

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Б.И.ВИЛЬКЕВИЧ

ТЕПЛОВОЗОВ



ЗТЭ10М
2ТЭ10М
2ТЭ10В
2ТЭ10Л
ТЭП60

Борис Иосифович Вилькевич

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ТЕПЛОВЗОВ ЗТЭ10М,
2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60**

Переплет художника *А. Смирнова*

Технический редактор *Л. А. Кульбачинская*

Корректор-вычитчик *И. М. Лукина*

Корректор *В. Н. Яговкина*

ИБ № 2279

Приложение: схемы 2 л.

Сдано в набор 19.10.82. Подписано в печать 12.08.83. Т-17229. Формат 70×84¹/₁₆.
Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ.
л. 15,26+4 вкл. Усл. кр. отт. 58,87. Уч.-изд. л. 15,39+5,62 вкл. Тираж 42 000 экз.
Заказ 6100. Цена 1 р. 90 к. Изд. № 1-3.3/1 № 1172.

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ». 107174, Москва, Басманный
туп., 6а.

Ордена Трудового Красного Знамени тип. изд-ва Куйбышевского обкома КПСС,
443086 ГСП, г. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201.

Б. И. ВИЛЬКЕВИЧ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
ТЕПЛОВОЗОВ 3ТЭ10М, 2ТЭ10М,
2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60

Издание третье,
переработанное и дополненное



МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1983

ББК 39.235
В46
УДК 629.424.1.064.5

Рецензент И. Г. Тарасов
Заведующий редакцией В. А. Дробинский
Редактор Н. П. Киселева

Вилькевич Б. И.
В46 Электрические схемы тепловозов 3ТЭ10М, 2ТЭ10М,
2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60. — 3-е изд., перераб. и
доп. — М.: Транспорт, 1983. — 221 с., ил., табл.

Рассмотрены электрические схемы современных тепловозов. Для удобства читателя схемы разделены на элементарные цепи и увязаны с общей схемой.

В 3-м издании отражены изменения в электрических схемах, внесенные производственными объединениями «Ворошиловградтепловоз» и «Коломенский завод».

Для локомотивных и ремонтных бригад, может быть использована инженерно-техническими работниками, студентами вузов, учащимися техникумов и технических школ.

ББК 39.235

В 3602030000-067 67-83
049(01)-83

6Т1.2

© Издательство «Транспорт». 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

На многих железных дорогах сети эксплуатируются грузовые и пассажирские тепловозы с электрической передачей постоянного тока мощностью 2200 кВт (3000 л.с.) в одной секции (3ТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП10Л, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10, ТЭП60 и 2ТЭП60). Электрооборудование и электрические схемы этих локомотивов в значительной мере однотипны, что позволило создать общую книгу с описанием схем.

В первом и втором изданиях книги приведено описание электрических схем тепловозов 2ТЭ10Л, ТЭП10Л, ТЭ10, ТЭП10, 2ТЭ10, ТЭП60 и 2ТЭП60, во втором издании, кроме того, — тепловозов 2ТЭ10В. В третьем издании даны электрические схемы тепловозов 3ТЭ10М и 2ТЭ10М, а электрические схемы тепловозов ТЭ10, ТЭП10 и 2ТЭ10 не приведены, поскольку эти тепловозы сняты с производства в 1961—1963 гг. Для однотипных узлов электрооборудования перечисленных тепловозов для краткости применен термин «тепловозы типа ТЭ10».

В электрических схемах современных грузовых тепловозов предусмотрено улучшение противобоксочных свойств, в частности, применена динамическая жесткая характеристика генератора по напряжению. Такие схемы имеют опытные партии тепловозов 2ТЭ10Л, выпущенные в 1968—1970 гг., все тепловозы 2ТЭ10Л, выпущенные в 1971—1977 гг., а также

тепловозы 2ТЭ10В, выпущенные в 1975—1981 гг., тепловозы 3ТЭ10М, 2ТЭ10М, выпуск которых начат с 1978 г.

Принципиально-монтажные схемы электрооборудования в книге приведены по типу заводских. Лишь схема цепей управления тепловозов ТЭП60 перестроена так, чтобы были показаны оба контроллера и пульта управления. Схемы отдельных цепей тепловозов различных серий изображены однотипно, чтобы наиболее наглядно выделить одинаковые элементы и отличия в них. Буквенно-цифровые обозначения на схемах при параллельном их описании для тепловозов 3ТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л приведены без скобок, для тепловозов ТЭП60, 2ТЭП60 — в квадратных скобках. Если обозначения для этих тепловозов одинаковы, они не повторяются.

