

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

А. С. Гурский
П. В. Седяко

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Пособие

для студентов специальностей

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей
(по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 629.33.064.5(075.8)

ББК 39.33-04Я7

О-75

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технологии и организации технического сервиса»
УО БГАТУ (зав. каф., канд. техн. наук, доцент *В. Е. Тарасенко*);
зам. ген. дир. БелНИИТ «Транстехника» *Д. Н. Коваль*

Гурский, А. С.

О-75 Основы проектирования автомобильных электрических схем :
пособие для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая
эксплуатация автомобилей (по направлениям)» и 1-37 01 07 «Авто-
сервис» / А. С. Гурский, П. В. Седяко. – Минск : БНТУ, 2022. – 44 с.
ISBN 978-985-583-824-2.

В издании изложены указания к практическим работам по изучению схематического обозначения электрических компонентов автомобилей, автомобильных электрических схем, а также методам работы с ними.

УДК 629.33.064.5(075.8)

ББК 39.33-04Я7

ISBN 978-985-583-824-2

© Гурский А. С., Седяко П. В., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

Практическая работа № 1

СТРУКТУРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМОБИЛЯ

Типовые схемы питания потребителей

Для умения читать практически любые схемы электрооборудования автомобилей необходимо понимать их структуру и то, на чем она базируется, ввиду этого можно выделить основные элементы, которые учувствуют в схемах электрооборудования автомобиля:

- источник питания (АКБ, генератор);
- элемент защиты (предохранитель);
- потребитель (лампы, электродвигатели и др.);
- соединительные провода и разъемы (концеватели, клеммы и др.);
- элемент управления потребителем (кнопка, переключатель, реле, контроллер или др.).

В зависимости от особенностей потребителя (тока потребления и алгоритма его управления) можно выделить несколько основных типов схем его питания и управления.

Первый вид (рис. 1) схемы питания потребителя как правило используется тогда, когда токи потребления нагрузкой небольшие и ключ / переключатель способен с ними справиться без повреждений в долгосрочной перспективе.

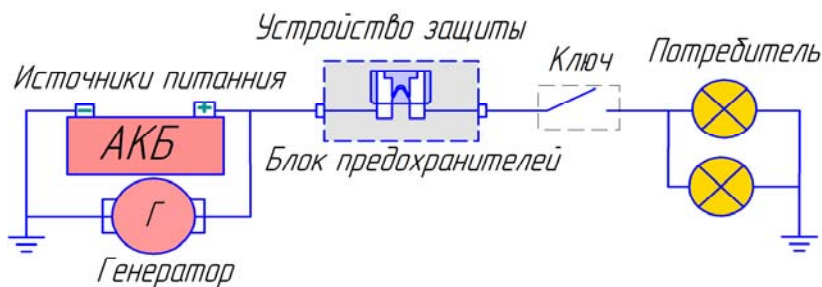


Рис. 1. Схема питания маломощного потребителя

Схема питания, представленная на рис. 2, как правило используется в тех случаях, когда необходимо управлять устройствами с большими токами потребления. Реле в такой схеме является разгру-

зочным, при такой схеме разгружаются контакты ключа от пропускания через себя больших токов потребителя, ключ пропускает только ток потребления электромагнита реле. Также при такой схеме толстые провода, необходимые для питания мощного потребителя, подводятся только к реле и потребителю, что в некоторых случаях сокращает их длину.

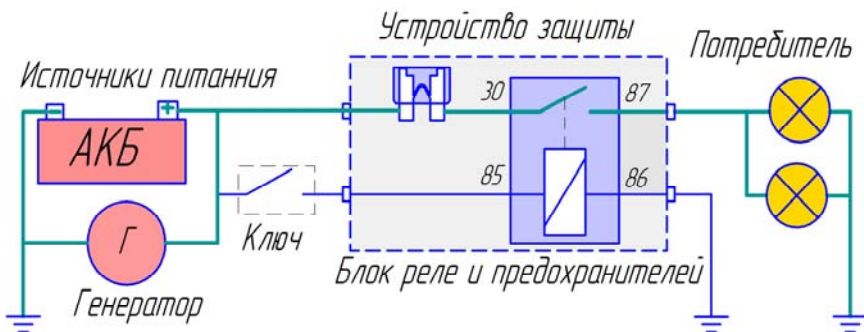


Рис. 2. Схема питания мощного потребителя

В тех случаях, когда алгоритм работы потребителя более сложный и не укладывается в возможности ключа (кнопок, переключателей), т. к. зависит от разных условий, в схеме управления потребителем может участвовать электронный блок управления (рис. 3). Ввиду того, что выходы ЭБУ не всегда способны управлять большими токами потребителя, используется реле.

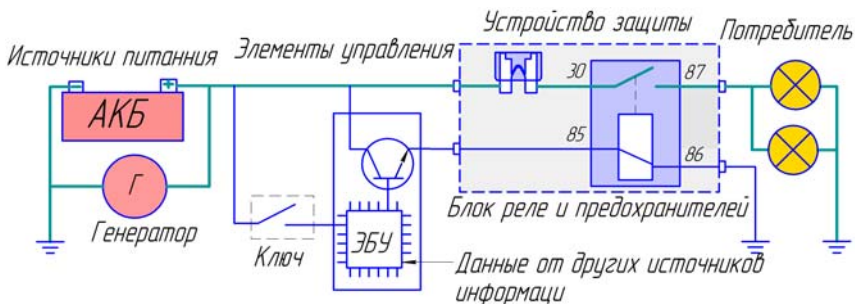


Рис. 3. Схема питания потребителя управляемого с помощью ЭБУ и реле

В тех случаях, когда ЭБУ способен управлять токами потребителя, реле может отсутствовать (рис. 4).

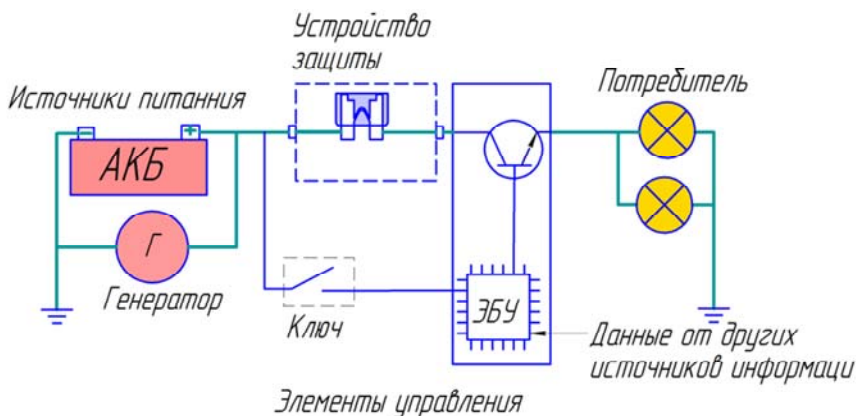


Рис. 4. Схема питания потребителя управляемого с помощью ЭБУ

Стоит отметить, что в некоторых случаях схема питания и управления потребителями может иметь дополнительные реле и переключатели, цель которых обеспечить питание или обесточить цепи при разных положениях ключа в замке зажигания или в связи с другими причинами. Так, например, в автомобилях часто применяется «главное реле» которое учувствует в схеме питания потребителей (рис. 5).

При включении зажигания в автомобилях с инжекторным двигателем подается питание на соответствующий вывод контроллера, соединенный с замком зажигания. Это питание является сигналом к включению главного реле, которое обеспечивает питание форсунок, катушки зажигания (модуля зажигания), реле бензонасоса и других компонентов.

Также в случае, когда необходимо включить мощный потребитель, такой как стартер, то для снижения нагрузки на АКБ некоторые потребители могут обесточиваться (вентилятор отопителя салона, магнитола и др.). Для этой цели служит так называемое «реле разгрузки контакта Х» (рис. 6, 7).

На схеме рис. 6 видно, что реле разгрузки контактов Х при положении «ON» ключа в замке зажигания запитывает один из выводов

(85) реле вентилятора (105), что формирует замкнутую цепь при срабатывании термовыключателя вентилятора двигателя (108). При пуске двигателя электромагнит реле разгрузки контакта X обесточивается и его контакты размыкаются, тем самым обесточивая и реле вентилятора двигателя.

