

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Владимирский государственный университет
Кафедра автомобильного транспорта

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Составители
А.А. АБЛАЕВ
В.Н. ГАМАЮНОВ

Владимир 2005

УДК 629.113.004.58(07)

ББК 30.605

О75

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент

Владимирского государственного университета

М.В. Латышев

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Владимирского государственного университета

О75 **Основы** проектирования и эксплуатации технологического оборудования: метод. указания к лаб. работам / сост.: А.А. Аблаев, В.Н. Гамаюнов. Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат комплекс ВлГУ, 2005. – 54 с.

Содержат краткие теоретические сведения и рекомендации по проведению лабораторных занятий, указан порядок выполнения работ, приведены схемы лабораторных установок, вопросы для самопроверки и библиография.

Предназначены для студентов специальностей 150200 – автомобили и автомобильное хозяйство и 230100 – сервис транспортных и технологических машин и оборудования дневной и заочной форм обучения.

Табл. 2. Рис. 26. Библиогр.: 15 назв.

УДК 629.113.004.58(07)

ББК 30.605

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ

Цель работы: Изучение принципов работы электромагнитных фрикционных муфт. Исследование работы многодисковой электромагнитной фрикционной муфты управления.

Общие указания

Электромагнитные муфты управления используются для соединения и разъединения ведущего и ведомого валов, регулирования частоты вращения и момента, а также для защиты приводов от перегрузок в случае поломки оборудования.

На предприятиях автомобильного транспорта электромагнитные муфты управления находят широкое применение в технологическом оборудовании. В диагностических стендах с беговыми барабанами электромагнитные муфты используются для подключения инерционных масс, в электрических гайковертах для регулирования момента затяжки резьбовых соединений, в электрических подъемниках, тельферах, кранах и конвейерах – для уменьшения времени выбега, в обкаточных стендах – для подключения ДВС к нагрузке и т.д.

На автомобилях электромагнитные муфты используют в качестве механизма сцепления, а также для подключения вспомогательного оборудования к силовой установке.

Простейшая конструкция электромагнитной фрикционной муфты представлена на рис. 1. Постоянное напряжение U подводится к щеткам, скользящим по контактному кольцу 1, соединенным с выводами обмотки. 2. Обмотка имеет цилиндрическую форму и окружена магнитопроводом ведущей части 3 муфты. Направляющая втулка 7 имеет выступ 6, который

входит в паз 8 ведомой полумуфты 5, которая может перемещаться вдоль оси, оставаясь соединенной с валом 10.

В обесточенном состоянии пружина 9 упирается в направляющую втулку 7, жестко закрепленную на валу 10, и отодвигает подвижную часть полумуфты 5 вправо. При этом поверхности трения (диски 4) не соприкасаются, и ведомый вал 10 разобщен с ведущим валом 11.

При подаче на обмотку управляющего напряжения возникает магнитный поток Φ . На полумуфты 3 и 5, выполненные из магнитомягкого материала, начинает действовать электромагнитная сила, притягивающая их друг к другу. Таким образом, полумуфты и обмотка представляют собой электромагнит.

Между дисками 4, жестко соединенными с полумуфтами 3 и 5, возникает сила нажатия, обеспечивающая необходимую силу трения и их надежное сцепление.

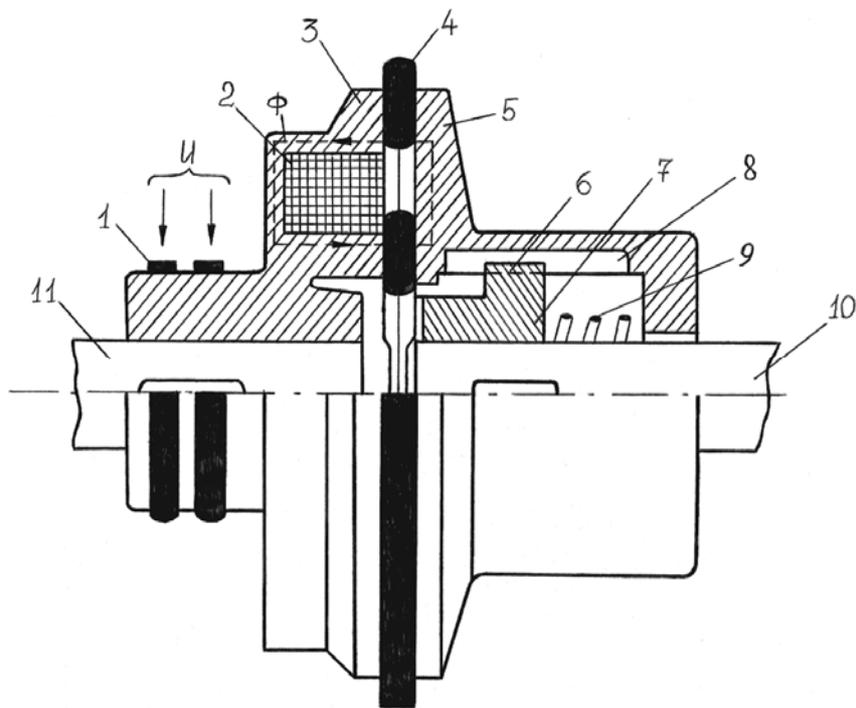


Рис. 1. Электромагнитная фрикционная муфта: 1 – контактные кольца; 2 – обмотка; 3 – магнитопровод ведущей части муфты; 4 – диски сцепления; 5 – подвижный магнитопровод ведомой части муфты; 6 – выступ направляющей части втулки; 7 – направляющая втулка; 8 – паз ведомой полумуфты; 9 – пружина; 10 – ведомый вал; 11 – ведущий вал

Элементарный момент трения

$$dM_{\text{тр}} = K_{\text{тр}} P_{\text{уд}} \pi R^2 dR,$$

где $P_{\text{уд}}$ – давление на поверхности трения, Па; $K_{\text{тр}}$ – коэффициент трения; R – текущий радиус поверхности трения, м. Результирующий момент, развиваемый муфтой,

$$M_{\text{тр}} = \int_{R_{\text{вт}}}^{R_{\text{вш}}} dM_{\text{тр}} = 2\pi K_{\text{тр}} P_{\text{уд}} \frac{R_{\text{вш}}^3 - R_{\text{вт}}^3}{3} = \frac{2}{3} \pi K_{\text{тр}} P_{\text{уд}} R_{\text{вт}} (1 - \beta)^3,$$

где $\beta = R_{\text{вт}} / R_{\text{вш}}$; $R_{\text{вш}}$, $R_{\text{вт}}$ – внешний и внутренний радиусы трущихся поверхностей дисков 4, обычно $\beta = 0,3 - 0,8$.

В процессе пуска момент, который должен быть передан муфтой, возрастает, так как кроме статического момента нагрузки $M_{\text{н}}$ необходимо передать динамический момент $M_{\text{дин}}$. При этом проскальзывание поверхностей трения должно быть небольшим, иначе они могут выйти из строя из-за нагрева до высокой температуры. В режиме пуска

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{н}} + M_{\text{дин}} = M_{\text{н}} + I \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{н}} K_3,$$

где I – момент инерции подвижных частей, кг·м²; ω – угловая частота вращения, 1/с; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий возрастание момента муфты при пуске. Значение K_3 для различных видов нагрузок:

- металлорежущие станки..... 1,25 – 2,5
- краны, подъемники..... 3 – 5
- центробежные насосы 2 – 3
- воздуходувки..... 1,25 – 2.

При большом передаваемом моменте для уменьшения габаритных размеров муфты применяется многодисковая система (рис. 2). Диски 4 связаны с ведущей частью полумуфты 3 и могут свободно перемещаться вдоль направляющих 5. Диски 6, связанные с электромагнитом ведомой части, также могут перемещаться по направляющим 2. В данной конструкции магнитный поток, создаваемый обмоткой 7 не проходит через диски, а замыкается через ведомую полумуфту-магнитопровод 8 и якорь 1, что позволяет уменьшить зазор электромагнита.

Момент, развиваемый такой муфтой, $M_{\text{тр}} = M_{\text{д}}(n - 1)$,

где $M_{\text{д}}$ – момент трения одной пары дисков; n – общее число дисков.

Видоизменением электромагнитной муфты является электромагнит-

ный тормоз. В обесточенном состоянии пружина создает необходимое давление на диски трения, и вал надежно заторможен. Для освобождения вала необходимо подать напряжение на электромагнит, преодолевающий силу пружины. При остановке вращающегося вала вся кинетическая энергия превращается в тепло.

$$I \frac{\omega_0^2}{2} = M_{\text{тр}} \alpha_{\text{тр}} = C m n (\theta_{\text{доп}} - \theta_0),$$

где I – момент инерции подвижных частей; ω_0 – начальная угловая скорость; $M_{\text{тр}}$ – момент трения; $\alpha_{\text{тр}}$ – угол поворота вала, при котором происходит торможение; C – удельная теплоемкость материала дисков; m – масса диска; n – число дисков; $\theta_{\text{доп}}$ – допустимая температура материала диска; θ_0 – температура окружающей среды.

Таким образом, можно рассчитать параметры электромагнитного тормоза с точки зрения нагрева.

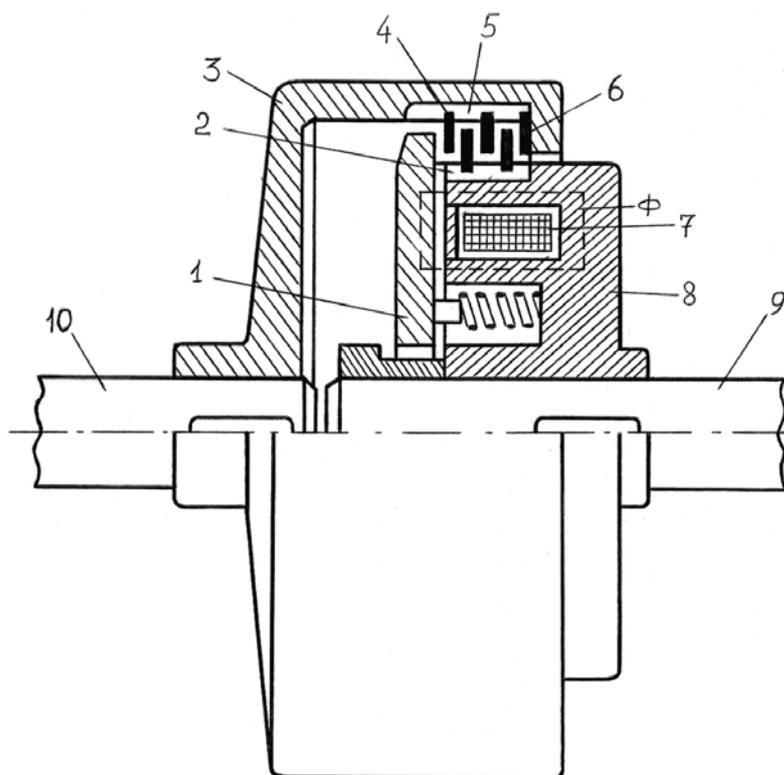


Рис. 2. Многодисковая электромагнитная фрикционная муфта: 1 – якорь; 2 – направляющие ведомой муфты; 3 – ведущая полумуфта; 4 – ведущие диски; 5 – направляющие ведущей полумуфты; 6 – ведомые диски; 7 – обмотка; 8 – ведомая полумуфта-магнитопровод; 9 – ведомый вал; 10 – ведущий вал

При включении фрикционной электромагнитной муфты различают три этапа. Первый этап – с момента подачи напряжения до момента соприкосновения дисков. Длительность этого этапа определяется только параметрами самой муфты.

Второй этап – с момента соприкосновения дисков до окончания их проскальзывания относительно друг друга. Для определения длительности второго этапа рассмотрим уравнения движения ведущих и ведомых частей

$$I_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_{\text{д}} - M_{\text{тр}}; \quad I_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{\text{тр}} - M_{\text{н}},$$

где I_1 и I_2 – моменты инерции ведущей и ведомой частей; ω_1 – угловая скорость ведущей части передачи; ω_2 – угловая скорость ведомой части передачи; $M_{\text{д}}$ – момент, развиваемый электродвигателем; $M_{\text{тр}}$ – момент трения в муфте; $M_{\text{н}}$ – момент нагрузки на ведомой части муфты.

Введем скорость скольжения $\omega_{\text{с}}$ ведущей части относительно ведомой

$$\omega_{\text{с}} = \omega_1 - \omega_2.$$

Тогда уравнение движения системы примет вид

$$\frac{d\omega_{\text{с}}}{dt} = \frac{1}{I_1} M_{\text{д}} - \left(\frac{1}{I_1} - \frac{1}{I_2} \right) M_{\text{тр}} + \frac{1}{I_2} M_{\text{н}}.$$

На третьем этапе (разгон) ведущая и ведомая части муфты жестко связаны. Время разгона определяется уравнением

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{д}} - M_{\text{н}},$$

где I – момент инерции всех движущихся частей; $M_{\text{д}}$ – момент двигателя; $M_{\text{н}}$ – момент сопротивления.

Временем включения муфты называется промежуток времени от момента подачи напряжения на электромагнит до достижения вращающим моментом 0,9 установившегося значения.

Время включения возрастает с увеличением габаритов муфты, постоянной времени электромагнита, хода якоря, числа дисков и обычно находится в пределах от 0,07 до 0,3 с.

Время отключения представляет собой промежуток времени от обесточивания электромагнита до спада вращающего момента до 0,05 номинального значения. Это время увеличивается с ростом габаритных размеров муфты, магнитного потока и колеблется от 0,1 до 0,4 с.

При отключении муфты на контактах коммутирующего аппарата возникает дуга, которая замедляет процесс отключения и вызывает сильную эрозию контактов. При быстром обрыве дуги возможно возникновение перенапряжения и пробой обмотки. Для облегчения процесса отключения обмотка шунтируется разрядным резистором.

Описание лабораторной установки

Общий вид лабораторной установки представлен на рис. 3. Установка состоит из легкого основания 1, на котором укреплен асинхронный электродвигатель 2. Крутящий момент от электродвигателя на электрический генератор 7 передается через упругую муфту 3, электромагнитную фрикционную муфту 4 и электромагнитный фрикционный тормоз 6. Генератор 7 укреплен на опорах 5 балансирно. Реактивный момент генератора уравновешивается с помощью цилиндрических пружин 8.