В настоящем издании при изображении электрических схем тепловозов использованы условные графические обозначения по ГОСТ 2.730—73*, 2.755—74*, 2.756—76*, которые сравнительно недавно стали применяться в технической документации тепловозостроительных заводов и в технической литературе. В соответствии с ГОСТ 17703—72 использованы термины «главный и вспомогательный контакты» вместо ранее применяемых терминов «силовой и блокировочный контакты», а по ГОСТ 18311—80 вместо термина «клемма» используются термины «вывод», «выводной зажим», «зажим». Буквенные

обозначения обмоток электрических машин на всех схемах (в том числе на схемах тепловозов старого выпуска) приведены в соответствии с ГОСТ 2582—81.

Электрические схемы тепловозов претерпели многочисленные изменения, которые учесть невозможно, но принципиальные изменения в схемах нашли отражение в книге.

Основное описание и прилагаемые принципиально-монтажные электрические схемы тепловозов ЗТЭ10М, 2ТЭ10М и ТЭП60 относятся к тепловозам, выпущенным до 1982 г., а тепловозов 2ТЭ10В и 2ТЭ10Л — к периоду прекращения их постройки (соответственно начало 1981 г. и начало 1977 г.).

На вкладках к книге приведены принципиально-монтажные схемы электрооборудования тепловозов ЗТЭ10М и 2ТЭ10М (схема 2139.70.01.003ЭЗ), 2ТЭ10Л (схема 2ТЭ10Л.70.01.008сх) и ТЭП60 (схемы ТЭП60.70.00.000ЭЗ, ТЭП60, 70.90.000ЭЗ).

Основные отличия электрооборудования тепловозов ЗТЭ10М и 2ТЭ10М от тепловозов 2ТЭ10В:

1) управление тремя секциями тепловоза с одного пульта управления (изменен ряд цепей в схеме, в частности, цепь управления пуском дизеля);

2) перевод дизелей одной или двух ведомых секций в режим холостого хода;

3) увеличено число приборов на пульте управления, сигнальные лампы на крайних секциях смонтированы на отдельных табло;

4) в цепях управления увеличено число цепочек «диод—резистор» для повышения надежности электроаппаратов;

5) электрическое управление отпуском тормозов;

6) адсорбционная осушка сжатого воздуха перед главным резервуаром;

7) три розетки межсекционных соединений;

8) измененная конструкция штепсельного разъема между аккумуляторными батареями отдельных секций;

9) минусовые штепсельные разъемы для облегчения поиска неисправностей в схеме в аппаратных камерах и на пульте управления;

10) переговорное устройство между кабинами секций.

На средней секции установлен упрощенный пульт управления, предназначенный лишь для того, чтобы можно было пустить дизель этой секции и перемещать ее по деповским путям. На этой секции нет устройств АЛСН, радиостанции и поездного крана машиниста.

1. Типы электрических схем

Электрической схемой называется графическое изображение электрических машин, аппаратов, приборов и соединений между ними. Вместе с тем электрической схемой можно называть совокупность электрических цепей, включающих электрические машины, аппараты и приборы, а также соединения между ними, обеспечивающие системы автоматического и неавтоматического управления.

По ГОСТ 2.701—76* и 2.702—75* различают следующие типы электрических схем: структурная (1), функциональная (2), принципиальная (3), соединений (монтажная) и (4), подключения (5), общая (6), расположения (7), прочие (8), объединенная (9). В скобках указано цифровое обозначение типа схемы. Шифр схемы, входящей в состав конструкторской документации, состоит из буквы, определяющей вид схемы (например, для электрической Э), и цифры, обозначающей тип схемы.

В зависимости от особенностей установки, для которой разрабатывается электрическая схема, стандарт предусматривает и другие типы

электрических схем. Так, в тепловозостроении большое распространение получили принципиально-монтажные (исполнительные) схемы; применяются также схемы структурная, принципиальная, соединений, подключения и расположения.

На структурной электрической схеме электропередачи тепловоза или другой системы управления изображают основные электрические машины и аппараты в виде условных графических обозначений или прямоугольников с показом основных связей между ними. Такие схемы используются для иллюстрации системы автоматического управления электропередачей тепловоза или отдельных систем.