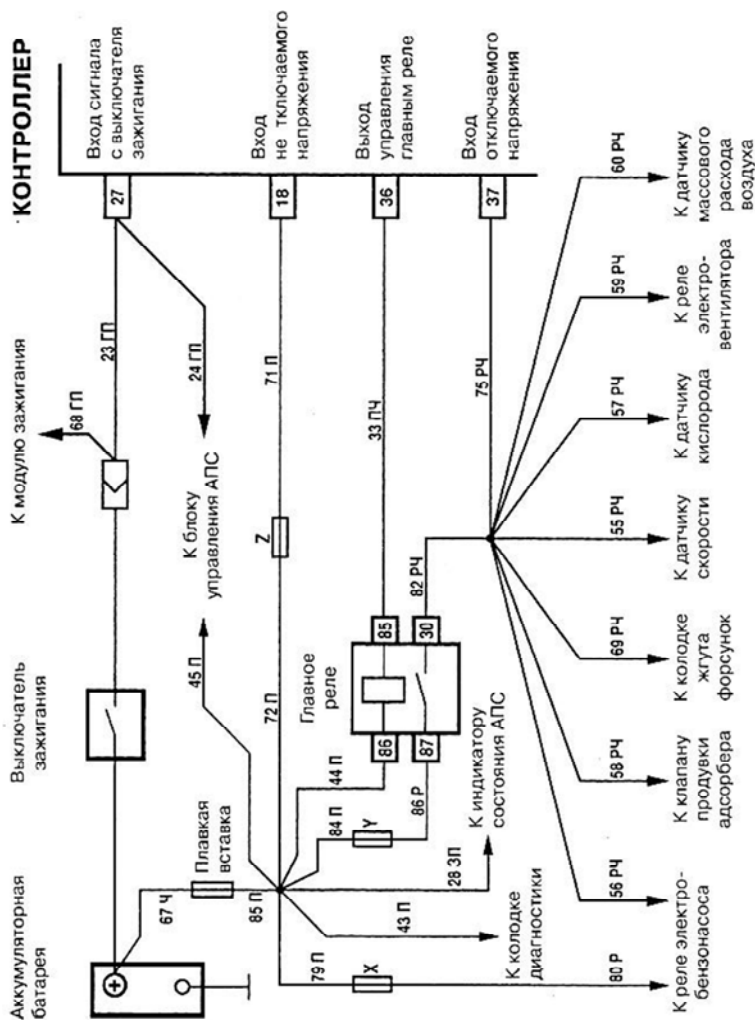


Рис. 5. Схема питания потребителя с главным реле

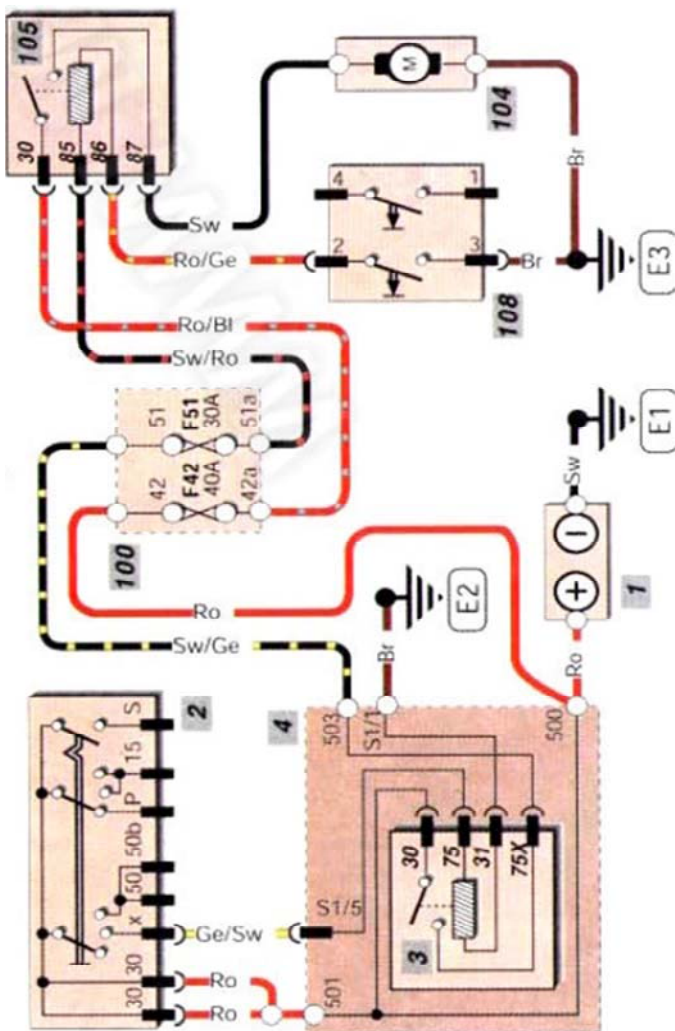


Рис. 6. Электрическая схема питания элементов системы охлаждения двигателя

с реле разгрузки контакта X автомобиля VW Passat B5:

1 – аккумулятор; 2 – выключатель зажигания;

3 – реле разгрузки контактов X; 4 – блок реле;

100 – блок дополнительных реле; 104 – вентилятор системы охлаждения

двигателя; 105 – реле вентилятора системы охлаждения;

108 – термовыключатель вентилятора двигателя

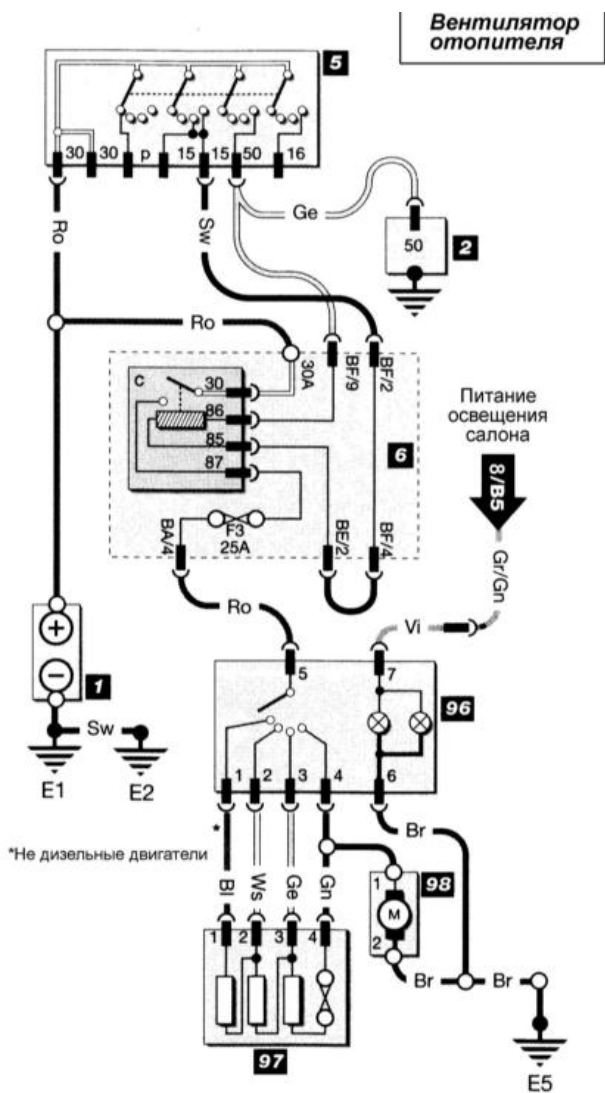


Рис. 7. Электрическая схема питания вентилятора отопителя с реле разгрузки контакта X автомобиля Skoda Felicia:

1 – АКБ; 2 – стартер; 5 – выключатель зажигания;

6 – монтажный блок реле/предохранителей;

96 – выключатель вентилятора отопителя; 97 – резисторы вентилятора отопителя;

98 – электродвигатель вентилятора отопителя; с – реле разгрузки контакта «X»

Из схемы рис. 7 видно, что реле разгрузки контакта X запитывает цепь питания вентилятора отопителя. При положении ключа зажигания в положении пуск двигателя электромагнит реле разгрузки обесточивается и реле размыкает свои контакты, тем самым обесточивая цепь питания вентилятора отопителя.

Основные клеммы на схемах электрооборудования автомобиля

Ввиду вышеизложенных особенностей для некоторых проводов, наличие питания на которых зависит от положения ключа в замке зажигания или других факторов, существуют часто встречающиеся их обозначения.

DIN 72552 – это стандарт DIN для автомобильных электрических клемм, который описывает почти каждый контакт в автомобиле с помощью кода. Некоторые, наиболее часто используемые обозначения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Стандартные обозначения клемм автомобиля
на схемах электрооборудования согласно DIN 72552

Контакт	Значение	Старое обозначение
1	2	3
Стартер		
45	реле стартера	30f, 30h
45a	выход стартера 1	30h, 30h I
45b	выход стартера 2	30h II
50	управление пуском	
50a	управление пуском	
50b	управление пуском	50
50c	управление пуском	50 II
50d	управление пуском	50b, 50k
50e	управление пуском	50a
50f	управление стартером	50
50g	управление стартером	50a
50h	управление стартером	50

Продолжение табл. 1

1	2	3
Аккумулятор		
15	аккумулятор + от замка зажигания	16, 54/15
30	от аккумулятора + прямой	30/51
30a	от 2-й батареи и 12/24 V реле	
31	с возвратом к батарее или прямо на землю	
31a	возврат к батарее – реле 12/24 В	
31b	возврат к батарее – или заземление через переключатель	85d
31c	возврат к батарее – реле 12/24 В	31, 31a
Указатели поворота		
49	блок мигания	15, 15+, 15/54, +, +15
49a	блок мигания вне, индикаторный переключатель	54L, S, S4
49b	выход 2. Цепь мигалки	
49c	вых 3. Цепь мигания	
С	1-й индикатор мигания	К, К1, Р
С2	световой индикатор 2-го мигания	К1, К2, К3, К4
С3	световой индикатор 3-го мигания	Индикатор К3, К4
L	горит слева	HL, L54, VL
R	горит справа	HR, R54, VR
L54	горит, левый	SBL
R54	горит, правый	SBR
Генератор, регулятор напряжения		
61	индикатор заряда г (индикатор зарядки)	
B +	аккумулятор +	51, 51B +, B + 30, B + 51
B-	аккумулятор –	31B-
D +	динамо/альтернатор диод +	
D-	динамо-генератор / диод генератора	
DF	динамо-поле	
DF1	динамо-поле 1	
DF2	динамо-поле 2	
U, V, W	трехфазный переменный ток клеммы	

1	2	3
Система освещения		
54	стоп-сигналы огни	
54g	фонари	54
55	противотуманные фары	N
56a	фара дальний свет и индикатор	
56b	ближний свет	F
57	габаритные огни	
57a	габаритные огни	P
57L	габаритные огни слева	PL
57R	габаритный свет правый	PR
58	подсветка номерного знака, приборная панель	
58d	регулятор освещения панели	58b
58L	стояночный свет	58
58R	стояночный свет	58
Контакты реле		
85	катушка реле –	
86	катушка реле +	
87	общий контакт	30/51
87a	нормально закрытый контакт	
87b	нормально открытый контакт	
88	общий контакт 2	30/51 (реле)
88a	нормально замкнутый контакт 2	
88b	нормально разомкнутый контакт 2	

На клемме 30 постоянный + от АКБ. Эти провода, находящиеся всегда под напряжением, в большинстве случаев имеют красный цвет. При работе с проводами соответствующими клемме 30 необходимо снять минусовую клемму, подключенную к аккумулятору. Если этого не сделать, то неосторожное обращение с инструментом может привести к короткому замыканию.

На клемме 15 появляется + от АКБ только при включенном зажигании (положение I для отечественных автомобилей или положение ON для иномарок).