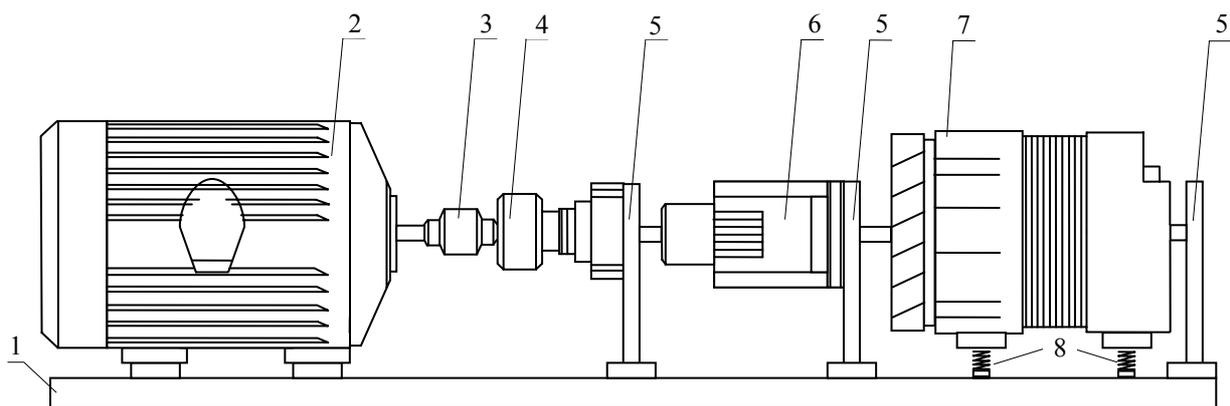


Рис. 3. Общий вид лабораторной установки: 1 – основание; 2 – асинхронный двигатель; 3 – упругая муфта; 4 – электромагнитная муфта; 5 – опора; 6 – электромагнитный тормоз; 7 – генератор переменного тока; 8 – цилиндрическая пружина

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки показана на рис. 4. Генератор переменного тока G через диодный выпрямительный мост $VD1-VD6$ отдает мощность в нагрузку, состоящую из ламп накаливания $EL1-EL20$, которые поочередно подключаются выключателями $SA1-SA10$. Мощность в нагрузке $P = IU$ определяется с помощью амперметра PA и вольтметра PV . Возбуждение генератора осуществляется кнопкой SB через резистор R от внешнего источника питания. Стабилизация напряжения генератора в цепи нагрузки выполняется полупроводниковым регулятором напряжения.

Генератор G к приводному электродвигателю подключается фрикционной электромагнитной муфтой VC, а тормозится фрикционным электромагнитным тормозом VB с помощью переключателя SA12. Питание к фрикционной электромагнитной муфте VC и фрикционному электромагнитному тормозу VB подается от внешнего источника тока напряжением 24 В выключателем SA11.

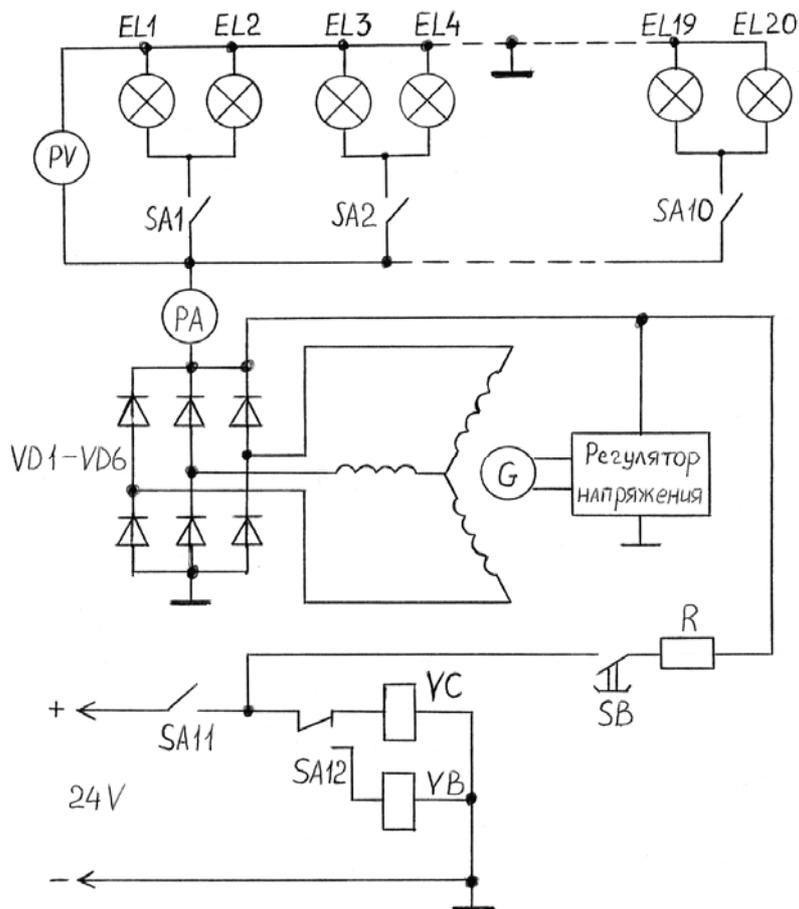


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема лабораторной установки

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.
2. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы.
3. Включить электромагнитный фрикционный тормоз VB, для чего необходимо установить выключатель SA11 в положение "Сеть", а переключатель SA12 в положение "Тормоз" (см. рис. 4).

4. Включить в сеть приводной электродвигатель.
5. Перевести переключатель SA12 из положения "Тормоз" в положение "Муфта".
6. Возбудить генератор G, для чего нажать и отпустить кнопку SB.
7. Поочередно подключая нагрузку EL (лампочки накаливания), выключателями SA1-SA10 снять показания амперметра PA, вольтметра PU, измерителя крутящего момента с тахометра.
8. Данные замеров занести в таблицу.
9. Вычислить мощность, отдаваемую генератором в нагрузку, Вт:
 $P = IU$, где I – ток в нагрузке, А; U – напряжение на нагрузке, В.
 Вычислить мощность, потребляемую генератором от электродвигателя, Вт:

$$N = \frac{M_{кр} n}{0,974},$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на корпусе генератора, кг·м; n – частота вращения вала генератора, мин⁻¹.

10. Вычислить КПД генератора для различных нагрузок $\eta = P/N$.
11. Построить графики зависимостей:

$$M_{кр} = f(P); \eta = f(P).$$

Форма отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Схема электромагнитной фрикционной муфты (см. рис. 2).
4. Электрическая схема лабораторной установки (см. рис. 4).
5. Таблица экспериментальных данных.
6. Графики зависимостей: $M_{кр} = f(P); \eta = f(P)$.
7. Выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких целей используются электромагнитные муфты сцепления?
2. Объясните принцип действия электромагнитной фрикционной муфты сцепления.
3. Как работает электромагнитный фрикционный тормоз?

4. Как определить вращающий момент, который может передать фрикционная электромагнитная муфта сцепления?
5. Какие этапы работы электромагнитной фрикционной муфты сцепления Вам известны?
6. Для каких целей используется электромагнитный фрикционный тормоз?
7. Как защитить обмотку электромагнита муфты от электрического пробоя?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Цель работы: Изучение схем выпрямителей, используемых для заряда аккумуляторных батарей. Исследование внешних характеристик выпрямителей.

Общие указания

Различные типы выпрямителей в условиях автотранспортных предприятий используются в качестве зарядных устройств аккумуляторов, источников питания технологического оборудования, электронных блоков диагностической аппаратуры, гайковёртов с регулируемым моментом затяжки резьбовых соединений, сварочных аппаратов и т.д.

По числу фаз первичной обмотки трансформатора различают выпрямители однофазного и трехфазного тока.

Основные схемы выпрямителей однофазного тока: однополупериодная, двухполупериодная с нулевым выводом, мостовая.

Схемы выпрямителей трехфазного тока: с нулевым выводом трансформатора, трехфазная мостовая схема (Ларионова) и др.

Однополупериодная схема

Простейшей выпрямительной схемой является однополупериодная схема, которая изображена на рис. 5, а. Она содержит трансформатор T , в цепь вторичной обмотки которого включены последовательно диод VD и сопротивление нагрузки R_d . Рассмотрим работу схемы.

При идеальном трансформаторе и синусоидальном напряжении U_1 питающей сети напряжение на концах вторичной обмотки U_2 также синусоидальное. Кривые напряжения U_1 и U_2 изображены на рис. 5, б. Если диод обладает нулевым сопротивлением в проводящем направлении, то при положительной полуволне напряжения в нагрузке будет протекать ток, мгновенное значение которого определяется формулой

$$I_d = U_2 / R_d.$$

При обратной полярности напряжения вторичной обмотки трансформатора диод будет обладать бесконечно большим сопротивлением и ток в нагрузке будет равен нулю. Ток в нагрузке протекает только в одном направлении. Форма кривой тока I_d и напряжения U_d на нагрузке показана на рис. 5, в.

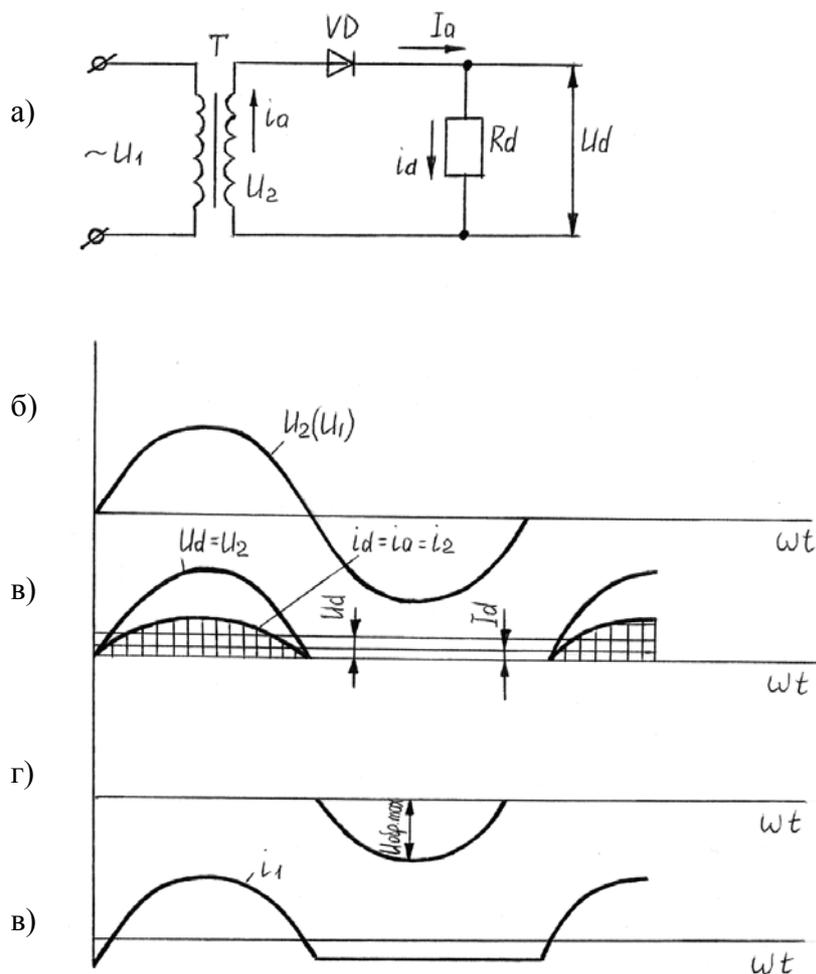


Рис. 5. Однополупериодное выпрямление:
 а – электрическая схема; б, в, г, д – диаграммы токов и напряжений

Когда диод проводит ток, к нагрузке прикладывается напряжение, представляющее собой положительные полуволны синусоиды вторичной обмотки трансформатора, значение которого определяется выражением

$$U_d = I_d R_d = U_2.$$

Среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке определяется из выражения

$$U_d = \sqrt{2}U_2 / \pi = 0,45U_2,$$

где U_2 – эффективное напряжение вторичной обмотки трансформатора.

Отсюда

$$U_2 = \pi U_d / \sqrt{2} = 2,22U_d,$$

т.е. эффективное напряжение вторичной обмотки трансформатора в 2,22 раза превышает выпрямительное напряжение на нагрузке.

Когда диод VD не проводит тока, напряжение на нагрузке равно нулю, и все напряжение вторичной обмотки трансформатора приложено к диоду (рис. 5, г). Максимальное значение обратного напряжения на диоде равно максимальному значению напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{\text{обр.макс}} = \sqrt{2}U_2 \text{ или } U_{\text{обр.макс}} = \pi U_d.$$

Таким образом, максимальное обратное напряжение на диоде в π раз превышает выпрямленное напряжение на нагрузке.

В однополупериодной схеме трансформатор, нагрузка и диод включены последовательно, в связи с чем мгновенные значения тока в этих элементах совпадают: $I_a = I_2 = I_d = U_2 / R_d$.

Приведенная на рис. 1, в форма кривой тока $I_a = I_2 = I_d$ показывает, что ток схемы пульсирует. Среднее значение (постоянная составляющая) этого тока может быть подсчитано по формуле $I_d = U_d / R_d$.

Для расчета трансформатора необходимо знать эффективные токи I_1 и I_2 первичной и вторичной обмоток.

Эффективное значение тока вторичной обмотки трансформатора определяется по формуле $I_2 = \pi I_d / 2 = 1,57I_d$,

т.е. эффективный ток вторичной обмотки более чем в 1,5 раза превышает выпрямленный ток.

Форма кривой тока первичной обмотки трансформатора показана на рис. 5, д. Так как постоянная составляющая тока вторичной обмотки не трансформируется в цепь первичной обмотки, то ток первичной обмотки повторяет по форме переменную составляющую тока вторичной обмотки.

Эффективное значение тока первичной обмотки трансформатора

$$I_1 = \frac{1}{n_{\text{тр}}} \sqrt{I_2^2 - I_d^2} = \frac{1,21 I_d}{n_{\text{тр}}},$$

где $n_{\text{тр}}$ – коэффициент трансформации трансформатора.

После нахождения токов и напряжения трансформатора могут быть определены мощности обмоток трансформатора.

Мощность вторичной обмотки

$$P_2 = U_2 I_2 = 2,22 U_2 1,57 I_d \approx 3,5 P_d,$$

где P_d – мощность нагрузки.

Мощность первичной обмотки

$$P_1 = I_d U_d. \quad P_1 = U_1 I_1 = n_{\text{тр}} 2,22 U_d \frac{1,27 I_d}{n_{\text{тр}}} = 2,7 P_d.$$

Увеличение расчетной мощности вторичной обмотки в 3,5 раза по сравнению с мощностью нагрузки объясняется тем, что по этой обмотке кроме активного тока основной частоты протекает постоянная составляющая тока.

