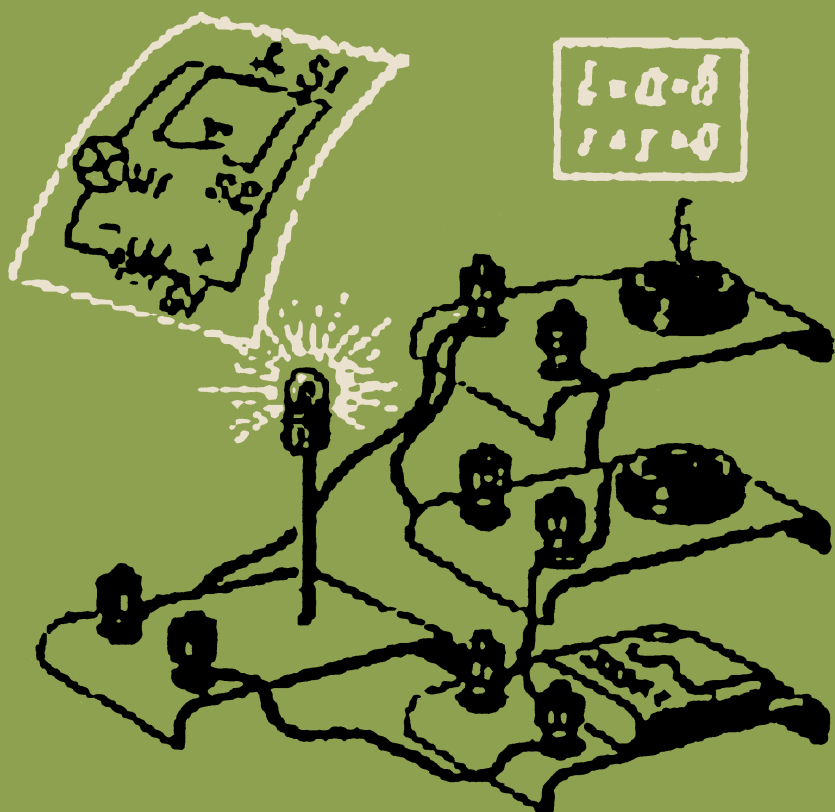


Ф и з и к а

Библиотечка  
физико-математической школы

К. В. ЛЮБИМОВ  
С. М. НОВИКОВ

# ЗНАКОМИМСЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ



К. В. ЛЮБИМОВ, С. М. НОВИКОВ

# ЗНАКОМИМСЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ

Пособие  
для любознательных  
юных физиков

Издание второе,  
дополненное и переработанное



Москва «Наука»  
Главная редакция  
физико-математической литературы  
1981

22.33

Л 93

УДК 537

Физика

Библиотечка  
физико-математической школы

Редактор серии

Я. А. Смородинский

Л  $\frac{20400-092}{053(02)-81}$  90-81. 1704000000

© Издательство «Наука».  
Главная редакция  
физико-математической  
литературы, 1981

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	4
Условные обозначения в схемах электрических цепей . . . . .	7
Конструктор для сборки электрических цепей . . . . .	11
задачи . . . . .	19
I. Обсуждаем правила составления и проверки электрических цепей . . . . .	19
II. Делаем первые шаги . . . . .	22
III. Узнаем новые сведения, полезные при конструировании электрических цепей . . . . .	26
IV. Знакомимся с разнообразными и достаточно сложными электрическими цепями . . . . .	28
V. Знакомимся с «арифметикой и алгеброй кнопок» . . . . .	51
VI. Решаем задачи, применяя «алгебру кнопок» . . . . .	65
ОТВЕТЫ . . . . .	68
Что делать дальше . . . . .	109

## ПРЕДИСЛОВИЕ

### *Юный читатель!*

Особое значение для физики и техники имеет хорошее знание законов электричества. В первых четырех частях этой небольшой книжки содержится около 100 задач, решение которых поможет тебе сделать первые шаги в изучении электричества. Обратившись к задачам, решая их одну за другой, ты сможешь научиться неплохо разбираться в схемах электрических цепей, сможешь научиться и конструировать, и собирать не очень сложные электрические цепи.

Первые задачи просты. Их решение позволит тебе увереннее приступить к решению следующих, более сложных задач. Вполне возможно, что какая-то задача окажется трудной для тебя. И если после упорных раздумий и попыток тебе так и не удастся ее решить, то ты припомни, как решал предыдущие задачи, прочитай и обдумай первую и третью части этой книги, в которых говорится о том, как же следует рассуждать, решая задачи на конструирование электрических цепей. Однако если и после такой работы задачу решить не удастся, то тогда, конечно, следует посмотреть ответ к задаче и разобраться в том, как же ее следовало решать.

В части V ты познакомишься с необычной «алгеброй», объектами которой являются ...кнопки. Теория этой «алгебры» используется в технике при построении автоматических устройств и быстродействующих электронных вычислительных машин. В книге рассматриваются некоторые автоматы, конструировать которые помогает «алгебра кнопок».

Собирая цепи и исследуя их работу, ты сможешь познакомиться с многообразными задачами, которые выполняются автоматическими устройствами: контроль, сигнализация, блокировка, защита и т. п. Заметим, что

все эти цепи позволяют только смоделировать работу автоматических объектов, встречающихся в практике. Работа по сборке электрических цепей даст тебе возможность приступить в дальнейшем к самостоятельному изготовлению действующих моделей автоматов и других электрических устройств.

Для выполнения задач, предлагаемых в данной брошюре, тебе понадобятся, как правило, лишь такие пособия и приборы, которые обязательно имеются в кабинете физики любой школы, или же такие пособия, которые ты сам сможешь легко смастерить. При необходимости обращай за помощью и советом к учителю физики, и он тебе обязательно поможет.

Авторы предполагают, что все цепи тобой будут собираться так, что источником тока при этом будет служить или батарейка для карманного фонаря, или небольшая аккумуляторная батарея.

*Если тебе захочется собирать и испытывать цепи, питаемые электрическим током от сети с напряжением 127 или 220 вольт, то надо помнить, что такие опыты во избежание несчастных случаев можно проводить только под наблюдением и руководством взрослых людей!*

Нарушать это правило нельзя!

Мы желаем тебе многих часов интересных занятий и удач.

Во второе издание книги включено около 30 новых задач, предложенных С. М. Новиковым. Включение этих задач позволило расширить круг вопросов автоматики, непосредственно связанных с работой не очень сложных электрических цепей. Книга дополнена описанием конструктора для сборки электрических цепей, о которых говорится в задачах. В конструкторе используются широко распространенные детали и приборы.

В новом издании книги исправлены опечатки и стилистические неточности, схемы всех электрических цепей выполнены в соответствии с требованиями действующего государственного стандарта.





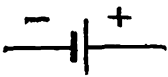

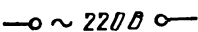
Данное пособие, хотя и адресуется авторами для самостоятельной работы учащимся 6—9 классов, может оказаться полезным для преподавателей физики, руководителей физических и технических кружков и для преподавателей, ведущих факультативные занятия по физике.

Авторы благодарят всех читателей, сообщивших свои замечания и пожелания после выхода первого издания книги. Глубокую признательность авторы выражают редактору серии Я. А. Смородинскому, а также Л. А. Сене и Р. А. Гладковой, чьи замечания и предложения были учтены при подготовке второго издания.

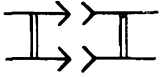



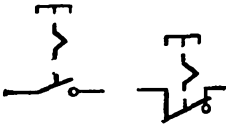
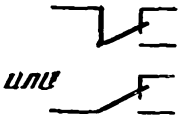
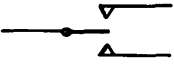
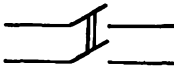
Наш адрес: 427 600, Удмуртская АССР, г. Глазов, ул. Первомайская 25, пединститут, кафедра физики, К. В. Любимову и С. М. Новикову.

*Авторы*


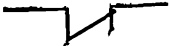


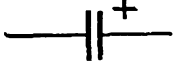





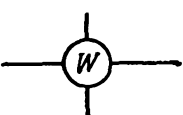

# УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В СХЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

	Наименования	Условные обозначения
1	Соединение электрическое: 1) разборное, 2) неразборное	1)  2) 
2	Провод	
3	Соединение при ответвлении и пересечении проводов	 
4	Отсутствие соединения при пересечении проводов	
5	Гальванический или аккумуляторный элемент	
6	Батарея элементов	 или 
7	Источник переменного (220 В) тока	



	Наименования	Условные обозначения
8	Штепсельное соединение (вилка и розетка)	
9	Выключатель (ключ) однополюсный	
10	Кнопка (звонковая) с самовозвратом с замыкающими контактами	
11	Кнопка с самовозвратом с размыкающими контактами	
12	Кнопки с самофиксацией с возвратом после повторного нажатия	
13	Переключатель однополюсный на два положения	
14	Переключатель однополюсный на три положения с фиксацией в обоих крайних и в среднем нейтральном положении	
15	Выключатель двухполюсный	

	Наименования	Условные обозначения
16	Переключатель двухполюсный на два положения	
17	Резистор (нерегулируемое сопротивление)	
18	Реостат (регулируемое сопротивление)	
19	Потенциометр	
20	Предохранитель плавкий	
21	Лампы накаливания: осветительная (1), сигнальная (2)	
22	Электромагнит	
23	Обмотка реле	

	Наименования	Условные обозначения
24	Контакты электромагнитных реле:	
	замыкающие	
	размыкающие	
	переключающие	
		или 
25	Конденсатор электролитический	
26	Электрический звонок	
27	Электрический двигатель постоянного тока	
28	Обмотка якоря электродвигателя	
29	Амперметр	
30	Вольтметр	
31	Ваттметр	
32	Счетчик электрической энергии (в гектоватт-часах)	

## КОНСТРУКТОР ДЛЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Для выполнения задач, предлагаемых в данном пособии, удобно составить себе электроконструктор — набор широко распространенных электротехнических приборов. Конструктор, который мы здесь описываем, позволяет собрать любую из цепей, обсуждаемых в книге. Авторы предполагают, что все элементы конструктора в том виде, как это описано ниже, будут изготавливаться учащимися самостоятельно.

Конструктор включает 53 элемента 23 наименований. Детали конструктора монтируются на панелях из пластика (например, винипласта). Размеры почти всех панелей примерно 80 мм × 120 мм. Края панелей после подогревания над электроплиткой подгибаются. Выводы от контактов приборов присоединяются к клеммам и штепсельным гнездам. Удобно использовать клеммы, имеющие гнезда, тогда необходимость в размещении на панелях отдельных штепсельных гнезд отпадает. Такое исполнение выводов от контактов приборов дает возможность при сборке электрических цепей использовать соединительные проводники, имеющие

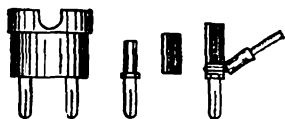


Рис. 1.

на концах штекеры от штепсельных вилок (см. рис. 1). Каждый такой штеккер имеет гнездо, в которое может вставляться следующий штеккер. Таким образом к одному штепсельному гнезду какого-либо элемента конструктора оказывается возможным подсоединять несколько соединительных проводников. Для изоляции штеккера мы рекомендуем на его верхний конец надеть отрезок полихлорвиниловой трубки. Соединительные проводники, снабженные такими штеккерами, удобны в работе; они обеспечивают надежные контакты и позволяют сократить время, идущее на сборку цепей.

Понятно, что соединительные проводники могут быть и обычными — с «вилочками» на концах.

Целесообразно иметь в конструкторе проводники с различной окраской изоляции в количестве около 30 штук.

Для облегчения сборки электрических цепей мы рекомендуем указывать на панели каждого элемента конструктора его условное обозначение (так, как это, например, показано на рисунке 5). Условное обозначение

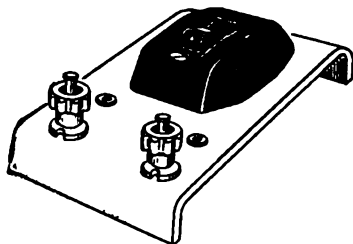


Рис. 2.

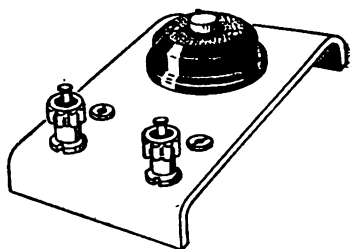


Рис. 3.

элемента конструктора выполняется краской непосредственно на монтажной панели или тушью на листке бумаги, который затем наклеивается на панель. После того, как собирающий цепи почувствует, что условные обозначения деталей на панелях ему больше не нужны, их можно убрать с панелей.

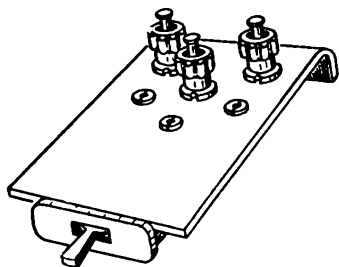


Рис. 4.

Приводим перечень элементов конструктора.

1. Выключатель сетевой — рисунок 2 (2 шт.).

2. Кнопка с самовозвратом и замыкающими контактами — рисунок 3 (4 шт.).  
Используется обычная звонковая кнопка.

3. Кнопка с самовозвратом и размыкающими контактами (4 шт.). Звонковая кнопка переделывается таким образом, чтобы при нажатии на нее ее контакты размыкались.

4. Переключатель однополюсный трехпозиционный с нейтральным положением — рисунок 4 (1 шт.). Приме-

няется телефонный ключ типа КТРО или тумблер с нейтральным средним положением.

5. Двухполюсный переключатель на два положения — рисунок 5 (4 шт.). Используется тумблер типа ТП 1-2.

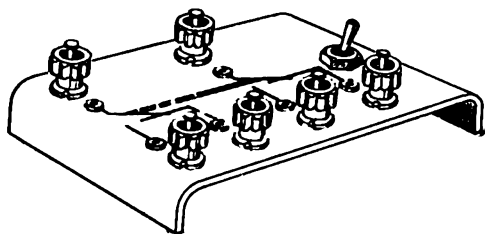


Рис. 5.

6. Электромагнитное реле типа РКН (4 шт.). Номер паспорта реле РС4.533.030Д или РС4.513.032. Род тока: постоянный. Такое реле имеет две обмотки: первая обмотка содержит 215 витков из провода ПЭЛ диаметром 0,8 мм; вторая — 300 витков из провода ПЭЛ диаметром 0,55 мм. Сопротивления обмоток незначительны: 0,3 Ом и 1,3 Ом, что позволяет работать с небольшими напряжениями. В конструкторе целесообразно иметь несколько реле с различными контактными группами, которые при необходимости могут быть набраны самостоятельно. В составе конструктора желательно иметь следующие разновидности реле:

а) реле с двумя группами переключающих контактов;

б) реле с одной группой (парой) замыкающих контактов, с одной группой (парой) размыкающих контактов и с двумя группами переключающих контактов;

в) реле с двумя парами замыкающих контактов и с двумя группами переключающих контактов;

г) реле с одной парой замыкающих контактов, с одной парой размыкающих контактов и с одной группой переключающих контактов.

Реле монтируются на панелях размером примерно 120 мм × 180 мм. Одно из таких реле изображено на рисунке 6. В конструкторе возможно применять, конечно, реле и других типов, например типа РКН, если они обладают необходимым набором контактных групп.

Однако следует иметь в виду, что замена типа реле может повлечь за собой необходимость замены источника питания или же необходимость смены обмоток реле,

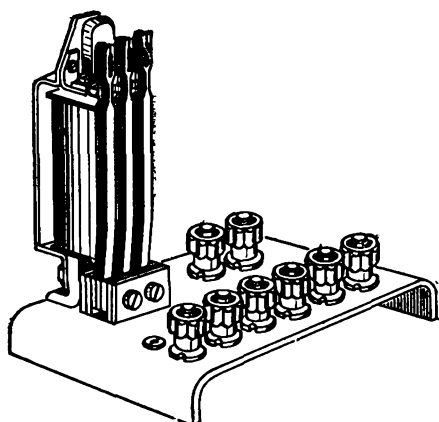


Рис. 6.

7. Электрическая лампочка типа МН на 3,5 В, 0,28 А — рисунок 7 (6 шт.). Для крепления лампочки используется патрон, применяемый в радиоприемниках

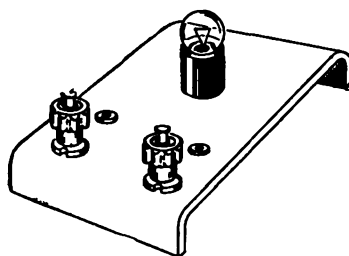


Рис. 7.

для лампочек подсветки шкал. Можно изготовить и самодельную стойку для лампочки, так, например, как это показано на рисунке 8.

Удобно иметь в конструкторе панели с несколькими лампочками, например с двумя (см. рис. 9).

8. Патрон для сетевой лампы на подставке — рисунок 10 (2 шт.).

9. Электромагнит — рисунок 11 (1 шт.). Используется электромагнит от реле.

10. Электрический звонок на 4,5 В — рисунок 12 (2 шт.). Используется звонок, входящий в детские наборы для опытов по электричеству и магнетизму.

11. Электрический звонок на 220 В.

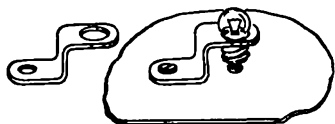


Рис. 8.

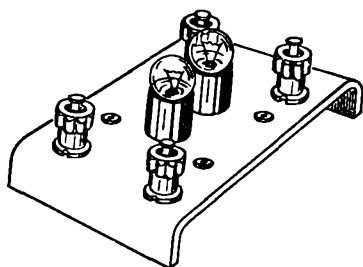


Рис. 9.

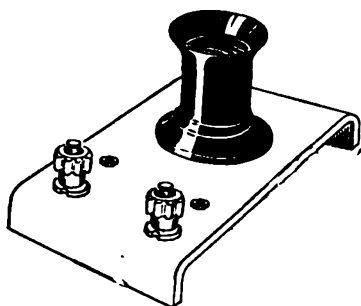


Рис. 10.

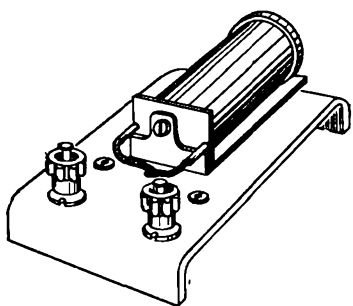


Рис. 11.

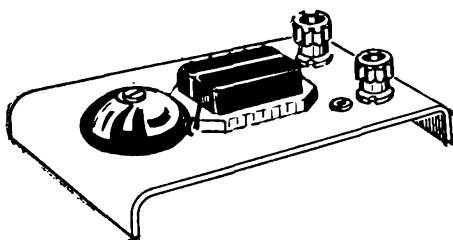


Рис. 12.



12. Электродвигатель на 4,5 В из школьного лабораторного оборудования — рисунок 13 (1 шт.). На монтажной панели крепятся четыре клеммы, к которым подво-

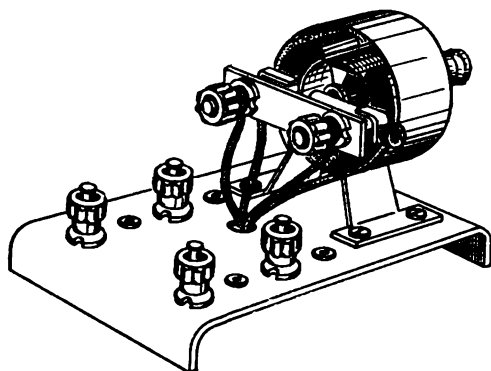


Рис. 13.

дятся выводы от начал и концов обеих обмоток двигателя — от обмотки статора и от обмотки ротора (якоря).

13. Микроэлектродвигатель типа ДП-12А на 4,5 В — рисунок 14 (3 шт.). На валу двигателя целесообразно укрепить самодельную крыльчатку вентилятора.

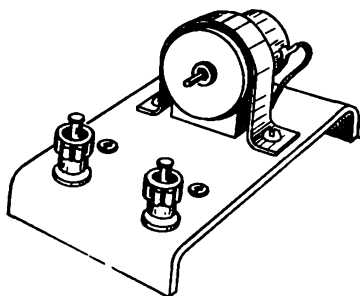


Рис. 14.