Клемма 31 – клемма массы (постоянный «–» от АКБ), посредством которой потребитель электроэнергии должен быть соединен с массой для того, чтобы замкнуть электрическую цепь.

Клемма X имеет + от АКБ только при включенном зажигании, но при пуске двигателя + от АКБ отсутствует.

Данные обозначения помогают лучше понимать особенности питания потребителя при поиске причин его неисправности.

Цвета проводов

Ввиду того, что схемы электрооборудования автомобиля, напечатанные на бумаге или в электронном виде, как правило черно-белые, приняты стандартные буквенные обозначения цветов проводов (табл. 2). В зависимости от страны производителя автомобиля, сокращения цветов могут быть на разных языках.

Таблица 2

Цвета проводов

Сокращение, немец.	Сокращение, англ.	Сокращение, франц.	Цвета
ws – weiß	wh – white	ba – blanc	Белый
sw – schwarz	bk – black	no – noir	Черный
ro – rot	rd – red	rg – rouge	Красный
br – braun	bn – brown	ma – marron	Коричневый
gn – grün	gn – green	ve – vert	Зеленый
bl – blau	bu – blue	be – bleu	Синий
gr – grau	gy – grey	gr – gris	Серый
li – lila	vt – violet	vi – violet	Фиолетовый
ge – gelb	ye – yellow	ja – jaune	Желтый
rs – rosa	pk – pink	sa – rose	Розовый
be – beige	bg – beige	bj – beige	Бежевый

Если провод двухцветный, то обозначается через символ слэш (/), например нем. ro/ge – красно-желтый.

В некоторых случаях цвет провода на схеме может обозначаться с помощью цифр, букв или специальных знаков (рис. 8).

СООТВЕТСТВИЕ ЦВЕТОВ / ЦИФР			СЕЧЕНИЕ И ЦВЕТ ПРОВОДОВ	
ЧЕРНЫЙ	(N)	= 0		75 mm ²
КОРИЧНЕВЫЙ	(M)	= 1		60 mm ²
КРАСНЫЙ	(R)	= 2		50 mm ²
ОРАНЖЕВЫЙ	(Or)	= 3		25 mm ²
ЖЕЛТЫЙ	(J)	= 4		16 mm ²
ЗЕЛЕНый	(Ve)	= 5		10 mm ² – Слоновая кость
ГОЛУБОЙ	(Bu)	= 6		7 mm ² – Розовый
ФИОЛЕТОВЫЙ	(Vi)	= 7		5 mm ² – Слоновая кость
СЕРЫЙ	(G)	= 8		3 mm ² – Розовый
БЕЛЫЙ	(Bc)	= 9		2 mm ² – Серый
Пример такой разметки :				1 mm ² – Зеленый
1	Коричневый	(M)		0,6 mm ² – Серый
11	Коричневый / коричневый	(MM)		0,35 mm ² – Оранжевый
11С	Коричневый / коричневый	(MM)		

Рис. 8. Обозначение цветов проводов на схемах

Практические задания

1. Собрать схему питания потребителя, представленную на рис. 1 и рис. 2.
2. Собрать схему питания потребителя с реле разгрузки.
3. Проверить наличие + и – на клеммах 30, 15, 31 при разных положениях ключа зажигания на автомобиле VW Passat B3.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит электрическая цепь питания потребителей автомобиля?
2. Какое обозначение имеет провод, на котором постоянный + от АКБ при любых положениях ключа в замке зажигания?
3. Какое обозначение имеет провод, на котором постоянный + от АКБ только при положении ON ключа в замке зажигания?
4. Какое обозначение имеет провод, на котором постоянный + от АКБ пропадает при пуске двигателя?
5. В каких случаях необходимо использовать реле в цепи питания потребителя?
6. Какое назначение разгрузочного реле?
7. Какое назначение у реле разгрузки контактов X?

Практическая работа № 2

ОСОБЕННОСТИ ЧТЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

Несмотря на то, что электрические схемы составлены разными производителями и визуально могут сильно отличаться, их принципиальная структура одинакова.

Электрические схемы автомобилей VAG группы

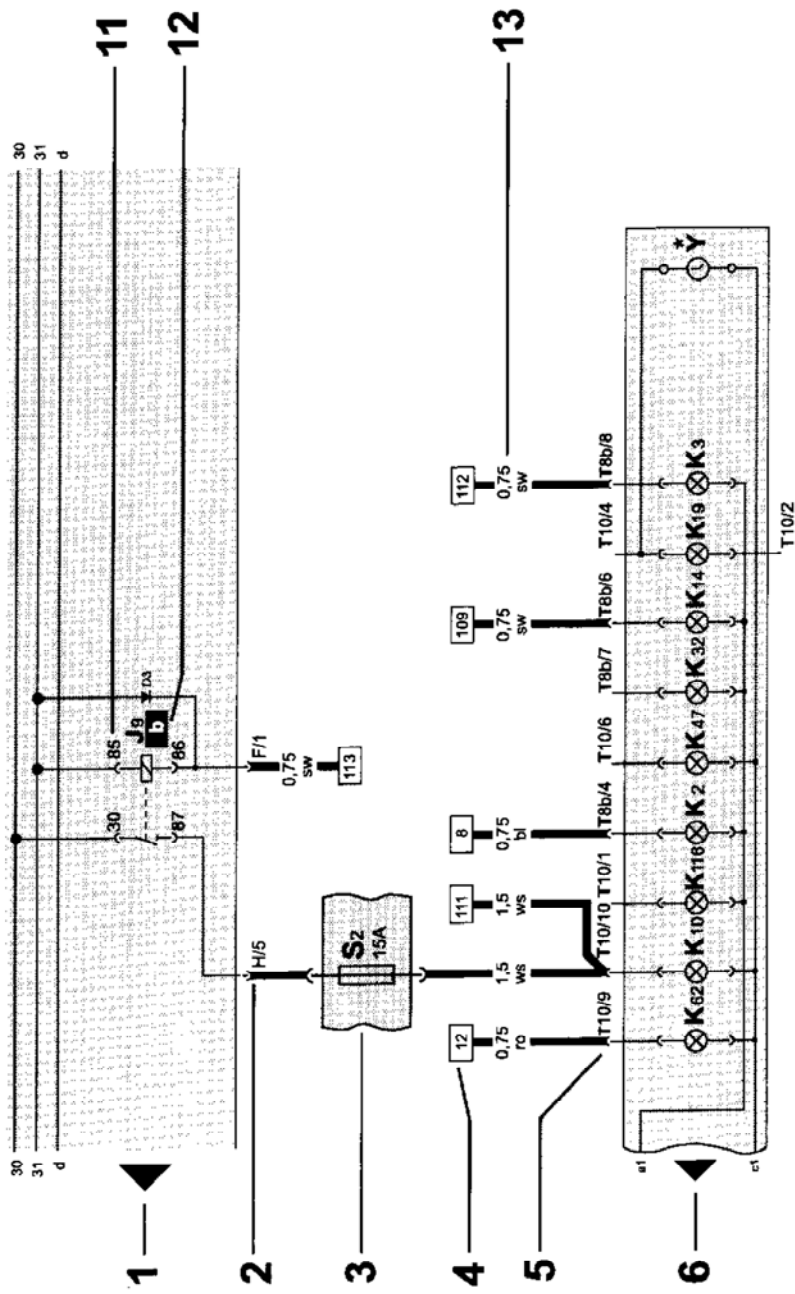
Электрические схемы автомобилей VAG группы представлены следующим образом: в верхней части схемы (рис. 10, поз. 1) имеются линии питания блока реле и предохранителей, которые как правило обозначаются согласно DIN 72552, а также сами реле и предохранители; в нижней части схемы имеется линия отвечающая за «массу». Между блоком реле и предохранителей и «массой» находятся потребители.

Ввиду того, что вся схема как правило не помещается на одну страницу, необходим способ *ориентирования* и связи *проводов*, соединяющих компоненты на разных страницах схемы. Для этой цели в нижней части схемы имеется нумерация вертикалей, т. е. если провод заканчивается прямоугольником с цифрой внутри (рис. 10 поз. 4), то цифра указывает номер вертикали, на которой данный провод продолжается, также на искомом проводе будет ссылка на номер вертикали исходного провода. Так, например, если провод, находящийся на вертикали номер 111 ссылается на вертикаль номер 28, то провод на вертикали 28 будет ссылаться на вертикаль номер 111.

Наиболее часто встречающиеся обозначения компонентов, используемых на электрических схемах, представлены на рис. 9.



Рис. 9. Обозначение компонентов на схемах электрооборудования



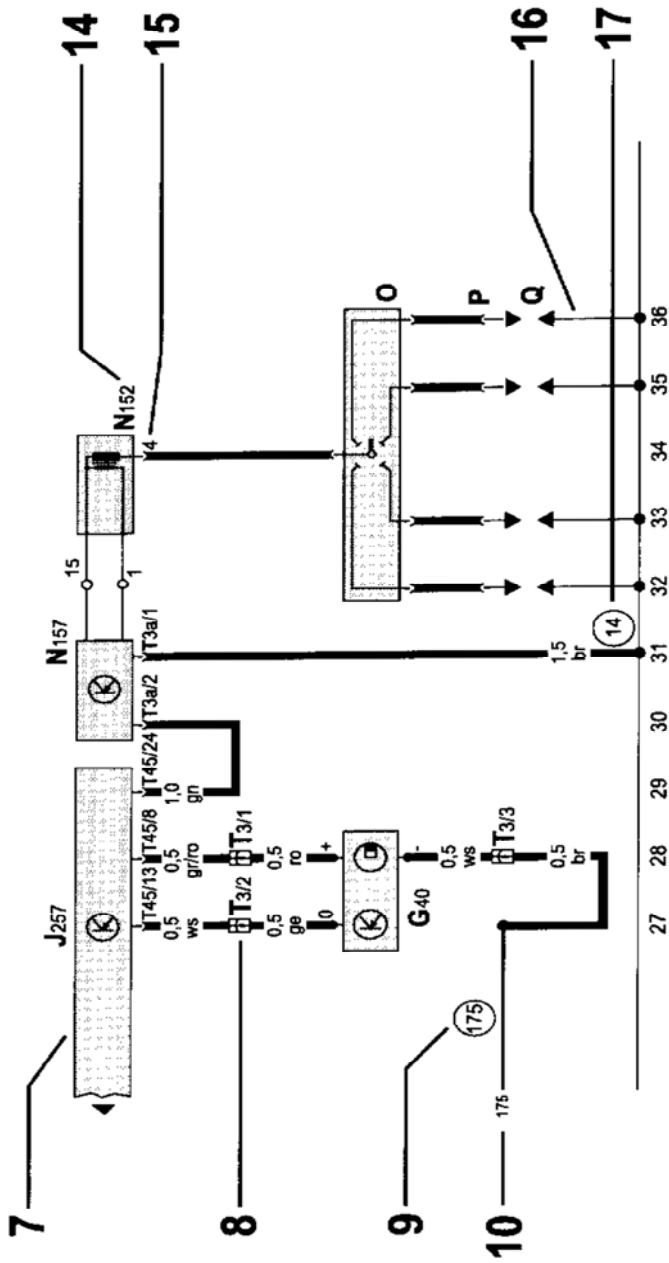


Рис. 10. Электрическая схема электрооборудования автомобиля VAG группы

1 – стрелка указывает на продолжение электрической схемы, входящей в принципиальную схему электрооборудования автомобиля.