В связи с неравенством мощностей обмоток габаритные размеры трансформатора (сечение сердечника, размеры окна) определяются по так называемой типовой мощности.

Для однополупериодной схемы выпрямления типовая мощность трансформатора $P_T = (3,35 - 3,5) P_d$, т.е. типовая мощность трансформатора, определяющая его габариты, в 3,35 – 3,5 раза превышает мощность нагрузки, что свидетельствует о плохом использовании трансформатора в схеме.

Двухполупериодная схема с нулевым выводом

Двухполупериодная схема (рис. 6, а) содержит трансформатор Т, вторичная обмотка которого имеет дополнительный вывод от средней точки, два диода VD1 и VD2 и нагрузку R_d . Эта схема представляет собой сочетание двух однополупериодных схем, работающих на общую нагрузку.

На рис. 6, б показана форма кривых напряжений на верхней и нижней полуобмотках трансформатора, равных по величине и противоположных по фазе.

В первый полупериод синусоидального напряжения, когда полярность напряжения трансформатора совпадает с указанной на рис. 6, а, диод VD1 пропускает ток в нагрузку в направлении, указанном сплошными стрелками, к диоду VD2 приложено обратное напряжение, и ток через него не проходит.

Во второй полупериод полярность напряжения на обмотках трансформатора меняется. Поэтому ток будет проходить через диод VD2 и нагрузку. Диод VD1 в это время находится под обратным напряжением и тока не пропускает. Ток в нагрузке протекает в одном и том же направлении в течение обоих полупериодов. Форма кривой тока и напряжения на нагрузке приведены на рис. 6, в.

Среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке определяется из выражения

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,9U_2,$$

где U_2 – эффективное напряжение одной из вторичных обмоток трансформатора.

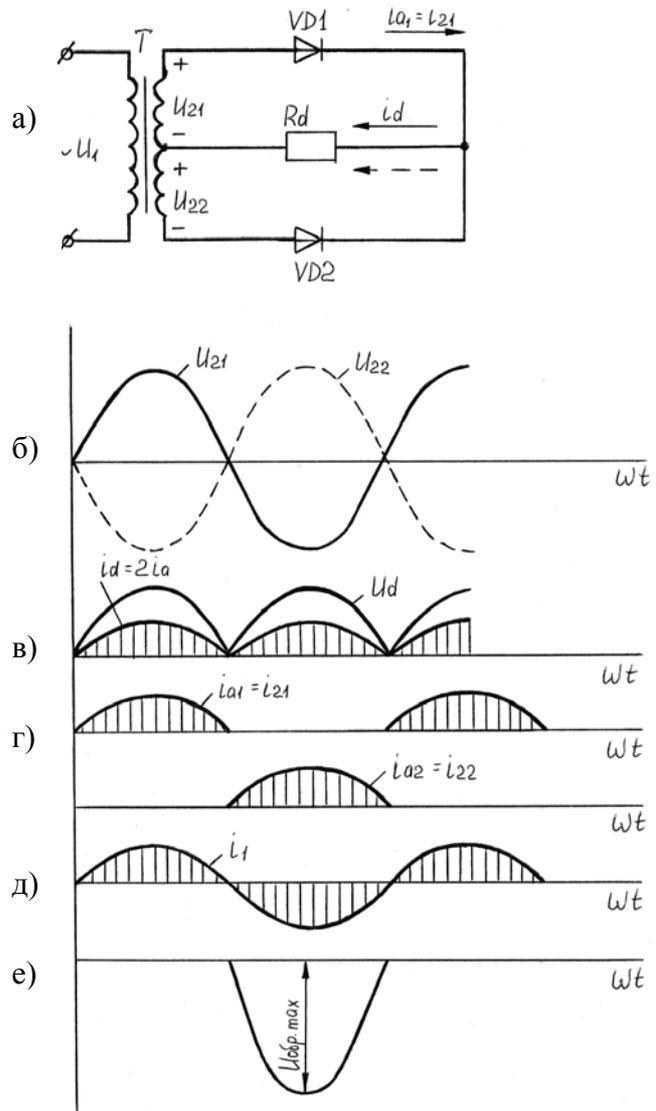


Рис. 6. Двухполупериодное выпрямление нулевым выводом: а – электрическая схема; б, в, г, д, в, е – диаграммы токов и напряжений

Отсюда $U_2 = 1,11U_d$, т.е. напряжение вторичной полуобмотки должно быть в 1,11 раза больше постоянной составляющей выпрямленного напряжения.

Ток в нагрузке (постоянная составляющая) равен сумме средних токов диодов

$$I_d = 2I_a = U_d / R_a.$$

Токи во вторичных полуобмотках трансформатора и диодах VD1 и VD2 протекают поочередно (рис. 6, г), вследствие чего использование обмоток трансформатора оказывается неудовлетворительным.

В первичной обмотке трансформатора протекает чисто переменный синусоидальный ток (рис. 6, д).

Кривая напряжения на диоде приведена на рис. 6, е.

Максимальное обратное напряжение, приложенное к каждому из диодов, равно

$$U_{\text{обр. max}} = 2\sqrt{2}U_2 = \pi U_d.$$

Эффективное значение тока во вторичной обмотке трансформатора определяется по формуле $I_2 = \pi I_d / 4$.

Типовая (расчетная) мощность трансформатора $P_{\text{тр}} = 1,48P_d$.

Снижение типовой мощности и лучшее использование трансформатора в двухполупериодной схеме объясняется чисто переменным током первичной обмотки и отсутствием намагничивания сердечника трансформатора постоянной составляющей тока вторичных обмоток.

Однофазная мостовая схема

Однофазная мостовая схема (рис. 7, а) содержит трансформатор и четыре диода VD1 – VD4, собранные по схеме моста. Питающее напряжение вторичной обмотки трансформатора включено в одну из диагоналей моста. В другую диагональ моста включено сопротивление.

Форма кривой напряжений U_2 вторичной обмотки трансформатора изображена на рис. 7, б.

При положительной полуволне синусоиды напряжение U_2 и ток $i_2 = i_d$ протекают через диод VD1, сопротивление нагрузки R_d и диод VD3 в направлении, показанном сплошными стрелками. Диоды VD2, VD4 в этот момент ток не пропускают и находятся под обратным напряжением. Во

второй полупериод, когда потенциал верхнего конца обмотки становится отрицательным, а потенциал нижнего конца – положительным, ток протекает через диод VD2, сопротивление нагрузки R_d и диод VD4 в направлении, указанном пунктирными стрелками. Диоды VD1 и VD3 в этот полупериод тока не пропускают. Форма кривых тока и напряжения на нагрузке показана на рис. 3, в.

Ток вторичной обмотки трансформатора i_2 (рис. 7, г) протекает в течение всего периода, что обеспечивает хорошее использование трансформатора в схеме.

Кривая напряжения на диоде приведена на рис. 7, д. Когда диод проводит ток, напряжение на нем равно нулю, а когда не проводит, то к нему приложено напряжение вторичной обмотки трансформатора.

В мостовой схеме выпрямления справедливы для токов и напряжений следующие соотношения:

$$U_d = 0,9U_2; U_2 = 1,11U_d;$$

$$I_d = 2I_D = I_2.$$

Обратное напряжение на диоде

$$U_{обр. max} = \pi U_d / 2,$$

т.е. обратное напряжение в мостовой схеме в два раза меньше, чем в двухполупериодной схеме.

Ток вторичной обмотки трансформатора в мостовой схеме чисто синусоидален, и эффективное значение его по отношению к постоянной составляющей тока нагрузки определяется выражением

$$I_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_d = 1,11 I_d.$$

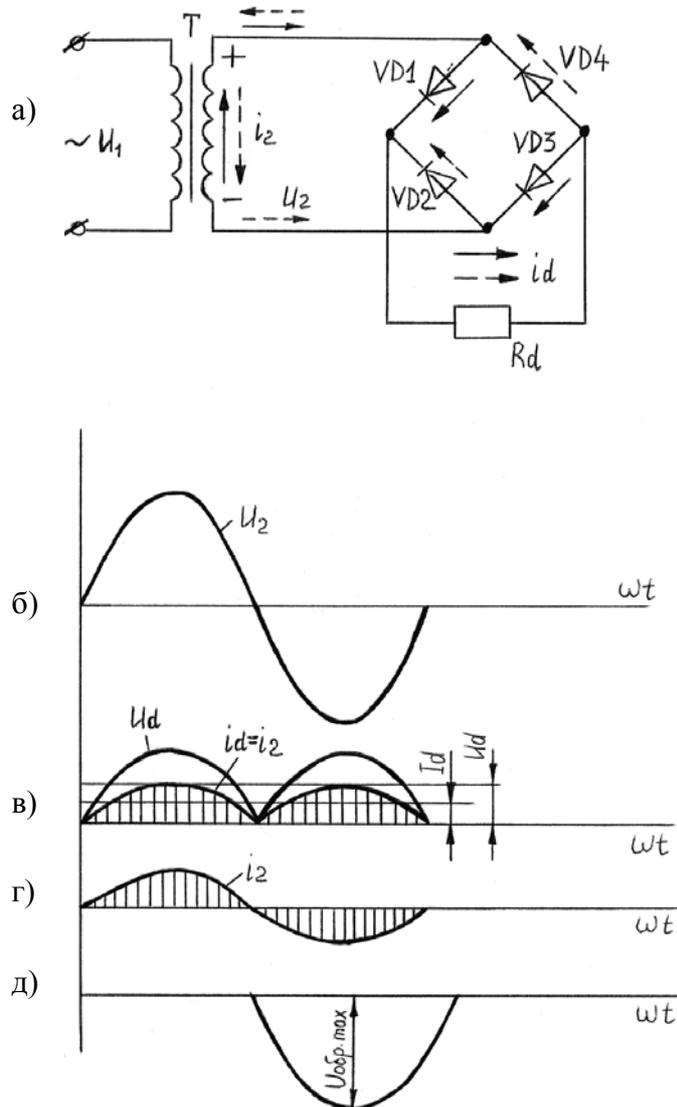


Рис. 7. Однофазная мостовая схема выпрямления: а – электрическая схема; б, в, г, д – диаграммы токов и напряжений

Ток первичной обмотки трансформатора повторяет по форме ток вторичной обмотки

$$I_1 = I_2 / n_{\text{тр}} = 1,11 I_d / n_{\text{тр}}.$$

Типовая (расчетная) мощность трансформатора в мостовой схеме меньше, чем в ранее рассмотренных схемах:

$$P_T = (P_1 + P_2) / 2 = 1,23 P_d,$$

где $P_1 = P_2 = 1,11 U_d 1,11 I_d = 1,23 P_d$.

Трехфазная схема выпрямления с нулевым выводом

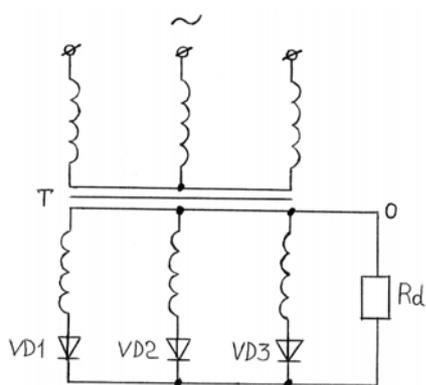


Рис. 8. Трехфазная схема выпрямления с нулевым выводом

Трехфазная схема выпрямления с нулевым выводом (рис. 8) содержит трехфазный трансформатор Т, три диода VD1 – VD3 и сопротивление нагрузки R_d . Первичная обмотка трансформатора может быть соединена в звезду или треугольник, а вторичная – только в звезду. Нулевая точка звезды соединяется с одним из зажимов нагрузки.

Общая точка катодов – с другим зажимом.

Трехфазная мостовая схема (схема Ларионова)

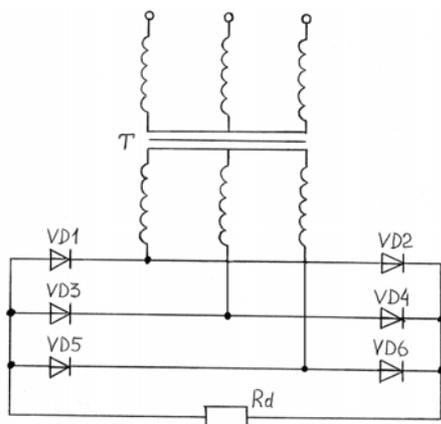


Рис. 9. Трехфазная мостовая схема (схема Ларионова)

Трехфазная мостовая схема (рис. 9) содержит трехфазный трансформатор Т, шесть диодов VD1 – VD6 и нагрузку R_d .

Первичная и вторичная обмотки трансформатора могут быть соединены либо в звезду, либо в треугольник.

К преимуществам трехфазной мостовой схемы следует отнести меньшую типовую мощность трансформатора по сравнению с другими выпрямительными схемами

и хорошее использование диодов по напряжению

$$U_{\text{обр.max}} = U_{d \text{ max}}.$$

Для сравнения в табл. 1 приведены основные параметры выпрямительных схем при работе на активную нагрузку для идеальных диодов и трансформатора.

Особенности работы выпрямителей с аккумуляторами в качестве нагрузки

Упрощенно схему замещения аккумулятора можно представить в виде последовательно соединенных ЭДС аккумулятора E_{GB} и его сопротивления R_{GB} (рис. 10, а).

В отдельные интервалы работы выпрямителя мгновенное значение напряжения на аккумуляторе по абсолютному значению выше мгновенного значения напряжения выпрямителя (рис. 10, б). Это происходит вследствие наличия у аккумулятора ЭДС E_{GB} , являющейся встречной относительно выпрямленного напряжения U_d .