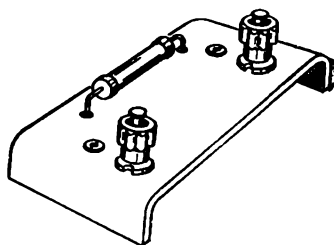


Рис. 15.

14. Резистор — рисунок 15 (1 шт. на 2—3 Ом, 1 шт. на 4—6 Ом, 1 шт. на 200—300 Ом). В качестве резисторов на 2—6 Ом можно использовать школьные демонстрационные магазины сопротивлений. Резистор на 200—300 Ом типа ВС с мощностью рассеяния 0,25—

0,50 Вт монтируется на винипластовой панели размером 120 мм  $\times$  40 мм.

15. Потенциометр — рисунок 16 (2 шт.). Используется школьный реостат типа РПР-6.

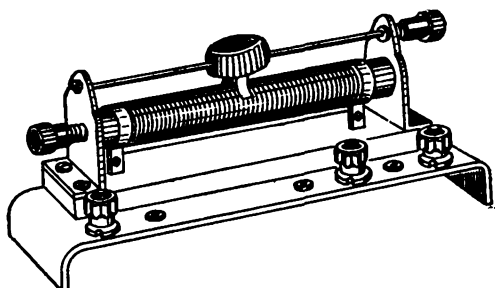


Рис. 16.

- 16. Школьный лабораторный амперметр (1 шт.).
- 17. Школьный лабораторный вольтметр (1 шт.).
- 18. Счетчик электрической энергии (1 шт.).
- 19. Магнитная стрелка на подставке (1 шт.).
- 20. Конденсатор типа К 50-6 на 1000—2000 мкФ, рассчитанный на напряжение 10 В — рисунок 17 (3 шт.).

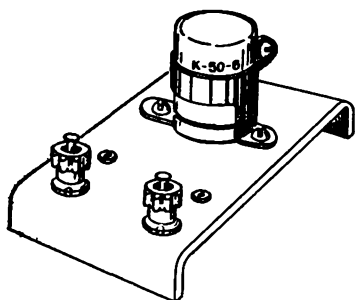


Рис. 17.

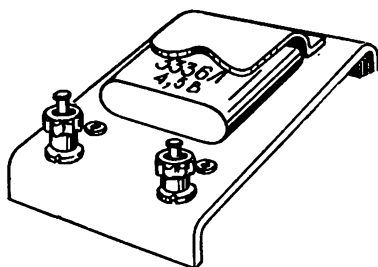


Рис. 18.

21. Батарея карманного фонаря типа 3336Л на 4,5 В — рисунок 18 (3 шт.). Батарея удерживается на панели пластиной, сделанной из винипласта. В качестве источника тока при работе с конструктором можно

использовать батарею аккумуляторов или селеновый выпрямитель ВС 4-12 или ВС-24.

22. Штепсельная розетка — рисунок 19 (2 шт.).

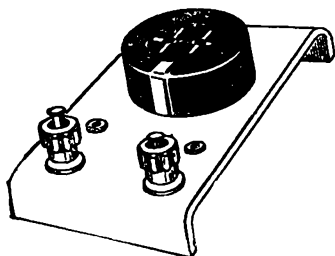


Рис. 19.

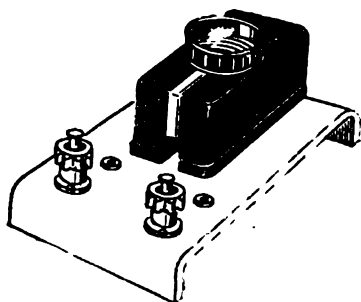


Рис. 20.

23. Колодка для плавкого предохранителя (электропробки) — рисунок 20 (2 шт.).

### І. ОБСУЖДАЕМ ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ И ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

При решении задач, приведенных в этой книге, читателю не один раз будет предложено собрать и испытать в действии сконструированную им электрическую цепь. Как же следует думать, рассуждать, собирая электрические цепи по схемам?

Обычно собирающему электрические цепи дается такой совет:

*при сборке разветвленной цепи сначала собери цепь из последовательно соединенных генератора, потребителей электрической энергии, измерительных приборов и устройств управления, а затем к элементам этой (основной) цепи присоедини другие элементы, подключаемые параллельно.*

Тут сразу надо указать на две возможные трудности.

Первая — чисто техническая. Иногда цепь на схеме бывает представлена таким образом, что в отдельных ее узлах соединяются по три, четыре, а то и по пять проводников. Но уже три наконечника от соединительных проводников закреплять в одном зажиме неудобно, да и соединение получается непрочным.

В таких случаях (см. рис. 21а) оказывается удобным собирать цепь по несколько измененной схеме, изображающей ту же цепь (см. рис. 21б). Схему той же цепи можно представить еще немного иначе (см. рис. 21в), и тогда для собирающего цепь станет ясным, что каждым зажимом можно скреплять не более чем по два соединительных проводника.

Вторая трудность серьезнее: далеко не всегда сложную цепь возможно представить как соединение каких-

либо элементов, включенных последовательно или параллельно. Так, например, в соединении резисторов.

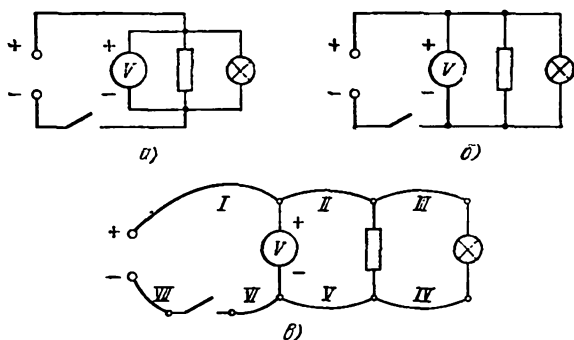


Рис. 21.

показанном на рисунке 22, нельзя указать резисторы, соединенные последовательно или параллельно.

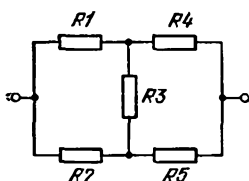


Рис. 22.

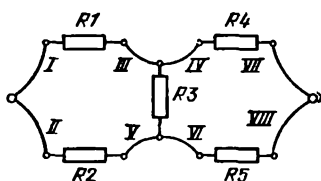


Рис. 23.

Поэтому более удачной оказывается следующая рекомендация.

*Сборку цепи начинай от одного из зажимов генератора. Выясни сначала, какие элементы цепи должны быть соединены с этим зажимом генератора, и соедини их. Затем посмотри, какие новые элементы цепи должны быть соединены со свободными зажимами первой группы элементов цепи, и произведи новые соединения... Поступая и далее таким образом, собери всю цепь.*

Порядок присоединения проводников к элементам цепи, схематически изображенных на рисунках 21в и 23, указан на рисунках римскими цифрами.

И все-таки могут попасться такие цепи, которые трудно собрать, даже следуя только что приведенному «сильному» совету. В подобном случае (см. рис. 24а),

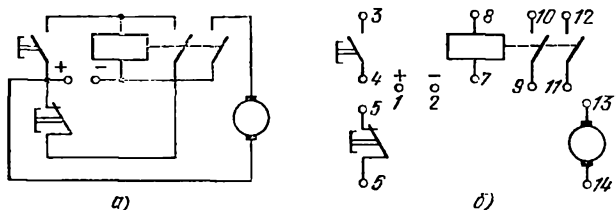


Рис. 24.

остается только честно признать свою неопытность и последовать следующему совету.

На отдельном листе бумаги изобрази схематически элементы электрической цепи (см. рис. 24б). Укажи все зажимы этих элементов цепи. Перенумеруй зажимы на схеме цепи. Изготовь небольшие бумажные ярлычки и напиши на них номера зажимов, а затем эти ярлычки положи у соответствующих зажимов тех элементов, из которых ты будешь собирать цепь. Теперь, руководствуясь схемой (см. рис. 24а), собери цепь.

Нам неизвестно ни одного случая, когда бы собирающий последовал этому совету и не смог собрать цепь. Желаем удачи и тебе. Мы уверены в ней.

*Собранную электрическую цепь перед включением необходимо проверить.*

Очень важно проверить цепь и убедиться, что при включении цепи под напряжение не произойдет короткого замыкания. В противном случае аккумуляторы, измерительные приборы, даже переключающие устройства и провода могут оказаться поврежденными. Поэтому *перед включением цепи убедись, что последовательно с генератором включен какой-либо потребитель электрической энергии* (резистор, лампочка, звонок, обмотка реле и т. п.) *и нет соединительных проводников, подсоединенных параллельно этому потребителю электрической энергии.*

Самому проверить правильность сборки цепи по схеме можно следующим образом.

Отложи в сторону схему, по которой ты собирал цепь, возьми чистый лист бумаги и изобрази на нем собранную тобой цепь, а затем новую схему сравни с первой схемой электрической цепи.

Совпадение обеих схем даст основание думать, что электрическая цепь собрана тобой правильно.

Однако хорошо известно, что свои собственные ошибки заметить много труднее, чем ошибки, допущенные другими людьми. Поэтому перед включением попроси своего преподавателя физики, руководителя кружка или даже просто своего друга еще раз проверить цепь.

## II. ДЕЛАЕМ ПЕРВЫЕ ШАГИ

1. На рисунке 25 изображена схема электрической цепи, а предметы оборудования, необходимые для сборки этой цепи, показаны на рисунке 26. Воспользуйся

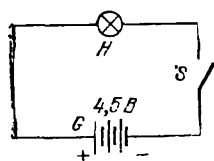


Рис. 25.

таблицей условных обозначений и ответить на следующие вопросы. Какой из предметов отмечен на схеме буквой *S*, какой — буквой *G*, а какой — буквой *H*? Как обозначены на схеме соединительные проводники?

2. На рисунках 25 и 27 изображены схемы двух электрических цепей.

Встречался ли ты ранее с этими цепями? В каких устройствах? Чем приведенные на рисунках цепи отличаются друг от друга?

3. По схемам, изображенным на рисунках 27 и 28, собери электрические цепи. При сборке электрических цепей используй одинаковые лампочки. Будет ли накал всех лампочек в каждой из цепей одинаковым после замыкания цепи? Какие изменения в работе цепи (см. рис. 28) произойдут, если одну из лампочек вывернуть? Как называется соединение лампочек в цепи, схема которой приведена на рисунке 28?

4. Собери и испытай электрическую цепь, схема которой приведена на рисунке 29. Что можно сказать о накале лампочек в этом случае? Какие изменения в работе цепи произойдут, если одну из лампочек вывер-

нута? Как называется соединение лампочек в цепи, схема которой приведена на рисунке 29?

5. В схеме электрической цепи, изображенной на рисунке 30,  $S1$  и  $S2$  являются условными обозначениями

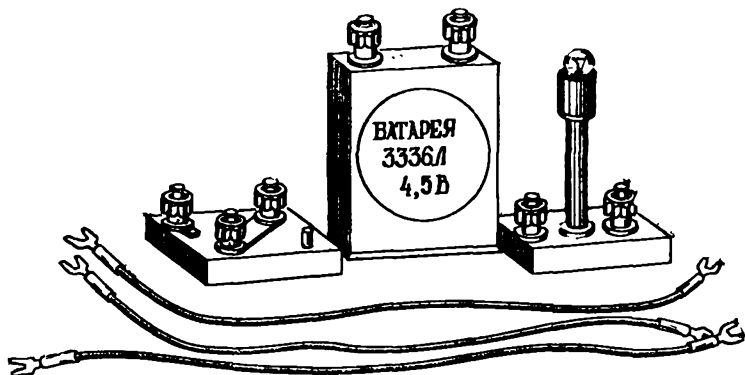


Рис. 26.

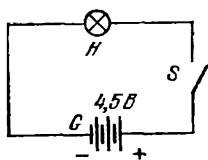


Рис. 27.

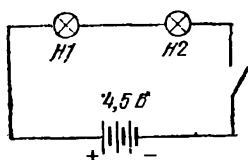


Рис. 28.

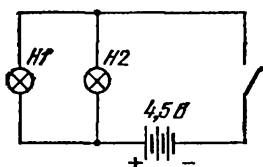


Рис. 29.

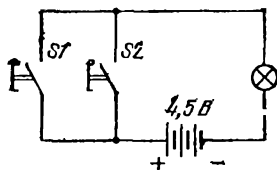


Рис. 30.

звонковых кнопок (см. таблицу с условными обозначениями в схемах электрических цепей). Как в данном случае соединены звонковые кнопки? При выполнении каких условий загорится электрическая лампочка? Собери и испытай рассмотренную цепь.

6. Как соединены звонковые кнопки в цепи, схема которой приведена на рисунке 31? При выполнении



каких условий загорится электрическая лампочка? Собери и испытай эту цепь. Чем отличаются друг от друга цепи, изображенные схематически на рисунках 30 и 31? Какие ранее изученные цепи они напоминают?

7. В твоём распоряжении всего два соединительных проводника. Используя эти проводники, необходимо соединить зажимы *A*, *B* и *C* между собой (см. рис. 32). Сколько способов соединения трех зажимов двумя проводниками ты можешь предложить?

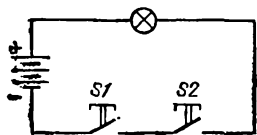


Рис. 31.

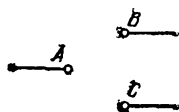


Рис. 32.

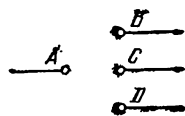


Рис. 33.

8. Зажим *A* (см. рис. 33) нужно соединить, имея в своем распоряжении три проводника, с зажимами *B*, *C* и *D*. Укажи различные способы соединения зажимов. Сколько способов соединения зажимов ты можешь предложить в этом случае?

9. Как надо поставить перемычки в цепях, изображенных на рисунках 34а и 34б, чтобы ток через резистор был направлен: 1) от зажима *A* к зажиму *B*; 2) от зажима *B* к зажиму *A*?

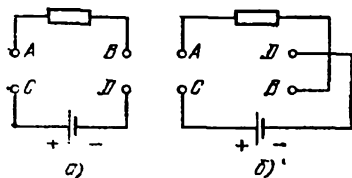


Рис. 34.

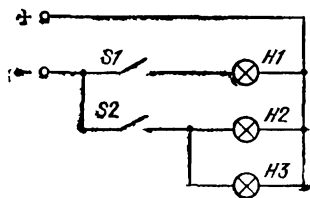


Рис. 35.

10. Какие варианты включения лампочек *H1*, *H2* и *H3* можно осуществить в цепи, собранной по схеме, которая приведена на рисунке 35?

11. Как, используя однополюсный переключатель (см. таблицу с условными обозначениями в схемах электрических цепей), можно собрать такую электрическую цепь с двумя лампочками, в которой при включении од-

ной лампочки обязательно бы выключалась вторая, и наоборот?

Начертив схему электрической цепи, обладающей указанными выше свойствами, собери и испытай цепь.

12. На рисунке 36 изображен имеющийся в физическом кабинете школы двухполюсный переключатель,

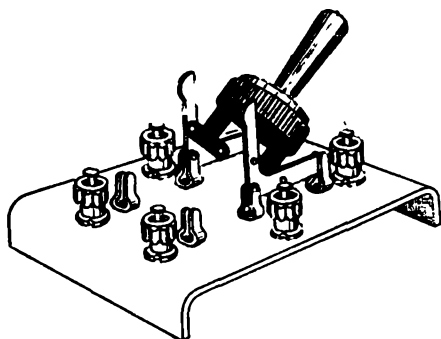


Рис. 36.

обозначение которого приведено в таблице условных обозначений. Рассмотрите внимательно двухполюсный переключатель и догадайтесь, как можно его использовать в качестве однополюсного выключателя (ключа) и в качестве однополюсного переключателя.

13. Какие варианты включения ламп осуществимы в цепи, схема которой приведена на рисунке 37? В каком случае накал лампочек будет неполным?

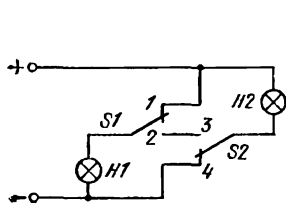


Рис. 37.

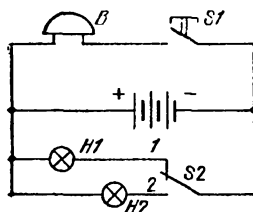


Рис. 38.

14. Разберись в цепи, изображенной схематически на рисунке 38. Как работает цепь, собранная по приведенной схеме? Собери и испытай цепь.

### III. УЗНАЕМ НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ, ПОЛЕЗНЫЕ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

В первых двух частях этой брошюры были приведены простые задачи на электрические цепи и были даны некоторые советы по сборке электрических цепей, но, однако, пока еще не пояснялось, как же следует рассуждать, решая задачи на конструирование цепей.

Конечно, нетерпеливый и не самый симпатичный авторам брошюры читатель может заглянуть в конец книги и отыскать там ответ к задаче, не дав себе даже немного времени поломать голову над содержанием задачи. Понятно, что такой читатель может быстро узнать ответ, но так же быстро при этом он может потерять возможность поучиться рассуждать самостоятельно, поучиться самому искать и находить ответы к задачам. Такой читатель, даже прочитав брошюру полностью, может так и не узнать, до чего же это здорово и увлекательно — искать ответ, и как радостно — найти его!

Среди задач, приводимых в брошюре, встречается немало таких, в которых читателю предъявляется требование самому предложить схему той или иной электрической цепи, самому сконструировать электрическую цепь с заданными свойствами. Как же следует думать, рассуждать, решая задачи на конструирование электрических цепей?

Это вопрос! Полный, исчерпывающий ответ на него, как и на такие же вопросы о решении многих других видов задач, дать невозможно. Ну, хотя бы потому, что перед людьми каждый день возникают все новые и новые задачи, а среди них и такие, каких до этого еще никому и никогда решать не приходилось. Поэтому, хотя те сведения и советы, которые приводятся ниже, являются нужными и полезными, они могут все же оказаться недостаточными для решения какой-либо конкретной задачи.

*Приступая к решению задачи о конструировании электрической цепи, постарайся хорошо понять, о чем идет речь в тексте задачи; проверь себя, хорошо ли ты знаешь, как выглядят и как действуют те устройства, о которых упоминается в задаче.*

Так, если в задаче требуется предложить схему такой электрической цепи с однополюсным переключате-

лем, в которой при включении одной лампочки обязательно бы выключалась вторая, и наоборот (задача 11), то в этом случае нужно хорошо представлять себе, как выглядит и как действует однополюсный переключатель. В этом тебе может помочь или рисунок, или условное обозначение переключателя. Еще лучше самому рассмотреть, а то и опробовать такой переключатель. И тут тебе охотно придет на помощь учитель физики, руководитель технического кружка в Доме пионеров или твой более опытный друг.

*Решая задачи об электрических цепях, не забывай заглядывать в свой учебник физики, даже если он тебе кажется хорошо знакомым. В учебнике ты найдешь нужные сведения о многих элементах, из которых состояются электрические цепи, а также сведения о законе Ома, о последовательном и параллельном соединениях резисторов и о многом другом... Эти сведения помогут тебе ясно понять, как работают несложные электрические цепи.*

*Конструируя цепь, нужно знать и учитывать условия нормальной работы электрической цепи:*

*а) после замыкания контактов выключателя или реле цепь должна оказаться замкнутой, не иметь мест разрыва цепи;*

*б) в замкнутой цепи обязательно должен быть включен какой-либо потребитель электрической энергии.*

Решая задачу о составлении схемы электрической цепи, полезно на чистом листе бумаги начертить условные обозначения тех элементов, из которых предстоит собирать электрическую цепь. Так, при решении задачи 35, в которой требуется предложить схему цепи, позволяющей включать одну и ту же лампочку с двух различных и удаленных друг от друга мест, полезно сделать одну-две «заготовки» (см. рис. 39а). Попробовав на своем чертеже соединить элементы в цепь, решающий задачу быстро убедится в тщетности своих усилий. Изменив набор элементов, взяв однополюсные переключатели вместо выключателей (см. рис. 39б), следует предпринять новую попытку составления цепи, которая может оказаться удачнее первой. Так, идя «путем проб и ошибок», можно будет добраться до ответа на вопрос задачи. Накопив некоторый опыт, познакомившись

получше со свойствами различных переключателей и реле, ты сможешь последующие задачи решать быстрее и увереннее.