2 – обозначение штекерного разъема на релейной панели.

Указывает распиновку многоконтактного штекерного разъема. Например Н/5 – многоконтактный штекерный разъем Н, провод занимает контакт номер 5.

3 – обозначение предохранителя

Например, предохранитель номер 2 (15 А) в блоке реле и предохранителей.

4 – ссылка на дальнейшее продолжение провода

Номер, заключенный в рамке, обозначает номер вертикали, в которой находится продолжение данного провода.

5 – обозначение штекерного разъема на детали (узле конструкции).

Заключает в себе маркировку многоконтактного штекерного разъема, число контактов и номер занятого контакта, напр. Т10/9 – многоконтактный штекерный разъем Т10, 10-контактный, контакт 9.

6 – стрелка указывает на продолжение данной детали в следующей принципиальной схеме электрооборудования.

7 – обозначение компонента.

8 – обозначение штекерного разъема в жгуте проводов.

Содержит маркировку многоконтактного штекерного разъема, число контактов и номер занятого контакта, например ТЗ/2 – многоконтактный штекерный разъем ТЗ, 3-контактный, провод занимает контакт 2.

9 – обозначение соединения в жгуте проводов (точка прочного соединения проводов).

10 – ссылка на дальнейшее прохождение внутреннего соединения.

Номер указывает на следующую часть схемы соединений, в которой находится продолжение данного соединения.

11 – обозначение соединения – реле на релейной панели. Обозначает отдельные контакты реле.

12 – обозначение места для реле.

13 – сечение (в мм²) и цвет провода.

14 – обозначение узла конструкции.

Все компоненты (блоки управления, форсунки датчики и др.) имеют свои обозначения в виде буквы и номера, как правило буква характеризует тип элемента (например все форсунки и клапаны обозначаются буквой N, а блоки управления – буквой J).

15 – обозначение соединительной клеммы.

16 – внутреннее соединение (тонкая линия).

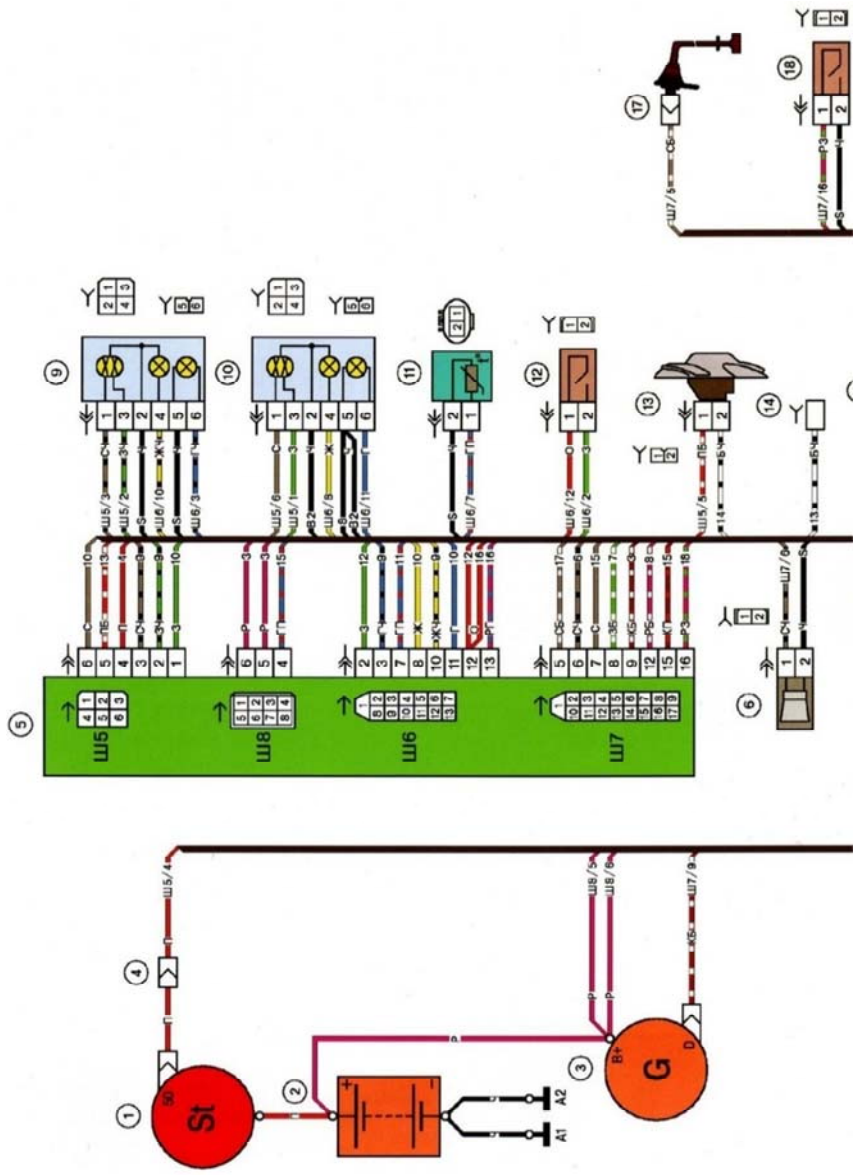
Это соединение не существует в виде провода а представляет непосредственный контакт (стартер-двигатель, генератор-двигатель и т. п.). Тем не менее, внутренние соединения являются электропроводящими. Они позволяют наблюдать за прохождением тока как внутри деталей, так и внутри жгутов проводов.

17 – обозначение точки соединения с кузовом (минусовой клеммой АКБ).

Электрические схемы автомобилей ВАЗ группы

Электрические схемы автомобилей семейства ВАЗ как правило представлены в виде жгутов проводов с потребителями. Вся схема электрооборудования разделена на жгуты, которые имеют свое положение в автомобиле (жгут передний (подкапотного пространства), жгут правой/левой передней/задней двери, жгут проводов обогрева сидений, жгут задний (уходит в багажник, запитывает фары, стеклоочиститель, обогрев стекла), жгут панели приборов). Жгуты проводов имеют свое начало в виде колодки разъема в блоке реле и предохранителей или колодки разъема соединения с другим жгутом, а заканчиваются потребителями (рис. 11).

Несмотря на то, что компоненты на схемах изображены довольно похожими на настоящие, все они имеют свой номер, по которому можно определить их название в описании к схеме. Также этот номер помогает при определении места подключения провода. Число, указанное на проводе, указывает на номер компонента, к которому он ведет. Буква указывает на цвет провода. Если к потребителю приходит несколько проводов одного цвета, то обозначение следующее: 10/32 – 10 – это номер компонента, к которому ведет данный провод, а 32 – это номер контакта в колодке разъема (рис. 12).



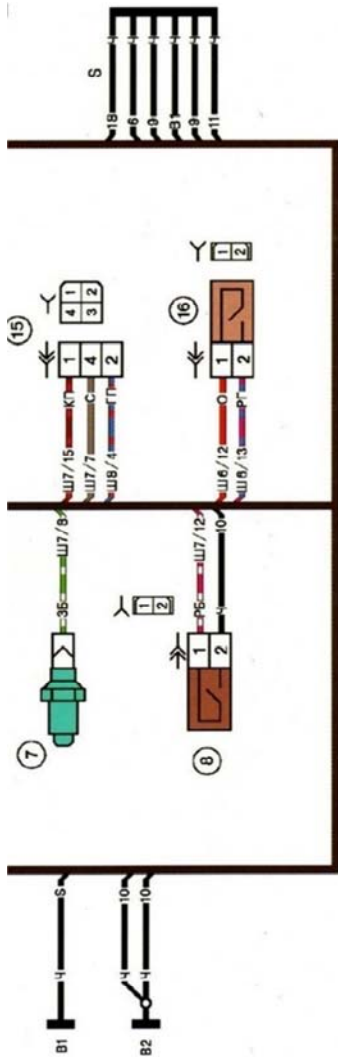


Рис. 11. Схема электрических соединений жгута переднего автомобиля LADA 2113, 2114:

- 1 – стартер; 2 – батарея аккумуляторная; 3 – генератор; 4 – колодки жгута АКБ, и стартера, жгута переднего;
- 5 – монтажный блок; 6 – сигнал звуковой; 7 – датчик указателя температуры охлаждающей жидкости;
- 8 – датчик уровня омывающей жидкости; 9 – фара левая; 10 – фара правая; 11 – датчик температуры окружающего воздуха; 12 – выключатель лампы света заднего хода; 13 – электроventилиатор двигателя; 14 – колодка жгута переднего к жгуту системы сжигания; 15 – колодка, используемая на автомобилях с карбюратором;
- 16 – датчик уровня тормозной жидкости; 17 – датчик уровня масла; 18 – датчик уровня охлаждающей жидкости; Ш16-Ш18 – разъемы монтажного блока; А1, А2, В1, В2 – точки заземления жгута переднего;
- жгут проводов передний – 2114-3724010-10;
- жгут проводов соединительный аккумуляторной батареи и стартера – 2115-3724070;
- провод соединительный двигателя с АКБ и корпусом – 21082-3724080-11

Электрические схемы автомобилей Skoda, Mazda и других марок

Отличительная особенность данных схем состоит в том, что связь одних и тех же проводов на разных схемах осуществляется не по вертикалям как на схемах автомобилей vag группы, а с помощью стрелок (рис. 13), которые указывают расположение продолжения провода. На другой схеме искомый провод, расположенный согласно координатам, будет иметь ответную ссылку в виде такой же стрелки.