На принципиальных электрических схемах тепловозов изображают электрические машины и аппараты, основные электрические соединения. Отдельные элементы электрических аппаратов (включающие катушки, главные и вспомогательные контакты) изображаются не в виде собранного аппарата, а рассредоточенно — в соответствующих цепях схемы. Каждый из элементов аппарата обозначается одинаковыми буквами и цифрами, присвоенными в качестве

условного обозначения этому аппарату¹. Нумерация проводов может не соответствовать фактической маркировке проводов на тепловозе или отсутствовать.

Принципиально-монтажные электрические схемы тепловозов отличаются от принципиальных тем, что на них показывают все виды выводных зажимов (клемм) и штепсельных разъемов с использованием их условных графических обозначений (выводные рейки аппаратных камер, пульты управления, коробки с выводными зажимами, выводы электрических машин и аппаратов). Нумерация проводов полностью соответствует фактической маркировке проводов на тепловозе. Принципиально-монтажные электрические схемы выполняются с учетом фактического расположения электрических машин и аппаратов на тепловозе так, чтобы сократить длину проводов и число соединений.

Большая часть схем, приведенных в книге, — принципиально-монтажные. Принципиально-монтажные схемы тепловозов ЗТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10Л и ТЭП60 представлены на рис. 1, 2, 4, 5, а схемы цепей освещения тепловозов ЗТЭ10М, 2ТЭ10М и ТЭП60 — на рис. 3 и 6 (см. вкладки в книге).

Принципиальные и принципиально-монтажные электрические схемы могут выполняться для всего электрооборудования тепловоза, от-

дельных цепей или аппаратов. Принципиальные электрические схемы тепловозов разрабатываются заводом, который проектирует тепловозную электрическую передачу. Принципиально-монтажные электрические схемы тепловозов создаются на основании принципиальных схем на тепловозостроительном заводе.

На принципиально-монтажных электрических схемах тепловозов в специальной таблице обычно приводится перечень электрических машин, аппаратов, приборов с указанием их обозначения на схеме, количества и марки.

Электрические схемы соединений в тепловозостроении выполняются для соединений между аппаратными камерами, пультами управления и прочими установками тепловоза, а также для сложных электрических аппаратов с несколькими панелями или платами. Здесь приводятся все необходимые указания по монтажу: марки и сечение проводов, раскладка их по пучкам и кондукитам, виды соединений и способы крепления проводов.

Электрические схемы подключения показывают внешние подключения электрических машин и аппаратов. На электрической схеме расположения показывают все устройства с учетом фактического размещения электрических машин и аппаратов (монтаж электрооборудования на раме тепловоза, монтаж электрических аппаратов в аппаратной камере или на пульте управления и др.).

Электрическими схемами соединений, подключения и расположения, а также принципиально-монтажными схемами пользуются при

¹ Если в схеме несколько одноименных машин или аппаратов, применяют обозначения ЗТ1—ЗТ6, П1—П6, КП1—КП6 и т. д. В схемах тепловозов ТЭП60 до 1979 г. применялись обозначения 1КП—6КП, 1ЭТ—6ЭТ и т. д.

монтаже электрооборудования нового тепловоза или при заводском ремонте. Принципиально-монтажными схемами широко пользуются также в эксплуатации при определении неисправностей и регулировке электрооборудования.

2. Особенности изображения электрических схем

Сложные электрические схемы состоят из отдельных цепей. Это относится и к электрической схеме тепловозов (рис. 7). Силовая тяговая цепь, цепи возбуждения тягового генератора, возбудителя и вспомогательного генератора, а также силовые цепи заряда аккумуляторной батареи, пуска дизеля и некоторые цепи управления показаны на принципиально-монтажной электрической схеме тепловоза с правой стороны и посередине (см. рис. 1, 4 и 5). Большая часть цепей управления обычно представлена на левой стороне принципиально-монтажной электрической схемы (см. рис. 1, 2, 4 и 5).

Некоторые вспомогательные цепи, цепи освещения, электроманометров и электротермометров изображают на отдельных листах (рисунках) принципиально-монтажной схемы (см. рис. 3, 6). Отдельные цепи схемы, изображенные на разных рисунках, соединяются общими выводными зажимами у аппаратов, выводных реек или распределительных коробок.

Силовую тяговую цепь, силовую цепь пуска дизеля обычно изображают линиями большей толщины. Иногда, как, например, в данной книге,

отдельные цепи электрической схемы изображены различными цветами, что облегчает изучение схемы. На электрических схемах машины, аппараты и приборы изображают в соответствии с общепринятыми условными графическими обозначениями (см. приложение).

