для подсоединения рекомендуется использовать медные проводники с классом не ниже 2 (многопроволочные), при этом жилы необходимо оконцевать медными тонкостенными гильзами.

В случае, когда используются проводники с жилой 1-го класса (однопроволочные), жилы необходимо складывать вдвое для создания лучшего контакта.

Подвод напряжения к выводам выключателя от источника питания осуществляется со стороны выводов сверху:

- ✓ 1, N – для АД2;
- ✓ 1, 3, 5, N – для АД4.

Затягивать зажимные винты необходимо с усилием не более 2,5 Н·м для медных токопроводящих жил и не более 2,2 Н·м для токопроводящих жил из алюминиевых сплавов 8000 серии.

При установке устройства необходимо убедиться в том, что в зоне защиты АД нулевой рабочий проводник N не имеет соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником РЕ.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Необходимо ежемесячно проверять работоспособность устройства нажатием кнопки «Тест».

Немедленное срабатывание устройства означает его исправность.

При срабатывании АД от дифференциального тока (рукоятка управления переходит в положение «ВЫКЛ» и выскакивает кнопка рядом с рукояткой), необходимо:

✓ тщательно обследовать состояние изоляции проводников потребителей защищаемой цепи и устранить причины, вызвавшие возникновение тока утечки;

✓ затем устройство необходимо привести в рабочее состояние нажатием кнопки и взводом рукоятки управления в положение «ВКЛ».

Хранение выключателя должно осуществляться в упаковке производителя в закрытых помещениях при температуре окружающего воздуха от -40°C до +55°C и относительной влажности не более 80 % при +25°C.

### ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Использование в конструкции АД автоматического выключателя серии ВА47-29 позволяет присоединять к аппарату дополнительные контакты КС47 или КСВ47 до двух штук одновременно, в любой их комбинации.

Возможна установка аварийного контакта АК-47 отверстие слева и блок-контакта БК-47 (отверстие слева) (см. **Рисунок 12**).



Рисунок 12. Подключение дополнительных устройств

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АД12, АД12М, АД14

## НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, со встроенной защитой от сверхтоков, функционально зависящие от напряжения сети бытового и аналогичного применения типа АД12, АД14 предназначены для работы в однофазной и трехфазной в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц в системе электроснабжения с заземленной нейтралью:

✓ **выключатели типа АД12** применяются в однофазных сетях напряжением 230 В;

✓ **выключатели типа АД14** применяются в трехфазных сетях напряжением до 400 В.

### Быстродействующие защитные выключатели обеспечивают:

✓ защиту людей от поражения электрическим током при прямом непреднамеренном прикосновении к токоведущим частям электрооборудования (ток уставки 10, 30 и 100 мА);

✓ защиту от пожара из-за возгорания изоляции токоведущих частей (ток уставки  $\geq 100$  мА);

✓ электрических цепей и электроприборов от перегрузок и токов коротких замыканий;

✓ **выключатели типа АД12М** защиту от недопустимого повышения напряжения сети. АД12М сохраняет работоспособность при снижении напряжения электрической сети до 50 В.

Выпускаются как в однополюсном, так и в виде блоков двух- и четырехполюсном исполнении, с характеристикой срабатывания электромагнитного расцепителя.

## Функции

Выключатели выполняют функцию обнаружения дифференциального тока, его сравнения со значением дифференциального тока срабатывания и отключения защищаемой цепи в случае, когда дифференциальный ток превосходит это значение, а также функцию автоматического отключения электроустановки при появлении сверхтоков.

## СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ

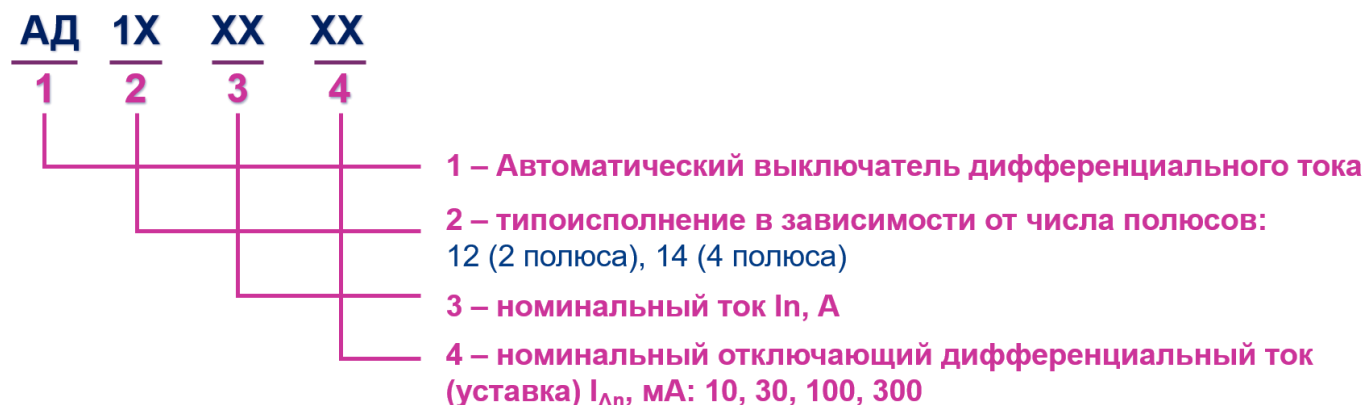


Рисунок 13. Структура условного обозначения



## МАРКИРОВКА

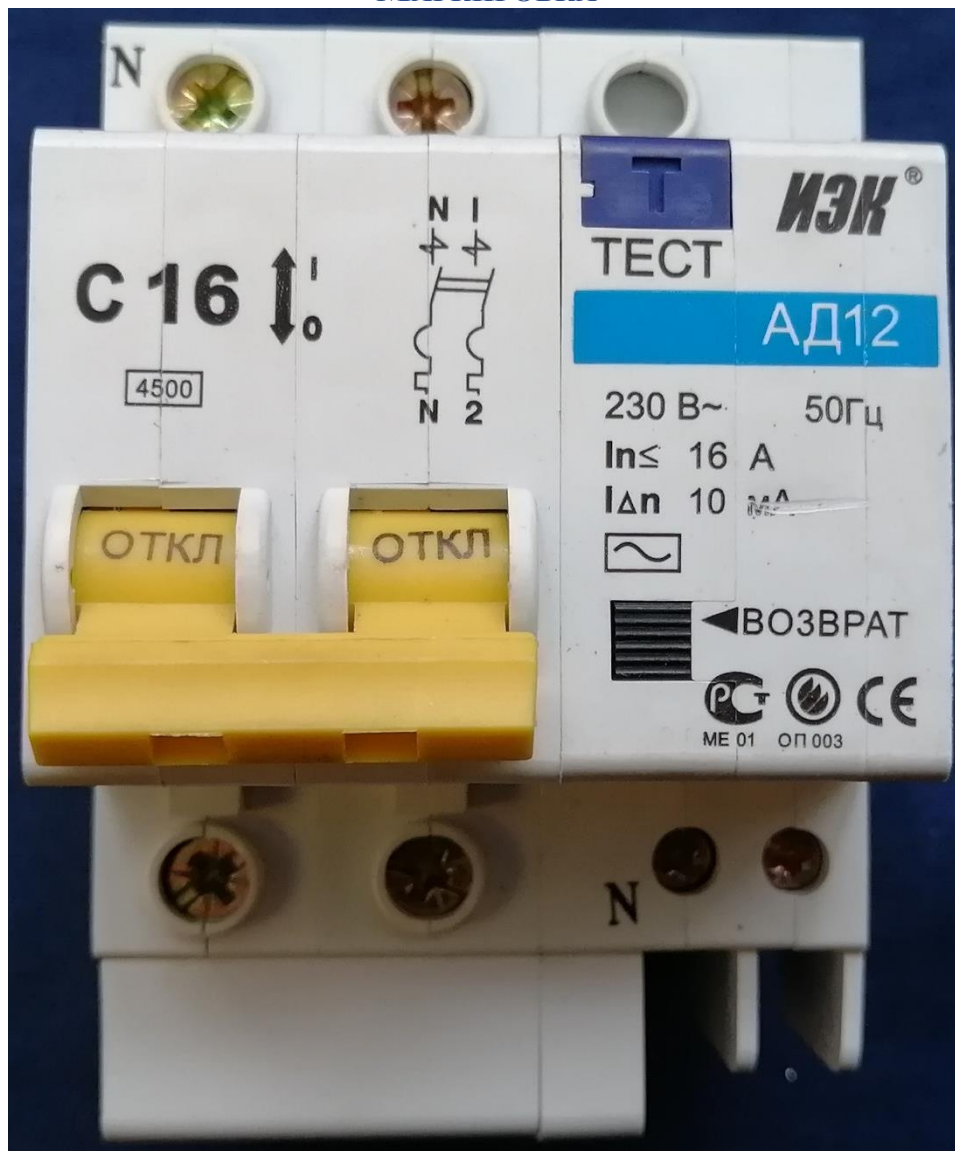


Рисунок 14. Маркировка АД

**Таблица 6. Маркировка АД**

	<p><b>Времятоковая характеристика срабатывания</b> – диапазон срабатывания электромагнитной защиты. <b>С</b> – выключатель работает между 5- и 10-кратным значениями номинального тока. Рекомендуется к установке в сетях со смешанной нагрузкой, предполагающей умеренные пусковые токи (гражданское строительство, офисные помещения).</p>
	<p><b>Номинальный ток</b> – базовое значение тока в амперах (А), в сравнении с которым происходят защитные действия автоматического выключателя по превышению тока нагрузки</p>

<p><b>C 16</b> </p> <p>4500</p>	<p><b>Номинальная отключающая способность или предельная коммутационная способность (ПКС)</b> – максимальный ток короткого замыкания, который автомат способен отключить и остаться в работоспособном состоянии</p>
<p><b>АД12</b></p> <p>230 В ~ 50Гц</p> <p><math>I_n \leq 16A</math></p> <p><math>I_{\Delta n} 10mA</math></p> 	<p><b>Номинальное напряжение</b> – напряжение переменного тока (знак ~), при котором выключатель работает в нормальных условиях.</p>
<p><b>АД12</b></p> <p>230 В ~ 50Гц</p> <p><math>I_n \leq 16A</math></p> <p><math>I_{\Delta n} 10mA</math></p> 	<p><b>Номинальная частота</b> – частота тока питания, на которую рассчитан аппарат, которой соответствуют его характеристики.</p> <p>Примечание — Для одного и того же аппарата может быть установлен диапазон номинальных частот переменного тока либо он может работать как на переменном, так и на постоянном токе</p>
<p><b>АД12</b></p> <p>230 В ~ 50Гц</p> <p><math>I_n \leq 16A</math></p> <p><math>I_{\Delta n} 10mA</math></p> 	<p><b>Номинальный ток</b> – это показатель того, ток какой силы устройство может пропустить через себя при продолжительной непрерывной работе</p>
<p><b>АД12</b></p> <p>230 В ~ 50Гц</p> <p><math>I_n \leq 16A</math></p> <p><math>I_{\Delta n} 10mA</math></p> 	<p><b>Номинальный отключающий дифференциальный ток <math>I_{\Delta n}</math> (уставка)</b> – значение дифференциального тока, которое вызывает срабатывание (отключение) УЗО при заданных условиях эксплуатации.</p> <p>Предпочтительное значение номинального отключающего дифференциального тока выбирают из ряда: 10, 30, 100, 300, 500 мА.</p> <p>Аппараты с уставкой 300 мА используют для защиты от пожаров или как двухступенчатую селективную защиту</p>

# АД12

230 В ~ 50Гц

$I_n \leq 16A$

$I_{\Delta n} 10mA$



**Класс АС** – защита от синусоидальных дифференциальных токов



**Селективные** – специально предназначены для выдержки заранее установленного значения предельного времени неотключения, при протекании дифференциального тока

## УСТРОЙСТВО АД

Конструктивно изделие содержит в одном блоке автоматический выключатель (двух- или четырехполюсной) с механизмом независимого расцепления и рейкой сброса внешним механическим усилием, электронного модуля дифференциальной защиты.

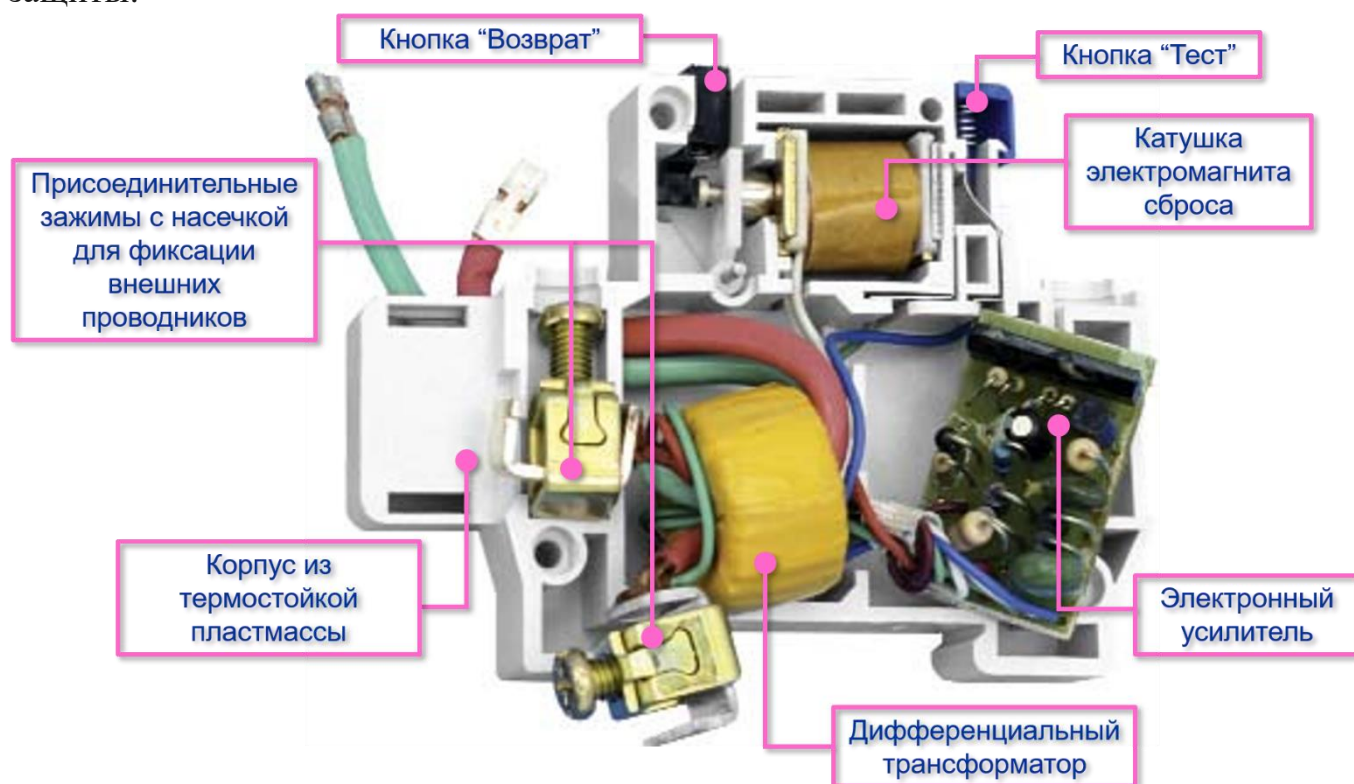


Рисунок 15. Устройство АД

В качестве коммутационных аппаратов в изделиях использованы выключатели автоматические ВА47-29 серии.