С методом проб и ошибок люди мирятся, но только на некоторое время, пока не додумаются до таких правил, руководствуясь которыми они смогут решать задачи значительно более рациональным путем, надежно ведущим к нахождению ответа.

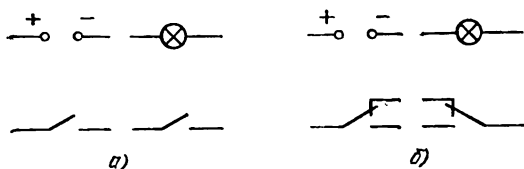


Рис. 39.

Забегая вперед, мы можем сообщить тебе, что в пятой части этой брошюры ты сможешь познакомиться с несложной теорией, которая даст тебе возможность уверенно решать задачи на конструирование электрических цепей с одним потребителем электрической энергии.

#### IV. ЗНАКОМИМСЯ С РАЗНООБРАЗНЫМИ И ДОСТАТОЧНО СЛОЖНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ

15. В автомобилях устанавливается сигнализация поворотов. Для этого используется переключатель с нейтральным средним положением (см. таблицу с условными обозначениями в схемах электрических цепей).

Предложи схему электрической цепи, позволяющей осуществлять такую сигнализацию поворотов. Учти, что при среднем положении рычажка переключателя ни одна из сигнальных лампочек не должна загораться. При повороте рычажка влево должны загореться две лампочки: лампочка указателя левого поворота и лампочка на щитке водителя. Тогда же, когда рычажок будет переведен в крайнее правое положение, должны загореться две лампочки: лампочка указателя правого поворота и сигнальная лампочка на щитке водителя (та же самая, что и при левом повороте). Все лампочки берутся одинаковыми.

**16.** Простой электромагнит нетрудно изготовить самому, намотав на гвоздь 30—40 витков изолированного провода (условное обозначение обмотки электромагнита приведено в таблице условных обозначений в схемах электрических цепей).

Сделай такой электромагнит, а затем собери цепь по схеме, изображенной на рисунке 40. Испытай магнитные свойства сердечника (стального гвоздя) в случаях, когда цепь замкнута и когда она разомкнута.

*Самодельный электромагнит можно подключать только к батарейке от карманного фонаря!*

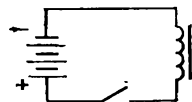


Рис. 40.

Определи, который из полюсов электромагнита является южным, а который — северным. Можно ли на месте северного полюса электромагнита получить южный? Что для этого нужно сделать?

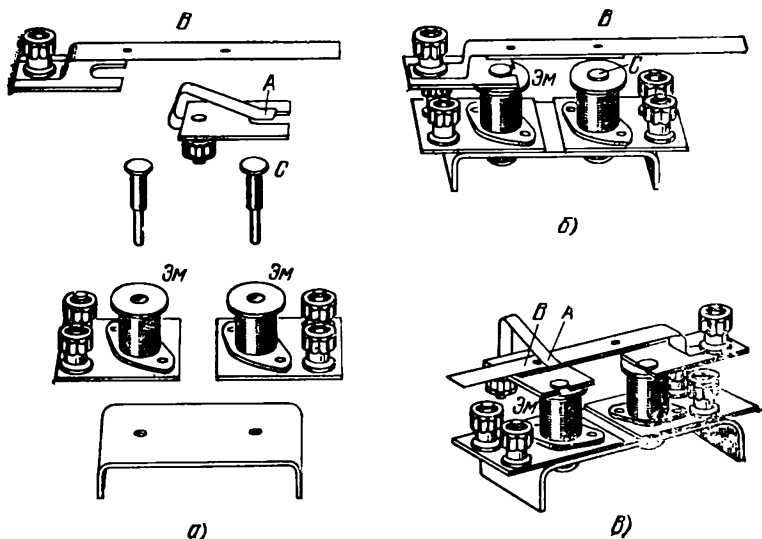


Рис. 41.

**17.** На рисунке 41а изображены детали школьного электромагнитного реле. В собранном виде электромагнитные реле показаны на рисунке 41б (реле с нормально разомкнутыми, иначе говоря, с замыкающими контактами В и С) и на рисунке 41в (реле с нормально

замкнутыми или, иначе говоря, размыкающими контактами *A* и *B*).

При прохождении тока по обмотке электромагнита Эм якорь *B* притягивается к сердечнику электромагнита. Это приводит в одном случае к замыканию контактов *B* и *C* (рис. 41б), а в другом случае к размыканию контактов *B* и *A* (рис. 41в).

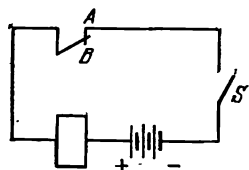


Рис. 42.

Используя детали школьного электромагнитного реле, собери и испытай устройство, схема которого приведена на рисунке 42. К чему приводит замыкание ключа? Почему? Для какой цели можно применить это устройство?

18. Объясни, как будут действовать цепи, схемы которых представлены на рисунках 43 и 44. Собери и испытай эти цепи.

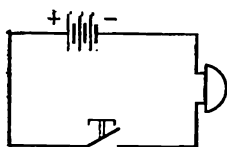


Рис. 43.

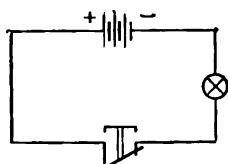


Рис. 44.

19. При открывании дверцы холодильника внутри холодильника загорается лампочка, которая горит, пока дверца открыта. Стоит закрыть дверцу, и лампочка внутри холодильника погаснет.

Предложи схему электрической цепи с лампочкой, которая действовала бы подобно электрической цепи с осветительной лампочкой внутри холодильника.

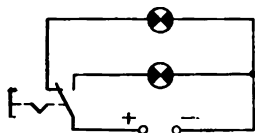


Рис. 45.

20. На рисунке 45 изображена схема электрической цепи с двумя сигнальными лампочками и кнопкой, которая обладает одной парой замыкающих и одной парой размыкающих контактов. Кнопка имеет защелку. При повторном нажатии кнопка освобождается и возвращается в начальное положение. Такая кнопка называется кнопкой с самофиксацией и с возвратом

после повторного нажатия. Предложи, как вместо этой кнопки можно применить двухполюсный переключатель.

21. Предложи систему сигнализации между двумя помещениями.

В системе следует использовать два электрических звонка и две звонковые кнопки.

22. Составь схему электрической цепи, состоящей из двух лампочек, кнопки, электрического звонка и однополюсного переключателя. Цепь предназначена для вызова хозяина дома и получения информации о том, дома хозяин или нет.

Цепь должна работать следующим образом. Когда переключатель находится в одном фиксированном положении, то нажатие на кнопку должно привести в действие звонок и лампочку, освещающую табло с надписью «Подождите, сейчас открою». Если же переключатель находится в другом положении, то нажатие на кнопку должно привести в действие другую лампочку, помещенную под табло с надписью «Хозяина нет дома». Звонок при этом не должен работать.

Собери и испытай предложенную тобой цепь.

23. В распоряжении каждого из двух играющих имеется по одному пульта. На каждом из пультов установлен переключатель с нейтральным средним положением. После того, как будет дан световой или звуковой сигнал (его подает «судья»), каждый игрок должен сразу перевести переключатель в одно из крайних положений *A* или *B*. Если оба играющих сделают одно и то же, то выигрывает игрок 1, в противном случае — игрок 2.

Предложи схему электрической цепи, в которой бы при выигрыше игрока 1 загоралась сигнальная лампочка *H1*, а при его проигрыше — лампочка *H2* (что соответствует выигрышу игрока 2).

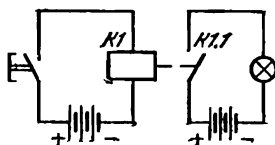


Рис. 46.

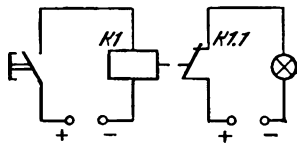


Рис. 47.

24. На рисунках 46 и 47 изображены схемы электрических цепей с электромагнитными реле.



Чем отличаются эти цепи друг от друга? Как они работают?

Используя детали школьного электромагнитного реле или телефонное реле любого типа, собери эти цепи

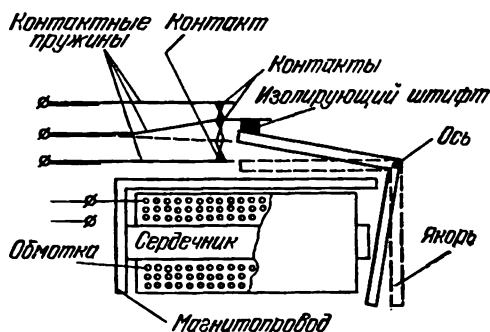


Рис. 48.

и испытай их в работе. Основные детали электромагнитного реле показаны на рисунке 48.

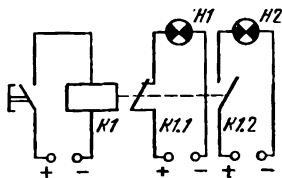


Рис. 49.

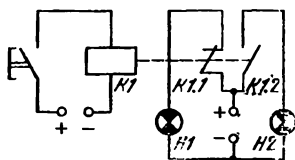


Рис. 50.

**Пояснение.** На схемах цепей (рисунки 46 и 47) обмотка электромагнитного реле обозначена символом  $K1$ , а контакты реле обозначены символом  $K1.1$ .

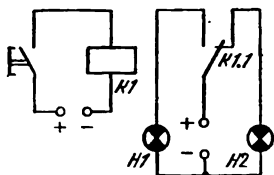


Рис. 51.

25. Как работают цепи, схемы которых приведены на рисунках 49, 50 и 51, если кнопки не нажаты?

Какие изменения в работе цепей произойдут, если кнопки будут нажаты?

**Пояснение.** Встречаются реле, снабженные не одной, а двумя-тремя и более группами контактов. Контакты могут быть разных видов — замыкающими, размыкаю-

щими и переключающими. На схемах номер соответствующей группы контактов указывается после точки, поставленной за обозначением обмотки реле. Пример: обмотка реле на рисунке 49 обозначена символом *K1*, а первая и вторая группы (пары) контактов этого реле обозначены соответственно символами *K1.1* и *K1.2*.

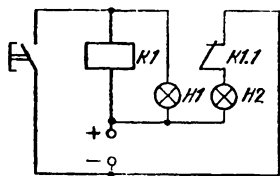


Рис. 52.

26. Что произойдет, если нажать кнопку в цепи, изображенной схематически на рисунке 52?

27. Чем работа цепи, изображенной схематически на рисунке 53, отличается от работы цепи, схема которой приведена на рисунке 54?

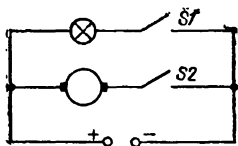


Рис. 53.

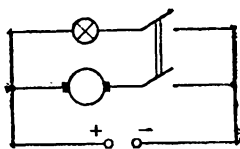


Рис. 54.

28. Предложи схему электрической цепи, в которой было бы возможным, нажимая на кнопки, изменять направление тока в обмотке электромагнита на обратное. Допустимо применять кнопки с различными наборами контактов.

29. Укажи несколько способов применения двухполюсного переключателя для изменения направления тока в обмотке электромагнита на обратное. Для чего может понадобиться такая цепь?

Как убедиться в смене полюсов электромагнита?

Приведи схемы предложенных тобой электрических цепей. Собери и испытай эти цепи.

30. Предложи схему электрической цепи, в которой одновременно с включением электродвигателя гасла бы одна сигнальная лампочка и зажигалась бы другая сигнальная лампочка.

Собери эту цепь, используя двухполюсный переключатель, и испытай ее. Учти, что двигатель и сигнальная лампочка должны быть включены параллельно.

31. На рисунке 55 приведены схематические изображения трех лампочек и источника тока. Начерти схемы электрических цепей для следующих четырех случаев:

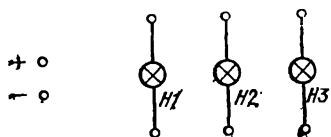


Рис. 55.

а) лампочки  $H1$ ,  $H2$  и  $H3$  подключаются к источнику тока параллельно;

б) лампочки  $H1$ ,  $H2$  и  $H3$  подключаются к источнику тока последовательно;

в) к источнику тока подключается лампа  $H1$  и последовательно с ней подключается параллельное соединение двух ламп  $H2$  и  $H3$ ;

г) к источнику тока подключается лампа  $H1$  и параллельно с ней подключаются последовательно соединенные лампы  $H2$  и  $H3$ .

32. В физической лаборатории возникла необходимость собрать такую электрическую цепь, в которой было бы возможно после ее включения под напряжение быстро переключать три электрические лампочки с последовательного соединения на параллельное и обратно — с параллельного соединения на последовательное. Предложи схему электрической цепи, позволяющей осуществлять такое переключение, используя двухполюсный переключатель (выключатель).

33. Собери электрическую цепь с лампочкой и резистором, показанную на рисунке 56, испытай ее. Объясни, к каким изменениям в работе цепи приведет нажатие кнопки.

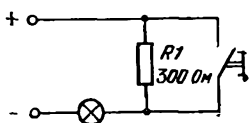


Рис. 56.

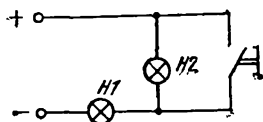


Рис. 57.

Как будут гореть лампы  $H1$  и  $H2$  в цепи, схема которой приведена на рисунке 57, до и после того, как будет нажата кнопка?

34. С одного места одним движением руки нужно подавать сигналы «да» и «нет» в две разные комнаты. При этом, если в одной из комнат получают сигнал «да» (загорается зеленая лампочка), то в то же самое время в другой комнате должны получить сигнал «нет»

(там должна загореться красная лампочка). Предложи схему цепи для такой сигнализации, собери и испытай предложенную тобой электрическую цепь.

35. Предложи схему электропроводки, которая позволяла бы одну и ту же лампочку включать и выключать с двух различных и удаленных друг от друга мест. Собери и испытай предложенные тобой варианты электрических цепей.

36. В технике для обеспечения большей надежности какого-либо устройства дублируют в этом устройстве отдельные узлы или детали. Зная это, предложи схему цепи, предназначенной для освещения комнаты.

Даже одновременный выход из строя любой из двух ламп и любого из двух выключателей (переключателей) не должен мешать включению и выключению неперегоревшей лампочки исправным выключателем (переключателем).

37. Каждый из трех переключателей в цепи, схема которой изображена на рисунке 58, может находиться в одном из двух крайних положений. Верно ли утверждение, что в этой цепи возможно включение и выключение лампочки любым из трех переключателей, независимо от того, в каких положениях находятся два других переключателя?

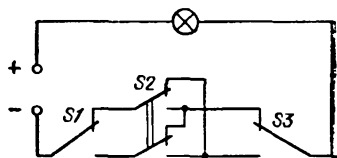


Рис. 58.

38. Жильцы трехэтажного дома в целях экономии электроэнергии устроили такую проводку, которая позволяла включать или выключать одновременно все три лампочки на лестнице и еще одну у подъезда с любой из трех лестничных площадок или у входа в подъезд. При этом включение или выключение всех ламп осуществлялось любым из переключателей, независимо от того, в каких положениях находились все другие переключатели.

Какой могла быть схема этой цепи?

*Напоминаем, что все эксперименты ты должен проводить с лампочками для карманного фонаря и с источником тока, дающим небольшое напряжение, примерно 4,5 В!*

**39.** Для освещения длинного коридора требуется предложить схему электрической цепи, состоящей из двух лампочек и трех переключателей. Цепь должна отвечать следующему требованию: любой проходящий по коридору человек, движущийся от начала к концу коридора или в обратном направлении (независимо от того, в каком направлении по коридору прошел предыдущий посетитель), должен иметь возможность первым переключателем включить первую лампочку, вторым переключателем (в середине коридора) выключить первую и включить вторую лампочку и, наконец, последним переключателем выключить вторую лампочку.

Собери и испытай собранную по разработанной тобой схеме цепь.

**40.** Усложним условия предыдущей задачи: пусть для освещения длинного коридора требуется использовать несколько (три, четыре, пять ...) лампочек, включающихся поочередно и сопровождающих своим светом идущего по длинному коридору человека. Составь схему такой цепи, которая давала бы возможность освещать коридор выбранным тобой числом лампочек, включаемых поочередно.

**41.** При съемке с двумя фотолампами, срок службы которых невелик, рекомендуется во время наводки фотоаппарата на резкость включать лампы в сеть последовательно, а затем, при съемке, переключать их на параллельное соединение. Как можно осуществить такое переключение ламп, используя двухполюсный переключатель?

Собери и испытай разработанные тобой варианты электрических цепей.

**42.** Предложи схему электрической цепи с электромагнитным реле, предназначенную для пуска электродвигателя нажатием кнопки. При этом следует выполнить условие: реле должно срабатывать при нажатии на кнопку и не переставать работать после того, как кнопка будет отпущена. При конструировании цепи используй реле с двумя парами замыкающих контактов.

Собери и испытай предложенную тобой цепь. Подумай, что нужно сделать, чтобы ток в обмотке электромагнита реле прекратился.

**43.** Предложи схему цепи, в которой для пуска и последующей остановки двигателя использовалось бы такое же электромагнитное реле, о котором шла речь в

задаче 42, и две кнопки, одна из которых снабжена замыкающими контактами, а другая — размыкающими контактами.

Предложенную тобой цепь собери и испытай.

44. Предложи схему электрической цепи, содержащей реле и позволяющей с помощью одной сигнальной лампочки судить о том, работает двигатель или нет. Собери и испытай предложенную тобой электрическую цепь.

45. На производстве нередко возникает необходимость в управлении станком с нескольких мест. Предложи схему цепи управления двигателем с трех различных мест. Двигатель при помощи реле должен включаться и выключаться с любого из трех пультов управления.

46. Охраняемый объект окружен тонкой проволокой. Попытка подойти к объекту приводит к разрыву проволоки. Составь схему цепи для сигнализации о разрыве проволоки. Разрыв проволоки должен вызывать сигнал тревоги; иначе говоря, в помещении охраны после разрыва проволоки должен зазвенеть звонок.

47. Предложи схему цепи такой сигнализации, которая позволяла бы нажатием кнопки приводить в действие звонок в удаленном помещении; при этом должно быть выполнено условие, что прервать подачу сигнала может только то лицо (в удаленном помещении), которому этот сигнал предназначался.

48. Разработай схему такой сигнализации, которая позволяла бы посылать сигналы «да» и «нет» в удаленный пункт с двух различных пультов управления, находящихся на значительном расстоянии друг от друга.

При конструировании цепи должно быть выполнено следующее условие: любая (скажем, зеленая) лампочка в месте получения сигнала может быть включена, а соответственно другая (красная) лампочка в этот же момент может быть выключена с любого из двух пультов управления, независимо от положения ножей переключателей.

Виды переключателей выбери самостоятельно.

Собери и испытай собранную тобой цепь.

49. Предложи систему сигнализации между двумя комнатами, которая позволяла бы подавать сигналы «да» (когда горит только зеленая лампочка) или «нет» (горит только красная лампочка) из одной комнаты в

другую, независимо от того, в каких положениях находятся переключатели на пультах управления. При подаче сигнала «да» («нет») в другую комнату в первой комнате должна загораться лампочка, означающая сигнал, противоположный по смыслу поданному сигналу.

50. Предложи схему электрической цепи, содержащей электрическую лампочку и пять кнопок. Лампочка должна загораться только при условии, что будут одновременно нажаты кнопки *S1* и *S4*. Никакая другая комбинация одновременно нажатых кнопок не должна приводить к зажиганию лампочки.

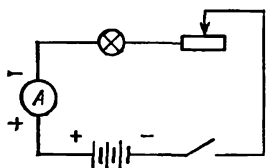


Рис. 59.