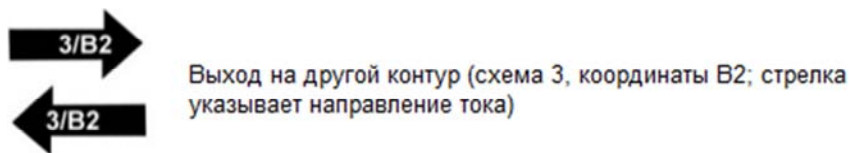
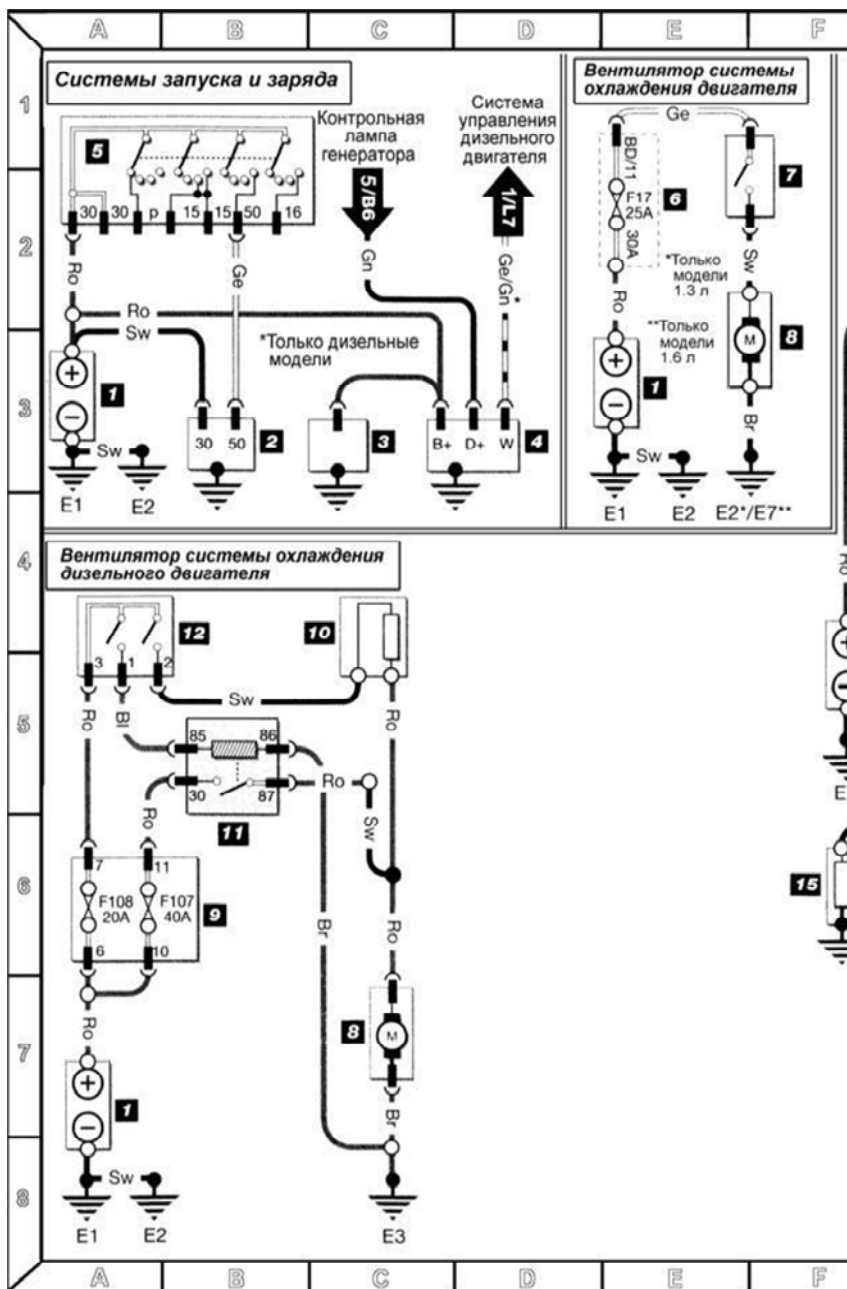


Рис. 13. Трассировка проводов на электрических схемах



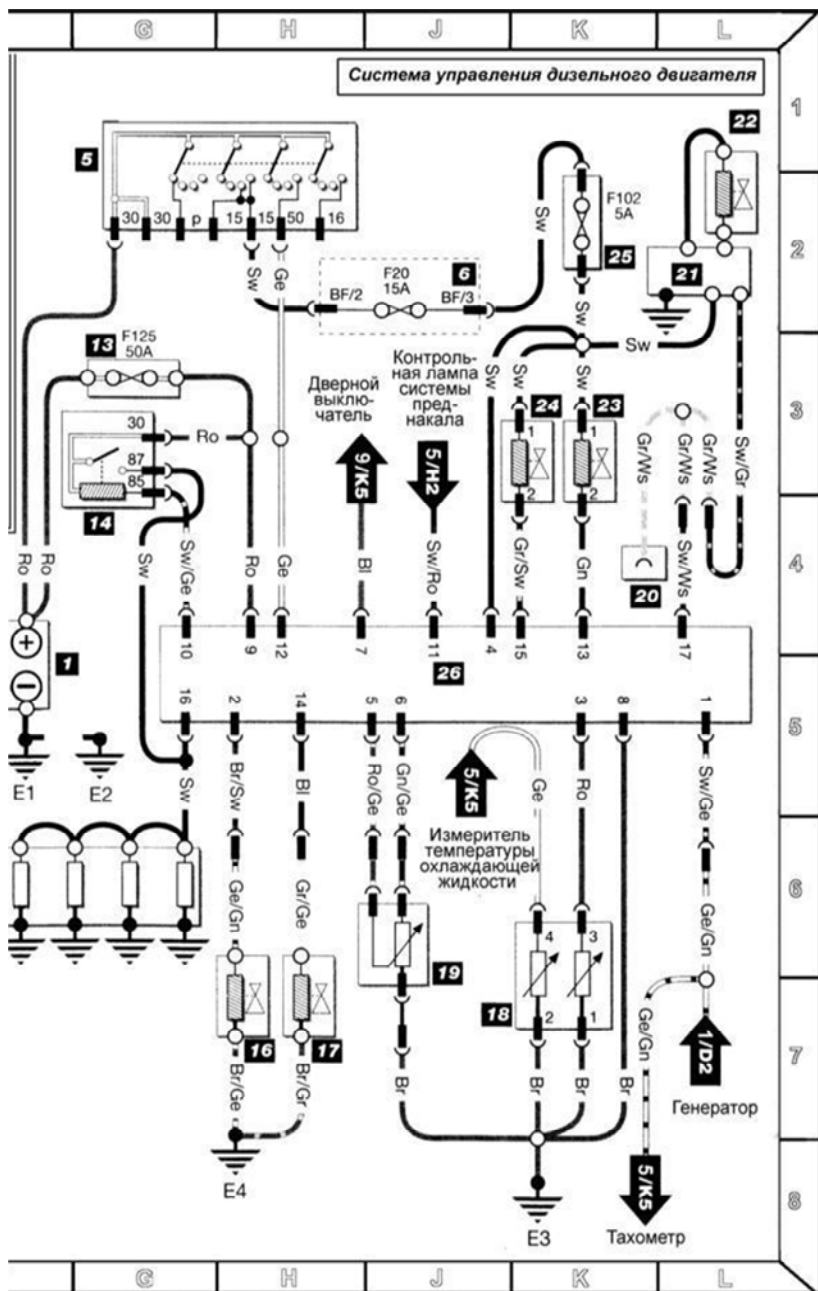


Рис. 14. Пример электрической схемы автомобиля Skoda Felicia (схема № 1)

Расшифровка обозначений (рис. 14): 1 – АКБ; 2 – стартер; 3 – фильтр подавления шумов; 4 – генератор; 5 – выключатель зажигания; 6 – монтажный блок реле / предохранителей; 7 – датчик-выключатель вентилятора системы охлаждения; 8 – электромотор вентилятора системы охлаждения; 9 – предохранители вентилятора системы охлаждения (дизельные модели); 10 – последовательный резистор вентилятора системы охлаждения; 11 – реле вентилятора системы охлаждения второй стадии; 12 – блок датчика-выключателя вентилятора системы охлаждения; 13 – предохранитель свечей накаливания; 14 – реле свечей накаливания; 15 – свечи накаливания; 16 – клапан-прерыватель полной нагрузки; 17 – начало подачи топлива клапаном впрыска; 18 – сдвоенный датчик температуры охлаждающей жидкости; 19 – сигнальный потенциометр нагрузки; 20 – диагностический разъем; 21 – блок управления устройства прекращения подачи топлива; 22 – запорный клапан прекращения подачи топлива; 23 – клапан egr; 24 – клапан стабилизации оборотов холостого хода; 25 – предохранитель блока управления дизельного двигателя; 26 – блок управления дизельного двигателя обозначения цвета изоляции электропроводки.

Практические задания

1. Провести соответствие электрической схемы автомобиля VW Passat B3 и его проводов, проверить наличие питания (+ и –) в колодках разъема, подключаемых к потребителям.

2. Провести соответствие электрической схемы автомобиля ВАЗ 2114 и его проводов, проверить наличие питания (+ и –) в колодках разъема, подключаемых к потребителям.