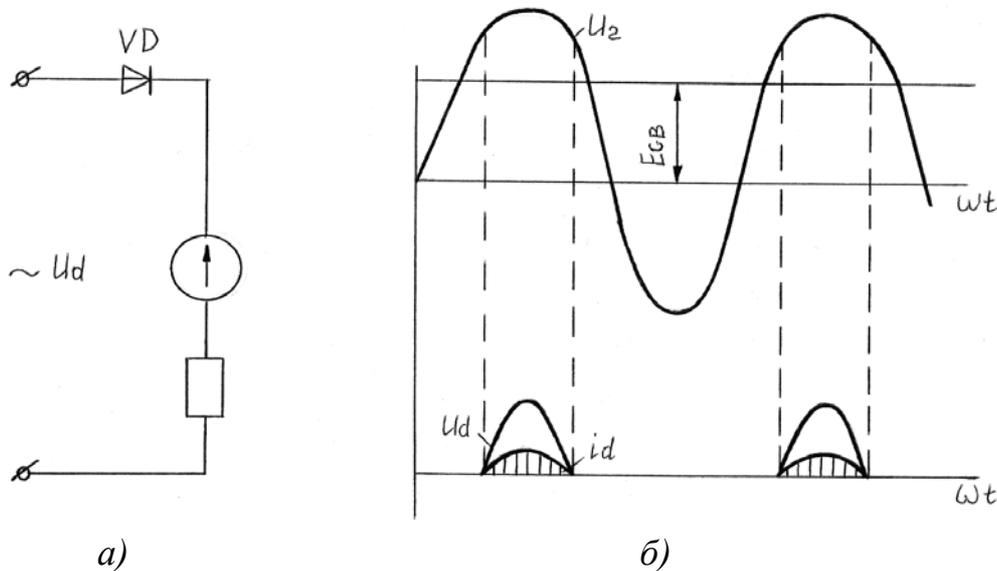


Рис. 10. Схема замещения аккумулятора: а – при однополупериодном выпрямлении; б – формы токов и напряжений при зарядке аккумуляторов

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из осциллографа и панели, на которой расположены следующие электрические элементы: трансформатор,

полупроводниковые диоды, нагрузочный реостат, вольтметр, амперметр, аккумулятор. Выводы электрических элементов выведены на клеммные зажимы.

Таблица 1

Схемы выпрямления	Параметры трансформатора				Параметры диодов		
	U_2/U_1	I_2/I_d	I_1/I_d	P_T/P_d	$U_{обр.макс}/U_d$	I_d/I_d	I_{amax}/I_d
Однополупериодная	2,22	1,57	$\frac{1,21}{n_{тр}}$	3,5	π	1	π
Двухполупериодная с нулевым выводом трансформатора	1,1	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{1,11}{n_{тр}}$	1,48	π	$\frac{1}{2}$	$\frac{\pi}{2}$
Однофазная мостовая	1,1	1,11	$\frac{1,11}{n_{тр}}$	1,23	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\pi}{2}$
Трёхфазная с нулевым выводом трансформатора	0,855	$\sim \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{2}}{3n_{тр}}$	1,35	2,09	$\frac{1}{3}$	1,21
Трёхфазная мостовая (схема Ларионова)	0,437	$\sim 0,817$	$\frac{0,817}{n_{тр}}$	1,05	1,05	$\frac{1}{3}$	$\frac{\pi}{3}$

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.
2. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы.
3. Собрать однополупериодную, двухполупериодную с нулевым выводом и мостовую схемы выпрямления.
4. Снять и построить внешние характеристики $U_d = f(I_d)$ выпрямителей.
5. Зарисовать для различных схем выпрямителей осциллограммы: тока I_1 и напряжения U_1 в первичной обмотке трансформатора; тока I_2 и напряжения U_2 во вторичной обмотке трансформатора; тока I_d и напряжения U_d на активной нагрузке R_d и на аккумуляторе R_{GB} .

Форма отчета

1. Цель лабораторной работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Электрические схемы выпрямителей.
4. Таблицы экспериментальных данных.
5. Графики внешних характеристик выпрямителей.
6. Осциллограммы токов и напряжения.
7. Выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие схемы выпрямителей Вам известны?
2. Каков принцип действия однофазной однополупериодной схемы выпрямления?
3. Каковы особенности работы однофазной двухполупериодной схемы выпрямления?
4. Как работает однофазная мостовая схема выпрямления?
5. Какие схемы используются для выпрямления трехфазного тока?
6. Дайте сравнительную оценку различных схем выпрямления.
7. Каковы особенности работы выпрямителей при зарядке аккумуляторных батарей?
8. Нарисуйте электрическую схему замещения аккумулятора.
9. Какое значение имеет максимальное обратное напряжение на диодах для различных схем выпрямления?
10. Каков коэффициент использования мощности трансформатора для различных схем выпрямителей?

Лабораторная работа № 3

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Цель работы: изучение принципа работы автоматической системы пожарной сигнализации. Знакомство с принципами работы пожарных тепловых и дымовых извещателей.

Общие положения

Широкое применение нефтяного и газового моторного топлива, легковоспламеняющихся жидкостей и газов на автомобильном транспорте при определенных условиях может быть причиной пожара, что сопряжено с большими материальными потерями и гибелью людей. Раннее автоматическое обнаружение небольшого очага пожара пожарным извещателем позволяет своевременно принять необходимые меры и ликвидировать очаг пожара на начальной стадии его развития.

Отечественная промышленность выпускает автоматические устройства обнаружения загораний – пожарные извещатели различных типов действия, фотоэлектрические и ионизационные – для обнаружения дыма, терморезисторные, термомагнитные, термоэлектрические, теплоплавкие, реагирующие на избыточную температуру. Фотоэлектрические и ультразвуковые – для обнаружения открытого пламени и турбулентных тепловых потоков, возникающих над очагом пожара. Сигналы от пожарных извещателей принимаются объектовыми приборами, концентраторами, приёмно-контрольными пультами, которые могут быть установлены на значительном расстоянии от охраняемых объектов.

Совокупность пожарных извещателей объектовых приборов, концентраторов и приемных пультов, соединенных между собой соответствующим образом, составляет автоматическую систему пожарной сигнализации.

Тепловые извещатели, реагирующие на избыточную температуру среды, в зависимости от физического явления, положенного в основу работы извещателя, подразделяются на несколько типов. Широко используются явления изменения электропроводности твердых тел, контактной разности потенциалов, ферромагнитных свойств материалов, изменения линейных размеров твердых тел и др. Тепловые извещатели максимального действия срабатывают при определенной максимальной температуре. Извещатели, реагирующие на скорость повышения температуры, называются дифференциальными.

Нередко в качестве чувствительного термоэлемента в пожарных извещателях используют ферромагнитный материал. Физико-технической основой таких извещателей является потеря магнитных свойств магнитной вставки при достижении контролируемого порога температуры, близкой к точке Кюри.

Исчезновение магнитных свойств ферритов при температуре в точке Кюри объясняется тем, что энергия теплового движения становится больше, чем энергия ориентирующего внутреннего молекулярного поля. При снижении температуры магнитного материала ниже точки Кюри магнитные свойства его восстанавливаются.

В ферритах различных составов температура точки Кюри имеет различное значение. Так, никель-цинковые ферриты имеют температурную точку Кюри в пределах 70...90 °С.

Извещатель пожарный тепловой магнитный ИП105-2/1 (рис. 11, а) предназначен для эксплуатации в закрытых помещениях и установки на стационарных объектах с целью обнаружения пожара и формирования сигнала тревоги на приемно-контрольные пульта и приборы пожарной сигнализации.

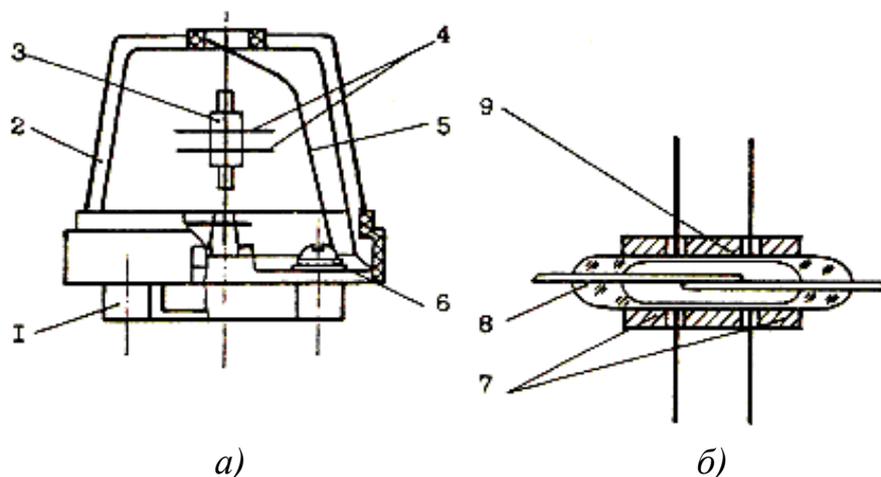


Рис 11. Тепловой магнитный извещатель ИП 105-2/1: а: 1 – основание извещателя; 2 – защитный колпачок; 3 – термочувствительный элемент; 4 – теплоприёмники; 5 – проволочная стойка; б – клемма для подключения линии; б: 7 – постоянные магниты; 8 – магнитоуправляемый контакт (геркон); 9 – термочувствительный феррит

Извещатель состоит из основания 1 с клеммами 6 для подключения проводов шлейфа пожарной сигнализации и смонтированного на двух стойках 5 термочувствительного элемента 3 с теплоприемниками 4, закрываемым легкосъёмным защитным колпачком 2.

Термочувствительный элемент извещателя (рис. 11, б) представляет собой неразборный узел, состоящий из термочувствительной магнитной системы в виде двух кольцевых постоянных магнитов 7 с установленным

между ними термочувствительным ферритом 9 с низкотемпературной точкой Кюри (вблизи 70 °С). Термочувствительный ферритовый магнитопровод и оба кольцевых магнита укреплены с помощью специального клея на колбе магнитоуправляемого контакта (геркона) 8. При температурах ниже пороговой температуры извещателя контакты геркона замкнуты под действием продольного магнитного поля магнитной системы термоэлемента. Под воздействием повышенной температуры, воспринимаемой термоприемниками, превышающей точку Кюри для ферромагнитного материала, из которого изготовлен термочувствительный феррит извещателя, магнитная проницаемость феррита практически падает до нуля. Это приводит к резкому уменьшению продольного поля, удерживающего ранее контакты геркона в замкнутом состоянии, в результате чего контакты размыкаются, сигнализируя о повышении температуры в месте установки извещателя свыше 70 °С.

Техническая характеристика извещателя ИП 105-2/1:

Температура срабатывания, °С	70 ± 7
Переходное электрическое сопротивление замкнутых контактов, Ом, не более	0,5
Инерционность срабатывания, с, не более	120
Защищаемая площадь, м ²	15
Диапазон рабочих температур, °С	±50
Максимально допустимый ток, протекающий длительно через контакты, мА	10
Средний срок службы, лет	10

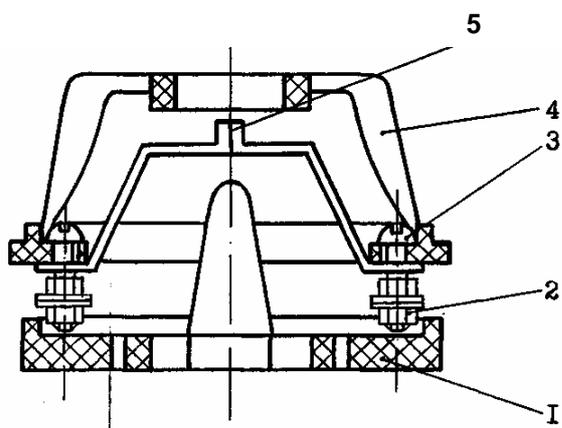


Рис. 12. Извещатель пожарный тепловой ИП 104-1: 1 – основание; 2 – гайка; 3 – винт; 4 – корпус; 5 – тепловой замок

Извещатель пожарный тепловой ИП 104-1 (рис. 12) предназначен для выдачи сигнала тревоги при повышении температуры воздуха выше установленной нормы на объектовый приемно-контрольный прибор, станцию электрической пожарной сигнализации или пульт централизованной сигнализации.

Извещатель ИП 104-1 применяется в закрытых взрывобезопас-

ных помещениях, а также во взрывоопасных помещениях с приборами, обеспечивающими искробезопасные условия эксплуатации.

Извещатель состоит из корпуса 4, теплового замка 5 и основания 1. Контакты теплового замка спаяны сплавом Вуда. Винты 3 и гайки 2 с шайбами предназначены для закрепления теплового замка внутри корпуса, а также для подключения к цепи сигнализации.

При повышении температуры окружающего воздуха в защищаемом помещении выше 72 °С спай из сплава Вуда расплавляется и контакты теплового замка размыкаются (разрывают электрическую цепь).

Разрыв электрической цепи является сигналом о повышении температуры выше допустимой.

Техническая характеристика извещателя ИП 104-1:

Температура срабатывания, °С	72 ±2
Переходное электрическое сопротивление замкнутых контактов, Ом	0,1
Инерционность срабатывания, с, не более	125
Защищаемая площадь, м ²	15
Диапазон рабочих температур, °С	±50
Допускаемая токовая нагрузка, А, не более	0,1
Средний срок службы, лет	10

При одновременном использовании пожарных извещателей в линии электрической сигнализации с устройствами охранной сигнализации внутри корпуса параллельно разрывным контактам устанавливается диод Д226Б.

Извещатель ДИП-1 (рис. 13) предназначен для обнаружения загораний, сопровождающихся появлением дыма или повышением температуры в закрытых помещениях. Сигнал обнаружения загорания подается на приемно-контрольное устройство путем размыкания нормально замкнутых контактов реле. При этом на извещателе включается световая индикация красного цвета. Прибор предназначен для совместной работы с любым объектовым приемно-контрольным прибором.

Техническая характеристика извещателя ДИП-1:

Температура срабатывания, °С	90
Инерционность срабатывания при увеличении оптической плотности среды до 10%, с	5
Допустимая фоновая освещенность в месте установки извещателя, лк, не более	10000
Напряжение питания постоянного тока, В	24 ±2,4
Потребляемая мощность в дежурном режиме, Вт, не более	1
То же в режиме передачи сигнала тревоги	2
Защищаемая площадь, м ²	85
Диапазон рабочих температур, °С	-30...-50
Относительная влажность воздуха при температуре 35 °С, %, не более	98
Средний срок службы, лет	10

Извещатель представляет собой комбинированное термофотоэлектрическое устройство, подающее сигнал тревоги при появлении дыма или повышении температуры в месте его установки.