**Электронный модуль дифференциальной защиты** обеспечивает обнаружение дифференциального тока (тока утечки), в том числе протекающего по телу человека, прикоснувшегося к токоведущей части электрооборудования, его преобразование, усиление и механическое воздействие на рейку сброса автоматического выключателя.

В модуле дифференциальной защиты расположен **датчик-трансформатор** (дифференциальный трансформатор тока), осуществляющий обнаружение дифференциального тока и расположенный на проводах силового присоединения, электронный усилитель с пороговым устройством, исполнительный электромагнит сброса на выходе и источник питания.

Для проверки работоспособности дифавтомата в эксплуатации предусмотрена цепь контроля, имитирующая при нажатой **кнопке «ТЕСТ»** появление дифференциального тока.

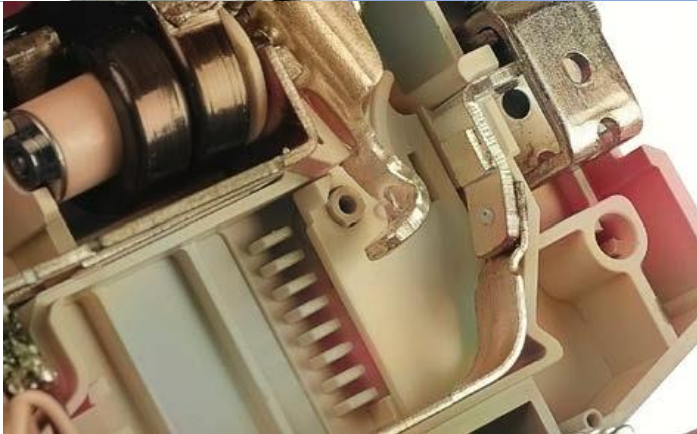
В изделиях предусмотрена **индикация срабатывания** от дифференциального тока, а для АД12М также **светодиодная индикация** включенного состояния.

**Таблица 7. Особенности конструкции**

	<p>Усовершенствованная дугогасительная система</p>
	<p>Устройство эксплуатационного контроля кнопка «Т»</p>
	<p>Некоторые аппараты имеют индикатор положения контактов</p>



Возможность одновременного присоединения шиной FORK и гибким проводником для распределения питания цепи через верхние зажимы, а также возможность соединения шиной PIN



**Напайка из серебросодержащего композита** повышает износостойкость контактной группы и снижает переходное сопротивление



Увеличенная прочность в зоне присоединения проводников за счет **двух дополнительных заклепок и монолитной лицевой панели**



Конструкция АД12/12М/14 позволяет присоединять дополнительные устройства КС47, КСВ47 безвинтовым способом



Компактная энергоэффективная конструкция за счет использования дифференциального блока меньших габаритов



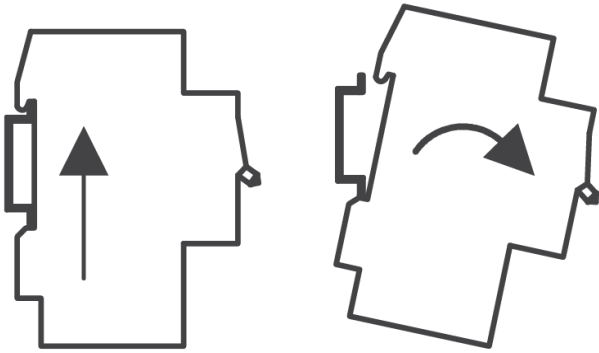


Индикатор срабатывания по дифференциальному току – выступающая кнопка «Возврат». Всегда можно определить, что причиной отключения аппарата цепи послужила именно утечка тока



Защелка с фиксацией облегчает монтаж на DIN-рейку



Увеличенный размер головки винта с универсальным шлицом (+, -) облегчает монтаж и предотвращает выпадение винтов при установке

	<p>Монтаж/демонтаж без использования инструментов</p>
	<p><b>Печатная плата с электронной схемой</b> усиления, запитанной от защищаемой сети, с повышенной защитой от импульсных помех</p>
	<p><b>Датчик - трансформатор тока,</b> выделяющий дифференциальный (остаточный) ток</p>

### Принцип действия

**Элементы защиты от перегрузки и коротких замыканий** находятся в выключателе автоматическом и функционируют независимо от дифференциальной защиты.

**При установке рукоятки управления АД** в положение «ВКЛ» на электронный модуль поступает напряжение питания.

**При перегрузке** происходит нагрев биметаллической пластины, которая, изгибаясь, толкает рычаг расцепителя и выключает автомат.

**При возникновении короткого замыкания** в зоне защиты многократно возросший ток, проходя через катушку электромагнитного расцепителя, значительно увеличивает ее магнитную индукцию, что приводит к перемещению сердечника и отключению автомата.

Чувствительным органом УЗО является **дифференциальный трансформатор**, в котором силовые провода (первичная обмотка) проходят через тороидальный сердечник.

**В нормальном режиме работы**, при отсутствии дифференциального тока (тока утечки), в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока и являющимися его первичной обмоткой, протекает рабочий ток нагрузки. Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно противоположно направленные магнитные потоки. Результирующий магнитный поток равен нулю. При равенстве токов в фазном и нулевом проводе, во вторичной обмотке, намотанной по окружности тора, напряжение отсутствует.

**При прикосновении человека** к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на котором произошел пробой изоляции, по фазному проводнику кроме тока нагрузки протекает дополнительный ток – ток утечки, являющийся для трансформатора тока *дифференциальным (разностным)*.

Если этот ток превышает значение уставки порогового устройства, последнее подает ток от источника питания на катушку электромагнита сброса, который сдергивает защелку механизма независимого расцепления выключателя и электрическая цепь размыкается.

При этом кнопка «Возврат» выступает из лицевой панели. **Для повторного включения дифавтомата** необходимо нажать эту кнопку до фиксации и взвести рукоятку дифавтомата.

Для осуществления периодического контроля исправности дифавтомата в электронный модуль встроена **цепь тестирования**. При нажатии кнопки «Тест» искусственно создается отключающий дифференциальный ток.