51. Собери электрическую цепь по схеме, показанной на рисунке 59. При сборке цепи особое внимание обрати на знаки  $+$  и  $-$ , поставленные у зажимов батареи аккумуляторов и у зажимов амперметра. Испытай цепь, убедись, что реостат позволяет регулировать силу тока в цепи.

52. Начерти схему цепи с электродвигателем, в которой бы можно было изменять и измерять силу тока, поступающего в электродвигатель.

Испытай цепь, собранную по предложенной тобой схеме.

53. Собери цепи по схемам, представленным на рисунках 60 и 61, и испытай эти цепи. Установи, как

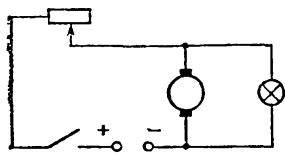


Рис. 60

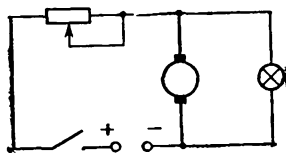


Рис. 61.

сказывается перемещение движка реостата на накале лампочки и на работе электродвигателя.

54. Какие особенности работы реостата ты можешь отметить при способах его включения, показанных на рис. 62а и 62б?

55. На рисунке 63 показана схема цепи, содержащей несколько одинаковых электрических лампочек, включенных параллельно друг другу. Устройства с такими

цепями используются нередко в качестве реостатов, и их называют ламповыми реостатами.

Собери цепь и испытай ее. Как изменяется сила тока при изменении числа включенных (ввернутых в патрон) одинаковых лампочек?

56. Каковы преимущества лампового реостата, собранного по схеме, приведенной на рисунке 64, по сравнению с ламповым реостатом, схема которого изображена на рисунке 63?

57. В лаборатории возникла необходимость собрать цепь, позволяющую быстро изменять число включенных резисторов с одного до двух, соединенных последовательно, и наоборот, с двух до одного. Предложи схему цепи,

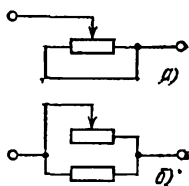


Рис. 62.

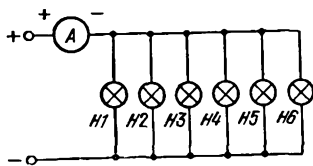


Рис. 63.

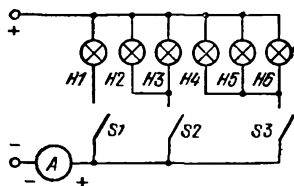


Рис. 64.

позволяющей осуществлять такие переключения резисторов. Позаботься о том, чтобы возможность возникновения КЗ (короткого замыкания) была исключена.

58. Предложи схему электрической цепи, которая позволяла бы наблюдать химические действия электрического тока. Следует предусмотреть: а) возможность плавного изменения силы тока в цепи, б) возможность изменения направления тока на обратное.

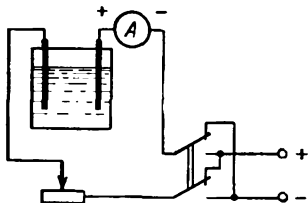


Рис. 65.

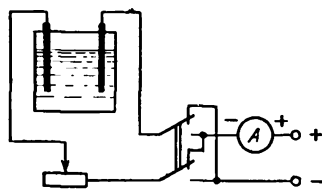


Рис. 66.

59. На рисунках 65 и 66 приведены схемы цепей, которые были предложены членами кружка в качестве



ответов на вопрос задачи 58. Какая из схем полностью отвечает требованиям задачи 58?

60. На рисунке 67 показана схема электрической цепи, позволяющей на опыте убедиться, что при параллельном соединении резисторов сила тока в магистральном проводе равна сумме сил токов в каждой из ветвей.

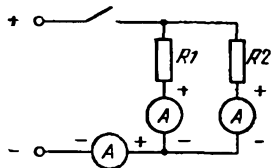


Рис. 67.

Предложи схему электрической цепи, в которой для постановки того же опыта применяется всего один амперметр.

61. Собери электрическую цепь по схеме, показанной на рисунке 68, и измерь вольтметром напряжение на зажимах электрической лампочки.

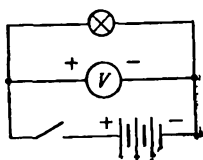


Рис. 68.

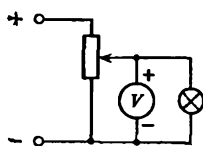


Рис. 69.

62. С целью плавного изменения напряжения в лабораторной практике прибегают к потенциометрическому включению реостата (см. рис. 69).

Собери цепь, изображенную схематически на рисунке 69, и испытай ее.

63. Предложи схему электрической цепи с двумя электромагнитными реле, которые после замыкания цепи ключом будут автоматически переключать друг друга. Собери и испытай предложенную тобой цепь.

64. Предложи схему «мигалки» — такой электрической цепи, в которой после замыкания ключа электрическая лампочка автоматически, без вмешательства человека, то зажигается на некоторое время, то гаснет.

Собери и испытай предложенную тобой цепь.

65. Предложи схему электрической цепи, в которой замыкание ключа приводит к тому, что две электрические лампочки начинают автоматически переключаться, т. е. поочередно зажигаться и гаснуть (когда одна лампочка оказывается включенной, то другая в это время выключается, и наоборот).

Где такие цепи находят или могут найти применение?

Собери и испытай разработанную тобой цепь.

66. На рисунке 70 приводится схема электрической цепи, обеспечивающей автоматическое поочередное переключение трех лампочек. Собери цепь по предложенной схеме и испытай ее. Попробуй объяснить работу цепи.

Включи параллельно каждой из лампочек  $H1$ ,  $H2$  и  $H3$  хотя бы по одной лампочке так, как это показано на том же рисунке пунктиром. Все лампочки следует расположить в той последовательности, которая приведена на рисунке. Как работает новая цепь? Для каких целей можно ее использовать?

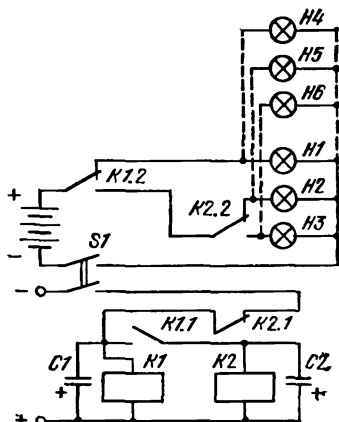


Рис. 70.

67. На рисунках 71 и 72 изображены схемы двух электрических цепей, в каждой из которых возможно измерение силы тока и напряжения с тем, чтобы потом вычислить сопротивление резистора. Равноценны или нет эти цепи?

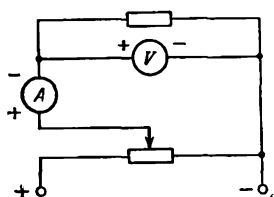


Рис. 71.

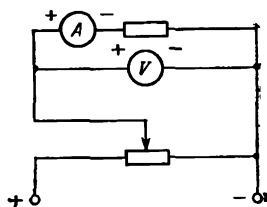


Рис. 72.

Если цепи не равноценны, то которую из них следует признать более предпочтительной? В чем заключается ее преимущество перед другой цепью?

68. Выполняя задание по разработке цепи, предназначенной для изучения зависимости силы тока в резисторе от напряжения на нем, кружковцы-физики

предложили цепи, схемы которых приведены на рисунках 73 и 74. Какая из цепей более удачна в работе? Почему?

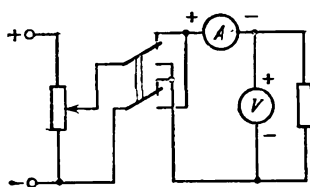


Рис. 73.

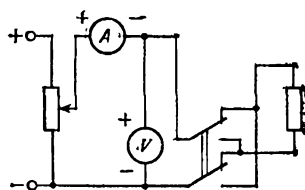


Рис. 74.

69. На рисунке 75 изображена схема электрической цепи, предназначенной для опыта, в ходе которого возможно убедиться, что напряжение, подаваемое на последовательное соединение резисторов, равно сумме напряжений на каждом из резисторов. Как можно видоизменить эту цепь, чтобы тот же опыт можно было поставить, используя всего один вольтметр?

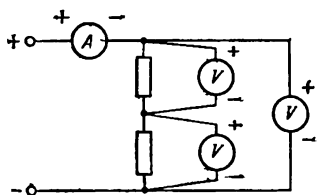


Рис. 75.

70. Известно, что все монтажные, ремонтные работы или переключения в электроаппаратуре можно производить только при условии, что соответствующая цепь или соответствующий участок цепи обесточены и не находятся под напряжением.

В какой из цепей, схемы которых приведены на рисунках 76 и 77, можно разбирать патрон электрической лампочки, а в какой нельзя? Почему?

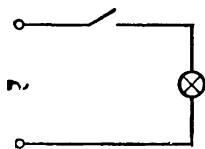


Рис. 76.

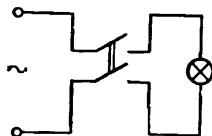


Рис. 77.

71. Имеются два амперметра с одинаковыми пределами измерений: один — испытуемый, а другой — образцовый (контрольный). Предложи схему электрической цепи, которая позволяла бы сравнивать показания двух амперметров при различных значениях силы тока в цепи.

72. Имеются два вольтметра с одинаковыми пределами измерений: один — испытуемый, а другой — образцовый (контрольный). Предложи схему электрической цепи, которая позволяла бы сравнивать показания двух вольтметров при различных значениях приложенного к ним напряжения.

*В задаче 73 и в ряде последующих задач тебе предлагается собрать и испытать цепи, подключаемые к сети переменного тока с напряжением 220 В. Такие опыты можно делать только с разрешения и под руководством учителя физики или руководителя кружка.*

*Номера задач, предполагающих проведение опытов с непосредственным подсоединением цепей к сети переменного тока, отмечены звездочками.*

\*73. Собери и испытай электрические цепи (см. рис. 78 и 79), которые служат для измерения энергии,

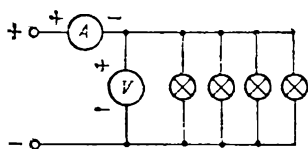


Рис. 78.

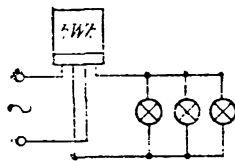


Рис. 79.

потребляемой электрическими лампочками. Какой измерительный прибор включен в цепь, схема которой приведена на рисунке 79?

\*74. Предложи схему электрической цепи, предназначенной для проверки счетчика электрической энергии.

\*75. Мощность электрического тока можно измерить косвенным путем, например на основании измерений силы тока и напряжения (см. рис. 78), или непосредственно, используя ваттметр. Ознакомься с тем, как включается ваттметр в электрическую цепь (см. рис. 80).

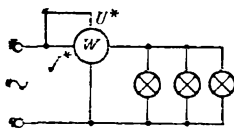


Рис. 80.

Собери цепь по приведенной на рисунке 80 схеме и испытай собранную тобой цепь.

*Примечание.* Ваттметр имеет две обмотки: токовую обмотку, имеющую небольшое сопротивление, и обмотку напряжения, сопротивление которой весьма значительно. Выводы обеих обмоток, подсоединяемые непосредственно к одному из зажимов источника тока, отмечаются на приборе соответственно символами  $I^*$  и  $U^*$ .

\*76. Предложи схему электрической цепи, которая могла бы служить для проверки показаний ваттметра.

\*77. На рисунке 81 изображена схема комнатной электрической проводки. Раскрой содержание схемы.

Собери и испытай рассмотренную тобой цепь.

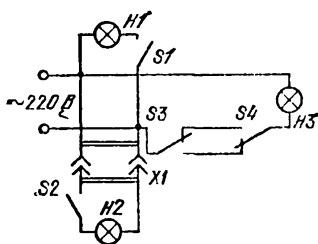


Рис. 81.

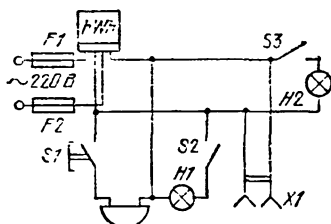


Рис. 82.

\*78. На рисунке 82 изображена схема квартирной электропроводки. Раскрой содержание схемы.

Собери и испытай рассмотренную тобой цепь.

\*79. На занятиях физического кружка один из кружковцев собрал электрическую цепь — модель простой комнатной проводки. Цепь состояла из лампочки, штепсельной розетки и выключателя.

При испытании цепи оказалось, что выключателем можно было включать и выключать лампочку. Когда же в штепсельную розетку была вставлена вилка настольной лампы, то оказалось, что настольная лампа при включенном выключателе не горела, зато перевод выключателя в положение «отключено» приводил к тому, что включались обе лампы, но горели они при этом неполным накалом.

Начерти схему цепи, собранной кружковцем. Укажи, какие ошибки были допущены им при выполнении задания. Приведи схему модели комнатной проводки, которую кружковцу необходимо было собрать.

80. Собери цепи, схемы которых представлены на рисунках 83—85. Убедись, что двигатель постоянного тока будет работать во всех случаях: а) когда он включен в сеть по схеме с независимым возбуждением обмоток (рис. 83); б) когда он включен в сеть по схеме с последовательным соединением обмоток (рис. 84); в) когда

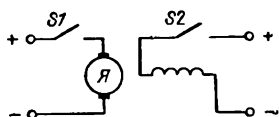


Рис. 83.

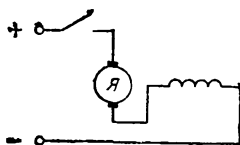


Рис. 84.

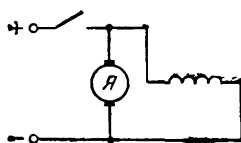


Рис. 85.

он включен по схеме с параллельным соединением обмоток (рис. 85).

81. Один и тот же электрический двигатель постоянного тока в зависимости от конкретных требований может быть включен в сеть по-разному: либо так, что его обмотки будут соединены последовательно, либо так, что его обмотки будут соединены параллельно.

Предложи схему электрической цепи, которая позволяла бы быстро переключать обмотки уже включенного в сеть электродвигателя (обмотку якоря и обмотку электромагнита) с последовательного соединения на параллельное и обратно.

82. Какие изменения в работе электрического двигателя (см. схему на рисунке 86) произойдут, если ножи переключателя будут переведены в другое крайнее положение?

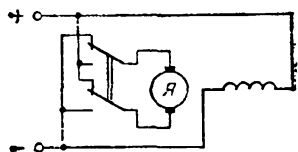


Рис. 86.

83. Какие изменения в работе электрического двигателя (см. схемы цепей на рисунках 87 и 88) произойдут,

если ножи переключателей будут переведены в другое крайнее положение?

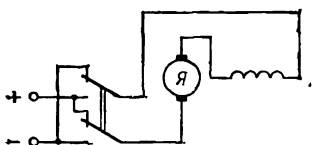


Рис. 87.

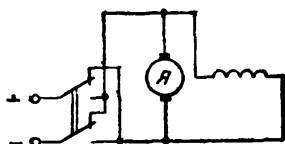


Рис. 88.

84. Предложи схемы электрических цепей, позволяющих производить:

а) реверсирование двигателя постоянного тока (изменение направления вращения его якоря на обратное), путем изменения направления тока в обмотке якоря, когда обмотки двигателя соединены последовательно;

б) реверсирование двигателя постоянного тока путем изменения направления тока в обмотке электромагнита, когда обмотки двигателя соединены параллельно.

85. Предложи схему электрической цепи, в которой переключатели используются для реверсирования двигателя с двух различных мест (с двух различных пультов).

86. Предложи схему электрической цепи, позволяющей с помощью переключателей включать, выключать и реверсировать двигатель с двух различных пультов управления (с двух различных мест).

87. Составь схему цепи, предназначенной для дистанционного управления фильмоскопом, который снабжен двигателем для протяжки диафильма.

Демонстратор должен иметь возможность, находясь у пульта управления вблизи экрана, включать и выключать лампу в фильмоскопе и управлять продвижением (протяжкой) диафильма, возвращаясь при необходимости к показанным ранее кадрам.

88. Иногда на производстве возникает необходимость в том, чтобы не допустить одновременного включения двух двигателей (или двух других каких-либо устройств). Выполнение такого условия возможно только в том случае, если при работе одного из двигателей второй оказывается заблокированным. Основным требованием к подобным автоматическим устройствам защиты и блокировки является высокая надежность их работы. Поэтому цепь должна работать так, чтобы ни случайные

действия рабочего, ни поломка механизмов и т. п. не могли бы стать причиной аварийной ситуации, характеризующейся одновременным включением двигателей.

На рисунке 89 приведена схема электрической цепи, позволяющей блокировать любой из двух двигателей в то время, когда другой двигатель работает. Цепь, собранная по этой схеме, удовлетворяет всем условиям, о

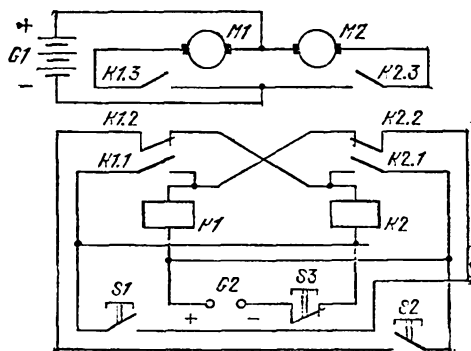


Рис. 89.

которых говорилось выше. Собери и испытай цепь, проследи за тем, как она работает.

89. Перед каждым из двух играющих находится пульт с сигнальной лампочкой и ключом. До начала состязания обе лампочки должны уже гореть. Замыкая ключ на своем пульте, любой из играющих, в принципе, может выключить лампочку на пульте своего «противника». В этой игре проверяется быстрота реакции играющих: им подается звуковой или световой сигнал (сигнал подает третий участник соревнований — «судья»). По сигналу «судьи» каждый из играющих, стараясь опередить соперника, выключает лампочку на пульте «противника». Однако один из играющих при этом неизбежно несколько запаздывает с реакцией на сигнал и ... проигрывает: на его пульте лампочка гаснет, а лампочка на пульте его «противника» продолжает гореть. Запоздавший не в состоянии выключить лампочку «победителя».

При желании повторить состязание играющие возвращают ключи на своих пультах в исходные положения.



Предложи схему цепи на реле и ключах, позволяющую проводить описанную игру.

Как будет выглядеть схема цепи, если ключи в ней будут заменены кнопками?

90. С помощью цепи, схематически изображенной на рисунке 90, можно проводить состязания на быстроту реакции, в которых участвуют двое соревнующихся. Собери и испытай цепь, собранную по приведенной схеме. Чем работа этой цепи отличается от работы цепи, являющейся ответом к задаче 89?

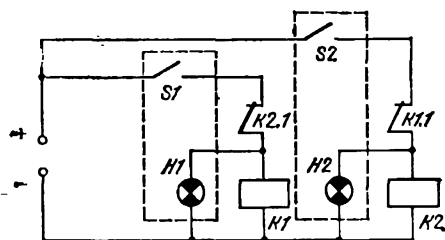


Рис. 90.

Как придется переделать эту цепь при замене ключей кнопками?

91. В задаче 42 речь шла о пуске и остановке двигателя с помощью двух кнопок. В промышленности часто для управления работой двигателя используют три кнопки, снабженные надписями «вперед», «стоп» и «назад». Взяв за основу цепь блокировки, работа которой была рассмотрена в задаче 88, разработай схему электрической цепи, позволяющей включать, останавливать и реверсировать двигатель с пульта управления, на котором смонтированы три указанные кнопки.

92. Составь схему цепи, служащей для пуска, остановки и реверсирования одного и того же двигателя с двух различных пультов управления. В цепи нужно использовать кнопки и электромагнитные реле. Собери цепь по предложенной тобой схеме и испытай эту цепь в работе.

93. Собери электрическую цепь по схеме, приведенной на рисунке 91. Как будет работать цепь, если нажимать кнопки в следующей последовательности:

- а)  $S1$ ,  $S2$ ,  $S3$ , а затем  $S4$ ,
- б)  $S4$ ,  $S3$ ,  $S2$ , а затем  $S1$ ?

С какой целью эту цепь можно использовать на практике?