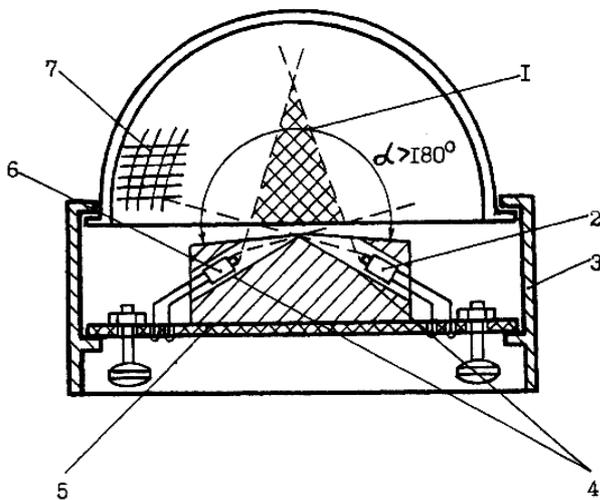


Рис. 13. Извещатель пожарный комбинированный ДИП-1: 1 – чувствительная к дыму область; 2 – источник излучения; 3 – корпус извещателя; 4 – оптические каналы; 5 – держатель; 6 – фотоприемник; 7 – защитная сетка

Корпус 3 (рис. 13) извещателя ДИП-1 имеет защитную сетку 7, внутри которой расположена чувствительная к дыму область 1, образованная пересечением телесных углов поля зрения источника излучения 2 и не освещенного непосредственно им фотоприемника 6, которые закреплены в оптических каналах 4 держателя 5. При появлении дыма свободно проникает через защитную сетку 7 и попадает в чувствительную область 1. При этом излучение источника 2 отражается от частиц дыма и воз-

действует на фотоприемник 6, электрический сигнал которого, проходя через устройство обработки, вызывает сигнал тревоги.

Конструктивное исполнение извещателей позволяет надежно закрепить их на железобетонных панелях, деревянных или металлических конструкциях. Рекомендуется размещать извещатели на потолках сохраняемых помещений, допускается также установка их на вертикальных поверхностях на расстоянии не более 0,5 м от потолка.

Прибор приемно-контрольной охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю» предназначен для контроля состояния шлейфа охранно-пожарной сигнализации закрытых помещений и выдачи сигналов управления звуковыми и световыми оповещателями, сигналов тревоги на пульт централизованного наблюдения (ПЦН).

Техническая характеристика

Номинальное напряжение питания	220 В
Частота переменного тока	50±1 Гц
Отклонение напряжения питания	+ 10 %
от номинального значения, не более	-15%
Количество подключаемых шлейфов сигнализации	1
Сопротивление изоляции шлейфа сигнализации, не менее	20 кОм
Сопротивление шлейфа сигнализации без учета выносного резистора, не более	1,0 кОм
Мощность, потребляемая прибором, не более	10 ВА
Мощность светового оповещателя тревоги, подключаемого к прибору, не более	25 ВА
Мощность звукового оповещателя тревоги, подключаемого к прибору, не более	25 ВА

Режим работы оповещателей:

- непрерывно мигающий световой (в режиме тревоги);
- кратковременный звуковой (в режиме тревоги);
- непрерывный световой в полнакала (в дежурном режиме);
- световой оповещатель не горит (при разомкнутом шлейфе сигнализации перед взятием объекта под охрану).

При обрыве, коротком замыкании, увеличении сопротивления шлейфа сигнализации свыше 30 кОм прибор выдает сигналы тревоги: мигающий световой, однократный звуковой, непрерывный на пульт централизованного наблюдения.

Относительная влажность30...80%
 Время непрерывной работы прибора, не менее170 ч
 Средний срок службы прибора, не менее8 лет.

Описание лабораторной установки

В комплект лабораторной установки входят: прибор охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю», два пожарных тепловых извещателя ИПЮ 41, три пожарных тепловых извещателя ИП 105-2/1, пожарный комбинированный извещатель ДИП-1, звуковой и световой оповещатели тревоги, выносной резистор, два выключателя, электрический нагреватель и источник дыма.

Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю» показана на рис. 14. В качестве ПНЦ могут быть использованы пульты «Нева – 60», «Центр – К» и др.

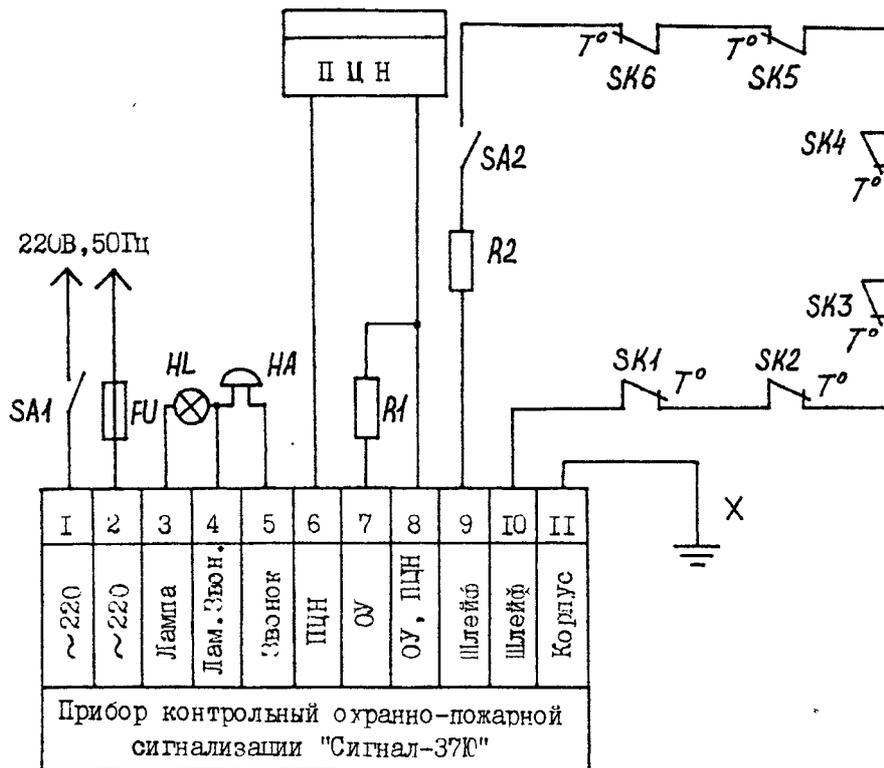


Рис. 14. Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю»

В шлейф сигнализации (клеммы 9 и 10) включены два пожарных тепловых извещателя ИП 104-1 SK1 и SK2, три пожарных тепловых извещателя

теля ИП 105-2/1 SK3, SK4 и SK5, пожарный комбинированный извещатель ДИП-1 SK6, тумблер SA2 и выносной резистор R2. Световой HL и звуковой HA оповещатели тревоги подключены к клеммам 3, 4 и 5. Питание прибора осуществляется от сети 220 В, 50 Гц через клеммы 1 и 2, тумблер SA1 и предохранитель FU.

Меры безопасности

Лабораторная установка находится под напряжением 220 В, 50 Гц, поэтому работы на ней должны проводиться в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей».

Во время выполнения лабораторной работы запрещается открывать защитные колпаки извещателей, крышку монтажной колодки прибора и прикасаться к токоведущим частям установки.

Монтаж прибора, смену предохранителя, а также профилактические работы и осмотры производить только после отключения прибора от источника питания. Перед выполнением лабораторной работы необходимо получить инструктаж на рабочем месте от преподавателя или инженера по учебному процессу. При обнаружении неисправности выключить установку и доложить преподавателю или инженеру по учебному процессу.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.
3. Изучить схему внешних соединений прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю».
4. Включить тумблер SA1 питания прибора (световой оповещатель горит в полнакала). С помощью тумблера SA2 разорвать цепь шлейфа сигнализации. Прибор должен включить световой и звуковой оповещатели в режиме тревоги: непрерывно мигающий световой; кратковременный звуковой. Замкнуть цепи шлейфа сигнализации тумблером SA2 и выключить тумблером SA1 питание прибора.

5. Включить тумблером SA1 питание прибора (световой оповещатель горит в полнакала). Включить нагреватель теплового магнитного извещателя ИП 105-2/1. Измерить температуру и время, при которых срабатывает звуковой и световой оповещатели тревоги. Выключить тумблер SA1 питания прибора (световой оповещатель горит в полнакала).

6. Включить тумблером SA1 питание прибора. Поднести источник дыма к комбинированному дымовому извещателю ДИП-1. Замерить время, по истечении которого срабатывают световой и звуковой извещатели тревоги. Выключить тумблер SA1 питания прибора.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения о принципах работы пожарных извещателей.
3. Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю» (рис. 14).
4. Экспериментальные данные.
5. Выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы источники повышенной пожарной опасности на предприятиях автомобильного транспорта?
2. Какие типы пожарных извещателей Вам известны?
3. Каковы принципы действия известных Вам пожарных извещателей?
4. Какова площадь помещения, защищаемая различными типами пожарных извещателей?
5. Какова температура срабатывания известных Вам пожарных извещателей?
6. Каков средний срок службы пожарного извещателя?
7. Для каких целей в шлейф пожарных извещателей включен выносной резистор R2?
8. Как и о чем сигнализируют световой и звуковой оповещатели прибора?

Лабораторная работа № 4

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Цель работы: изучение принципов работы автоматической охранной сигнализации и методов организации охраны ценных объектов. Знакомство с принципами работы охранных извещателей.

Общие сведения

Для защиты материальных ценностей, технологических секретов, коммерческой тайны, несанкционированного доступа в различного вида помещения и в других аналогичных случаях используются системы автоматической охранной сигнализации. Раннее обнаружение попытки несанкционированного проникновения к ценным материальным объектам позволяет избежать материальных потерь и сохранить конкурентоспособность дела.

Отечественная промышленность выпускает различные типы автоматических охранных устройств – охранные извещатели разнообразных принципов действия: радиоволновые, оптико-электронные, емкостные, пьезоэлектрические, магнитоcontactные, электроcontactные и др. Сигналы от охранных извещателей принимаются объектовыми приборами, концентраторами, приемно-контрольными пультами, которые могут устанавливаться на значительном расстоянии от охраняемых объектов.

Совокупность охранных извещателей, объектовых приборов, концентраторов и приемных пультов, соединенных между собой определенным образом, составляет автоматическую охранную сигнализацию.

Блокировка строительных конструкций на пролом (дверей, люков, caloriferных решеток, ворот, некапитальных стен, перегородок, потолков и т.п.) производится проводом типа НВМ сечением 0,2 мм скрытым или открытым способом.

Провод должен прокладываться по внутренней стороне блокируемых строительных конструкций по всей площади параллельно контурным линиям и крепиться скобами с шагом 200 мм. Под скобу в местах крепления прокладывается полихлорвиниловая трубка.

При блокировке строительных конструкций на пролом должна предусматриваться установка ответвительной коробки на каждые 5 м² блокируемой поверхности.

На объектах, подверженных действию вибрационных и ударных по- мех, для блокировки остекленных поверхностей применяется алюминиевая фольга толщиной 0,01...0,03 мм, шириной 6...10 мм.

Фольга приклеивается на расстоянии 2...10 мм – от боковой стороны деревянной рамы и 10...15 мм – от боковой стороны металлической рамы, до 50 мм – от нижнего основания рамы в сухих и 150...200 мм – во влаж- ных местах.

Наклеенная фольга прокрашивается двумя слоями краски. Соедине- ние «фольга – линия» осуществляется пайкой провода типа НВМ сечением 0,35 мм² через латунную или фольговую пластину толщиной 0,1...0,5 мм, приклеенную к стеклу.

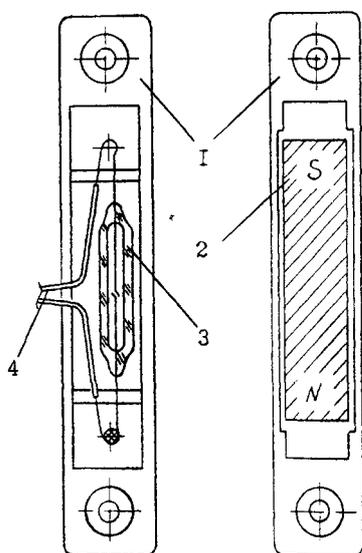


Рис. 15. Извещатель магни- токонтактный ИО 102-2: 1 – корпус; 2 – постоянный магнит; 3 – геркон; 4 – выводы

Магнитоконтактные извещатели типа ИО 102-2 (рис. 15) ДМК-2, СМК-1, СМК-3 уста- навливаются скрытым или открытым способом для блокировки элементов строительных кон- струкций на открывание (двери, окна, люки и т.п.) по одному на каждый блокируемый эле- мент. Извещатели устанавливаются в верхней части блокируемого элемента на расстоянии 200 мм от его вертикальной линии и не более 200 мм от горизонтальной линии раствора две- ри, окна, люка с внутренней стороны охраняе- мого помещения.

Магнитоуправляемый контакт 3 устанавливается на неподвижной части блокируемого элемента, а узел постоянного магнита 2 – на его подвижной части с учетом параллельности и допустимым расстоянием между узлами не более 8 мм, при несоосности – не более 5 мм. Выводы 4 герметизированного магнитоуправляемого кон- такта 3 соединяются с линией сигнализации проводами типа НВМ сечени- ем 0,35 мм² через ответвительную коробку.

При монтаже открытым способом узлы извещателя крепятся непо- средственно к поверхности блокируемого элемента шурупами или винтами через отверстия в корпусе 1.

Для блокировки остекленных поверхностей (витрины, окна, двери и т.п.) применяются извещатели ДИМК (рис. 16), «Вибратор 2», М-1Д и др.

Извещатели ДИМК устанавливаются вертикально выводами вверх на высоте не менее 2 м от основания защищаемой поверхности и не менее 200 мм от края рамы из расчета один извещатель на 3,2 м² остекленной поверхности. Извещатели ДИМК, как правило, на наружных стеклах двойных рам не устанавливаются.

При установке извещателя отклонение от вертикального положения должно быть не более:

- в плоскости посадочной поверхности $\pm 4^\circ$;
- в плоскости, перпендикулярной плоскости посадочной поверхности, $\pm 1,5^\circ$.

При ширине остекленной поверхности от 1,2 до 4,0 м устанавливают два извещателя и при ширине более 4,0 м – три.

Крепление извещателя ДИМК к стеклу производится клеем. Выводы извещателя 6 соединяются с линией сигнализации через ответвительную коробку проводами типа НВМ сечением 0,35 мм².

Работа извещателя ДИМК осуществляется следующим образом. При попытке вынуть или разбить стекло якорь 3 вместе с постоянным магнитом 1 отклоняются, что приводит к размыканию контактов магнитоуправляемого контакта 5 и разрыву шлейфа охранной сигнализации.

Извещатель оптико-электронный «Фотон-1» (рис. 17) предназначен для использования в системах охраны различных помещений: офисов, банков, сберкасс, магазинов, складов, квартир и т.п.