**Немедленное срабатывание** дифавтомата означает исправность всех его элементов.

**Касание человеком** электрооборудования, находящегося под опасным напряжением, не приводит к электропоражению за счет высокого быстродействия ( $\leq 40$  мс) выключателя.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

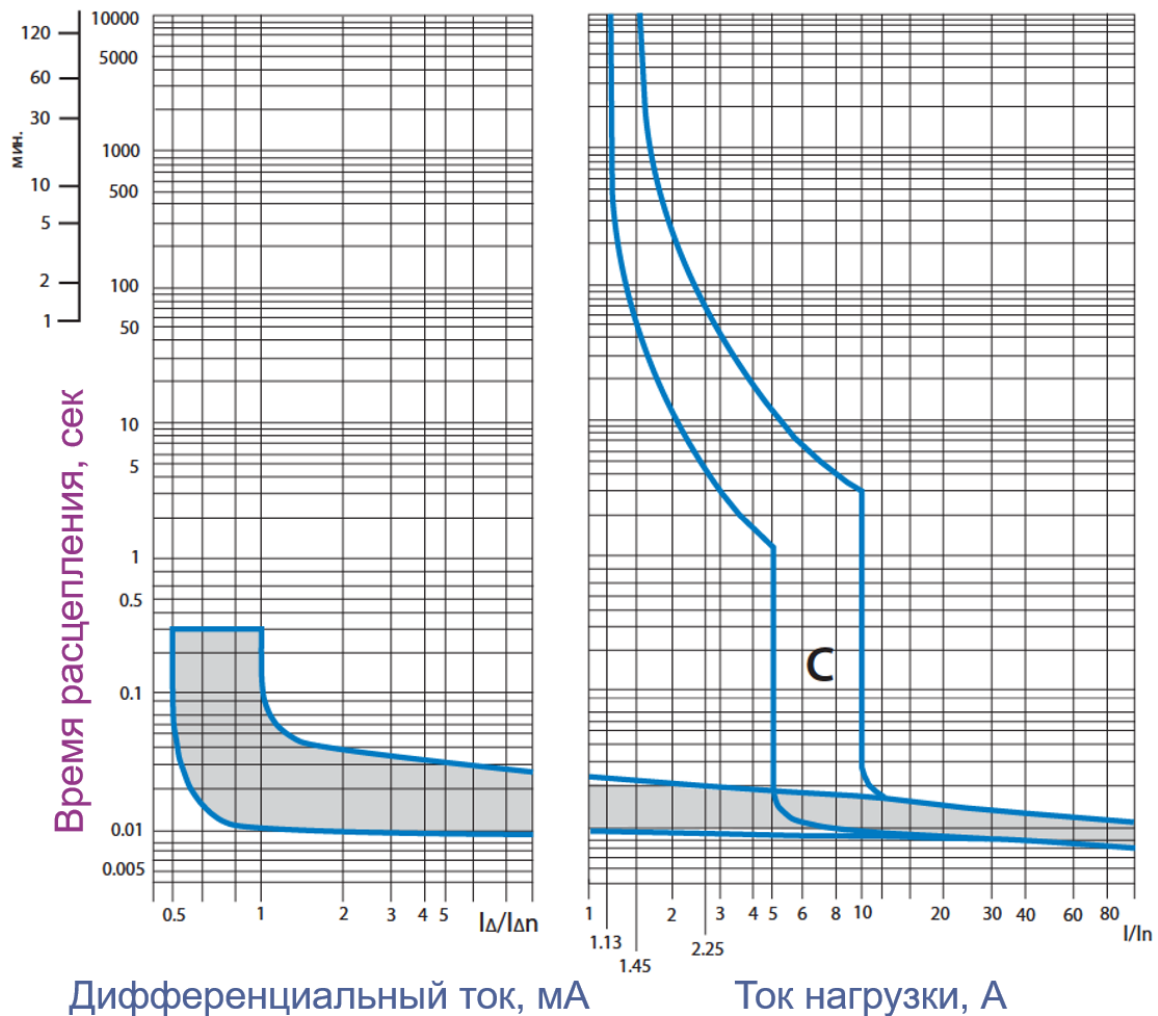
**Таблица 8. Технические характеристики АД-12 (АД-12М), АД-14**

Наименование параметра		Значение		
		АД-12	АД-12М	АД-14
Типоисполнение		АД-12	АД-12М	АД-14
Число полюсов		2	2	4
Наличие защиты от сверхтоков в полюсах		С двумя защищенными полюсами		С четырьмя защищенными полюсами
Номинальное рабочее напряжение $U_e$ , В		~230		~230/400
Номинальная частота тока сети $f$ , Гц		50	50	50
Максимальное сечение проводников, мм <sup>2</sup>	присоединяемых к входным зажимам	35	35	35
	Присоединяемых к выходным зажимам	до 32 А	16	16
		включительно 40÷63 А	35	35
Время отключения при номинальном дифференциальном токе, мс		$\leq 40$		



Номинальный ток $I_n$ , А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63
Номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка) $I_{\Delta n}$ , мА	10, 30, 100, 300	30	10, 30, 100, 300
Номинальная наибольшая коммутационная способность $I_{cw}$ , А	4500	4500	4500
Степень защиты	IP20	IP20	IP20
Диапазон рабочих температур, °С	-25 ÷ +40		-25 ÷ +40
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС	А	АС
Механическая износостойчивость, циклов включения-отключения, не менее	20000		10000
Электрическая износостойчивость, циклов включения-отключения, не менее	4500	4500	4500
Максимальное сечение подключаемых проводников, мм <sup>2</sup>	от 2,5 до 35		
Возможность присоединения к контактным зажимам соединительных шин со стороны подключения сети	PIN (штырь) и FORK (вилка)		

### ВРЕМЯ-ТОКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТКЛЮЧЕНИЯ



**Рисунок 16. Время-токовые характеристики отключения**

На рисунках пунктирная линия – это верхняя граница время-токовой характеристики для автоматических выключателей с номинальным током  $I_n \leq 32$  А

УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ

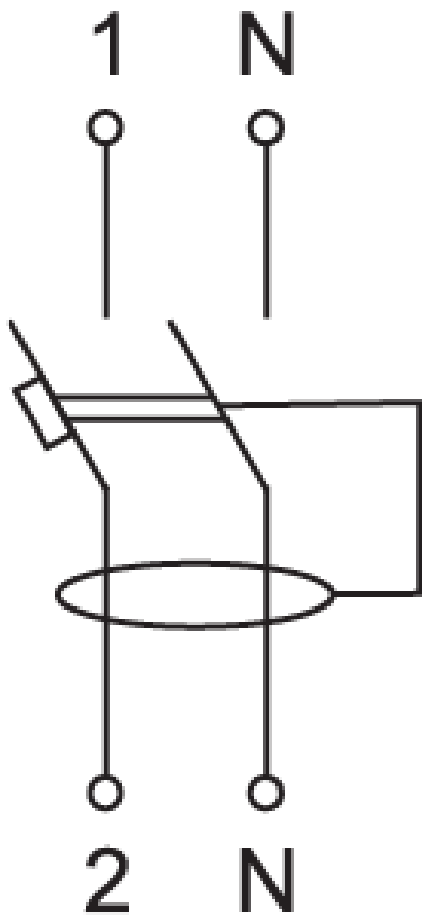


Рисунок 17. УГО АД12

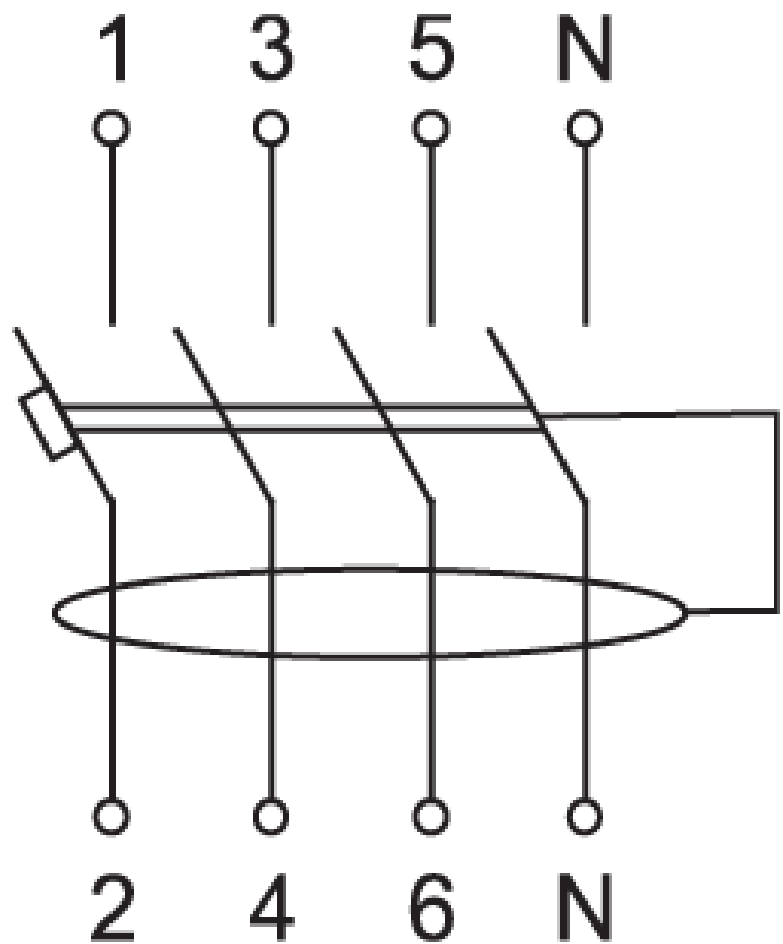


Рисунок 18. УГО АД14

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

**T** – устройство эксплуатационного контроля (кнопка «ТЕСТ»);

**R** – токоограничивающее сопротивление.

АД12

АД12М

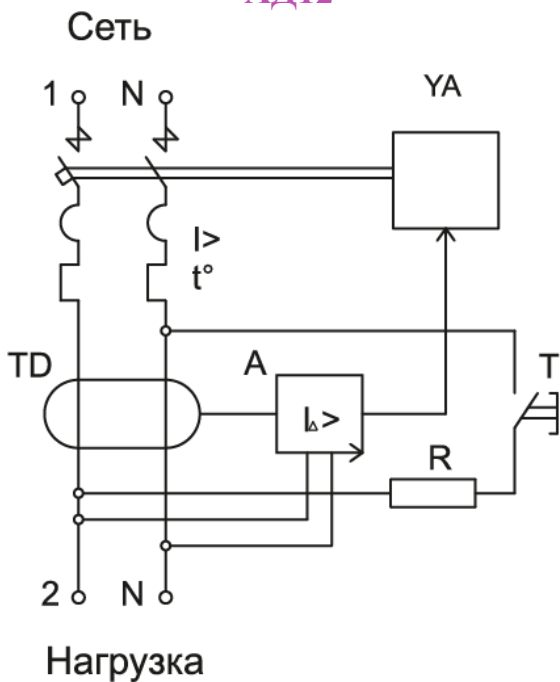


Рисунок 19. Электрическая схема АД12

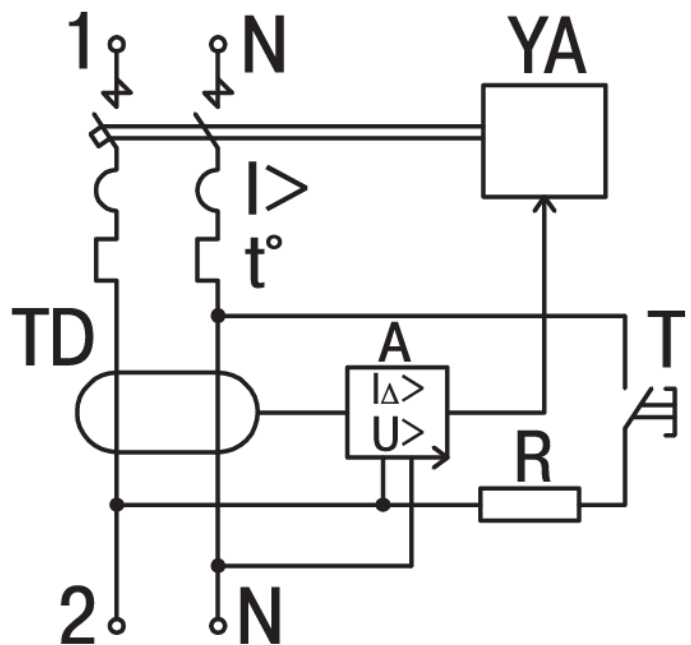


Рисунок 20. Электрическая схема АД12М

## АД14

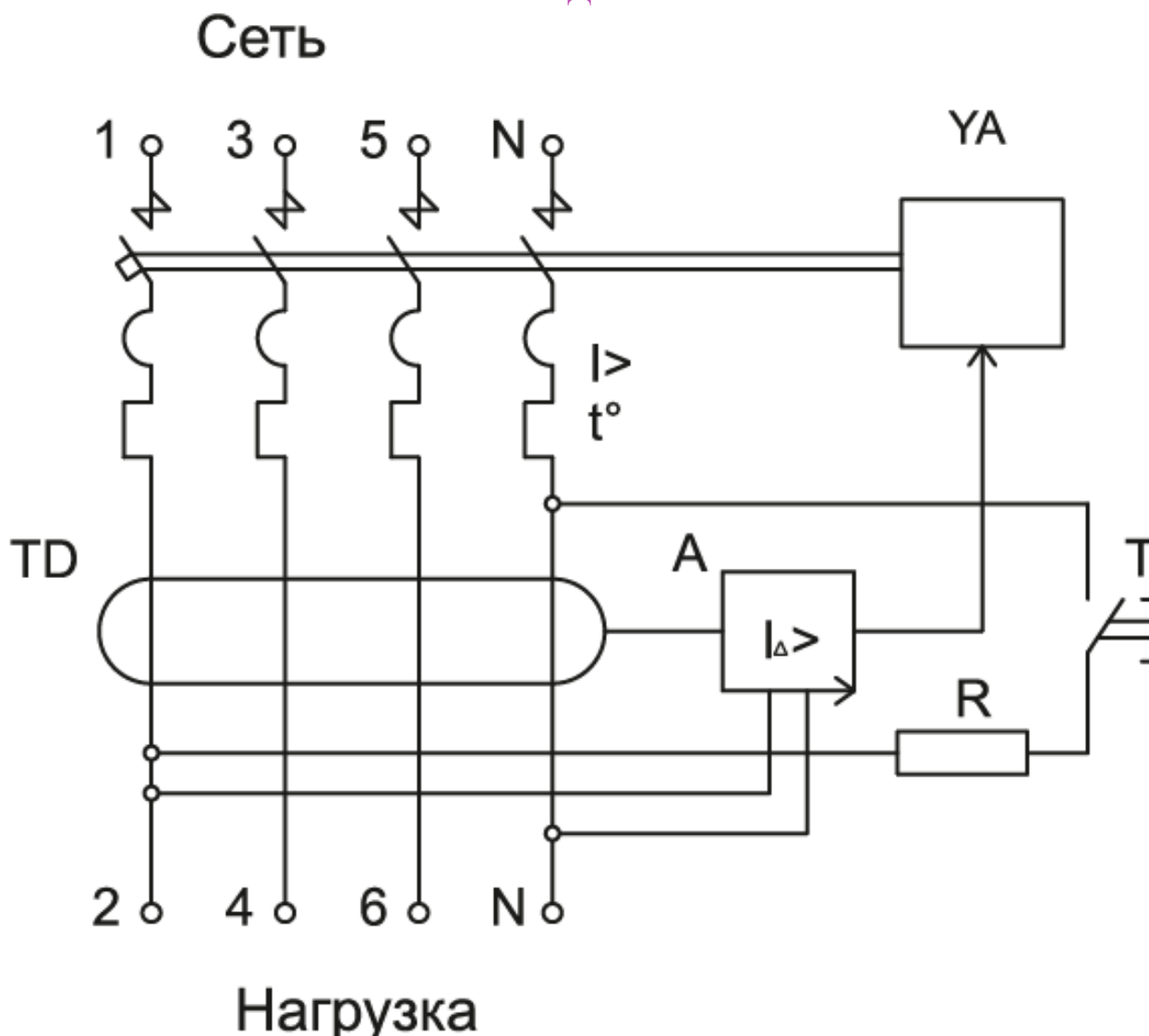


Рисунок 21. Электрическая схема АД14

### ПОРЯДОК УСТАНОВКИ

#### Перед установкой АД необходимо проверить:

- ✓ соответствие исполнения АД предназначенному к установке;
- ✓ внешний вид, отсутствие повреждений;
- ✓ четкость включения и отключения вручную и одновременно изменение состояния цвета индикатора. Усилие оперирования ручкой включения АД должно быть не более 50Н, кнопкой Т - не более 10Н.