Подвижные контакты аппаратов обычно обозначают так, что сила, действующая на подвижной контакт для включения, должна быть направлена (на схеме) сверху вниз при горизонтальном изображении цепей схемы или слева направо при вертикальном изображении. Контакты реле и контакторов изображают при обесточенной катушке аппарата или отсутствии принудительных сил в неэлектрическом реле.

Выключатели на одно направление (рубильник, тумблеры, пакетные и путевые выключатели, ножные педали, кнопки и др.), как правило, представлены в выключенном положении, за исключением случаев, когда нормальным является включенное положение (рубильники батареи, реле заземления, выключатель управления переходом, путевые выключатели валоповоротного механизма и дверей аппаратных камер).

Главные и вспомогательные контакты реверсора изображают на ведущей секции в положении «Вперед», на ведомой, если она установлена встречно по отношению к ведущей, — в положении «Назад». Контакты рукоятки управления реверсором для двухкабинного тепловоза изображены включенными: для первого пульта — в положении «Вперед», для второго пульта — в положении «Назад».

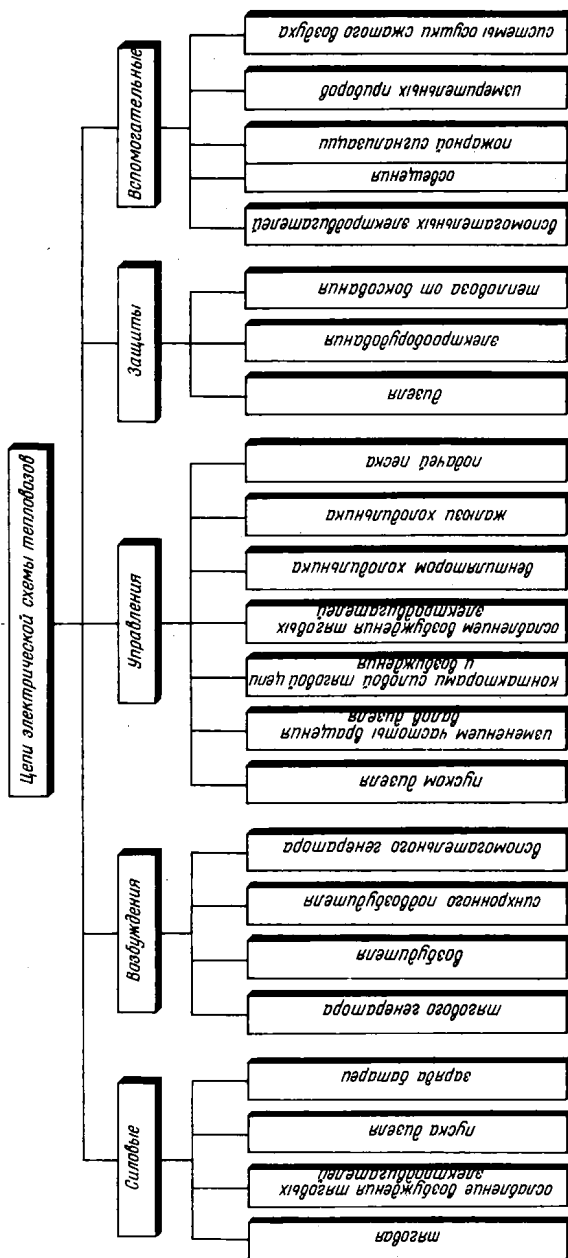


Рис. 7. Классификация цепей электрической схемы тепловозов типа ТЭ10

При изучении отдельных цепей необходимо предварительно разобрать, какие в них входят электрические машины, аппараты, приборы, какое положение контактов аппаратов будет при включенной или выключенной цепи, как изменяется положение контактов в зависимости от позиции контроллера. Это можно проследить по развертке контроллера (см. рис. 1, 2, 4 и 5). Развертка контроллера показывает включение контактов в зависимости от позиции и при этом соответственно видно, какие включаются цепи и аппараты. Это же видно и из таблицы включения контакторов, рёле электропневматических вентилей, которая обычно приводится на принципиально-монтажной схеме (см. рис. 1, 4 и 5).