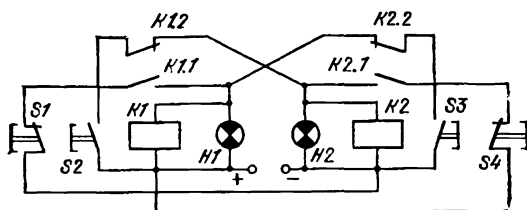


Рис. 91.

94. Собери и испытай цепь, схема которой представлена на рисунке 92. Чем работа данной цепи отличается от работы цепи, о которой шла речь в задаче 93?

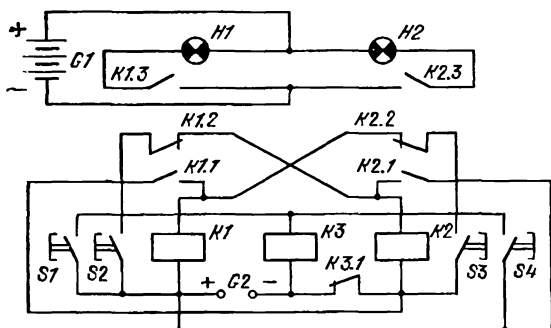


Рис. 92.

95. В задачах 42, 85, 86, 88, 91 и 92 ты уже познакомился с цепями, в которых реле управляли работой одного или двух двигателей. Теперь представь такую ситуацию: в твоем распоряжении имеется три двигателя, которые требуется включать поочередно и во вполне определенном порядке, а выключать — одновременно. Реализовать указанные условия управления работой трех двигателей можно, если включить двигатели в электрическую цепь с тремя электромагнитными реле. Схема цепи, изображенная на рисунке 93, удовлетворяет поставленным условиям. Собери цепь и проследи за ее работой.

**Каким образом выдвинутые выше условия реализуются при работе цепи?**

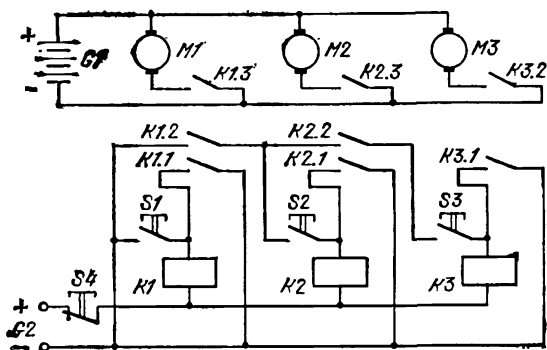


Рис. 93.

**96. Составь схему электрической цепи для управления работой трех двигателей. При этом должно быть выполнено следующее условие: включаться электродвигатели должны в строго определенном порядке; при прекращении работы двигателей порядок их отключения должен быть обратным порядку, принятому при их включении.**

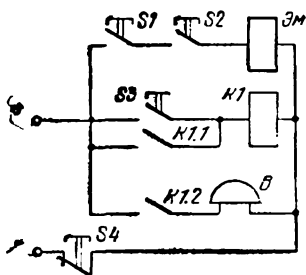


Рис. 94.

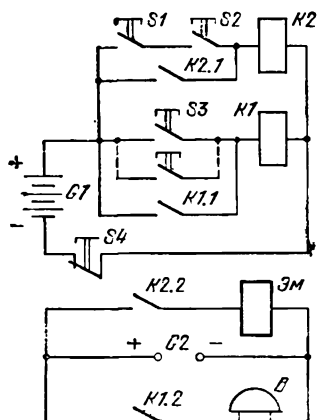


Рис. 95.

**97. Рассмотрите схемы двух электрических цепей, приведенные на рисунках 94 и 95. Подбери необходимое оборудование для сборки этих цепей и собери их.**

Как работает каждая из цепей?

С какой целью могут быть использованы эти цепи?

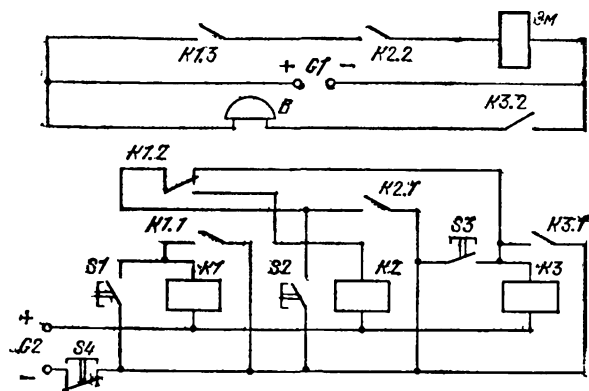


Рис. 96.

98. Как работает цепь «кибернетического замка», схема которого приведена на рисунке 96? Собери и испытай «кибернетический замок».

## V. ЗНАКОМИМСЯ С «АРИФМЕТИКОЙ И АЛГЕБРОЙ КНОПОК»

В середине XIX века ирландский математик Джордж Буль (1815—1864, отец известной писательницы Э.Л.Войнич, автора романа «Овод») в своих трудах впервые изложил аппарат новой, до тех пор не известной «алгебры», названной алгеброй логики. В этой алгебре объектами являются высказывания, для которых применимы буквенные обозначения. Этим высказываниям сопоставляются только два значения: одно, если высказывание истинно, и другое, если оно ложно. В алгебре логики, так же как и в обычной алгебре, есть формулы и законы.

В 1910 году известный физик Эренфест (1880—1933), работавший в то время в Политехническом институте в Петербурге, указал на возможность применения алгебры логики при составлении схем цепей телефонной станции. Не останавливаясь специально на рассмотрении алгебры логики (любопытный читатель может

сделать это самостоятельно, познакомившись с литературой, указанной в конце книги), мы остановимся на том, как алгебра логики используется при конструировании электрических цепей управления.

Кнопка может находиться в двух состояниях: либо она воспринимает сигнал и нажата, либо она не воспринимает сигнала и не нажата. В зависимости от того, нажата кнопка или нет, она либо замыкает цепь, и тогда лампочка горит (есть сигнал на выходе цепи), либо она не замыкает цепь, и тогда лампочка не горит (сигнал на выходе отсутствует). Договоримся состояние кнопки (а соответственно и состояние лампочки) обозначать так: 0 — сигнал отсутствует; 1 — сигнал имеется\*).

Желая подчеркнуть тот факт, что для кнопки или лампочки возможны всего два состояния и что когда кнопка (лампочка) находится в одном каком-то состоянии, то она в то же самое время не находится в другом состоянии, прибегают к таким записям:

$0 = \bar{1}$  (состояние 0 является отрицанием состояния 1; читается: «нуль — не единица»);

$1 = \bar{0}$  (состояние 1 является отрицанием состояния 0; читается: «единица — не нуль»).

Если ни одна из двух кнопок, соединенных параллельно, не нажата (сигналов на входе цепи нет), то не будет сигнала и на выходе цепи (лампочка не будет гореть). Символически это записывают так:

$$0 + 0 = 0.$$

Если же нажата или одна первая, или одна вторая кнопка, или нажаты обе кнопки одновременно, то лампочка будет гореть. Это записывают так:

$$1 + 0 = 1;$$

$$0 + 1 = 1;$$

$$1 + 1 = 1.$$

Здесь, как и ранее, 0 и 1 — не числа, а символы состояний кнопок. Знак  $+$  в записях о цепях является символом, указывающим на параллельное соединение кнопок.

---

\*) Символы 0 и 1 в рассматриваемом и в последующих случаях не являются числами. Каждый из этих символов лишь описывает одно из двух возможных состояний кнопки, контактов реле, цепи, лампочки и т. п.

Если кнопки соединены последовательно, то, отмечая это, мы будем использовать знак умножения (точку). Говоря в дальнейшем об «умножении» и «сложении», мы под этими словами будем понимать не действия с числами, а способы соединения кнопок.

Для того чтобы лампочка загорелась при последовательном соединении двух кнопок, необходимо нажать *и* одну, *и* другую кнопку. Символически это записывают так:

$$1 \cdot 1 = 1.$$

Если же одна из кнопок *не* нажата, то сигнала на выходе цепи *не* будет:

$$0 \cdot 1 = 0;$$

$$1 \cdot 0 = 0.$$

*Не* будет сигнала на выходе цепи и в том случае, если *и* первая, *и* вторая кнопки *не* нажаты:

$$0 \cdot 0 = 0.$$

В таблицах I и II подведены итоги нашей беседы об «арифметике кнопок».

В обычной алгебре мы имеем дело с множеством действительных чисел. Буквенные обозначения там используются для обозначения переменных, которые (если нет дополнительных ограничений) могут принимать любые значения из множества действительных чисел.

При построении «алгебры кнопок» — теории цепей с кнопками (или реле) — буквами обозначают не числа, а состояния кнопок, состояния контактов реле, состояния лампочек. В «алгебре кнопок» каждая переменная, обозначенная буквой, может принимать только одно из двух значений: 0 или 1. Множество всех состояний кнопки состоит всего из двух элементов: «нажата», «не нажата».

В «алгебре кнопок» действуют простые правила и законы, которые во многом схожи с правилами и законами обычной алгебры. Правила и законы «алгебры кнопок», аналогичные правилам и законам обычной алгебры, представлены в таблице III.

Есть в «алгебре кнопок» и такие правила и законы, аналогичных которым нет в обычной алгебре. Эти правила и законы отражены в таблице IV.

Таблица I

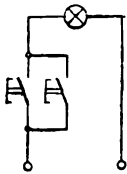
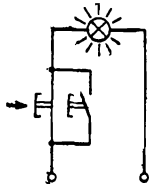
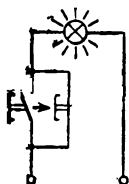
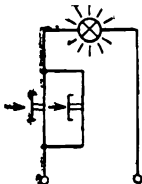
Таблица «сложения»	
$0 + 0 = 0$	
$1 + 0 = 1$	
$0 + 1 = 1$	
$1 + 1 = 1$	

Таблица II

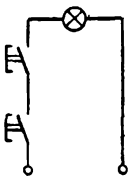
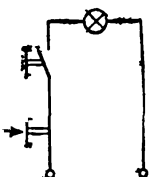
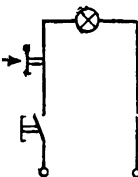
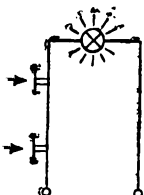
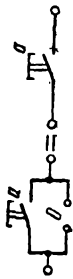
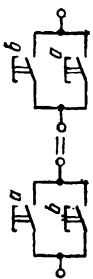
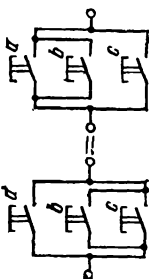
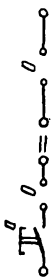
Таблица «умножения»	
$0 \cdot 0 = 0$	
$1 \cdot 0 = 0$	
$0 \cdot 1 = 0$	
$1 \cdot 1 = 1$	

Таблица III

1	$a + 0 = a$		Параллельное соединение пары постоянно разомкнутых контактов и кнопки работает как одна кнопка
2	$a + b = b + a$		Перестановка кнопок в их параллельном соединении не ведет к изменению условий включения цепи
3	$a + (b + c) = (a + b) + c$		Группировка кнопок в их параллельном соединении не ведет к изменению условий включения цепи
4	$a \cdot 0 = 0$		Последовательное соединение пары постоянно разомкнутых контактов и кнопки обеспечивает постоянный разрыв в цепи



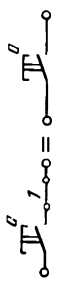
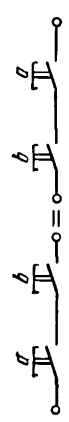
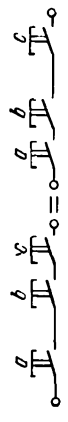
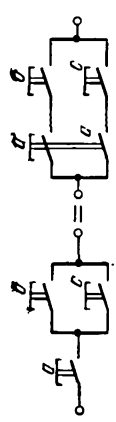
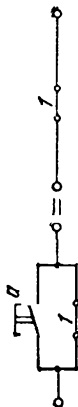
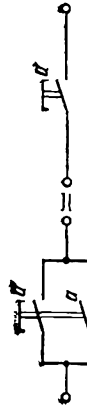
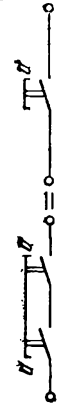
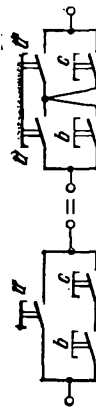

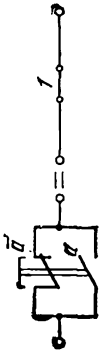
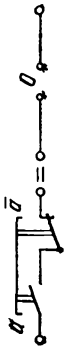
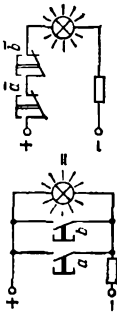
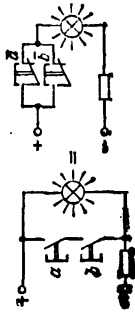
5	$a \cdot 1 = a$		Последовательное соединение кнопки и пары постоянно замкнутых контактов работает как одна кнопка
6	$a \cdot b = b \cdot a$		Перестановка кнопок в их последовательном соединении не ведет к изменению условий включения цепи
7	$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$		Группировка кнопок в их последовательном соединении не ведет к изменению условий включения цепи
8	$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$		Обе группы кнопок работают одинаковым образом

Таблица IV

9	$a + 1 = 1$		Параллельное соединение пары постоянно замкнутых контактов и кнопки обеспечивает постоянное замыкание в цепи
10	$a + a = a$		Две жестко скрепленные кнопки, соединенные параллельно, работают как одна кнопка
11	$a \cdot a = a$		Две жестко скрепленные кнопки, соединенные последовательно, работают как одна кнопка
12	$a + b \cdot c = (a + b) \cdot (a + c)$		Обе группы кнопок работают одинаковым образом

13	$(\bar{a}) = a$		«Не нажимать на кнопку $\bar{a}$ (читается: не $a$ )» — это то же самое, что «нажать на кнопку $a$ »
14	$a + \bar{a} = 1$		Параллельное соединение кнопок $a$ и $\bar{a}$ эквивалентно паре постоянно замкнутых контактов
15	$a \cdot \bar{a} = 0$		Последовательное соединение кнопок $a$ и $\bar{a}$ эквивалентно паре постоянно разомкнутых контактов
16	$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$		«Не нажимать на кнопки $a$ или $b$ » — это то же самое, что «не нажимать кнопку $\bar{a}$ и не нажимать кнопку $b$ »
17	$\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$		«Не нажимать кнопки $a$ и $b$ » — это то же самое, что «не нажимать кнопку $\bar{a}$ или не нажимать кнопку $b$ »

Новой и существенной особенностью «алгебры кнопок» является отсутствие в ней коэффициентов и отсутствие степеней (см. правила 10 и 11). Выражение  $a + a + a$  (читается: «а, или а, или а») означает, что три одновременно действующие кнопки соединены параллельно. Они действуют так же, как и одна кнопка, что и записывают символически так:

$$a + a + a = a.$$

Выражение  $a \cdot a \cdot a$  (читается: «а, и а, и а») означает, что три одновременно действующие, например жестко скрепленные друг с другом, кнопки соединены последовательно. Но и в этом случае три кнопки действуют точно так же, как одна кнопка, что символически записывают в форме равенства:

$$a \cdot a \cdot a = a.$$

Еще одной существенной особенностью новой алгебры является существование, кроме операции «сложения» (операции «или») и кроме операции «умножения» (операции «и»), еще одной операции — «отрицания» (операции «не»).

Обычная звонковая кнопка (кнопка с нормально разомкнутыми контактами) обеспечивает повторение лампочкой сигнала, поступившего на вход цепи — на кнопку (см. рис. 97а и 97б). Кнопка другого вида — кнопка с нормально замкнутыми, иначе говоря — с размыкающими, контактами, будучи включена последовательно с лампочкой, действует противоположным образом, она обеспечивает отрицание поступившего на кнопку сигнала (см. рис. 97ж и 97з).

Интересно, что те же кнопки могут «поменяться» ролями, если их включить не последовательно с лампочками, а параллельно лампочкам (см. рис. 97в — 97е).

Рассмотрев внимательно таблицы III и IV, нетрудно убедиться в том, что каждому буквенному выражению в новой алгебре может быть сопоставлена цепь с тем или иным соединением кнопок\*) и определенное предложение, в котором что-либо утверждается или отрицается в отношении кнопок и лампочки. Верно и обратное утверждение.

---

\*) Сказанное не относится только к кнопкам, оно может быть распространено на контакты реле и на включающие и замыкающие устройства любого другого вида.

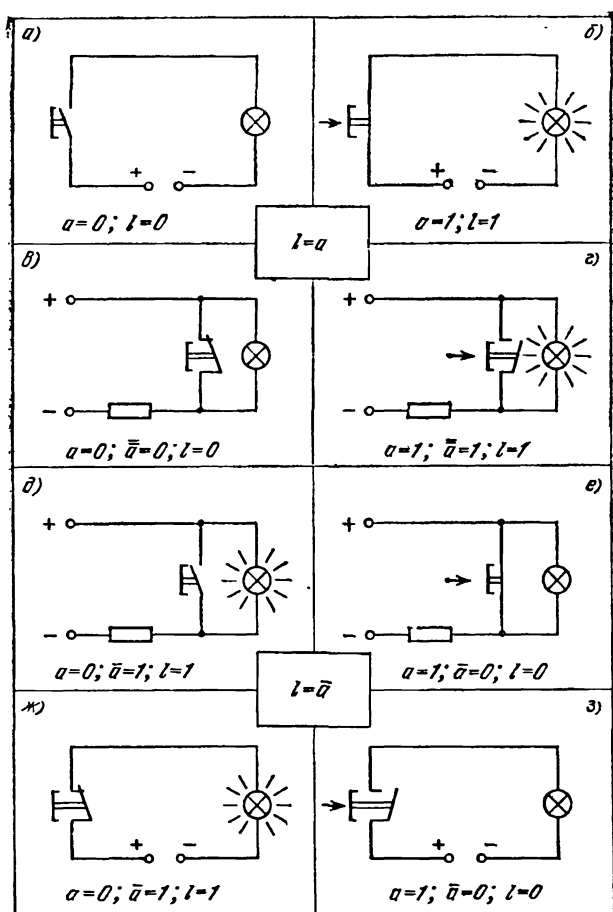


Рис. 97. Символ  $a$  обозначает наличие ( $a=1$ ) или отсутствие ( $a=0$ ) сигнала на входе цепи;  $a$  и  $\bar{a}$  — состояния кнопок, повторяющих сигнал, поступивший на вход цепи;  $\bar{a}$  — состояния кнопок, отрицающих сигнал, поступивший на вход цепи;  $l$  — наличие или отсутствие сигнала на выходе цепи, состояния лампочки.

Определенному высказыванию (предложению) об условиях включения или выключения лампочки соответствует вполне определенное выражение в «алгебре кнопок», которому в свою очередь соответствует цепь со вполне определенным соединением кнопок.

Обратимся к примерам, и тогда все только что сказанное станет более ясным.

**Пример 1.** Что нужно сделать, чтобы во время работы на прессе руки работника не могли бы попасть под пресс?

Как правило, люди, знакомые с физикой, на этот вопрос отвечают так: «Нужно установить фотореле, и тогда пересечение рукой пучка света, падающего на фотозлемент, поведет к остановке пресса». Решение правильное, но оказывается, что все можно сделать проще... А как?

Если пресс приводится в движение одной кнопкой, то вторая рука оказывается свободной, и несчастье вполне возможно. Нужно сделать так, чтобы для пуска пресса требовалось *нажимать две кнопки* и чтобы в пуске пресса участвовали обязательно и правая, и левая руки рабочего.

Условие пуска пресса сформулировано в форме высказывания, которое алгебраически можно записать так:

$$p = a \cdot b.$$

Это выражение означает, что пресс будет работать ( $p = 1$ ) только при условии, что будут нажаты и первая кнопка ( $a = 1$ ), и вторая кнопка ( $b = 1$ ). Логической связке «и» соответствует в «алгебре кнопок» знак «умножения», а в электрических цепях — последовательное соединение кнопок. Соответствующая цепь представлена схематически на рисунке 98.