АД устанавливаются на стандартной монтажной 35 мм рейке (DIN-рейке) в защищенном от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды (снег, дождь) и от случайного прикосновения людей к токоведущим частям месте (как правило, в закрытые электрощиты).

Напряжение от источника питания подводится со стороны маркировки знака "I" к выводам:

- ✓ 1, N (сверху) – для АД12;
- ✓ 1, 3, 5 N (сверху) – для АД14.

Монтаж выполняют жестким проводом необходимого сечения в прочной изоляции.

Затяжка винтов крепления токоподводящих проводников должна производиться с крутящим моментом 2,0 Н·м.

Тип подключаемых к выключателям проводников - медные или алюминиевые одножильные и многожильные проводники без предварительной подготовки.

Допускается присоединение к выключателям шин типа PIN (штырь) со стороны подключения сети.

**ВНИМАНИЕ!** При установке необходимо убедиться в том, что в зоне защиты АД нулевой рабочий проводник «N» не имеет соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником РЕ.

**После монтажа и проверки** его правильности **проверяют АД:** подают напряжение электрической сети на электроустановку и включают выключатель переводом рукоятки управления в положение «I» - «Вкл», нажимают кнопку «Тест» (кнопка «Т» на передней панели выключателя).

**Немедленное срабатывание выключателя** (отключение защищаемой устройством цепи) означает, что выключатель работает исправно. При этом кнопка «Возврат» (кнопка «R» на передней панели выключателя) должна выступить из лицевой панели.

**Для повторного включения** необходимо нажать на эту кнопку до фиксации и взвести рукоятку автоматического выключателя.

После этого приступают к его эксплуатации.

**Если после включения сразу** или через некоторое время происходит отключение выключателя, необходимо определить причину срабатывания:

**если кнопка «Возврат»** осталась утопленной, то сработала защита от сверхтока (перегрузки или короткого замыкания). После устранения перегрузки (отключения оборудования) или выявления места короткого замыкания включите выключатель;

**если при срабатывании кнопка «Возврат»** выступает из лицевой панели, то причиной было появление дифференциального тока.

*В этом случае вид неисправности электроустановки определяется в следующем порядке:*

**А. Если выключатель взводится рукояткой управления**, это означает, что в электроустановке имела место утечка тока на землю, вызванная кратковременным пробоем изоляции (например, при прохождении высоковольтного импульса). Следует проверить работоспособность выключателя нажатием кнопки «Тест».

**Б. Если выключатель не взводится рукояткой управления**, это означает, что в электроустановке имеет место дефект изоляции какого-либо электроприемника, электропроводки, монтажных проводников электрощита или выключатель неисправен.

**Необходимо произвести следующие действия:**

Отключить все электроприемники и взвести рукоятку выключателя.

**Если рукоятка взводится**, это свидетельствует о наличии электроприемника с поврежденной изоляцией. Неисправность выявляется путем последовательного подключения электроприемников до момента срабатывания выключателя. Поврежденный электроприемник необходимо отключить.

Проверить работоспособность выключателя нажатием кнопки «Тест».

**Если при отключенных электроприемниках выключатель продолжает срабатывать**, это означает, что выключатель неисправен и требует замены.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Проверка исправности АД производится нажатием на кнопку «Т» (Тест).  
Периодичность проверки – **не реже 1 раза в месяц**.

**Один раз в 6 месяцев** подтягивать контактные винтовые зажимы, давление которых со временем ослабевает из-за циклических изменений температуры окружающей среды и пластической деформации металла зажимаемых проводников.

При нормальных условиях эксплуатации необходимо проводить осмотр АД **один раз в год**. При осмотре производится:

- ✓ удаление пыли и грязи;
- ✓ проверка надежности крепления АД к DIN-рейке;
- ✓ проверка затяжки винтов крепления токопроводящих проводников;
- ✓ включение и отключение АД без нагрузки;
- ✓ проверка отключения АД кнопкой «Т»;
- ✓ проверка работоспособности АД в составе аппаратуры при проверке ее на функционирование при рабочих режимах.

**ВНИМАНИЕ!** При измерении сопротивления изоляции групповых электрических цепей, к которым подключен выключатель, необходимо отделить проводник испытываемой цепи от устройства путем отсоединения от зажимов 2, N в случае с АД12 и 2, 4, 6, N в случае с АД 14.

При отключении АД при токах утечки на землю и коротких замыканиях повторное включение производится после устранения причин, вызвавших токи утечки и короткое замыкание в последовательности, приведенной ниже.

**Перед включением АД и повторным включением** после устранения причины срабатывания, вызванной появлением дифференциального тока, необходимо сначала нажать кнопку «возврат», а потом взвести ручку автоматического выключателя.

Подается напряжение и нажимают кнопку «Тест». АД должен отключиться, что свидетельствует об исправности.

После этого можно приступать к его эксплуатации.

**Если после включения АД** сразу или через некоторое время происходит его отключение, необходимо определить причину срабатывания, как это было описано выше.

АД в условиях эксплуатации ремонту не подлежат.

## ВЫБОР ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

### НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ФАЗНОСТЬ

Аппараты, предназначенные для работы в однофазной сети (220 В), снабжены тремя клеммами подключения, дифавтоматы для трехфазных сетей (380 В) снабжены четырьмя полюсами.

**Номинальное рабочее напряжение** указывается в паспорте и маркируется на корпусе изделия (см. **Рисунок 22**).



## Номинальное рабочее напряжение

Рисунок 22. Номинальное рабочее напряжение

### ТОКОВЫЙ НОМИНАЛ И ХАРАКТЕРИСТИКА

Для выбора характеристики (обозначается буквой латинского алфавита) и номинального рабочего тока (обозначается цифрами) используют маркировку, нанесенную на дифавтомат.

Например, **C25** – означает, что это аппарат характеристики С с номинальным рабочим током 25 А.

### ТОК УТЕЧКИ

Обозначается значком « $I_{\Delta n}$ » с числом, которое соответствует величине номинального тока утечки в миллиамперах.

Выбирать дифавтомат по току утечки следует в соответствии с таблицей (см. **Таблица 9**).