В состав извещателя входят датчик и блок питания. Датчик служит для обнаружения изменения интенсивности принимаемого постоянно инфракрасного

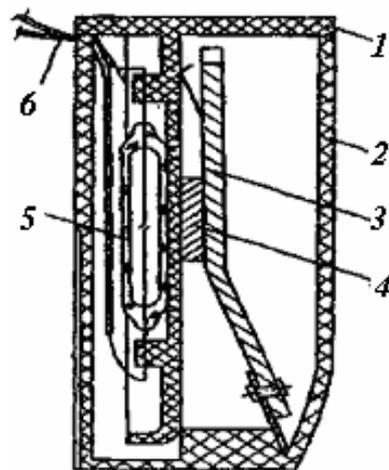


Рис. 16. Извещатель магнито-контактный ДИМК: 1 – вставка; 2 – корпус; 3 – якорь; 4 – постоянный магнит; 5 – магнитоуправляемый контакт; 6 – выводы

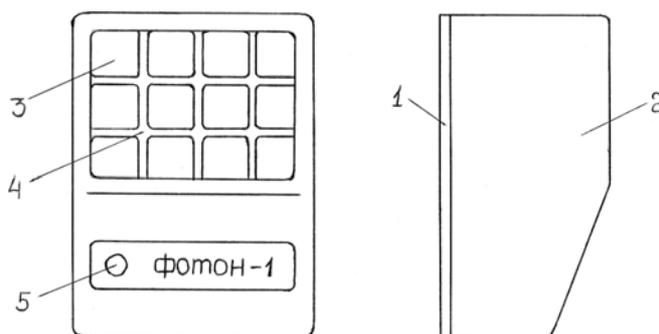


Рис. 17. Внешний вид извещателя Фотон-1: 1 – шасси; 2 – кожух; 3 – пленка полиэтиленовая; 4 – решетка; 5 – индикатор сигнала тревоги

излучения, которое вызывается появлением в его зоне чувствительности человека или возникновением очага пожара.

Техническая характеристика извещателя «Фотон-1»:

Участок помещения, блокируемый одним датчиком – сектор круга площадью до 90 м²; угол поля обзора датчика в горизонтальной плоскости – не менее 70°; вертикальной плоскости – не более 2°; дальность обнаружения датчиком человека, движущегося со скоростью 15...4,0 м/с – не менее 12 м.

Датчик выдает сигнал тревоги путем размыкания контактов реле и включением светового индикатора на время не менее 5 с. Контакты реле датчика обеспечивают коммутацию постоянного тока до 35 мА при напряжении до 72 В. Датчик рассчитан для подключения к пультам централизованной охраны, концентраторам, объектовым приборам, которые реагируют на размыкание сигнальной линии.

В одном помещении можно эксплуатировать несколько датчиков, а также другие технические средства охранной и пожарной сигнализации. Извещатель может эксплуатироваться в диапазоне температур окружающего воздуха от 278 до 323 К (от +5 до +50 °С) при относительной влажности воздуха до 80 %.

Время выхода датчика на режим после включения извещателя не превышает 2 мин. Извещатель рассчитан на круглосуточную работу. Средний срок службы не менее 8 лет.

Внешний вид датчика показан на рис. 17. Металлическое шасси 1 за-

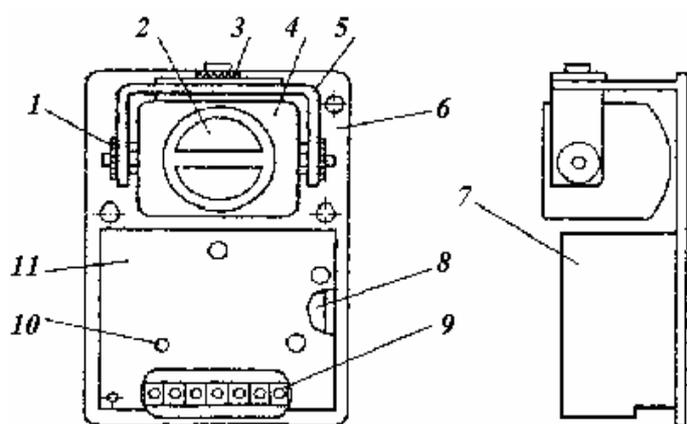


Рис. 18. Внешний вид извещателя Фотон-1 со снятым кожухом: 1 – фиксатор поворота оптической головки в вертикальной плоскости; 2 – пленка полиэтиленовая; 3 – фиксатор поворота оптической головки в горизонтальной плоскости; 4 – оптическая головка; 5 – скоба; 6 – шасси; 7 – металлический короб; 8 – плата печатная; 9 – плата; 10 – светодиод; 11 – панель

крыто пластмассовым кожухом 2. На окне кожуха установлена двойная металлическая решетка 4, между секциями которой проложена полиэтиленовая пленка 3, хорошо пропускающая инфракрасное излучение. Ниже входного окна расположен индикатор сигнала тревоги 5, который включается при обнаружении датчиком человека или очага пожара.

Внешний вид датчика со снятым кожухом показан на рис. 18. Оптическая головка

4 служит для приема инфракрасного излучения с шести радиальных направлений и преобразует его в электрический сигнал.

Оптическая головка закреплена на шасси с помощью скобы 5, при этом она может быть отклонена на угол до 15° и повернута вправо и влево на угол до $17,5^\circ$. Фиксаторы 1 и 3 служат для закрепления оптической головки в нужном угловом положении. Ниже оптической головки расположен металлический короб 7, закрытый сверху панелью 11. Под панелью размещена печатная плата 8, на которой смонтированы все элементы принципиальной электрической схемы (за исключением приемника излучения).

Оптическая головка состоит из оптической системы и приемника излучения. Оптическая система образована шестью усеченными рефлекторами, расположенными на цилиндрической поверхности (рис. 19). Фокусы всех рефлекторов находятся в одной точке Φ , расположенной на оси цилиндра, как видно на рис. 19. Широкое поле обзора датчика образуется шестью узкими полями зрения, равномерно распределенными в плоском угле, равном 70° .

Таким образом, человек может быть обнаружен датчиком, если он при своем движении пересекает одно из полей зрения оптической системы. Очаг пожара обнаруживается так же, если открытое пламя попадает в одно из полей зрения. Приемник излучения установлен на консоли перед оптической системой, при этом его чувствительная площадка расположена в фокусе Φ .

Приемник излучения относится к классу пироэлектрических тепловых приемников излучения. Особенностью таких приемников является то, что они реагируют только на переменную составляющую инфракрасного излучения. Приемник излучения выполнен в цилиндрическом корпусе, на торцевой поверхности которого расположено входное окно, закрытое германиевым фильтром. Этот фильтр пропускает инфракрасное излучение в области, расположенной в диапазоне $2...20$ мкм.

Для согласования приемника излучения со входом электронной схемы используется поле-вой транзистор.

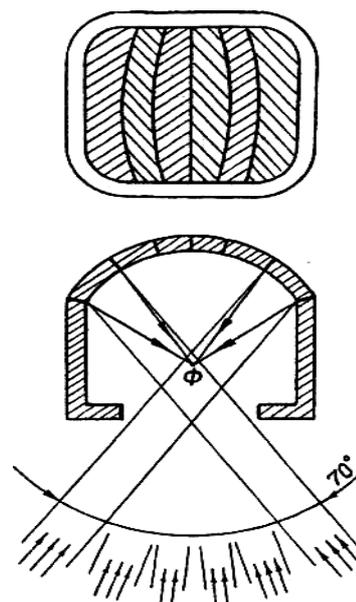


Рис. 19. Оптическая система извещателя Фотон-1

Особенности тактики применения извещателя

Надежность охраны существенно зависит от направления входа человека в зону чувствительности датчика. На рис. 20 показаны характерные направления входа в зону чувствительности датчика.

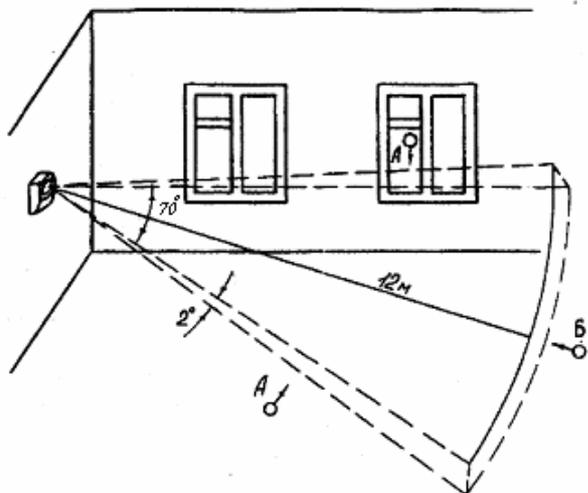


Рис. 20. Характерные направления входа человека в зону чувствительности извещателя Фотон-1

При вхождении человека в зону чувствительности по направлению А происходит самое быстрое изменение принимаемого потока инфракрасной энергии. Условия обнаружения нарушителя в этом случае наилучшие. Когда человек входит в зону чувствительности по направлению Б, то скорость изменения принимаемого потока излучения наименьшая при той же скорости движения нарушителя, а условия обнаружения человека в этом случае наихудшие. Эти особенности принципа действия датчика следует учитывать при выборе места его установки и ориентации зоны чувствительности в пространстве охраняемого помещения.

Важнейшим фактором, влияющим на надежность охраны объекта, является также высота расположения датчика над полом помещения. Прибор приемной-контрольной охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю» предназначен для контроля состояния шлейфа охранно-пожарной сигнализации закрытых помещений и выдачи сигналов управления звуковым и световым оповещателями, сигналов тревоги на пульт централизованного наблюдения (ПЦН).

Техническая характеристика:

Номинальное напряжение питания - 220 В переменного тока частотой – (50 ± 1) Гц.

Отклонение напряжения питания от номинального значения – не более – 15, +10.

Количество подключаемых шлейфов сигнализации – 1.

Сопротивление изоляции шлейфа сигнализации не более 1,0 кОм без учета выносного резистора.

Мощность, потребляемая прибором – не более 10В·А.

Мощность светового оповещателя тревоги, подключаемого к прибору – не более 25В·А.

Режим работы оповещателей:

- непрерывно мигающий световой (в режиме тревоги);
- кратковременный звуковой (в режиме тревоги);
- световой оповещатель не горит (при разомкнутом шлейфе сигнализации перед взятием объекта под охрану);
- при обрыве, коротком замыкании, увеличении, сопротивлении шлейфа сигнализации свыше 30 кОм, прибор выдает сигнал тревоги: мигающий световой, однократный звуковой, непрерывный на пульт централизованного наблюдения.

Относительная влажность30...80 %

Время непрерывной работы прибора.....не мене 170 ч

Средний срок службы.....не менее 8 лет.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю», двух магнитоконтактных извещателей ДИМК, магнитоконтактного извещателя ИО102-2, фольгового извещателя остекленной поверхности окна, оптико-электронного извещателя инфракрасного излучения «Фотон-1», источника питания извещателя «Фотон-1», звукового и светового оповещателей тревоги, выносного резистора и двух выключателей.

Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю» показана на рис. 21. В качестве ПЦН могут быть использованы пульты «Нева – 60», «Центр – К» и другие аналоги.

В шлейф сигнализации включены пожарные извещатели ВК1...ВК5, выносной резистор R2, диод VD1, и через переключатель SA2 на ночь (в межсменное время) подключаются охранные извещатели В6...В10.

Световой НЛ и звуковой НА оповещатели тревоги подключены к клеммам. Питание прибора осуществляется от сети 220 В, 50 Гц через клеммы, тумблер SA1 и предохранитель FU. Выносной резистор R2 шлейфа сигнализации устанавливается внутри охраняемого объекта на участке

шлейфа сигнализации, где наиболее вероятно замыкание его при попытке проникновения на охраняемый объект.

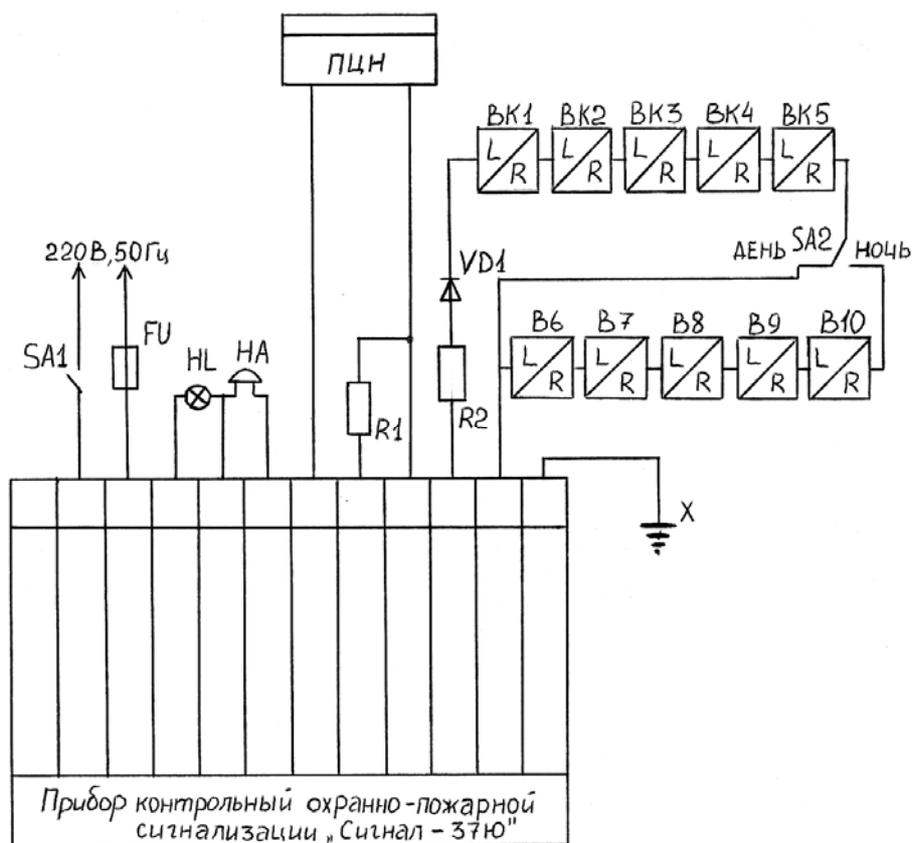


Рис. 21. Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю»

Меры безопасности

При эксплуатации прибора необходимо строго соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей». К работам по монтажу, установке, проверке, обслуживанию прибора должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию и допущенные к работе с электроустановками до 1000 В.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.

3. Изучить схему внешних соединений прибора охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю».