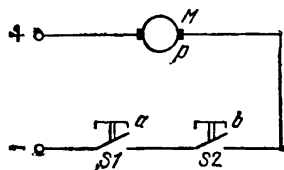


Рис. 98.

**Пример 2.** Кондуктор трамвайного вагона должен иметь возможность подавать сигнал вагоновожатому с трех различных мест в вагоне. Какой должна быть схема цепи со звонком?

Сначала сформулируем условия иначе, употребив логические связки: звонок должен работать ( $z = 1$ ) *или* когда нажата первая кнопка ( $a = 1$ ), *или* когда нажата вторая кнопка ( $b = 1$ ), *или* когда нажата третья кнопка ( $c = 1$ ). Соответствующее алгебраическое выражение имеет следующий вид:

$$z = a + b + c.$$

Вид выражения (а переменные в нем соединены знаками  $+$ ) говорит о том, что кнопки должны быть соединены параллельно. Остается начертить схему электрической цепи (см. рис. 99).

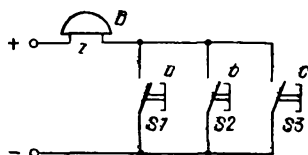


Рис. 99.

**Пример 3.** Обратимся вновь к задаче 35, в которой требовалось предложить схему цепи, позволяющей включать и выключать одну и ту же лампочку с двух различных мест (пультов управления). Чтобы решить эту задачу средствами

«алгебры кнопок», сначала необходимо условия включения лампочки выразить высказыванием, в котором используются логические связки «и», «или» и «не».

Пусть кнопки на пультах управления не нажаты, лампочка при этом не горит. Лампочка должна загореться при условии, что *или* (нажата кнопка на первом пульте *и* не нажата кнопка на втором пульте), *или* (не нажата кнопка на первом пульте *и* нажата кнопка на втором пульте). На языке «алгебры кнопок» это же самое можно записать так:

$$I = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b.$$

Правую часть этого равенства упростить математически нельзя. Значит, остается изобразить схематически электрическую цепь, соответствующую приведенному выражению. В составленное нами выражение входят символы  $a$  и  $\bar{a}$ ,  $b$  и  $\bar{b}$ , которые можно понимать как состояния четырех контактных пар двух переключающих устройств:  $a$  и  $b$ . В качестве таких переключающих устройств мы можем взять две «сложные» кнопки  $a$  и  $b$ , каждая из которых состоит в свою очередь из двух простых кнопок, жестко соединенных друг с другом. При этом одна из простых кнопок, входящих в переключающее устройство («сложную» кнопку), имеет замыкающие (нормально разомкнутые) контакты, а другая соответственно — размыкающие (нормально замкнутые) контакты. При этом обеспечивается одновременное воздействие одного и того же сигнала на обе простые кнопки, скрепленные друг с другом. Электрическая цепь, полностью отвечающая условиям задачи, представленным с помощью алгебраического выражения, схематически изображена на рисунке 100а.

Скрепленные друг с другом кнопки конструктивно могут быть выполнены проще. Схема, сделанная с учетом возможных упрощений в конструкции «сложных» кнопок, показана на рисунке 100б. Нетрудно заметить, что последняя схема очень близка к схеме цепи, приведенной в качестве ответа к задаче 35 (см. рис. 119б).

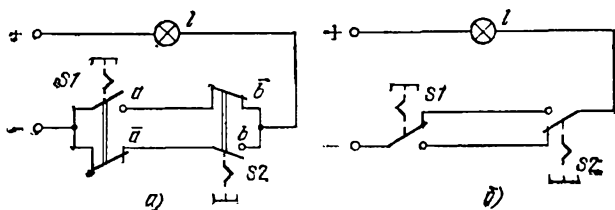


Рис. 100.

**Пример 4.** Вернемся к задаче 50, по условию которой требовалось предложить схему такой электрической цепи, содержащей лампочку и пять кнопок, чтобы лампочка загоралась только тогда, когда будут нажаты кнопки  $S1$  и  $S4$ . Решим эту задачу, используя аппарат «алгебры кнопок».

Сначала запишем условия включения лампочки, употребив логические связи: лампочка должна загореться, когда будут нажаты *и* первая кнопка, *и* четвертая кнопка, *и не* будет нажата вторая кнопка, *и не* будет нажата третья кнопка, *и не* будет нажата пятая кнопка.

Все переменные, обозначающие состояния кнопок (поскольку в словесной формулировке условия включения лампочки употреблена связка «и»), в алгебраическое выражение для условия включения лампочки войдут соединенные знаками «умножения»:

$$l = a \cdot d \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{e}.$$

Черточки (знаки отрицания) над переменными  $b$ ,  $c$  и  $e$  поставлены потому, что соответствующие кнопки *не* следует нажимать, если имеют в виду включить лампочку. Одновременно черточки указывают на необходимость выбора кнопок с нормально замкнутыми контактами.

Приведенному алгебраическому выражению соответствует электрическая цепь с лампочкой и пятью



кнопками, соединенными последовательно (см. ответ к задаче 50, рис. 133а).

А как быть, если в распоряжении собирающего цепь находятся только обычные звонковые кнопки — кнопки с нормально разомкнутыми контактами? Призовем на помощь «алгебру кнопок». По правилу 16 (см. таблицу IV) вместо выражения

$$l = a \cdot d \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{e}$$

можно написать выражение

$$l = a \cdot d \cdot \overline{(b + c + e)}.$$

Новому выражению соответствует и новая цепь (см. рис. 133б), действующая точно так же, как и предыдущая.

Ну, а можно ли найти такое решение задачи, когда все кнопки оказались бы соединенными параллельно? И на этот вопрос получить ответ поможет нам «алгебра кнопок». Параллельному соединению кнопок соответствует такое алгебраическое выражение для  $l$ , в котором все переменные в правой части соединены знаками «сложения».

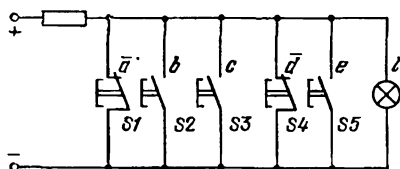


Рис. 101.

Применив правила новой для нас алгебры, преобразуем выражение

$$l = a \cdot d \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{e}.$$

По правилу 17

$$a \cdot d \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{e} = \overline{\bar{a} + \bar{d} + \bar{b} + \bar{c} + \bar{e}}.$$

Учтя правило двойного отрицания (правило 13), мы можем написать:

$$l = \overline{\bar{a} + \bar{d} + b + c + e}.$$

Этому выражению соответствует цепь, схема которой изображена на рисунке 101.

Словами содержание последнего выражения можно передать так: для включения лампочки вникни в рекомендацию «не нажимать кнопку  $S1$ , или не нажимать кнопку  $S4$ , или нажать кнопку  $S2$ , или нажать кнопку  $S3$ , или нажать кнопку  $S5$ » и, учтя, что над всей правой частью стоит знак отрицания (черта), поступи наоборот — нажми те кнопки, которые рекомендовалось не нажимать.

## **VI. РЕШАЕМ ЗАДАЧИ, ПРИМЕНЯЯ «АЛГЕБРУ КНОПОК»**

**99.** В задаче 23 требовалось предложить схему цепи с двумя лампочками и двумя переключателями. Цепь могла служить для игры двух школьников. Теперь нужно разработать схему новой цепи, содержащей кнопки и одну лампочку и дающей возможность играть в ту же игру, о которой шла речь в задаче 23: если оба играющих после подачи сигнала «судьей» нажмут на своих пультах одинаковые кнопки, то лампочка должна загореться, и выигравшим будет считаться игрок 1; если же играющие нажмут разные кнопки, то лампочка останется невключенной, и выигравшим будет считаться игрок 2.

Как будет выглядеть алгебраическая запись условий работы цепи? Изобрази схематически предложенную тобой электрическую цепь.

**100.** Одна секция автоматической камеры хранения насчитывает 9 ячеек. Если хотя бы одна из ячеек свободна, то над секцией горит зеленая лампочка.

Предложи схему цепи, обеспечивающей сигнализацию о наличии хотя бы одного свободного места в секции автоматической камеры хранения.

**101.** Составь схему электрической цепи, позволяющей управлять работой трех двигателей. Учти, что каждый двигатель должен включаться и выключаться независимо от других двигателей. Цепь должна также позволять включать и выключать любые два двигателя одновременно или же все три двигателя вместе. Источник тока для всех двигателей берется один и тот же. Цепь должна, кроме того, обеспечивать появление сигнала (должна загораться сигнальная лампочка) в том случае, когда работают именно два каких-либо двигателя.

**102.** Предложи схему электрической цепи, позволяющей следить за работой тех же трех двигателей, о

которых шла речь в предыдущей задаче 101. Условия сигнализации должны быть новыми: цепь должна обеспечивать появление сигнала только в том случае, когда работают не более двух из трех двигателей. Иначе говоря, сигнальная лампочка должна загораться при условии, что либо работает любой один двигатель, либо работают одновременно любые два двигателя.

103. Цепь управления работой трех двигателей возьми ту же самую, о которой шла речь в задаче 101. Разработай схему цепи, позволяющей осуществлять такую сигнализацию: сигнал должен появляться тогда, когда работают не менее чем два из трех двигателей.

104. Для наблюдения за работой все тех же трех двигателей, о которых шла речь в задаче 101, предложи схему новой цепи сигнализации. В новой цепи две сигнальные лампочки должны давать точную информацию о количестве работающих двигателей.

105. Комитет состоит из четырех членов, один из которых является председателем. предложи схему электрической цепи для «машины голосования», показывающей результаты голосования. Каждый из членов комитета, если он согласен с предложением, нажимает кнопку. Лампочка должна загораться только в тех случаях, если за предложение подано большинство голосов, или если голоса разделились поровну, но за предложение подан голос председателя.

106. предложи схему цепи машины, позволяющей проводить голосование в комитете, насчитывающем пять членов. Лампочка должна загораться лишь в таких случаях, когда предложение собрало большинство голосов членов комитета.

107. Жюри состоит из председателя и четырех членов. Решение считается принятым, если за него проголосовало большинство состава жюри — не менее трех человек. Председатель имеет право вето: решение не принимается, если председатель проголосовал против него. предложи схему цепи, позволяющей автоматизировать голосование в жюри. Предполагается, что председателем и любым из членов жюри голосование — подача голоса «за» — осуществляется нажатием на кнопку. В случае принятия решения должна загореться лампочка, сигнализирующая об этом.

108. Одна и та же лампочка должна включаться или выключаться с любого из трех пультов управления, не-

зависимо от того, в каком одном из двух фиксированных положений находятся кнопки на других пультах управления (используются кнопки с самофиксацией и с возвратом в исходное положение после повторного нажатия).

Сконструируй цепь, отвечающую приведенным требованиям.

Как по-твоему будет выглядеть схема электрической цепи, когда вместо трех пультов управления необходимо будет использовать четыре, пять, а может быть и еще больше пультов?

1. Буквой *S* на рисунке 25 обозначен ключ, буквой *G* — батарея гальванических элементов (батарея карманного фонаря), а буквой *H* — лампа накаливания. Соединительные проводники на схемах изображаются линиями; буквенные обозначения для них не применяются.

2. На рисунках 25 и 27 представлены схемы цепей карманных электрических фонариков. Схемы цепей отличаются друг от друга (если ты наблюдателен, то, конечно, это уже заметил) только полярностью включенных батарей элементов. Однако отличие одной цепи от другой в данном случае не является существенным: обе цепи работают одинаково.

3. Накал лампочки в цепи, представленной на рисунке 27, будет большим, чем у лампочки в цепи, изображенной схематически на рисунке 28 (это справедливо для случая, когда все лампочки одинаковы). После того, как одна из лампочек будет вывернута, цепь (см. рис. 28) разомкнется; поэтому прекратится горение второй, невывернутой лампочки. Лампочки в цепи, изображенной на рисунке 28, соединены последовательно.

4. В этом случае обе лампочки горят нормальным накалом, и вывинчивание одной из них не ведет к прекращению горения другой. Лампочки в цепи, схема которой представлена на рисунке 29, соединены параллельно.

5. Звонковые кнопки соединены параллельно (см. рис. 30). Лампочка загорится при условии, что будет нажата *или* кнопка *S1*, *или* кнопка *S2*, *или* обе кнопки *S1* и *S2* будут нажаты одновременно.

6. Звонковые кнопки соединены последовательно (см. рис. 31). Лампочка загорится только при условии, что будут нажаты *и* первая, *и* вторая кнопки. Цепи, изображенные на рисунках 30 и 31, отличаются способом со-

единения кнопок. Ранее, в задачах 3 и 4, рассматривались последовательное и параллельное соединения ламп накаливания.

7. Три возможных варианта соединения зажимов представлены на рисунке 102.

8. Четыре зажима тремя проводниками можно соединить шестнадцатью различными способами. Пять из шестнадцати способов показаны на рисунке 103.

9. Возможные варианты ответов к задаче представлены на рисунках 104а — 104г. На первых двух рисунках показано, как следует соединить зажимы, чтобы ток через резистор был направлен от зажима *A* к зажиму *B*; на последних двух — от зажима *B* к зажиму *A*.

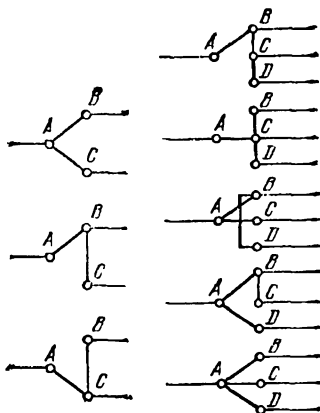


Рис. 102.

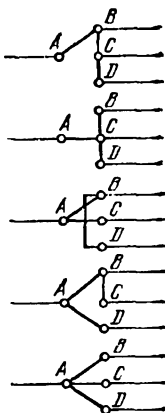


Рис. 103.

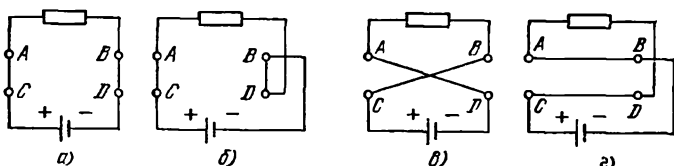


Рис. 104.

10. Можно включить: или только лампочку *H1* (ключом *S1*), или одновременно две лампочки *H3* и *H2* (ключом *S2*), или все три лампочки *H1*, *H2* и *H3* (ключами *S1* и *S2*).

11. Схема электрической цепи, соответствующей условиям задачи, приведена на рисунке 105.

12. Двухполюсный переключатель (см. рис. 36) имеет шесть зажимов: два из них соединены с основаниями ножей переключателя, а четыре — с «губками», в которые могут входить ножи переключателя.

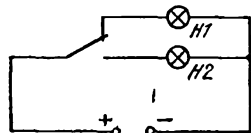


Рис. 105.

Если использовать два зажима: один — связанный с одним из ножей переключателя, а другой — связанный с одними из двух «губок», в которые может входить этот нож, то двухполюсный переключатель будет служить как однополюсный выключатель.

Если же присоединить еще провод к третьему зажиму, связанному с еще одними «губками», в которые может входить тот же нож, то в этом случае двухполюсный переключатель, «используемый на 50%», будет работать как однополюсный переключатель.

13. Цепь, схема которой показана на рисунке 37, может находиться в четырех различных состояниях. Если ножи переключателей находятся в положениях 1 и 3, то горит лампочка *H1*. Когда ножи переключателей находятся в положениях 2 и 4, горит лампочка *H2*. Если же ножи переключателей переведены в положения 1 и 4, то будут гореть обе лампочки, соединенные параллельно. Переведя ножи переключателей в положения 2 и 3, мы соединим лампочки последовательно. Теперь они также будут гореть одновременно, но накал нитей будет неполным.

14. При нажатии на кнопку *S1* будет работать звонок *B*, и если нож однополюсного переключателя находится в положении 1, то загорится лампочка *H1*, а если нож переключателя будет в положении 2, то будет действовать звонок *B*, и будет гореть лампочка *H2*.

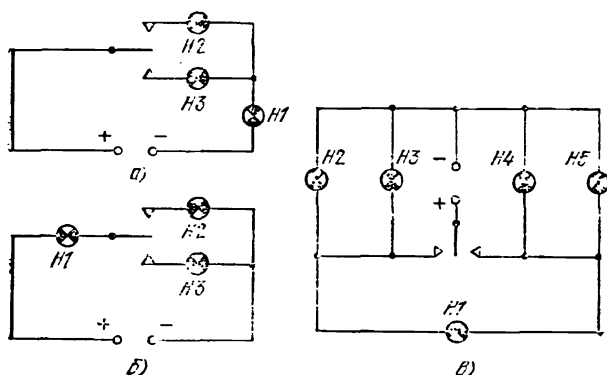


Рис. 106.

15. На рисунках 106а и 106б приведены схемы цепей, которые являются ответами к задаче. Однако на самом

деле в автомобилях для сигнализации о левом или правом поворотах используется не по одной, а по две сигнальных лампочки. Схема реально применяемой цепи изображена на рисунке 106в. Постарайся собрать и испытать эту цепь, убедись, что она обеспечивает выполнение условий задачи.

16. Для определения полюсов самодельного электромагнита используй магнитную стрелку. После подсоединения электромагнита к батарейке карманного фонаря к одному из его полюсов поднеси магнитную стрелку (компас). Если к этому полюсу электромагнита магнитная стрелка повернется своим северным полюсом (он обычно бывает окрашен в синий цвет), то это будет означать, что исследуемый полюс электромагнита — южный. К северному полюсу электромагнита притянется южный полюс магнитной стрелки.

17. Замыкание ключа  $S$  ведет к появлению тока в обмотке электромагнита  $\mathcal{E}m$ , а это в свою очередь приводит к тому, что якорь  $B$  притягивается к сердечнику электромагнита. Отклонение якоря от начального положения приводит к разрыву контактов  $B$  и  $A$ , и ток в цепи прекращается. С прекращением тока сердечник электромагнита теряет свои магнитные свойства, и якорь  $B$  возвращается в первоначальное положение, контакты  $B$  и  $A$  вновь замыкаются. Соединение контактов  $B$  и  $A$  при замкнутом ключе  $S$  ведет к тому, что в цепи вновь возникает электрический ток, и все снова повторяется...

Это устройство применяется в электрических звонках.

18. Объясняя, как работает цепь, собранная по схеме, приведенной на рисунке 44, обрати внимание на то, что в цепи используется кнопка с нормально замкнутыми (размыкающими) контактами. Нажав на кнопку, ты разъединишь контакты, а, значит, прервешь ток в цепи, из-за чего лампочка перестанет гореть.

19. Можно использовать цепь с кнопкой (см., например, схему цепи, приведенную на рисунке 44). При закрытой дверце кнопка должна быть нажата, тогда лампочка гореть не будет.

Возможно и иное решение задачи, когда используется кнопка с нормально разомкнутыми (замыкающими) контактами. В этом случае кнопку нужно укрепить так, чтобы при открывании дверцы холодильника она оказалась бы нажатой.



20. Схемы цепей, показанные на рисунках 107а—107г, являются ответами к задаче. Заметим, что возможно сконструировать и другие цепи, которые также будут являться ответами к задаче 20 (см. задачу 30 и ответы к ней).

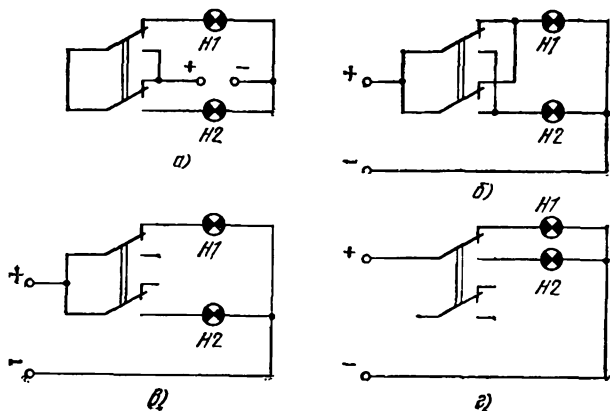


Рис. 107.