**Таблица 9. Выбор дифференциального автоматического выключателя по току утечки**

Место установки дифавтомата	Номинальное значение тока утечки, мА
Вводно-распределительные устройства	От 100 до 300
Групповые сети	30
Розеточные сети	30
Розеточные сети в помещениях повышенной опасности	10

### Примечания:

1. На водоподогреватель, стиральную машинину, ванную комнату с отдельной групповой линией или баню нужно выбирать аппарат, который срабатывает при токе утечки 10 мА.
2. На групповую розеточную линию достаточно выбрать ток утечки 30 мА.
3. На вводе в частный дом для защиты от возникновения пожара рекомендуется ставить дифавтомат на 300 мА.
4. На вводе в квартиры, при установке дифференциальных автоматических выключателей последовательно в цепочку, для соблюдения селективности, дифференциальные автоматические выключатели с током утечки  $\geq 100$  мА (с 3-х кратной разницей между дифавтоматами групповых линий и дифавтоматом ввода).

### КЛАСС УЗО

Встроенные в дифференциальный автомат УЗО, подразделяются на два класса:

**A** – срабатывающие в результате воздействия утечек постоянного тока. Для подключения в сеть потребителей бытовой электроники следует выбрать УЗО данного класса.

**АС** – отключают дифавтомат при появлении в сети и на электрооборудовании утечек переменного тока.

### ЗАЩИТА ОТ ОБРЫВА НУЛЕВОГО ПРОВОДНИКА

Часть дифавтоматов укомплектована блоками, отключающими потребителей при обрыве нулевого провода.

### ВРЕМЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ

**Время отключения** (обозначается, как  $T_n$ ) не должно быть более 0,3 с.

### РАСЧЕТ СУММАРНОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА УТЕЧКИ СЕТИ

При проектировании необходимо рассчитать возможную величину тока утечки в цепи при отсутствии повреждения.

**Номинальный отключающий предельный ток  $I_{\Delta n}$**  должен быть в три раза больше суммарного тока утечки защищаемой цепи:

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot I_{\Delta},$$

где  $I_{\Delta}$  – суммарный ток утечки защищаемой цепи электроустановки, мА.

Суммарный ток утечки цепи вычисляется по формуле:

$$I_{\Delta} \geq 0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L$$

В результате получим

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot (0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L),$$

где  $I_n$  – номинальный ток электроустановки, А;

$L$  – длина фазного проводника от места установки УЗО до клемм потребителя, м.

**Пример:** необходимо выбрать УЗО для защиты водонагревателя мощностью 2300 Вт. Номинальное напряжение сети 220В. Длина линии 30м.

**Дано:**  $U_{\phi} = 220\text{В}$ ;  $P = 2300\text{Вт}$ ;  $\cos \varphi = 1$ .

**Решение:**

**Определяем расчетный ток линии:**

$$I_{1\phi} = S / U_{\phi} = P / U_{\phi} \cdot \cos \varphi = 2300 / 220 \cdot 1 = 10,45 \text{ А.}$$

Для защиты линии выбираем автоматический выключатель с номинальным током 16А.

**Номинальный ток УЗО** выбираем на ступень выше – 25А, таким образом, при перегрузке в сети до срабатывания тепловой защиты автомата УЗО не будет перегружено проходящим через него током.

**По числу полюсов** выбираем двухполюсное (однофазное) устройство.

**Определяем суммарный ток утечки**, обусловленный утечкой в электроприемнике и питающем кабеле:

$$I_{\Delta n} \geq 3 \cdot (0,4 \cdot I_n + 0,01 \cdot L) = 3 \cdot (0,4 \cdot 10,45 + 0,01 \cdot 30) = 13,44 \text{ мА.}$$

Выбираем УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током 30мА:

$$30 \text{ мА} > 13,44 \text{ мА.}$$





#### 4. Перечислите требования, при которых дифавтоматы должны автоматически отключать защищаемый участок сети при появлении в нем:

тока утечки на землю (переменного типа АС или постоянного пульсирующего типа А), превышающего значение нерегулируемой уставки срабатывания с индикацией отключенного состояния;

короткого замыкания и перегрузки по току нагрузки с индикацией отключенного состояния.

АД должны размыкаться после нажатия на кнопку «Т» в диапазоне рабочих напряжений от 1 до 3  $U_n$ .

АД должны размыкаться после нажатия на кнопку «Т» в диапазоне рабочих напряжений от 0,85 до 1,1  $U_n$ .

АД должны размыкаться после нажатия на кнопку «R».

АД должны размыкаться при снятии и повторном включении напряжения сети и коммутации тока нагрузки.

АД не должны размыкаться при снятии и повторном включении напряжения сети и коммутации тока нагрузки.

#### 5. Заполнить пропуски.

**Сопротивление изоляции** \_\_\_\_\_, не бывшего в эксплуатации АД, в нормальных климатических условиях должно быть \_\_\_\_\_ МОм.

**Электрическая прочность изоляции** АД в нормальных условиях должна выдерживать в течение \_\_\_\_\_ без \_\_\_\_\_ и поверхностного перекрытия воздействие испытательного напряжения \_\_\_\_\_ В (действующее значение) переменного тока частотой \_\_\_\_\_ Гц.

## **6. Опишите принцип работы АД:**

## **7. Укажите назначение АД-2, АД-4.**

## **8. Выберите функции дифавтоматов серии АД-2 и АД-4:**

Защита людей от поражения электрическим током при случайном прикосновении к открытым проводящим частям электроустановки;

Защита ЭО при повреждении изоляции проводников и неисправностях ЭО;

Предотвращение возгораний и пожаров, возникающих вследствие протекания токов утечки и развивающихся из них коротких замыканий, замыканий на корпус и замыканий на землю;

Автоматическое отключение участка электрической сети при перегрузках и коротких замыканиях;

Для коммутации электрических сетей;

Ручное отключение при возникновении сверхтоков;

Применение в схемах заземления IT и TT, где требуется защита и проводника нагрузки, и проводника нейтрали.

9. Опишите принцип действия в нормальных условиях.

10. Опишите принцип действия при возникновении тока утечки.

11. Опишите принцип действия при перегрузках по току.

12. Опишите принцип действия при защите от повышенного напряжения.

13. Установите соответствие между подводом напряжения к выводам выключателя от источника питания и маркой дифавтомата (в виде 1-а):

1	АД2	а	1, N
2	АД4	б	1, 3, 5, N

Ответ:

14. Поясните, как проверить работоспособность АД при ТО.

**15. Укажите периодичность проверки работоспособности АД при ТО.**

**16. Укажите, какие дополнительные устройства можно применять с АД:**

КС47

КСВ47

АК-47

БК-47

ЛС-47

**АД12, АД14**

**17. Укажите назначение и область применения АД12, АД14:**

**18. Заполнить пропуски:**

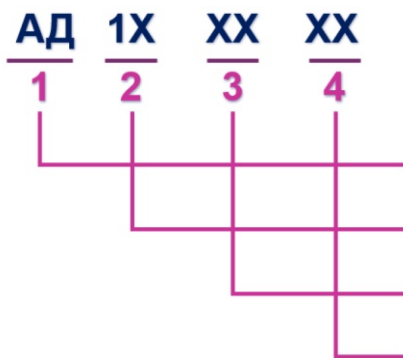
Выключатели выполняют функцию \_\_\_\_\_, его