На принципиально-монтажной схеме двухкабинного тепловоза ТЭП60, разработанной Коломенским тепловозостроительным заводом имени В. В. Куйбышева, приведено только оборудование пульта управления № 1 (рис. 8, а), при этом зажимы пульта № 1 изображены кружочками, а для пульта № 2 эти кружочки черные. Для большей наглядности изображено оборудование обоих пультов (см. рис. 5, 6, 8, б и др.). При этом удобно проследить питание отдельных цепей как от одного, так и от другого пульта управления.

Как известно, на современных тепловозах предусмотрено управление двумя или тремя секциями с одного (ведущего) пульта тепловоза (это называется «управлением по си-

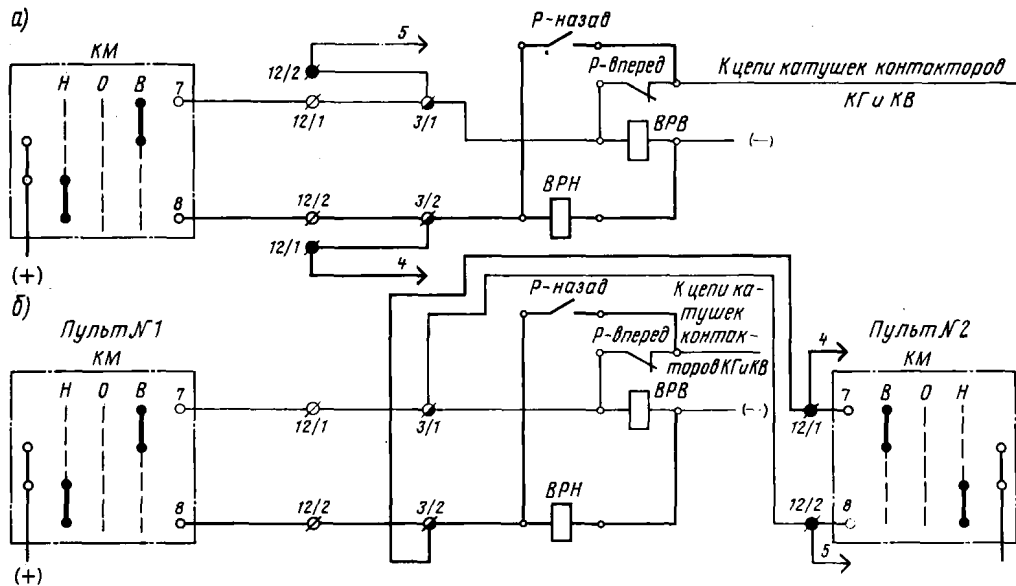


Рис. 8. Особенности изображения цепи электрической схемы тепловозов ТЭП60

стеме многих единиц»). Для этого на задних буферных брусках каждой секции тепловозов установлены розетки межсекционного соединения, к выводным контактам которых подключены соединительные провода от соответствующих цепей электрической схемы. Эти розетки соединены между собой штепселями и многожильным кабелем. При этом применяется как прямое, так и перекрещенное соединение контактов штепселей.

На тепловозах предусмотрена возможность выключения неисправ-

ного тягового электродвигателя. Для этого служат отключатели в виде тумблеров (по одному на каждый двигатель).

Каждый из отключателей имеет по два размыкающих и одному замыкающему контакту. На современных тепловозах установлена розетка реостатных испытаний, в которую выведены провода для измерения напряжения синхронного подвозбудителя, а также потенциальные провода от шунтов, включенных в цепи возбуждения генератора и возбудителя.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ ТЕПЛОВЗОВ

3. Классификация полупроводниковых приборов

В электрооборудовании тепловозов все большее применение находят бесконтактные аппараты, в которых используются диоды, стабилитроны, транзисторы и тиристоры. Прежде чем ознакомиться с устройством и работой бесконтактных регуляторов напряжения и других бесконтактных аппаратов, рассмотрим основные свойства и характеристики полупроводниковых приборов.

Все вещества различаются по способности проводить электрический ток. Металлы являются хорошими проводниками, диэлектрики электрический ток не проводят. Вещества, которые по удельному сопротивлению занимают промежуточное положение между металлами и диэлектриками, называют полупроводниками. Полупроводники — это германий Ge, кремний Si, селен Se и др.

При увеличении температуры полупроводника связи электронов с соседними ядрами атома кристаллической решетки нарушаются и появляются свободные электроны, а если такой полупроводник поместить в электрическое поле, то через него

пойдет электрический ток. При освобождении электрона в кристаллической решетке атома образуется как бы пустое место, получившее название дырки. Дырки — лишь носители положительного заряда, но они не являются какими-то частицами, имеющими массу и заряд.