Контрольные вопросы

1. Какие принципиальные отличия в электрических схемах автомобилей разных марок?

2. Каким образом осуществляется связь проводов, находящихся на разных схемах автомобилей VAG группы?

3. Как обозначается непосредственный контакт на схемах автомобилей VAG группы?

Практическая работа № 3

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Электронные компоненты разделяются на пассивные и активные.

Пассивные компоненты

Резистор – пассивный элемент электрической цепи, в идеальных условиях характеризуемый только сопротивлением электрическому току. То есть для идеального резистора в любой момент времени должен выполняться закон Ома: мгновенное значение напряжения на резисторе пропорционально току, проходящему через него. На практике же резисторы в той или иной степени обладают также паразитной емкостью, паразитной индуктивностью и нелинейностью вольт-амперной характеристики.

Для определения параметров резистора используется цветовая маркировка. Цветовая маркировка наносится в виде четырех или пяти цветных колец. Каждому цвету соответствует определенное цифровое значение. У резисторов с четырьмя цветными кольцами первое и второе кольца обозначают величину сопротивления в Омах, третье кольцо – множитель, на который необходимо умножить номинальную величину сопротивления, а четвертое кольцо определяет величину допуска в процентах (рис. 16).

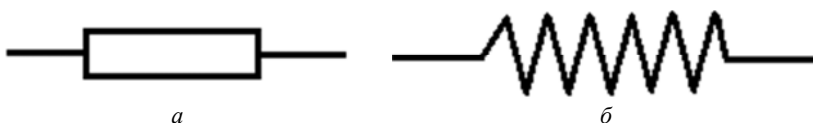


Рис. 15. Обозначение резистора на электрической схеме:
a – обозначение, принятое в Европе; *б* – принятое в США

Маркировка SMD резисторов

Первые две или три цифры обозначают численное значение сопротивления резистора, а последняя цифра показатель множителя. Эта последняя цифра указывает степень, в которую необходимо

возвести 10, чтобы получить окончательный множитель (рис. 16). При четырехзначной маркировке первые три цифры умножаются на 10 в степени множителя (например резистор 7920 имеет сопротивление $R = 792 \cdot 10^0 = 792 \text{ Ом}$). При трехзначной маркировке первые три цифры умножаются на 10 в степени множителя (например резистор 312 имеет сопротивление $R = 31 \cdot 10^2 = 3100 \text{ Ом}$).



Цвет	Первый пояс	Второй пояс	Третий пояс	Четвертый пояс
	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск от номинального значения
Черный	0	0	10^0	—
Светло-коричневый	1	1	10^1	$\pm 1\%$
Красный	2	2	10^2	$\pm 2\%$
Оранжевый	3	3	10^3	—
Желтый	4	4	10^4	—
Зеленый	5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
Синий	6	6	10^6	—
Фиолетовый	7	7	10^7	—
Серый	8	8	10^8	—
Белый	9	9	10^9	—
Золотистый	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
Серебристый	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
Без окраски	—	—	—	$\pm 20\%$

Рис. 16. Цветовая маркировка резистора

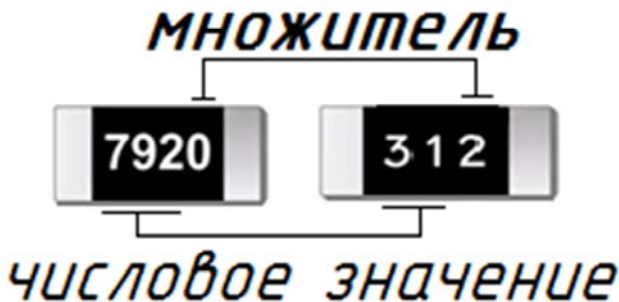


Рис. 17. Маркировка SMD резистора

Конденсатор

Конденсатор – это элемент электрической цепи, предназначенный для накопления электрической энергии. После заряда не пропускает постоянный ток. Может быть использован для образования колебательного контура и сглаживающего фильтра.

Емкость измеряется в специальных единицах, именуемых фарадами (Ф или F). Однако 1 фарад – колоссальная величина, которая не используется в радиотехнике. Для конденсаторов применяется микрофарад (мкФ, μF) – фарад, разделенный на миллион. Единица обозначается как мкФ практически на всех типах конденсаторов. В теоретических расчетах иногда можно увидеть миллифарад (мФ, mF), что равняется фараду, деленному на тысячу. В маленьких конденсаторах применяется нанофарад (нФ, nF) и пикофарад (пФ, pF), что соответственно равняется 10^{-9} и 10^{-12} фарад.

На схемах конденсаторы изображаются следующим образом (рис. 18).

	Конденсатор постоянной емкости
	Конденсатор электролитический полярный
	Конденсатор электролитический неполярный
	Конденсатор переменной емкости
	Подстроечный конденсатор

Рис. 18. Обозначение конденсаторов на электрической схеме

По способу установки конденсаторы могут быть как для поверхностного монтажа, так и для выводного монтажа (рис. 19).



Рис. 19. Внешний вид конденсаторов

В зависимости от материалов, применяемых в конденсаторах, конденсаторы бывают:

- керамические, пленочные и им подобные неполярные. Не маркируются, но их характеристики легко определяются при помощи мультиметра. Диапазон емкостей от 10 пикофард до 10 микрофард;

- электролитические – производятся в форме алюминиевого бочонка, маркируются, с виду напоминают обычные вводные, но монтируются на поверхности;

- танталовые – корпус прямоугольный, размеры разные. Цвет выпуска – черный, желтый, оранжевый. Маркируются специальным кодом.

Электролитические компоненты. На таких компонентах обычно промаркирована емкость и рабочее напряжение. К примеру, это может быть 156v, что будет означать, что его характеристики – 15 микрофард и напряжение в 6 В. А может оказаться, что марки-

ровка совершенно другая, например D20475. Подобный код определяет конденсатор как 4,7 мкФ, 20 В. Перечень буквенных обозначений совместно с их эквивалентом напряжения: е – 2,5 В; G – 4 В; J – 6,3 В; A – 10 В; C – 16 В; D – 20 В; E – 25 В; V – 35 В; H – 50 В.

Керамические компоненты. Маркировка керамических конденсаторов имеет более широкое количество обозначений, хотя сам код их содержит всего 2–3 символа и цифру. Первым символом, при его наличии, обозначен производитель, второй говорит о номинальном напряжении конденсатора, ну а цифра – емкостный показатель в пкФ. К примеру, простейшая маркировка T4 будет означать, что емкость данного керамического конденсатора равна $5,1 \times 10$ в 4-й степени пкФ.

Танталовые компоненты. Такие элементы типоразмера «а» и «в» маркируются буквенным кодом по номинальному напряжению. Таких букв 8 – это G, J, A, C, D, E, V, T. Каждая буква указывает напряжение, соответственно – 4, 6,3, 10, 16, 20, 25, 35, 50. За ней следует емкостный код в пкФ, состоящий из трех цифр, последняя из которых будет обозначать число нулей. К примеру, маркировкой E105 обозначен конденсатор $1\ 000\ 000$ пкФ = 10 мкФ, а его номинал составит 25 В. Размеры C, D, E маркируются прямым кодом, подобно коду электролитических конденсаторов.

Катушка индуктивности

Катушка индуктивности предназначена для накопления магнитной энергии при протекании электрического тока, обладает значительной индуктивностью при относительно малой емкости и малом активном сопротивлении. Представляет собой винтовую, спиральную или винтоспиральную катушку из свернутого изолированного одножильного или многожильного провода, намотанного на цилиндрический, тороидальный или прямоугольный каркас из диэлектрика или плоскую спираль, волну или полосу печатного или другого проводника (рис. 20). Также бывают и бескаркасные катушки. Намотка может быть как однослойной, так и многослойной.

Для увеличения индуктивности применяют сердечники из ферромагнитных материалов: электротехнической стали, пермаллоя, карбонильного железа, ферритов. Также сердечники используют для изменения индуктивности катушек в небольших пределах.



Рис. 20. Внешний вид катушки индуктивности

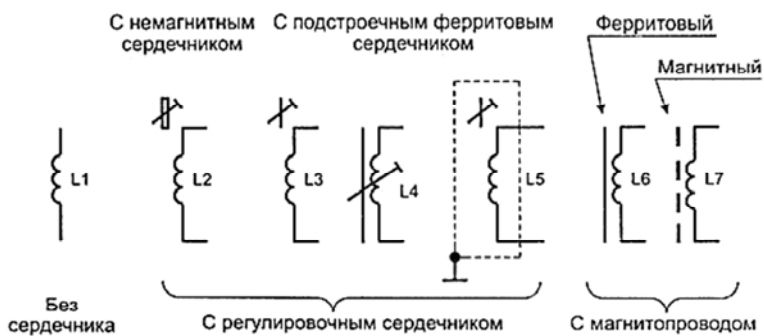


Рис. 21. Условное графическое обозначение катушки индуктивности



Рис. 22. Катушка с подстроечным сердечником

Активные компоненты

К активным компонентам относятся устройства способные усиливать или преобразовывать электрические сигналы.

Диод

Диод – это полупроводниковое устройство, которое управляет током как однополюсный выключатель. Он позволяет току свободно проходить в одном направлении, но значительно ограничивает движение тока в противоположном.

По общей классификации диоды делятся на большие группы: неполупроводниковые и полупроводниковые.

Неполупроводниковые. Одной из наиболее давних разновидностей являются лампы (электровакуумные) диоды. Они представляют собой радиолампы с двумя электродами, один из которых нагревается нитью накала. В открытом состоянии с поверхности нагреваемого катода заряды движутся к аноду. При противоположном направлении поля прибор переходит в закрытую позицию и ток практически не пропускает.

Еще один вид неполупроводниковых приборов – газонаполненные, из которых сегодня используются только модели с дуговым разрядом. Газотроны (приборы с термокатадами) наполняются инертными газами, ртутными парами или парами других металлов. Специальные оксидные аноды, используемые в газонаполненных диодах, способны выдерживать высокие нагрузки по току.