и

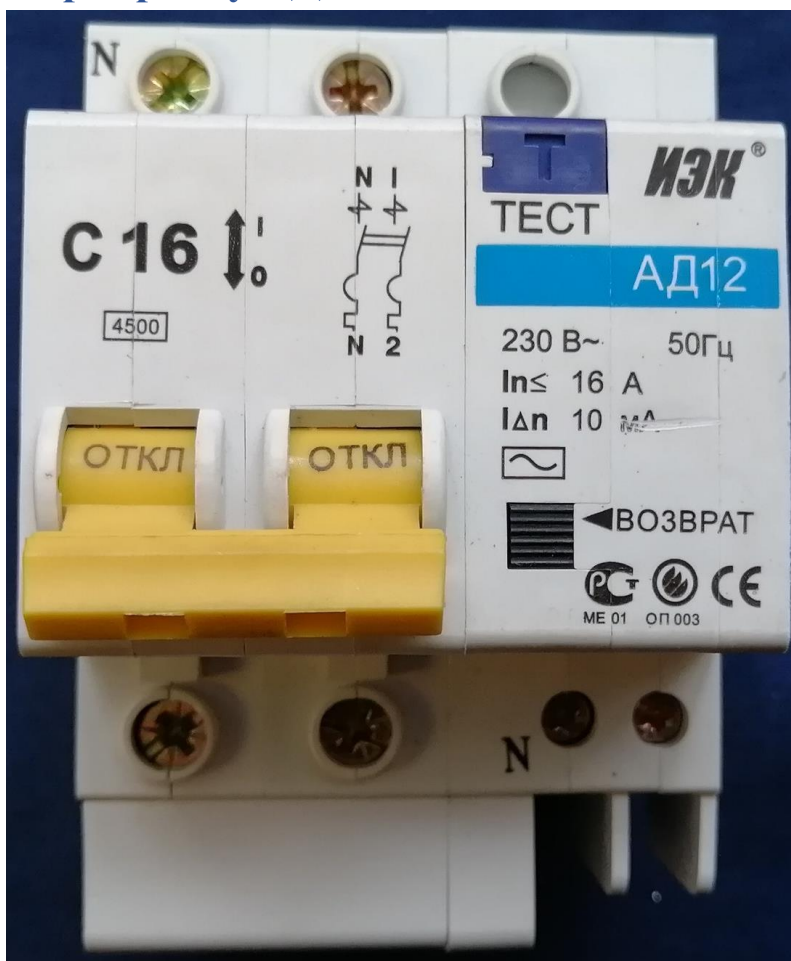
\_\_\_\_\_, когда дифференциальный ток \_\_\_\_\_,

а также функцию \_\_\_\_\_

19. Дайте расшифровку условного обозначения АД:



20. Опишите маркировку АД:



21. Закончите предложение:

Времятоковая характеристика срабатывания –

Номинальный ток –

**Номинальная отключающая способность или предельная коммутационная способность (ПКС) –**

**Номинальное напряжение –**

**Номинальная частота –**

**Номинальный ток –**

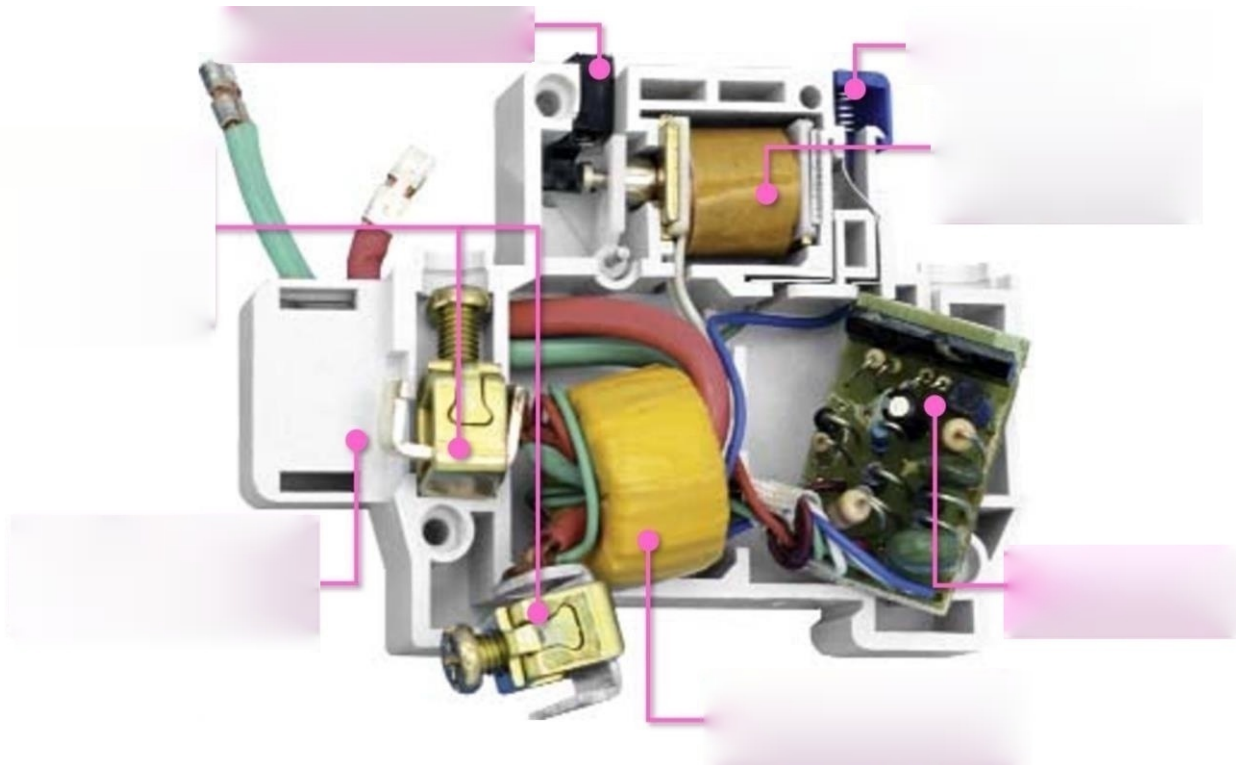
**Номинальный отключающий дифференциальный ток  $I_{\Delta n}$  (уставка) –**

**Класс AC –**

**Селективные –**

**22. Перечислите классы дифавтоматов и дайте им характеристику.**

### 23. Укажите конструктивные элементы АД:



### 24. Заполните пропуски.

В качестве **коммутационных аппаратов** в изделиях использованы

\_\_\_\_\_ обеспечивает обнаружение дифференциального тока (тока утечки), в том числе протекающего по телу человека, прикоснувшегося к токоведущей части электрооборудования, его преобразование, усиление и механическое воздействие на рейку сброса автоматического выключателя.

В модуле дифференциальной защиты расположен \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ), осуществляющий обнаружение дифференциального тока и расположенный на проводах силового присоединения,



Для проверки работоспособности дифавтомата в эксплуатации предусмотрена

**25. Опишите принцип действия:**

**при установке рукоятки управления АД в положение «ВКЛ»**

**в нормальном режиме работы**

**при перегрузке**

**при возникновении КЗ**

**при прикосновении человека** к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника

## 26. Заполните пропуски.

**Если после включения сразу** или через некоторое время происходит отключение выключателя, необходимо определить причину срабатывания: **если кнопка «Возврат»** осталась утопленной, то \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_. После устранения перегрузки (отключения оборудования) или выявления места короткого замыкания включите выключатель;

**если при срабатывании кнопка «Возврат»** выступает из лицевой панели, то \_\_\_\_\_

## 27. Укажите периодичность проведения ТО.

**28. При осмотре АД12, АД14 производится:**

удаление пыли и грязи;

проверка надежности крепления АД к DIN-рейке;

проверка затяжки винтов крепления токопроводящих проводников;

включение и отключение АД без нагрузки;

проверка отключения АД кнопкой «Т»;

проверка кнопкой «R»;

проверка отключения АД кнопкой «R»;

проверка работоспособности АД в составе аппаратуры при проверке ее на функционирование при рабочих режимах.

**29. Перечислите условия выбора дифференциальных автоматических выключателей.**