Проводимость полупроводника, обусловленная перемещением свободных электронов, называется электронной (n -проводимостью), а проводимость, обусловленная перемещением дырок, называется дырочной (p -проводимостью). Соответственно различают электронный и дырочный токи. Полный ток в полупроводнике равен сумме электронного и дырочного токов.

Чистый полупроводник имеет очень небольшое число носителей заряда и его собственная электропроводность чрезвычайно мала. Избыточные носители зарядов (электроны или дырки) могут быть получены путем искусственного введения (легирования) в полупроводниковый материал специальных примесей. Пятивалентная примесь (например, фосфор P, мышьяк As и др.) отдает в полупроводник электроны и называется *донорной* (от слова донор — дарящий).

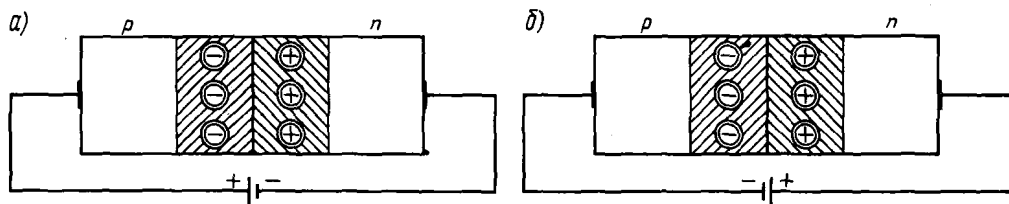


Рис. 9. Включение p - n -перехода:
 а — в прямом направлении; б — в обратном направлении

Полупроводник с донорной примесью имеет электронную проводимость или проводимость типа n (от первой буквы слова negative — отрицательный). Трехвалентная примесь (например, бор В, алюминий А1 и др.) создает в полупроводнике избыток дырок и называется *акцепторной* (от слова акцепт — принимающий). Полупроводник с акцепторной примесью имеет дырочную проводимость или проводимость типа p (первая буква слова positive — положительный).

Полупроводник с электронной или дырочной проводимостью электрически нейтрален. Если в полупроводниковом кристалле одна область за счет донорной примеси имеет элект-

ронную проводимость (типа n), а другая за счет акцепторной примеси имеет дырочную проводимость (типа p), то на границе этих областей образуется электронно-дырочный (p - n) переход, который обладает односторонней проводимостью.

При прямом включении, т. е. тогда, когда положительный полюс источника подключен к области с дырочной проводимостью, а отрицательный полюс — к области с электронной проводимостью, p - n -переход открыт (рис. 9, а). Если подключить положительный полюс источника к области с электронной проводимостью, а отрицательный полюс к области с дырочной проводимостью, то

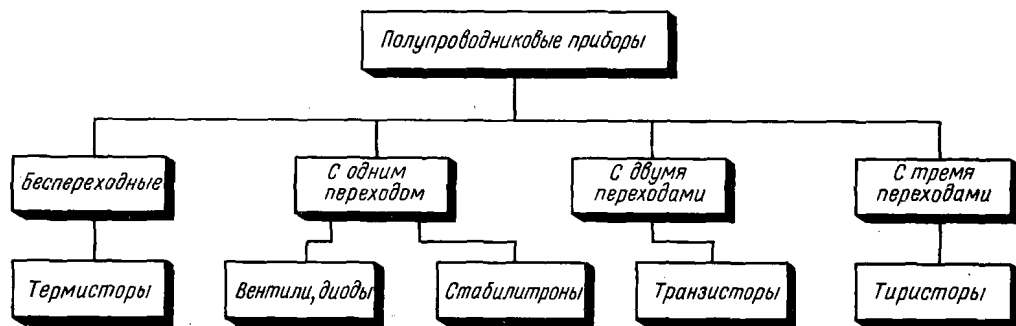


Рис. 10. Классификация наиболее распространенных полупроводниковых приборов, используемых в электрооборудовании тепловозов

p - n -переход будет закрыт, и такое его включение называется *обратным* (рис. 9, б).

Основу почти всех полупроводниковых приборов составляют p - n -переходы и в зависимости от их числа обычно классифицируются полупроводниковые приборы (рис. 10).