Наиболее простой является цепь, схема которой изображена на рисунке 107г.

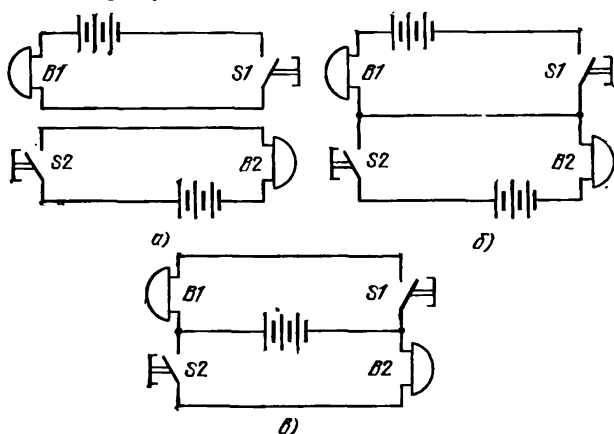


Рис. 108.

21. Цепи, схемы которых приведены на рисунках 108а, 108б и 108в, являются ответами к задаче. Наи-

более рациональной (в ней используется лишь одна батарея) является цепь, схема которой изображена на рисунке 108в.

22. См. рисунок 109.

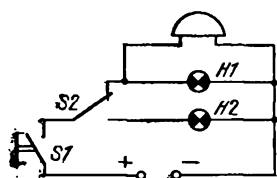


Рис. 109.

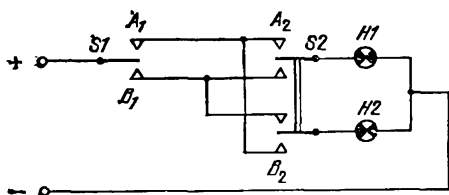


Рис. 110.

23. Рассмотрим схему цепи на рисунке 110. Если переключатели будут находиться в положениях  $A_1$  и  $A_2$ , либо в положениях  $B_1$  и  $B_2$ , то выиграет игрок 1 — загорится лампочка  $H1$ . При других комбинациях положений переключателей будет гореть лампочка  $H2$ , сигнализируя о выигрыше игрока 2.

24. На рисунке 46 изображена схема электрической цепи, содержащей электромагнитное реле с одной парой замыкающих контактов. При прохождении тока по обмотке реле контакты  $K1.1$  замыкаются.

На рисунке 47 представлена схема электрической цепи, содержащей электромагнитное реле с одной парой размыкающих контактов  $K1.1$ , которые разъединяются, когда в обмотке реле возникает электрический ток.

25. Если нажать кнопку в цепи, изображенной схематически на рисунке 49, то это приведет к возникновению тока в обмотке реле  $K1$ , из-за чего якорь отклонится (притянется) к сердечнику электромагнита. При этом одна пара контактов,  $K1.1$ , разомкнется, а другая пара контактов,  $K1.2$ , замкнется. И это приведет к тому, что лампочка  $H1$  потухнет и загорится лампочка  $H2$ . Такие же изменения произойдут при нажатии кнопки и в цепи, показанной на рисунке 50.

Обрати внимание на то, что последняя цепь (рис. 51) является упрощением двух предыдущих цепей (см. рис. 49 и 50).

26. Пока кнопка не нажата, горит лампочка  $H2$ . Если же кнопку нажать, то ток пойдет по обмотке реле  $K1$  и по лампочке  $H1$ , подсоединенной параллельно

обмотке реле. Электромагнит притянет якорь, контакты *K1.1* разомкнутся, из-за чего прервется ток в ветви с лампочкой *H2*, и лампочка *H2* погаснет.

Цепи, схемы которых показаны на рисунках 49—52, работают одинаково, но наиболее простой из них является цепь, изображенная схематически на рисунке 52: в ней используется один источник тока и простое реле с одной парой размыкающих контактов.

27. В выключателе, символическое изображение которого содержится в схеме цепи на рисунке 54, ножи механически жестко соединены друг с другом. Поэтому и лампочка, и двигатель включаются или же выключаются одновременно.

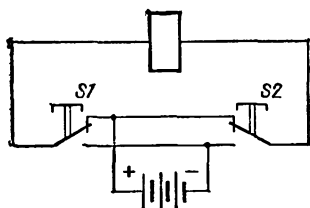


Рис. 111.

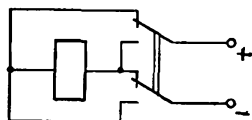
В цепи, схема которой представлена на рисунке 53, содержится два одинаковых однополюсных выключателя. В этой цепи лампочка и двигатель могут включаться или выключаться по-разному.

28. Собери цепь по схеме, показанной на рисунке 111, и убедись в правильности ответа.

29. Ответы к задаче представлены на рисунках 112а и 112б



а)



б)

Рис. 112.

Собрав такие цепи, можно будет быстро изменять направление тока в обмотке электромагнита на обратное, при этом его полюсы будут меняться местами. Убедиться в том, что перевод переключателя в новое положение приводит к смене полюсов у электромагнита, можно, если воспользоваться магнитной стрелкой или компасом.

30. Варианты ответов представлены на рисунках 113а—113е.

Если при решении задачи 20 ты нашел не более четырех вариантов ответов, то, познакоившись с отве-

тами к задаче 30, ты сможешь найти еще четыре варианта ответа к задаче 20: для этого мы советуем тебе внимательно рассмотреть схемы цепей на рисунках 113а — 113г.

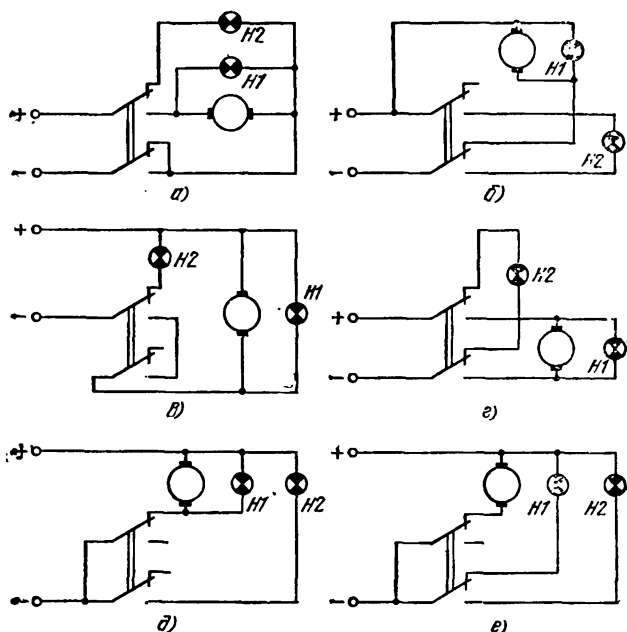


Рис. 113.

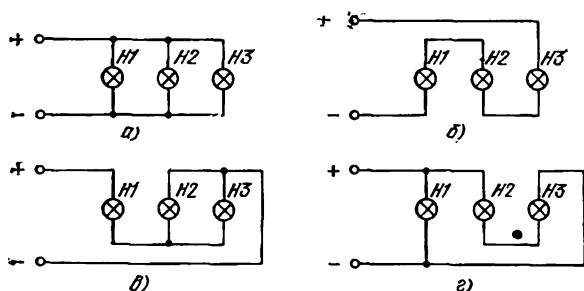


Рис. 114.

В свою очередь четыре первых варианта ответа к задаче 20 могут помочь тебе найти новые варианты ответов к задаче 30: в каждой из цепей необходимо только

к одной из лампочек параллельно подсоединить двигатель.

31. См. рисунки 114а — 114г.

32. Ход рассуждений, ведущих к построению схемы цепи, обеспечивающей возможность быстрого переключения трех лампочек с параллельного соединения на последовательное (и обратно), отражен на рисунках 115а — 115г.

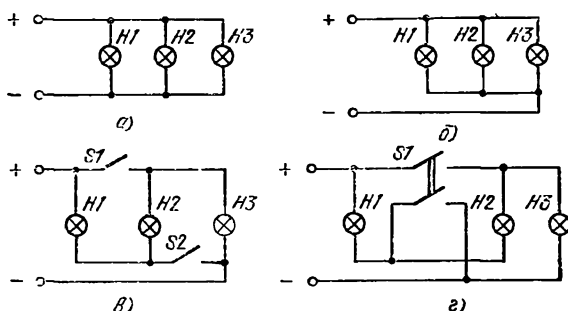


Рис. 115.

Еще один вариант цепи, удовлетворяющей условиям задачи 32, представлен схематически на рисунке 116.

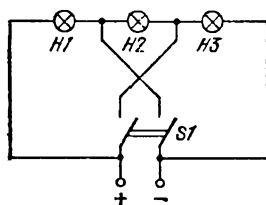


Рис. 116.

33. В цепи, схематически изображенной на рисунке 57, до нажатия кнопки обе лампы горят неполным накалом. Если нажать на кнопку, то параллельно лампе *H2* будет включен проводник с исчезающе малым сопротивлением, лампа *H2* при этом окажется зашунтированной и гореть не будет; все напряжение теперь будет подаваться на лампу *H1*, которая станет гореть полным накалом.

34. Сигнальные лампочки *H1* («да») и *H2* («нет») устанавливаются в одной комнате, а лампочки *H3* («нет») и *H4* («да») — в другой. Лампочки, позволяющие получать в разных комнатах противоположные по смыслу сигналы, могут быть соединены последовательно. Соответствующие схемы цепей, удовлетворяющих условиям задачи, приведены на рисунках 117а — 117е. Наиболее рациональной из них (используются однопольс-

ный переключатель и всего семь соединительных проводников) является цепь, изображенная схематически на рисунке 117е.

Сигнальные лампочки могут быть соединены также и параллельно. Соответствующие схемы цепей показаны на рисунках 118а—118ж. Цепь, изображенная схематически на последнем рисунке, является наиболее простой из этой серии цепей.

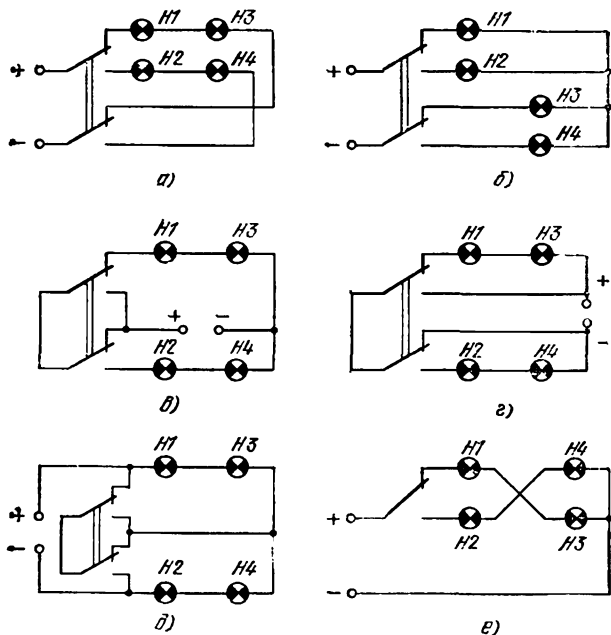


Рис. 117.

Воспользовавшись ответами к задаче 30, можно найти еще несколько ответов к задаче 34. В свою очередь ответы к задаче 34 могут быть взяты за основу для поиска новых ответов к задаче 30.

Среди приведенных схем электрических цепей в двух случаях (см. рис. 117д и 118е) двухполюсный переключатель подсоединяет проводник параллельно то к одной группе ламп, то к другой. При этом лампы той группы, которая оказалась зашунтированной подсоединенным проводником, перестают гореть.

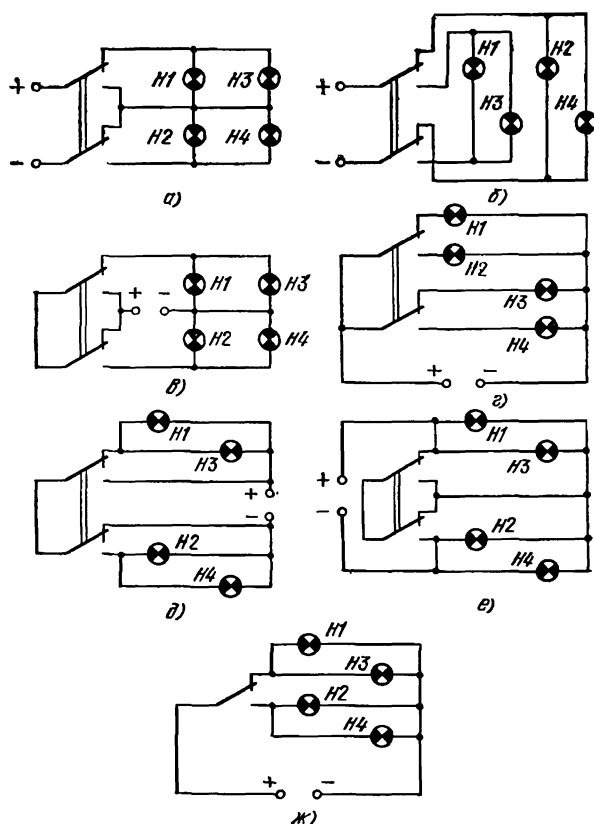


Рис. 118.

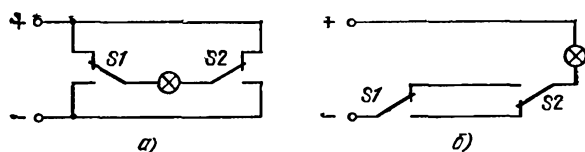


Рис. 119.

35. На рисунках 119а и 119б изображены схемы двух различных электрических цепей, которые удовлетворяют поставленным условиям. Более рациональной является цепь, показанная на рисунке 119б. Детальный

разбор решения этой задачи приведен в пятой части этой брошюры (пример 3).

**36.** Цепи, являющиеся ответами к задаче 36, можно получить, взяв за основу цепи, служащие ответами к задаче 35. Изменения будут состоять только в том, что

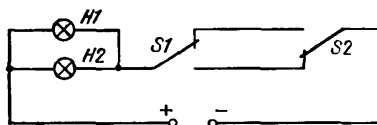


Рис. 120.

вместо одной лампочки нужно будет поставить по две лампочки, соединенных параллельно. Один из вариантов цепи схематически изображен на рисунке 120.

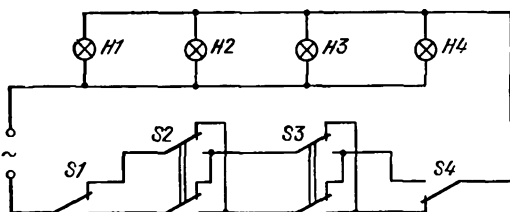


Рис. 121.

**37.** Верно. Собери цепь, схема которой приведена на рисунке 58, и на практике убедись в правильности ответа.

**38.** См. рисунок 121.

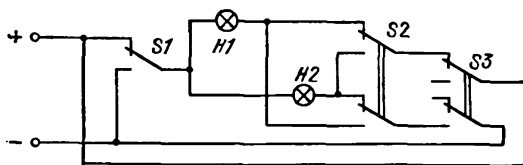


Рис. 122.

**39.** Схема цепи, изображенная на рисунке 122, соответствует всем требованиям, о которых шла речь в тексте задачи.



40. На рисунке 123 приведена схема цепи для освещения длинного коридора четырьмя лампочками. На схеме выделен участок цепи с переключателем  $S3$  и лампочкой  $H3$ , который при необходимости включения

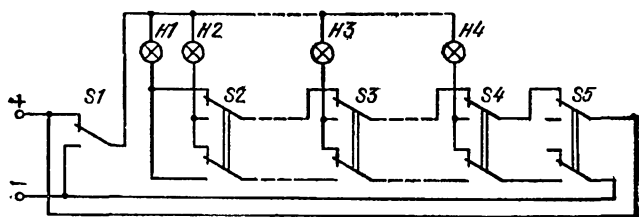


Рис. 123.

большого числа лампочек может быть повторен нужное число раз. Цепь, являющуюся ответом к задаче 40,

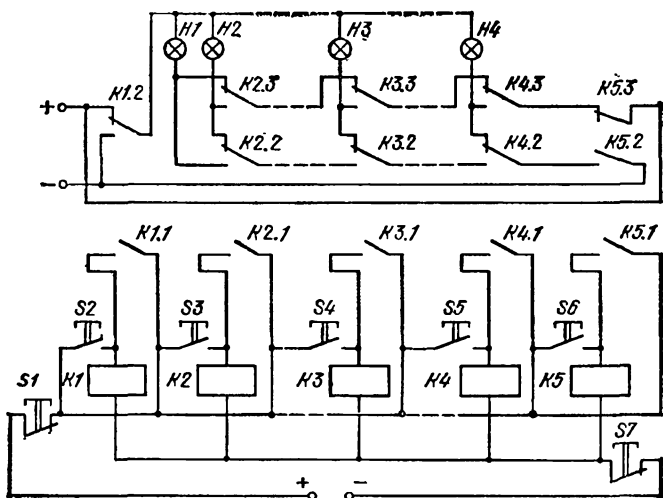


Рис. 124.

можно собрать на электромагнитных реле, как это показано на рисунке 124.

41. На рисунках 125а — 125з приведены восемь вариантов ответа на вопрос задачи.

Интересно отметить, что во всех восьми случаях пи содержат по семь соединительных проводников

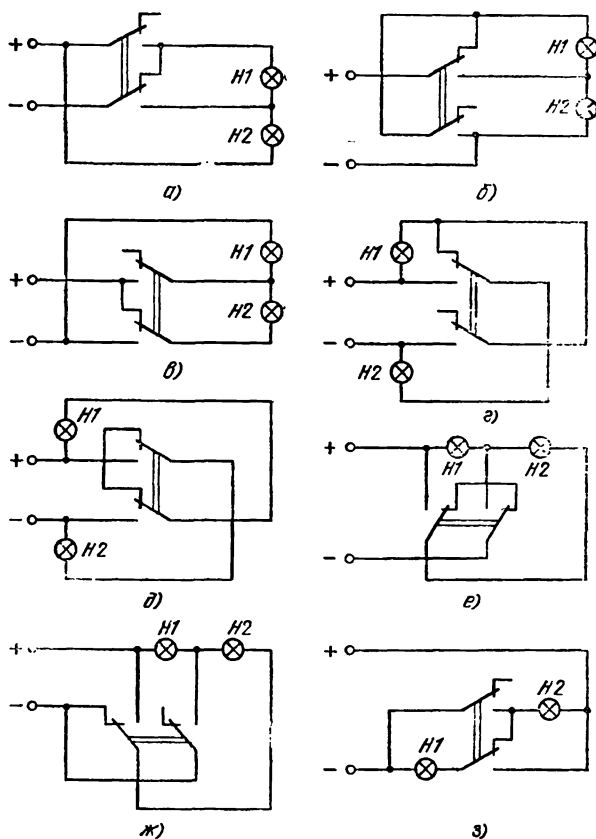


Рис. 125.

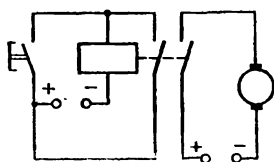


Рис. 126.

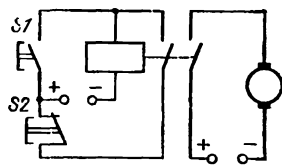


Рис. 127.

42. Схема цепи приведена на рисунке 126.

43. См. рисунок 127.

**44.** При конструировании цепи, являющейся ответом к этой задаче, за основу можно взять цепь, которая является ответом к предыдущей задаче. Сигнальная лампочка может быть включена в цепь либо параллельно с двигателем (см. рисунок 128а), либо при замыкании

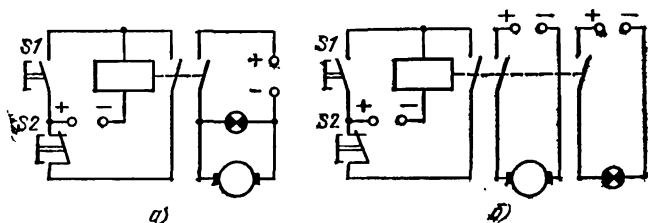


Рис. 128.