4. Для взятия объекта под охрану необходимо:

- переключатель SA2 установить в положение «Ночь»;
- открыть входную дверь (разорвать шлейф сигнализации);
- включить тумблер SA1 питания прибора (при этом сигнальная лампа не горит);

- закрыть входную дверь (восстановить шлейф сигнализации, при этом сигнальная лампа горит в полнакала).

5. Открыть входную дверь (разомкнуть шлейф сигнализации). Прибор должен включить световой и звуковой оповещатели в режиме тревоги: непрерывно мигающий световой и кратковременный звуковой.

Выключить питание прибора тумблером SA1.

Закрывать входную дверь.

6. Включить тумблер SA1 питания прибора (восстановить цепь шлейфа охранной сигнализации).

Привести (легким постукиванием) в колебательное движение стекло во входной двери, к которому приклеен магнитоконтактный извещатель ДИМК. Прибор должен включить световой и звуковой оповещатели в режиме тревоги.

Выключить тумблер SA1 питания прибора.

7. Включить питание опико-электронного извещателя инфракрасного излучения «Фотон-1».

Включить тумблер SA1 питания прибора.

Попытаться войти в зону охраны оповещателя с направления А и Б (см. рис. 20) со скоростью меньшей 0,5 м/с и большей 4,0 м/с. В случае вашего обнаружения в зоне, охраняемой извещателем «Фотон-1», он разомкнет шлейф охранной сигнализации, а прибор включит световой и звуковой оповещатели в режиме тревоги.

Выключить тумблер SA1.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения о принципах работы охранных извещателей.

3. Схема внешних соединений контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации.
4. «Сигнал-37Ю» (см. рис. 21).
5. Экспериментальные данные.
6. Выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие типы охранных извещателей вам известны?
2. Каков принцип действия охранного извещателя ИО 102-2?
3. Каков принцип действия охранного извещателя ДИМК?
4. Каков принцип действия оптико-электронного охранного извещателя «Фотон-1»?
5. Какова площадь зоны, защищаемая оптико-электронным извещателем «Фотон-1»?
6. Каков принцип защиты от проникновения через остекленную поверхность (окна, двери, люки и т.п.), оклеенную фольгой?
7. В каких случаях для блокировки строительных конструкций используется алюминиевая фольга?
8. Для каких целей в шлейф охранных извещателей включен выносной резистор R2?
9. Каковы сигналы, выдаваемые прибором охранно-пожарной сигнализации «Сигнал-37Ю»?

Лабораторная работа № 5

ЭЛЕКТРОННЫЙ РАСХОДОМЕР ТОПЛИВА

Цель работы: Изучение принципов работы фотоэлектрического расходомера топлива. Исследование метрологических характеристик расходомера.

Общие указания

Расход топлива является характеристикой общего технического состояния двигателя автомобиля и оказывает определенное влияние на про-

изводительность подвижного состава, себестоимость перевозок, токсичность отработавших газов и другие характеристики.

Диагностическими признаками неисправностей системы питания являются: затруднение пуска двигателя, увеличение расхода топлива под нагрузкой, падение мощности двигателя и его перегрев, изменение состава и повышение токсичности отработавших газов.

При диагностировании расхода топлива двигателем автомобиля используются массовые и объемные расходомеры.

В массовых расходомерах используются различные типы весоизмерительных устройств, с помощью которых определяют массу израсходованного топлива. Время истечения определенной массы топлива измеряется секундомером.

Отсчет по секундомеру показывает время τ (с), за которое из мерного сосуда израсходована масса топлива ΔG (г). Часовой расход топлива, кг/ч

$$G_T = 3,6(\Delta G_T / \tau).$$

Точность измерения расхода массовым способом при ручном управлении определяется ошибками в отсчете массы топлива по циферблату весоизмерительного устройства и запаздыванием или опережением с включением (выключением) секундомера.

Основу объемного расходомера составляет стеклянная мерная емкость с тарировочными рисками. Суммарный объем между крайними рисками мерной емкости выбирают из условий максимального возможного расхода топлива двигателем за время 30 – 60 с. Поскольку мерный объем известен, то, измерив время расхода топлива, определяют его часовой расход, кг/ч,

$$G_T = 3,6(\Delta V \rho_T / \tau), \text{ кг/ч,}$$

где V – объем мерной емкости, см^3 ; ρ_T – плотность топлива, г/см^3 ; τ – время расхода топлива из мерной емкости, с.

Точность измерения расхода топлива объемным способом при ручном управлении зависят от опыта испытателя. Запаздывание или опережение с включением (выключением) секундомера относительно момента прохождения топливом контрольных меток вызывает ошибку в отсчете. Случайные погрешности возникают и вследствие неверного угла зрения испытателя по отношению к контрольным отметкам мерной емкости, причем величина ошибки возрастает с уменьшением объема емкости.

Однако перечисленные недостатки легко устраняются с помощью фотоэлектрических датчиков, которыми оснащаются современные автоматизированные расходомеры.

Описание лабораторной установки

Прибор, блок-схема которого представлена на рис. 22, позволяет в автоматизированном режиме замерять расход топлива на холостом ходу, на постоянных режимах движения и в процессе разгона, которые характеризуют топливную экономичность двигателя.

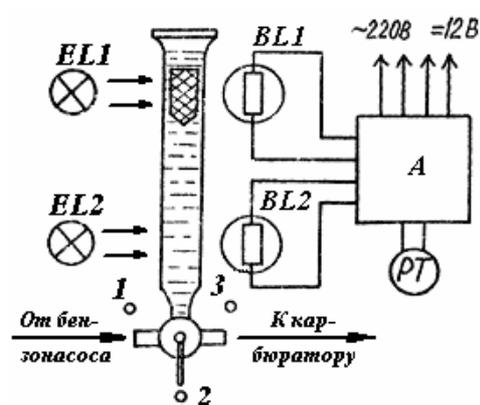


Рис. 22. Блок-схема электронного расходомера топлива

Работа расходомера топлива основана на использовании явления фотоэлектрического эффекта. В качестве чувствительных элементов применены фоторезисторы BL1 и BL2, фототок которых усиливается полупроводниковым усилителем А. Прибор работает следующим образом. Трехходовой кран мерной емкости может быть зафиксирован в трех положениях: 1-е положение – топливо поступает из бензобака к карбюратору, минуя мерную емкость; 2-е положение – топливо поступает из бензобака к карбюратору и одновременно заполняет мерную емкость; 3-е положение – топливо самотеком из мерной емкости поступает к карбюратору. Изменение отсекаемого объема топлива в мерной емкости в пределах от 40 до 250 см³ осуществляется перемещением верхнего фоторезистора BL1.

Для замера расхода топлива на холостом ходу устанавливается объем топлива в мерной емкости, например, 50 см³. Трехходовой кран находится в положении 2, топливо заполняет мерную емкость, при этом поплавков занимает крайнее верхнее положение. Установив постоянные обороты холостого хода, кран переводят в положение 3 на контрольный расход топлива. По мере расхода топлива поплавков, последовательно пересекая пучок света от верхнего EL1 и нижнего EL2 осветителей, изменяет освещенность фоторезисторов BL1 и BL2, которые через электронный усилитель А

включают, а затем выключают электросекундомер РТ. Зная объем топлива и время, за которое оно израсходовано, определяется расход топлива на холостом ходу в кг/ч.

Аналогично замеряется расход топлива при диагностировании автомобиля на барабанном стенде при постоянных режимах. Верхний фоторезистор BL1 предварительно перемещается вверх и устанавливается на объем расходуемого топлива, например 150 см^3 .

Принципиальная электрическая схема электронного расходомера топлива представлена на рис. 23. В исходном положении, когда свет от осветителя EL1 перекрывается поплавком, находящимся в мерной емкости, сопротивление фоторезистора велико. Ток, протекающий через делитель напряжения R1-BL1, мал. Мало и падение напряжения на переходе база – эмиттер транзистора VT1. Транзистор VT1 закрыт. Реле K1 находится в отпущенном состоянии, так как ток в цепи коллектора транзистора VT1 отсутствует. Контакт 1K1 реле K1 разомкнут.

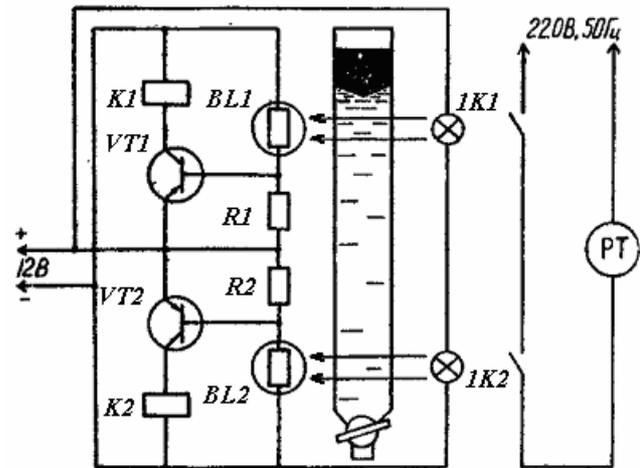


Рис. 23. Принципиальная электрическая схема электронного расходомера топлива

В этом же положении фоторезистор BL2 освещается от осветителя EL2, сопротивление его мало. Ток, протекающий по делителю напряжения R2-BL2, относительно большой и напряжение, приложенное к переходу база – эмиттер транзистора VT2, открывает его. Протекающим током по цепи коллектора транзистора VT2 реле K2 удерживается в сработавшем состоянии. Контакт 1K2 замкнут. Секундомер РТ не работает, так как в цепи питания секундомера разомкнут контакт 1K1 реле K1.

Как только уровень топлива в мерной емкости начинает понижаться, поплавок опускается, и свет от осветителя EL1 падает на фоторезистор BL1. Сопротивление фоторезистора BL1 уменьшается. Увеличивается ток, протекающий через делитель напряжения R1-BL1, и напряжение, приложенное к переходу база – эмиттер транзистора VT1. Транзистор VT1 от-

крывается. Реле К1 срабатывает и замыкает контакт 1К1. Электросекундомер РТ начинает отсчет времени, так как контакты 1К1 и 1К2 замкнуты.

При достижении поплавком, который следит за уровнем топлива, нижнего положения перекрывается световой поток от осветителя на фоторезистор ВL2. Сопротивление фоторезистора ВL2 возрастает. Уменьшается ток, протекающий через делитель напряжения R2-ВL2, и падение напряжения на переходе эмиттер – база транзистора VT2. Транзистор VT2 закрывается. Реле К2 отпускает и размыкает контакт 1К2 в цепи питания электросекундомера РТ. Электросекундомер выключается. Показания электросекундомера соответствуют времени, в течение которого двигатель автомобиля израсходовал топливо, заключенное между верхним и нижним уровнем расположения фоторезисторов ВL1 и ВL2 на мерном сосуде.

Меры безопасности

Лабораторная установка находится под напряжением 220 В, 50 Гц, поэтому работы на ней должны производиться в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей".

Во время выполнения лабораторной работы запрещается открывать защитный кожух лабораторной установки. Перед выполнением лабораторной работы необходимо получить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте от преподавателя или инженера по учебному процессу.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной установки.
2. Изучить правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы.
3. Изучить работу электрической схемы электронного расходомера топлива (рис. 23).
4. Произвести пятьдесят замеров расхода топлива. Во время опыта за- мерить объем топлива между верхним и нижним уровнями в мерном сосуде.
5. Определить относительную ошибку измерения расхода.
6. Построить гистограмму распределения абсолютной ошибки расхода.

Обработка экспериментальных данных

Результаты замеров свести в таблицу.

№ п/п	T_i	Q_i	ΔQ_i	ΔQ_i^2	Примечание
1					
2					
...					
...					
50					

Относительная ошибка измерения расхода

$$\delta = (Z_p \sigma / \bar{Q}) 100\%,$$

где Z_p – квантиль нормального распределения ($Z_{0,9} = 1,64$; $Z_{0,95} = 1,96$; $Z_{0,997} = 3$). Средний расход

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ см}^3/\text{с}.$$

Среднее квадратическое отклонение расхода, $\text{см}^3/\text{с}$,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta Q_i^2}{n-1}},$$

где $\Delta Q_i = Q_i - \bar{Q}$.

Текущий расход, $\text{см}^3/\text{с}$, $Q_i = V/T_i$,

где T_i – время истечения топлива, с; V – объем топлива в мерном сосуде, см^3 .

Шаг гистограммы определяется по формуле Стьеджера, $\text{см}^3/\text{с}$, размах экспериментальных данных, $\text{см}^3/\text{с}$.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Принципиальная электрическая схема электронного расходомера топлива (рис. 23).
4. Экспериментальные данные.
5. Относительная ошибка измерения расхода при различных уровнях доверительной вероятности.
6. Гистограмма распределения ошибки расхода.

Вопросы для самопроверки

1. На какие характеристики автомобиля влияет расход топлива?
2. Какие диагностические признаки неисправностей системы питания двигателя автомобиля вам известны?
3. Какие типы расходомеров используются при замерах расхода топлива автомобильным двигателем?
4. На каких режимах работы автомобильного двигателя производится измерение расхода топлива?
5. Каковы основные источники погрешностей в определении расхода топлива при неавтоматизированном способе измерения?
6. Какие преимущества дает автоматизация измерения расхода топлива?
7. Как определяется относительная ошибка измерения расхода?

Лабораторная работа № 6

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы: Изучение принципов работы параметрических датчиков. Снятие экспериментальных характеристик датчиков (реостатного, индуктивного, емкостного).

Общие указания

Электрические чувствительные элементы находят широкое применение в системах автоматизация производственных процессов на автомобильном транспорте. Наиболее характерными областями их применения являются: диагностика технического состояния узлов и агрегатов автомобиля; измерение газового состава производственных помещений, стоянок автомобильного транспорта, городского воздушного бассейна; контроль за состоянием и работой отдельных систем, механизмов, агрегатов и автомобиля в целом и т.д.

Электрические чувствительные элементы подразделяются на две группы: параметрические и генераторные. Параметрические чувствительные элементы преобразуют входную физическую величину X в изменение параметра электрической цепи (сопротивление R , емкость C , индуктивность L и взаимоиндуктивность M). Для функционирования параметрических чувствительных элементов необходим источник питания.

Реостатные и потенциметрические чувствительные элементы применяются, в основном, для измерения перемещений и сил, под действием которых изменяется сопротивление элемента.

Омическое сопротивление проводника, Ом, определяется выражением

$$R = \rho l / S,$$

где ρ – удельное сопротивление материала проводника, Ом·м; l – общая длина проводника, м; S – площадь поперечного сечения, м².