4. Полупроводниковые диоды

Полупроводниковым диодом называется прибор с одним электронно-дырочным переходом и двумя электродами. В тепловозных аппаратах и схемах применяются как кремниевые, так и германиевые диоды. Кремниевые диоды обеспечивают большую надежность в работе, допускают более высокие окружающие температуры. Из многочисленных типов полупроводниковых диодов в тепловозных аппаратах и схемах применяются исключительно выпрямительные диоды. Они используются для выпрямления переменного тока и обеспечения односторонней проводимости (в качестве вентиля) в цепях постоянного тока. По значению номинального тока низкочастотные выпрямительные диоды делятся на диоды малой (до 0,3 А), средней (от 0,3 до 10 А) и большой мощности (10 А и более). Диоды большой мощности называют также силовыми. Силовые диоды (или вентили) делятся на классы по значению обратного напряжения и на группы по падению напряжения при номинальном прямом токе.

Силовые кремниевые диоды в зависимости от характера процессов, протекающих при высоком обратном напряжении, подразделяются на обычные и с контролируемым лавин-

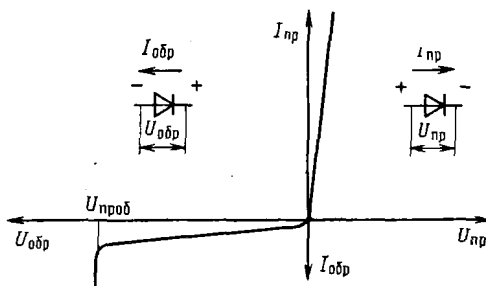


Рис. 11. Вольт-амперная характеристика диода

нообразованием (лавинные). Лавинные диоды могут работать в режиме обратного перенапряжения, что значительно повышает их надежность.

Основная характеристика диода вольт-амперная (рис. 11). При включении диода в прямом (проводящем) направлении ток $I_{пр}$ через него сразу возрастает, а падение напряжения будет небольшим (доли вольта). При обратном включении диода (в непроводящем направлении) через него будет протекать очень малый обратный ток $I_{обр}$ (миллиамперы).

В тепловозных схемах часто встречаются двухполупериодные мостовые схемы выпрямления переменного тока $I_{вып}$ (рис. 12). В первую

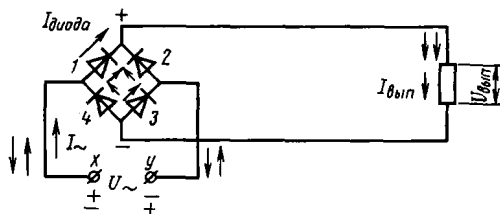


Рис. 12. Двухполупериодная мостовая схема выпрямления переменного тока и соотношение электрических величин в ней:

$$\begin{aligned} U_{вып} &= U_{\sim}; U_{обр} = 1,57 U_{вып}; \\ I_{вып} &= 2 I_{диода}; I_{\sim} = 1,11 I_{вып} \end{aligned}$$

половину периода переменного тока, когда условно предполагается «плюс» у точки x , а «минус» у точки y , ток на нагрузку течет через диоды 1 и 3. Во вторую половину периода полярность у точек x и y меняется, а ток течет через диоды 2 и 4 на нагрузку в том же направлении.

5. Стабилитроны

Стабилитрон — это специальный тип полупроводникового диода, который при включении в обратном направлении может продолжительно работать в режиме электрического пробоя p - n -перехода и обеспечивать при изменении обратного тока постоянное напряжение на своих зажимах (рис. 13). При подключении в прямом направлении и при обратном напряжении, меньшем, чем напряжение пробоя, стабилитрон ведет себя подобно обычному диоду. Однако при определенном напряжении обратный ток через стабилитрон резко возрастает; т. е. происходит электри-

ческий (лавинный) пробой p - n -перехода. Максимальное значение обратного тока (тока стабилизации) ограничивается допустимой мощностью рассеивания, превышение которой приводит к перегреву стабилитрона и его тепловому пробую. Наименьшее значение тока стабилизации обычно равно примерно 1 мА.

Напряжение, при котором происходит электрический пробой и которое поддерживается постоянным на зажимах стабилитрона, называется напряжением стабилизации $U_{ст}$. Так, для применяемых в тепловозных аппаратах стабилитронов напряжение стабилизации равно: для стабилитронов Д809 — 8—9,5 В, Д815А — 5,6 ± 0,56 В, Д815Ж — 18 ± 1,8 В.