Полупроводниковые. В основе полупроводниковых приборов лежит принцип р-п перехода. Существует два типа полупроводников: р-типа и п-типа. Для полупроводников р-типа характерен избыток положительных зарядов, для п-типа – избыток отрицательных зарядов (электронов). Если полупроводники этих двух типов находятся рядом, то возле разделяющей их границы располагаются две узкие заряженные области, которые называются р-п переходом. Такой прибор с двумя типами полупроводников с разной примесной проводимостью (или полупроводником и металлом) и р-п-переходом называется полупроводниковым диодом. Именно полупроводниковые диодные устройства наиболее востребованы в современных аппаратах различного назначения. Для разных областей применения разработано множество модификаций таких приборов.



Рис. 23. Внешний вид диода



Рис. 24. Виды полупроводниковых диодов и их обозначение на электрических схемах

Маркировка диодов

Наиболее распространены следующие системы кодирования:

1. JEDEC (США) – Стандартизированная система EIA370 нумерации N-серии.

Вид кода: <цифра><буква><серийный номер>[суффикс].

Первая цифра – цифра, отражающая количество переходов в элементе (1 для диодов). Буква – всегда буква «N». Серийный номер – двух-, трех- или четырехзначное число, которое отражает порядковый номер регистрации полупроводникового прибора в EIA. Суффикс – отражает разбивку приборов одного типа на различные типономиналы по характерным параметрам. Суффикс может состоять из одной или нескольких букв. Например: 1N34A/1N270 (германиевый диод), 1N914/1N4148 (кремниевый диод), 1N4001–1N4007 (кремниевый выпрямительный диод на 1А) и 1N54xx (мощный кремниевый выпрямительный диод на 3А).

2. PRO ELECTRON (Европа).

Обозначение состоит из четырех элементов.

Первый элемент – буква, обозначающая тип полупроводникового материала, используемого в приборе:

- 1) А – германий;
- 2) В – кремний;
- 3) С – арсенид галлия;
- 4) R – другие полупроводниковые материалы.

Второй элемент – буква, обозначающая тип полупроводникового прибора:

- 1) А – маломощные импульсные и универсальные диоды;
- 2) В – варикапы;
- 3) Е – туннельные диоды;
- 4) G – приборы специального назначения (например, генераторные), а также сложные приборы, содержащие в одном корпусе несколько различных компонентов;
- 5) H – магниточувствительные диоды;
- 5) P – светочувствительные приборы (фотодиоды, фототранзисторы и т. п.);
- 7) Q – светоизлучающие приборы (светодиоды, ИК-диоды и т. п.);
- 8) X – умножительные диоды;
- 9) Y – выпрямительные диоды, бустеры;
- 10) Z – стабилитроны, ограничители.

Третий элемент – буква, которая ставится только для приборов, предназначенных для применения в аппаратуре специального назначения (промышленной, профессиональной, военной и т. п.). Обычно используются буквы «Z», «Y», «X» или «W». В обозначениях приборов общего назначения этот элемент отсутствует.

Четвертый элемент – двух-, трех- или четырехзначный серийный номер прибора.

В обозначении могут присутствовать и некоторые дополнительные элементы. Например, такой же, как и в системе JEDEC суффикс, который отражает разбивку приборов одного типа на различные типоминималы по характерным параметрам.

Для некоторых типов приборов (таких как стабилитроны) может применяться дополнительная классификация. При этом к основному обозначению (может также быть через дефис или дробь) добавляется дополнительный код. Например, часто применяется дополнительный код, содержащий сведения о напряжении стабилизации и его возможном разбросе («А» – 1 %, «В» – 2 %, «С» – 5 %, «D» – 10 %, «Е» – 15 %). Если напряжение стабилизации – не целое число, то вместо запятой ставится буква V. В дополнительном коде для выпрямительных диодов указывается максимальная амплитуда обратного напряжения.

Например, BZY88C4V7 – это кремниевый стабилитрон специального назначения с регистрационным номером 88, напряжением стабилизации 4,7 В с максимальным отклонением этого напряжения от номинального значения $\pm 5\%$.

Тиристор

Тиристор – это полупроводниковые приборы с тремя или более р-п-переходами, которые имеют два устойчивых состояния и применяются как мощные электронные ключи (управляемый диод).

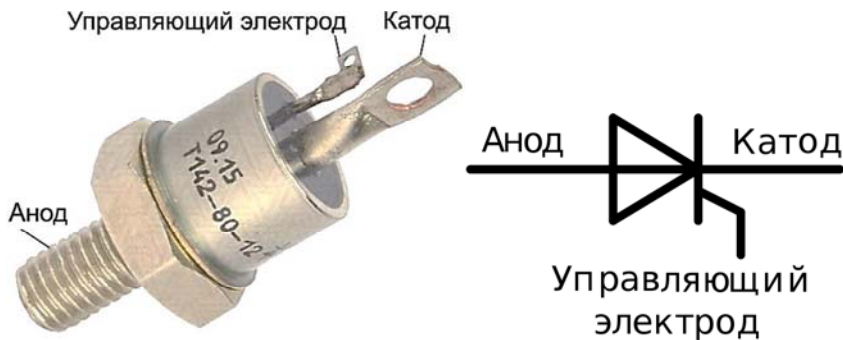


Рис. 25. Внешний вид тиристора

Условное графическое обозначение тиристоров

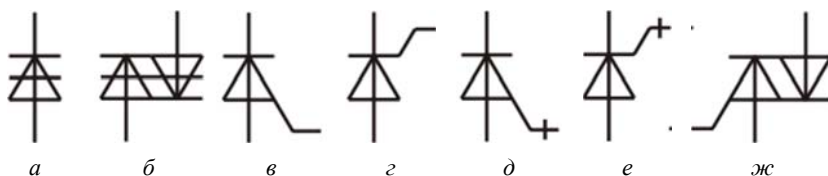


Рис. 26. Обозначение тиристоров на схемах:

- а* – диодный тиристор (динистор);
- б* – диодный симметричный тиристор;
- в* – триодный незапираемый тиристор с управлением по аноду;
- г* – триодный незапираемый тиристор с управлением по катоду;
- д* – запираемый тринистор с управлением по аноду;
- е* – запираемый тринистор с управлением по катоду;
- ж* – триодный симметричный незапираемый тиристор с управлением по аноду

Существуют различные виды тиристоров, которые подразделяются, главным образом:

- по способу управления;
- по проводимости: тиристоры, проводящие ток в одном направлении (примеры: несимметричные динисторы и несимметричные тринисторы); тиристоры, проводящие ток в двух направлениях (примеры: симметричные динисторы и симисторы – симметричные тринисторы).

Транзистор

Биполярный транзистор это полупроводниковый прибор, у которого имеются два электронно-дырочных перехода, сформированных в одном монокристалле полупроводника. Эти переходы в полупроводнике создают три области с различными формами электропроводности. Одна крайняя часть перехода называется эмиттером, другая – коллектором, а средняя – базой. К каждой области отводятся металлические выводы для подключения транзистора в рабочую электрическую цепь. Внешний вид транзистора представлен на рис. 27.

Электропроводность эмиттера и коллектора противоположна электропроводности базы. В зависимости от последовательности чередования р-и n-областей, транзисторы разделяют на типы со структурой р-n-р и n-р-n переходов.

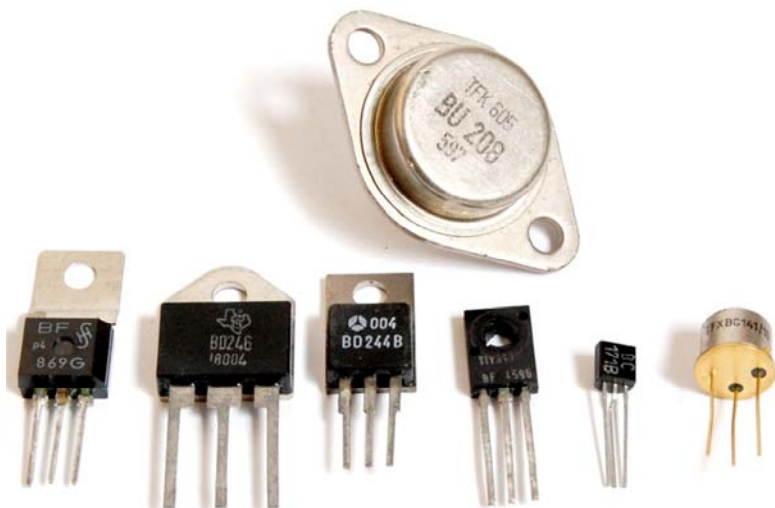


Рис. 27. Внешний вид транзисторов

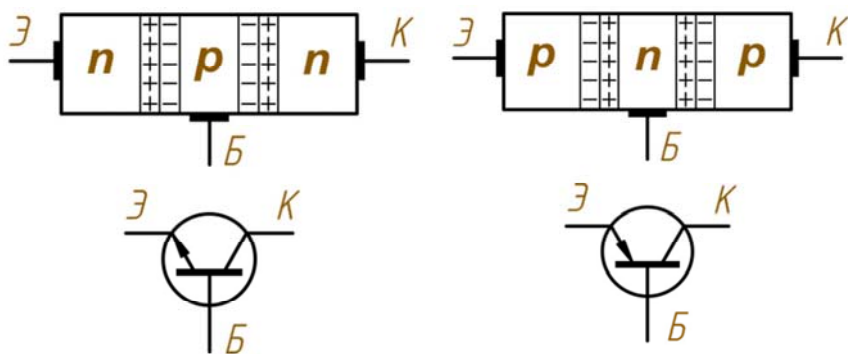


Рис. 28. Структура и условное обозначение биполярного транзистора n-p-n и p-n-p типов

Условное обозначение p-n-p и n-p-n биполярных транзисторов на схемах отличается лишь направлением стрелок у эмиттера.

Электронно-дырочный переход, который образован эмиттером транзистора и его базой, называется «эмиттерным переходом», а переход образованный коллектором и базой соответствующего типа транзистора «коллекторным переходом».