Поскольку ρ , l , S зависят от деформаций, механических напряжений, усилий, давлений, перемещений и других параметров, то R является сложной функцией этих параметров. Для измерения какого-либо одного из них, например, усилия, необходимо, чтобы сопротивление было функцией только усилия при постоянстве всех остальных.

Наибольшее распространение получили проволочные чувствительные элементы, схема и конструкция которых приведены на рис. 24, а. На неподвижный каркас 1 плотно, виток к витку, наматывают изолированный провод, который образует обмотку 2 с сопротивлением R . Обмотка включается в цепь постоянного напряжения U . На обмотке очищается от изоляции "контактная дорожка", по которой перемещается щетка 3, жестко закрепленная в щеткодержателе 4.

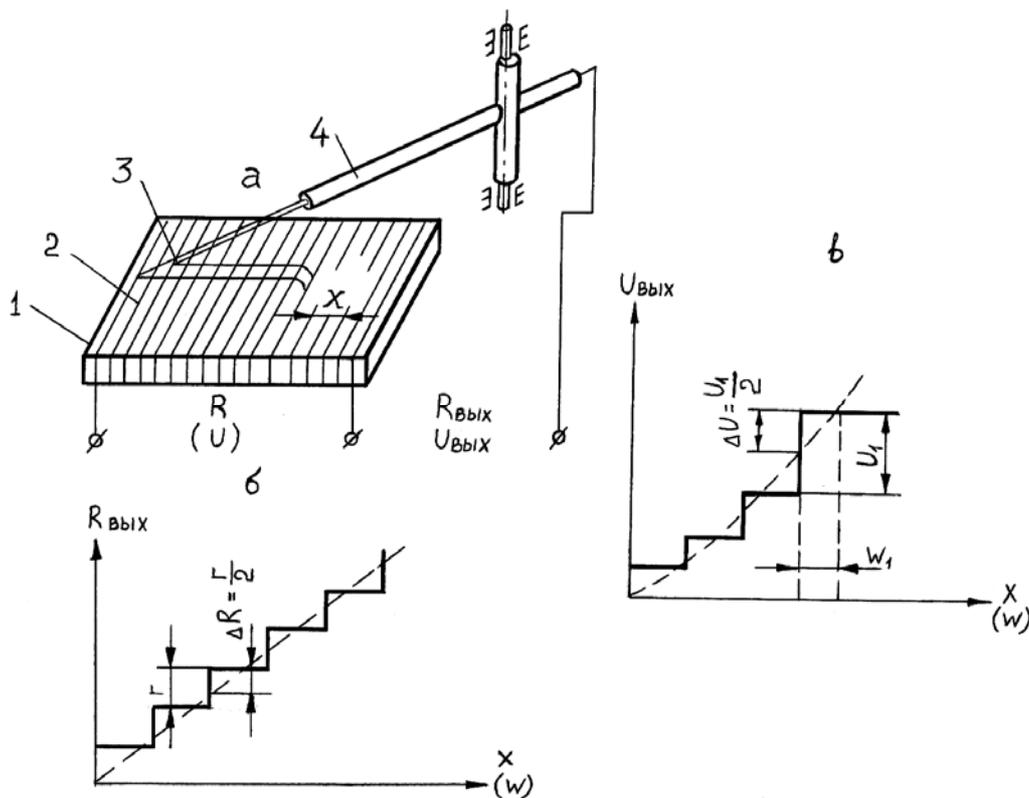


Рис. 24. Реостатный потенциметрический чувствительный элемент: а – конструкция; б – линейная характеристика; в – нелинейная характеристика

Каркас изготавливается из пресс-порошка, эбонита, анодированного алюминия и других изоляционных материалов. Наиболее распространенными материалами провода являются манганит, константен, а также сплавы на базе благородных металлов. Диаметр провода изменяется в пределах 0,03 – 0,1 мм для прецизионных реостатов и потенциометров, а в грубых реостатах достигает 0,3 мм.

Статистической характеристикой реостатного чувствительного элемента является зависимость $R_{\text{вых}} = f(x)$ а потенциметрического – зависимость $U_{\text{вых}} = f(x)$, где x – перемещение. Ступенчатый вид характеристики (рис. 24, б, в) объясняется тем, что при движении щетки вдоль обмотки в момент перехода от одного витка к другому сопротивление или напряжение изменяется скачком. Так, для линейного реостата максимальная величина витковой погрешности определяется выражением

$$\Delta R = 0,5r = 0,5R/w,$$

где R – сопротивление реостата; r – сопротивление одного витка; w – число витков.

Для нелинейного потенциометра витковая погрешность вычисляется по наиболее крутому участку характеристики:

$$\Delta U = U_1/2w,$$

где U_1 – приращение выходного напряжения на наиболее крутом участке характеристики; w – число витков на этом участке.

Нелинейные характеристики обычно получают путем профилирования каркаса по определенному закону или шунтированием отдельных участков линейного потенциометра.

Емкостные чувствительные элементы нашли применение для измерения перемещений (линейных и угловых), усилий, давлений, уровня, расходов, крутящих моментов, температуры и других физических величин. Принцип действия емкостных чувствительных элементов состоит в том, что измеряемая величина может быть связана с одним из параметров, определяющих емкость конденсатора, а именно, диэлектрической постоянной среды, эффективной площадью электродов, расстоянием (зазором) между электродами, диэлектрическими потерями, а также электростатической силой напряжения электродов.

Емкость плоского конденсатора (рис. 25, а)

$$C = \varepsilon S / \delta,$$

где C – емкость, Ф; ε – диэлектрическая проницаемость среды между электродами конденсатора, равная $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума; ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость среды между электродами (для воздуха $\varepsilon_r = 1$; δ – расстояние между электродами, м.

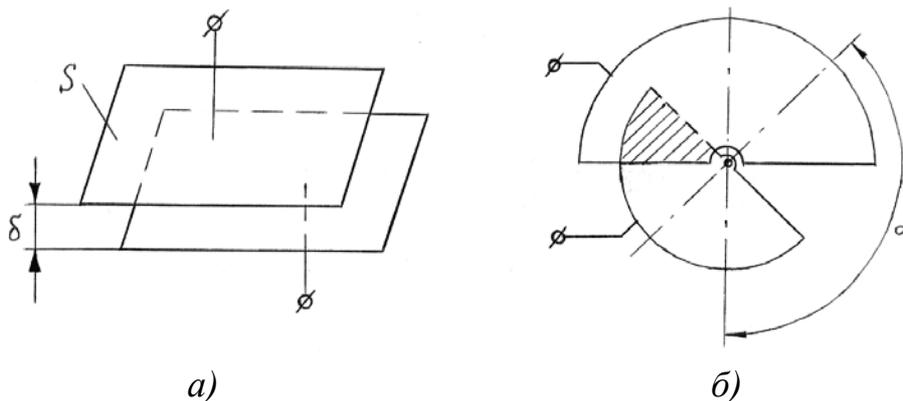


Рис. 25. Емкостный чувствительный элемент:

а – для линейных перемещений; б – для угловых перемещений

Емкость вращающегося конденсатора (рис. 25, б)

$$C = \frac{\varepsilon S_{\max}}{\delta} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) = C_{\max} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right),$$

где α – угол поворота электродов конденсатора, рад; S_{\max} – максимальная площадь электродов, м²; C_{\max} – максимальная емкость, Ф.

Преимуществами емкостных чувствительных элементов являются высокая чувствительность, малые габаритные размеры и простота конструкции. Индуктивные чувствительные элементы нашли широкое применение для измерения перемещений, усилий, давлений, скоростей, крутящих моментов и других физических величин, а также в качестве источника ультразвуковых колебаний.

Принцип их действия основан на том, что индуктивность и полное сопротивление зависят от параметров магнитной цепи. Если связать измеряемую величину (например, усилие или угловое перемещение) с одним из параметров магнитной цепи, то по изменению индуктивности или сопротивления можно судить об этой величине.

Для измерения больших перемещений (до десятков миллиметров) используется индуктивный датчик, показанный на рис. 26. На сердечник 1,

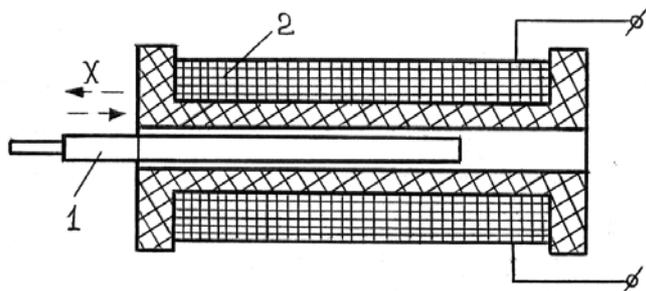


Рис. 26. Индуктивный чувствительный элемент

расположенный в обмотке 2, воздействует измеряемая неэлектрическая величина x , вызывающая его перемещение. Вследствие этого изменяется полное сопротивление катушки, в следовательно, сигнал на входе элемента.

Полное сопротивление обмотки индуктивного датчика

$$Z = \sqrt{R^2 + v^2 L^2},$$

где R – активная составляющая сопротивления, Ом; v – угловая частота электрического поля, рад/с; L – индуктивность, Гн.

Индуктивность обмотки датчика определяется выражением

$$L = \frac{\omega \Phi}{I} = \frac{\omega^2}{R_{ст} + R_{в}},$$

где ω – число витков обмотки датчика; Φ – магнитный поток, Вб; (I – ток, протекающий по обмотке датчика, А; $R_{ст}$ – магнитное сопротивление сердечника, Гн⁻¹; $R_{в}$ – магнитное сопротивление воздушного зазора, Гн⁻¹).

Поскольку при перемещении сердечника внутри обмотки индуктивного датчика происходит изменение соотношения между $R_{ст}$ и $R_{в}$, по которым замыкается магнитный поток, происходит изменение индуктивности L , а следовательно, и полное сопротивление датчика Z .

Описание лабораторной установки

В комплект лабораторной установки входят: цифровой измеритель L , C , R типа Е7-8, емкостный датчик с угловым шкальным устройством, индуктивный датчик, реостатный датчик и микрометр с подставкой.

Меры безопасности

Лабораторная установка находится под напряжением 220 В, 50 Гц, поэтому работы на ней должны производиться в соответствии с требо-

ваниями "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей". Во время выполнения лабораторной работы запрещается вскрывать и разбирать датчики и их защитные кожухи.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо получить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте от преподавателя или инженера по учебному процессу. При обнаружении неисправностей выключить лабораторную установку и доложить преподавателю или инженеру по учебному процессу.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Внимательно ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Изучить правила эксплуатации цифрового измерителя L , R , C типа E7-8.
3. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия реостатного, ёмкостного и индуктивного чувствительных элементов.
4. Снять статические тарировочные характеристики для реостатного $R = f(x)$, ёмкостного $C = f(x)$ и индуктивного $L = f(x)$ чувствительных элементов.
5. Составить отчет.

Содержание отчета

Отчет должен содержать краткие теоретические сведения по параметрическим чувствительным элементам; рисунки параметрических чувствительных элементов с комментариями физического принципа их работы; статические тарировочные характеристики индуктивного $i = f(x)$, ёмкостного $C = f(x)$ и реостатного $R = f(x)$ датчиков и краткие выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких целей используются чувствительные элементы?
2. Какая разница между параметрическим и генераторным чувствительными элементами?
3. Каков принцип действия реостатного чувствительного элемента?

4. Как определить порог чувствительности реостатного чувствительного элемента?
5. Каков принцип действия емкостного чувствительного элемента?
6. Как определяется емкость конденсатора?
7. Каков принцип действия индуктивного чувствительного элемента?
8. Почему происходит изменение полного сопротивления обмотки индуктивного датчика?

Библиографический список

1. Чунихин, А. А. Электрические аппараты / А. А. Чунихин. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 719 с.
2. Поляков, В. С. Муфты / В. С. Поляков, И. Д. Барабин. – Л.: Машиностроение, 1973. – 336 с.
3. Здрон, А. Г. Выпрямительные устройства стабилизации и заряда аккумуляторов / А. Г. Здрон. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 142 с.
4. Богословский, А. С. Силовые полупроводниковые выпрямители / А. С. Богословский. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1965. – 208 с.
5. Шаровар, Ф. Н. Устройства и системы пожарной сигнализации / Ф. Н. Шаровар. – М.: Стройиздат, 1985. – 375 с.
6. Мухин, С. И. Эксплуатация инженерного оборудования систем противопожарной защиты зданий повышенной этажности / С. И. Мухин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 114 с.
7. Прибор приемно-контрольной охранно-пожарной сигнализации «Сигнал 37 Ю». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 16 с.
8. Извещатель ИОП 409-1 «Фотон-1». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 48 с.
9. Пособие к правилам производства и приемки работ. Установки охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. – Душанбе: Душанбинское проект.-конструктор. и технолог. бюро «Спецавтоматика». – 78 с.
10. Харазов, А. М. Эксплуатация оборудования для диагностики легковых автомобилей / А. М. Харазов [и др.]. – М.: Транспорт, 1980. – 280 с.
11. Райков, И. Л. Испытание двигателей внутреннего сгорания / И. Л. Райков. – М.: Высш. шк., 1975. – 320 с.
12. Яковлев, Л. Г. Приборы контроля работы силовых установок / Л. Г. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1969. – 300 с.
13. Лаврова, А. Т. Элементы автоматических приборных устройств / А. Т. Лаврова. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
14. Евтихийев, Н. Н. Измерение электрических и неэлектрических величин / Н. Н. Евтихийев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 349 с.
15. Сергеев, А. Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем: учеб. пособие / А. Г. Сергеев. – М.: Изд-во МГОУ, 1994. – 488 с. – ISBN 5-70450-381-0.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРО- МАГНИТНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ	3
Лабораторная работа № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	11
Лабораторная работа № 3. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.....	21
Лабораторная работа № 4. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ	31
Лабораторная работа № 5. ЭЛЕКТРОННЫЙ РАСХОДОМЕР ТОПЛИВА	40
Лабораторная работа № 6. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.....	46
Библиографический список.....	51

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Составители

АБЛАЕВ Анатолий Алексеевич
ГАМАЮНОВ Вячеслав Николаевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент А.Г. Кириллов

Редактор Л.В. Пукова

Корректор

Компьютерная верстка М.А. Перевозникова, Е.Г. Радченко

ЛР № 020275. Подписано в печать 11.03.05.

Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.

Печать на ризографе. Усл. печ. л. ?,??. Уч.-изд. л. ?,??. Тираж ??? экз.

Заказ

Редакционно-издательский комплекс

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.