В тепловозных схемах и электроаппаратах применяются в основном две схемы включения стабилитронов. Для стабилизации напряжения один или несколько стабилитронов включаются параллельно нагрузке (рис. 14, а, б). При изменении входного напряжения меняется ток через стабилитрон; падение напряжения на стабилитроне (или стабилитронах) остается неизменным. Следовательно, неизменными будут падение напряжения $U_{вых}$ на резисторе нагрузки R_n и ток в нем I_n . При последовательном включении нескольких стабилитронов суммарное напряжение стабилизации равно сумме значений напряжения стабилизации всех стабилитронов.

В качестве чувствительного элемента, реагирующего на изменение напряжения, стабилитрон включается последовательно с прибором, например, полупроводниковым (рис. 14, в).

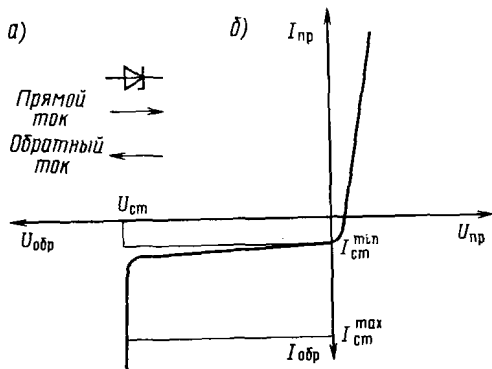


Рис. 13. Условное графическое обозначение стабилитрона (а) и его вольт-амперная характеристика (б)

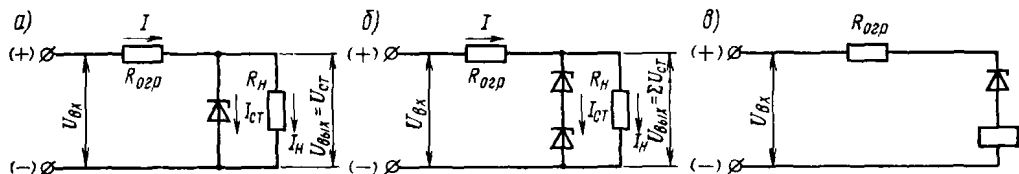


Рис. 14. Включение стабилитронов:

а, б — для стабилизации напряжения на нагрузке; в — в качестве чувствительного элемента, реагирующего на изменение напряжения

а — в качестве чувствительного элемента, реагирующего на изменение напряжения

При подведенном напряжении менее напряжения стабилизации стабилитрон закрыт и в цепи прибора тока нет. Когда напряжение превысит напряжение стабилизации, стабилитрон начнет пропускать ток. Такая схема включения применена в качестве чувствительного элемента измерительного органа регуляторов напряжения БРН-2, БРН-3, БРН-3А и РНТ-5.

6. Транзисторы

Транзистор (полупроводниковый триод) — это полупроводниковый прибор, кристалл которого состоит из трех областей с чередующейся проводимостью и имеет два $p-n$ -перехода.

Две крайние области кристалла полупроводникового материала (кремния или германия) имеют одинаковый тип проводимости. Средняя область обладает противоположной проводимостью. Одна крайняя область называется эмиттером Э, она является источником электрически заряженных частиц. Другую крайнюю область называют коллектором К, она служит для собирания частиц. Через среднюю область (базу Б) производится уп-

равление потоком электрически заряженных частиц. Соответственно $p-n$ -переходы называют эмиттерным $\Pi_э$ и коллекторным $\Pi_к$.

В зависимости от чередования типов проводимости указанных областей различают транзисторы типов $p-n-p$ и $n-p-n$ (рис. 15). Направление тока и полярность внешних источников напряжения для этих типов транзисторов противоположные; соответственно отличаются условные графические обозначения (в этих обозначениях стрелки у эмиттера показывают направление тока).

Все три области транзистора имеют выводы (электроды), через которые они включаются во внешние цепи.

Источники напряжения подключают к $p-n$ -переходам всегда сле-

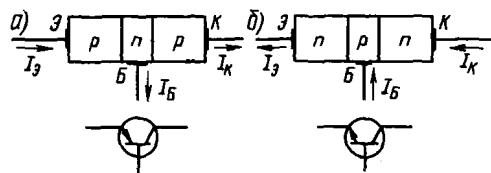


Рис. 15. Структуры областей кристалла транзисторов и условные графические обозначения их:

а — транзисторы типа $p-n-p$; б — транзисторы типа $n-p-n$; Э — эмиттер; К — коллектор; Б — база