Условное знаковое обозначение транзистора

Условное обозначение состоит из 5 элементов.

Первый элемент системы обозначает исходный материал, на основе которого изготовлен транзистор, и его содержание не отличается от системы обозначения диодов: Г или 1 – германий или его соединения; К или 2 – кремний или его соединения; А или 3 – арсенид галлия; И или 4 – соединения индия.

Второй элемент указывает на тип транзистора: Т – биполярный; П – полевой.

Третий элемент (цифра) указывает на функциональные возможности транзистора по допустимой рассеиваемой мощности и частотным свойствам. Транзисторы малой мощности ($P_{\max} < 0,3$ Вт): 1 – маломощный низкочастотный ($f_{гр} < 3$ МГц); 2 – маломощный среднечастотный ($3 < f_{гр} < 30$ МГц); 3 – маломощный высокочастотный ($30 < f_{гр} < 300$ МГц). Транзисторы средней мощности ($0,3 < P_{\max} < 1,5$ Вт): 4 – средней мощности низкочастотный; 5 – средней мощности среднечастотный; 6 – средней мощности высокочастотный. Транзисторы большой мощности ($P_{\max} > 1,5$ Вт): 7 – большой мощности низкочастотный; 8 – большой мощности среднечастотный; 9 – большой мощности высокочастотный и сверхвысокочастотный ($f_{гр} > 300$ Гц).

Четвертый элемент – цифры от 01 до 99, указывающие порядковый номер разработки.

Пятый элемент – одна из букв от А до Я, обозначающая деление технологического типа приборов на группы.

Например, транзистор КТ540Б, расшифровывается так: К – кремниевый транзистор, Т – биполярный, 5 – средней мощности среднечастотный, 40 – номер разработки, Б – группа.

Режимы работы биполярного транзистора

На каждый р-п переход транзистора может быть подано как прямое, так и обратное напряжение. В соответствии с этим различают четыре режима работы биполярного транзистора.

1. В инверсном активном режиме переход БК открыт, а ЭБ наоборот – закрыт. Усилительные свойства в этом режиме, естественно, хуже поэтому транзисторы в этом режиме используются очень редко.

2. В режиме насыщения оба перехода находятся под прямым смещением. В этом случае выходной ток не зависит от входного и определяется только параметрами нагрузки. Цепь, содержащую транзистор в режиме насыщения, можно считать короткозамкнутой, а сам этот радиоэлемент представлять в виде эквипотенциальной точки.

3. В режиме отсечки оба перехода транзистора закрыты, т. е. ток основных носителей заряда между эмиттером и коллектором прекращается. Потоки неосновных носителей заряда создают только малые и неуправляемые тепловые токи переходов. Из-за бедности базы и переходов носителями зарядов, их сопротивление сильно возрастает. Поэтому часто считают, что транзистор, работающий в режиме отсечки, представляет собой разрыв цепи.

4. В барьерном режиме база напрямую или через малое сопротивление замкнута с коллектором. Также в коллекторную или эмиттерную цепь включают резистор, который задает ток через транзистор. Таким образом получается эквивалент схемы диода с последовательно включенным сопротивлением. Этот режим очень полезный, так как позволяет схеме работать практически на любой частоте, в большом диапазоне температур и нетребователен к параметрам транзисторов.

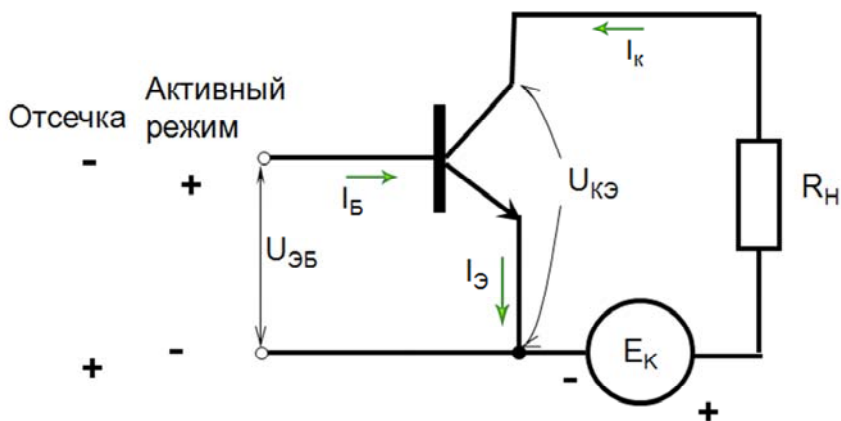


Рис. 29. Схема включения биполярного транзистора с общим эмиттером

Характерным признаком данной схемы является расположение нагрузки в цепи коллектора.

$$\text{Коэффициент усиления по току: } \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{I_{\text{К}}}{I_{\text{Б}}} = \frac{I_{\text{К}}}{I_{\text{Э}} - I_{\text{К}}} = \frac{1}{1 - \alpha} = \beta,$$

$$[\beta \gg 1]. \text{ Входное сопротивление } R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = U_{\text{БЭ}} / I_{\text{Б}}.$$

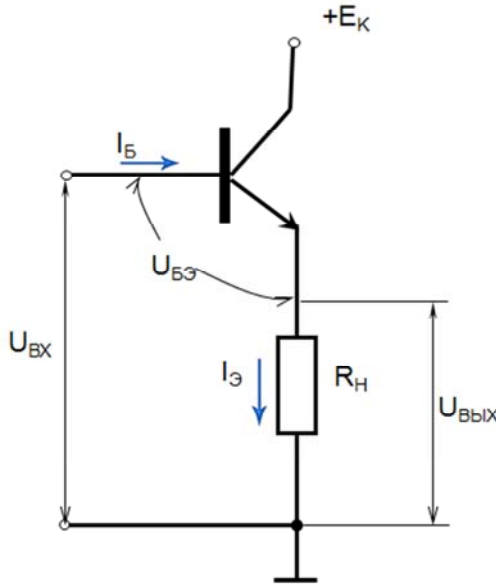


Рис. 30. Схема включения биполярного транзистора с общим коллектором

В схеме с общим коллектором нагрузка включена в цепь эмиттера. Входным в этой схеме является напряжение между базой и корпусом, а выходным – между эмиттером и корпусом. Также стоит отметить, что данная схема не дает усиления по напряжению.

$$\text{Коэффициент усиления по току: } \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = \frac{I_{\text{Э}}}{I_{\text{Б}}} = \frac{I_{\text{Э}}}{I_{\text{Э}} - I_{\text{К}}} = \frac{1}{1 - \alpha} = \beta,$$

$$[\beta \gg 1]. \text{ Входное сопротивление } R_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{I_{\text{ВХ}}} = U_{\text{БЭ}} + U_{\text{ВЫХ}} / I_{\text{Б}}.$$

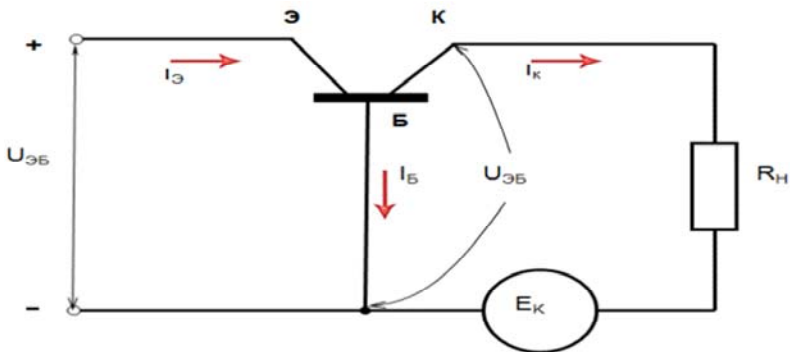


Рис. 31. Схема включения биполярного транзистора с общей базой

В данной схеме управляющим является напряжение $U_{ЭБ}$, поэтому небольшое его изменение приводит к изменению тока эмиттера в очень широких пределах – практически от нуля до максимального.

$$\text{Коэффициент усиления по току: } \frac{I_{ВЫХ}}{I_{ВХ}} = \frac{I_К}{I_Э} = \alpha, \quad [\alpha < 1].$$

$$\text{Входное сопротивление } R_{ВХ} = U_{ВХ} / I_{ВХ} = U_{ЭБ} / I_Э.$$

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются активные элементы от пассивных?
2. Каким образом могут маркироваться компоненты на электронных платах?
3. Какие компоненты называют SMD и как расшифровывается эта аббревиатура?
4. Какие существуют виды диодов и где они применяются?
5. Где применяют конденсаторы и какие они бывают?
6. Где применяют катушки индуктивности и какие они бывают?

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория, конструкция и расчет автотракторного электрооборудования : учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Автотракторное электрооборудование» / Л. В. Копылова, В. И. Коротков, В. Е. Красильников; под ред. М. Н. Фесенко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1992. – 384 с., ил.
2. Тимофеев, Ю. П. Электрооборудование автомобилей : устранение и предупреждение неисправностей / Ю. П. Тимофеев, Н. М. Ильин, Г. Л. Тимофеев. – 3-е изд., перераб. и доп., – М. : Транспорт. 1994. – 301 с.
3. Шалыгин, А. Ю. Схемы электрооборудования Volkswagen Passat B5. – М. : Издательский Дом Третий Рим, 2003. – 40 с., табл., ил.
4. Ибрагим, К. Ф. Основы электронной техники: элементы, схемы, системы / пер. с англ. – Изд. второе. – М. : Мир, 2001. – 398 с., ил.
5. Грантер, А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей. – М.: ЗАО «Алфамер Пабблишинг» 2001. – 288 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1. Структура электрических схем автомобиля	3
Практическая работа № 2. Особенности чтения электрических схем автомобилей	14
Практическая работа № 3. Основные компоненты электрических принципиальных схем.....	27
Литература	43

Учебное издание

ГУРСКИЙ Александр Станиславович
СЕДЯКО Павел Викторович

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ**

Пособие

для студентов специальностей

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей
(по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

Редактор *А. В. Кочемарова*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 22.11.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,62. Уч.-изд. л. 1,84. Тираж 100. Заказ 611.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.