пары нормально разомкнутых контактов реле, имеющиеся уже в цепи. В последнем случае сигнальная лампочка подсоединяется к новому источнику тока (см. рисунок 128б).

**45.** Схема цепи, представленная на рисунке 129, удовлетворяет условиям задачи. От цепи, являющейся ответом к задаче 43, новая цепь отличается только количе-

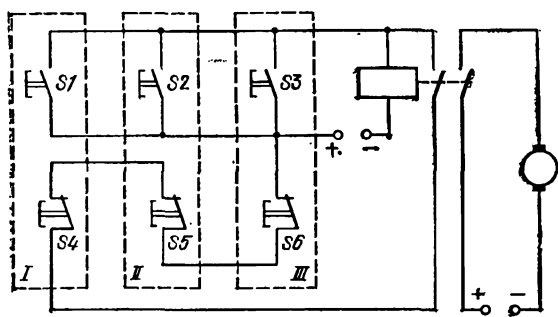


Рис. 129.

ством примененных кнопок. Кнопки *S1*, *S2* и *S3*, соединенные параллельно, служат для пуска двигателя, а кнопки *S4*, *S5* и *S6*, соединенные последовательно, служат для отключения двигателя. На первом пульте управления размещаются кнопки *S1* и *S4*, на втором — *S2* и *S5*, на третьем — *S3* и *S6*.

46. На рисунке 130 изображена схема сигнализации, отвечающая условиям задачи. Обрыв проволоки  $AB$  (если ранее кнопка  $S1$  была кратковременно нажата) при замкнутом ключе  $S3$  ведет к прекращению тока в обмотке реле; контакты реле, входящие в цепь звонка, замыкаются, и звонок начинает звенеть. Кнопка  $S2$  служит для отключения сигнализации, если принимается решение о прекращении охраны объекта.

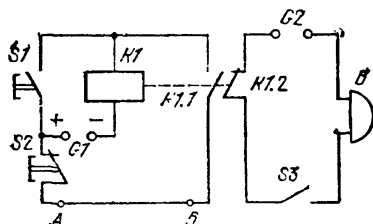


Рис. 130.

47. Обратившись к решению задачи 43, нетрудно будет найти путь, ведущий к решению задачи 47.

48. Схемы цепей приводятся на рисунках 131а — 131е.

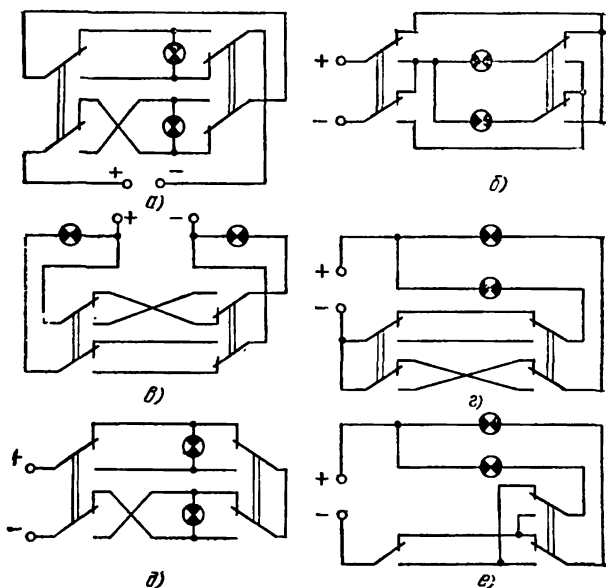


Рис. 131.

49. Цепи, являющиеся ответами к задаче 49, могут быть получены путем изменения цепей, которые являются ответами к задаче 48. Для этого вместо каждой из

лампочек в ранее рассмотренных цепях (см. рисунки 131а—131е) нужно включить по две лампочки, соединенных последовательно или параллельно. Три из всего

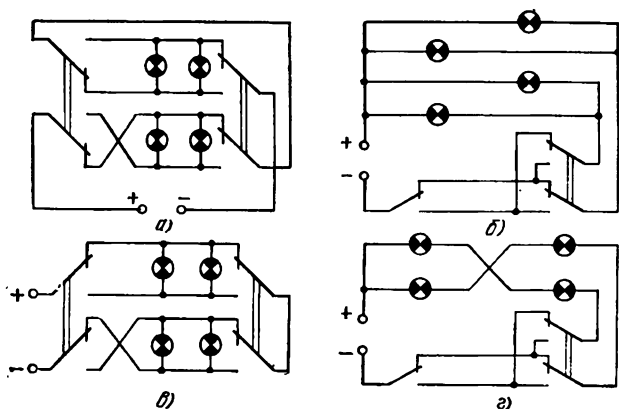


Рис. 132.

количества возможных вариантов цепей приведены на рисунках 132а—132в. Наиболее простой является сле-

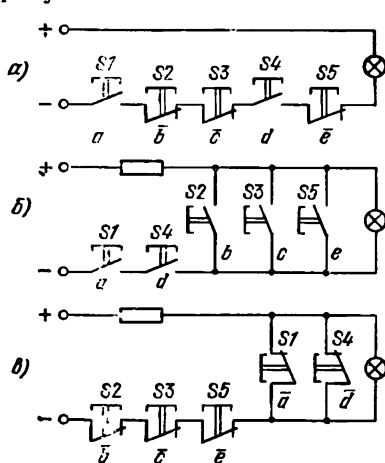


Рис. 133.

дующая цепь (см. рисунок 132г), в которой сигнальные лампочки соединены последовательно.

50. Поскольку в тексте задачи не оговорено, что кнопки должны быть только одного какого-либо вида (либо только с нормально разомкнутыми контактами, либо только с нормально замкнутыми контактами), то правильными ответами будут являться цепи, содержащие кнопки любого одного вида или обоих видов. Поэтому вариантов ответов может быть немало.

На рисунках 133а—133в приведены схемы трех цепей, удовлетворяющих условиям задачи 50.

Подробно решение этой задачи рассматривается в пятой части этой брошюры (пример 4).

51. При перемещении движка реостата слева направо сопротивление введенной части обмотки реостата увеличивается, и ток в цепи уменьшается.

52. См. рисунок 134.

53. В цепи, показанной на рисунке 60, перемещение движка реостата вправо приводит к увеличению сопротивления и, следовательно, к уменьшению тока в цепи. Накал лампочки уменьшится, скорость вращения якоря двигателя упадет.

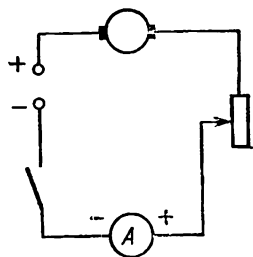


Рис. 134.

Такие же изменения будут наблюдаться и во второй цепи при перемещении движка реостата вправо (см. рисунок 61).

54. Место контакта движка с обмоткой реостата делит эту обмотку на две части (см. рис. 62а), которые оказываются соединенными параллельно. Параллельно же соединены резистор и введенная часть обмотки реостата в цепи, изображенной на рисунке 62б. В первом случае максимальному сопротивлению в цепи соответствует среднее положение движка реостата; при крайних положениях движка реостата сопротивление рассматриваемого участка цепи оказывается равным нулю. Во втором случае (см. рис. 62б) максимальное значение сопротивления участка цепи достигается перемещением движка реостата в крайнее левое положение; при переводе же движка в крайнее правое положение сопротивление участка цепи оказывается равным нулю. Нетрудно понять, что, если сопротивление любого из резисторов равно  $R$ , то максимальное сопротивление соединения резистора с реостатом в первом случае (см. рис. 62а) будет равно  $R/4$ , а во втором случае  $R/2$ .

55. С увеличением числа параллельно включенных лампочек их общее сопротивление уменьшается, и ток в цепи возрастает.

56. Цепью, схематически изображенной на рисунке 64, пользоваться удобнее. Эта цепь позволяет включать или выключать лампочки с помощью выключателей, когда не требуется ввертывать лампочки в патроны или вывертывать их из патронов.

57. Если все резисторы одинаковы, то возможно дать три ответа, удовлетворяющие условиям задачи. Эти три варианта ответа представлены на рисунках 135а — 135в.

Обрати внимание на то, что первые две цепи равноценны друг другу: в них используются одинаковые переключатели и равные количества соединительных проводников. В цепи же, приведенной на рисунке 135в, используется однополюсный выключатель.

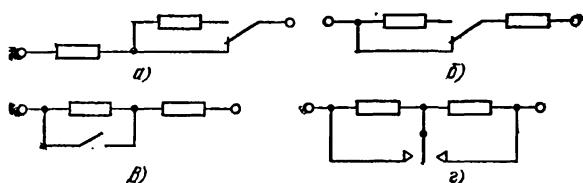


Рис. 135.

Если же резисторы разные, то ответом к задаче может служить схема цепи, изображенная на рисунке 135г. В этой цепи используется переключатель с нейтральным средним положением. И когда переключатель находится в среднем положении, то оба резистора оказываются включенными в цепь. При нахождении переключателя в любом из двух крайних положений в цепь включается только какой-либо один из резисторов. А другой резистор в это время шунтируется ножом переключателя.

58. См. задачу 59 и ответ к ней.

59. В цепи, схема которой приведена на рисунке 6б, не нужно специально изменять полярность включения амперметра перед изменением направления тока на обратное (предполагается, что используется амперметр со шкалой, на которой отметка 0 стоит не посередине шкалы). Схема этой цепи и является ответом на вопрос задачи 58.

60. См. схемы на рисунках 136а и 136б.

62. Эксперимент позволяет убедиться, что при перемещении движка потенциометра вверх напряжение на зажимах лампочки и вольтметра возрастает; при перемещении же движка потенциометра вниз напряжение падает и становится равным нулю, когда движок попадает в крайнее нижнее положение.

63. Ответами к задаче служат цепи, схематически представленные на рисунках 137а и 137б. Обе цепи рав-

ноценны. Нетрудно понять, как они работают. При замыкании ключа  $S1$  включается обмотка реле  $K2$ . Протекание тока по обмотке вызывает срабатывание реле  $K2$ ; контакты  $K2.1$  замыкаются, и это, в свою очередь,

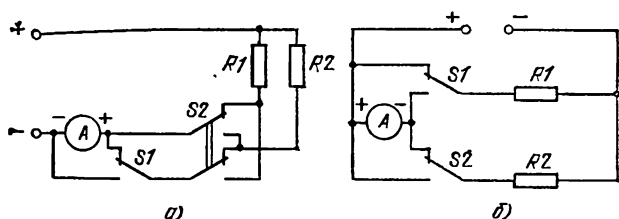


Рис. 136.

приводит к срабатыванию реле  $K1$ . Но теперь размыкаются контакты  $K1.1$ , и реле  $K2$  возвращается в начальное состояние, что приводит к размыканию контактов  $K2.1$ , и реле  $K1$  отключается. Вновь замыкаются контакты  $K1.1$  ... далее все повторяется.

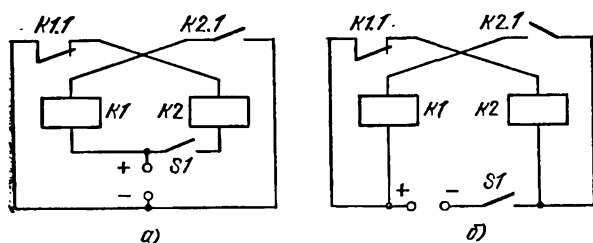


Рис. 137.

**64. а)** На базе цепи, о которой шла речь в задаче 17, можно построить простую цепь, являющуюся вариантом ответа к задаче 64 (см. рисунок 138а). Правда, мигания лампочки в этом случае могут оказаться очень частыми и поэтому — малозаметными. Увеличить интервал времени между вспышками лампочки можно, подсоединив параллельно обмотке реле полярный (электролитический) конденсатор. Еще один вариант ответа на задачу представлен на рисунке 138б.



**Внимание!** При сборке электрических цепей с электролитическими конденсаторами неукоснительно должно соблюдаться следующее правило: зажимы конденсаторов, отмеченные знаками «плюс» и «минус», можно соединять только с теми полюсами источника тока, которые отмечены теми же знаками.

б) Взяв за основу цепи, которые рассматривались в предыдущей задаче, также можно собрать устройство,

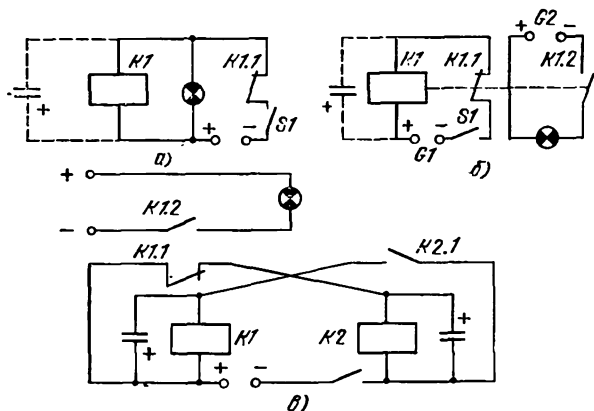


Рис. 138.

заставляющее мигать лампочку. В этом случае (см. рисунок 138в) лампочка будет мигать синхронно с процессом переключения одного из реле.

**65.** Цепь с заданными свойствами можно сконструировать, взяв за основу одну из цепей с переключающимися реле (см. ответ к задаче 63). Два варианта цепи, удовлетворяющей условиям задачи 65, приведены на рисунках 139а и 139б.

Цепи, представленные на рисунках 139в и 139г, также являются вариантами ответа к задаче 65. Наиболее простой является последняя цепь. Схемы всех цепей (см. рисунки 139а — 139г) приведены без указания кон-

денсаторов, которые, однако, при необходимости могут быть подсоединены параллельно обмоткам реле.

Сигнализацию с переключающимися лампочками устанавливают, например, на шлагбаумах при переездах через железную дорогу.

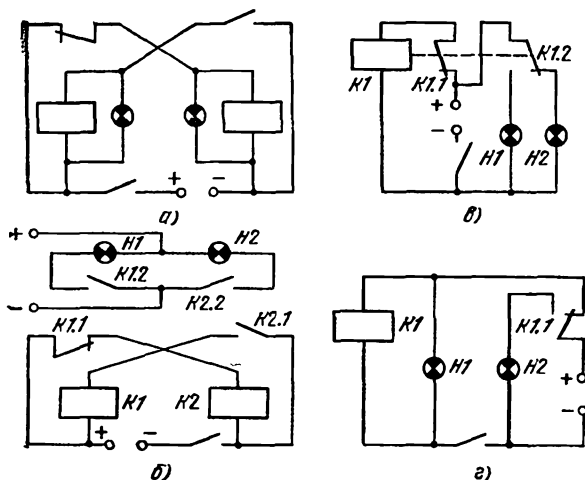


Рис. 139.

66. Цепь, схема которой приведена на рисунке 70, работает следующим образом. После замыкания цепи выключателем  $S1$  загорается лампочка  $H1$  и начинает заряжаться конденсатор  $C1$ . Как только конденсатор зарядится, срабатывает реле  $K1$ , что приводит к тому, что переключающие контакты  $K1.2$  включают лампочку  $H2$  и выключают лампочку  $H1$ . Одновременно с переключением контактов  $K1.2$  замыкаются контакты  $K1.1$ , вследствие чего начинает заряжаться конденсатор  $C2$ . Полная его зарядка приводит к срабатыванию реле  $K2$ . Теперь переключающие контакты  $K2.2$  отключают лампочку  $H2$  и на короткое время включают лампочку  $H3$ . При срабатывании реле  $K2$  размыкаются контакты  $K2.1$ , отключая оба реле от источника питания. А поскольку выключатель  $S1$  остается замкнутым, то оказывается включенной лампочка  $H1$ , происходит зарядка конденсатора  $C1$ , срабатывает реле  $K1$  ...

Таким образом, замыкание двухполюсного выключателя  $S1$  приводит к тому, что три лампочки  $H1$ ,  $H2$ ,  $H3$

начинают последовательно загораться и гаснуть, этот процесс происходит автоматически. Конденсаторы в цепи необходимы для того, чтобы переключения лампочек не происходили очень быстро.

Если число лампочек в цепи увеличить до шести, то можно будет наблюдать эффект «бегущих огней», который становится еще более выразительным при дальнейшем увеличении числа включенных лампочек. (Пояснение: при включении в цепь трех пар лампочек после замыкания выключателя первыми загораются лампочки *H1* и *H4*, вторыми — лампочки *H2* и *H5*, третьими — лампочки *H3* и *H6*.) На практике такие цепи используются при устройстве праздничной иллюминации или световой рекламы.

**67.** Если сопротивление обмотки амперметра много меньше сопротивления резистора, а сопротивление обмотки вольтметра много больше сопротивления резистора, то результаты измерений практически не будут зависеть от выбора цепи.

Цепь, схема которой приведена на рисунке 71, предпочтительнее в тех случаях, когда сопротивление обмотки вольтметра много больше сопротивления резистора; тогда амперметр покажет ток, практически равный току в резисторе.

Цепь, схема которой изображена на рисунке 72, предпочтительнее в тех случаях, когда сопротивление обмотки амперметра много меньше сопротивления резистора; тогда вольтметр покажет напряжение, практически равное напряжению на резисторе.

**68.** Цепь, приведенная на рисунке 74, удачнее, так как при изменении направления тока на обратное не возникает необходимости менять провода, подсоединенные к зажимам измерительных приборов. (См. ответ к задаче 59.)

**69.** См. рисунки 140а и 140б. Обе цепи равноценны. При сборке цепи по схеме, показанной на рисунке 140а, рекомендуется использовать вольтметр с нулем посередине шкалы.

**70.** В цепи, схема которой изображена на рисунке 76, патрон лампочки может оказаться под напряжением относительно земли. Во второй цепи (рисунок 77) такая возможность исключена. Работа со второй цепью при разомкнутом двухполюсном выключателе совершенно безопасна.

71. Один из вариантов ответа к задаче приведен на рисунке 141.

72. На рисунке 142 приведен один из возможных ответов к задаче.

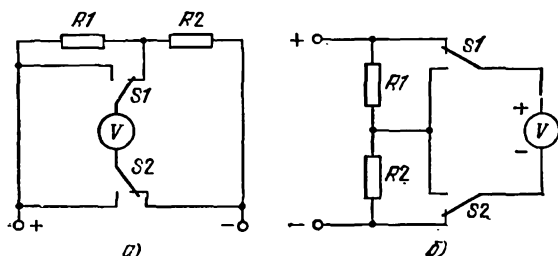


Рис. 140.

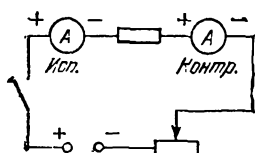


Рис. 141.

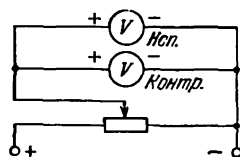


Рис. 142.

73. В цепь, которая схематически изображена на рисунке 79, включен счетчик электрической энергии, измеряющий ее в гектоватт-часах.

74. См. рисунок 143.

76. См. рисунок 144.

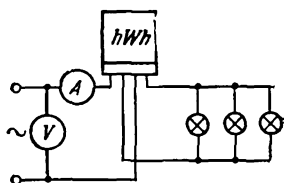


Рис. 143.

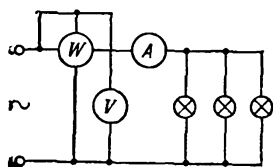


Рис. 144.

**Примечание.** Используя ваттметр, можно составить цепь, предназначенную для проверки счетчика электрической энергии (см. ответ к задаче 74).

77. К вводам от электрической сети с напряжением 220 В параллельно подсоединены три лампочки: лампочка *H1* включается выключателем *S1*; лампочка *H2* включается с помощью штепсельного разъема (вилки и розетки) *X1* и приводится в действие выключателем *S2*; лампочка *H3* может включаться любым из двух однополюсных переключателей *S3* или *S4*.

78. В квартире установлены три потребителя электрической энергии, подсоединенные к сети параллельно: лампочка *H1* (включается выключателем *S2*), лампочка *H2* (включается выключателем *S3*) и электрический звонок (приводится в действие кнопкой *S1*). Возможно подсоединение к сети четвертого потребителя электроэнергии, для чего в квартире установлена розетка *X1*. В квартире установлен щиток со счетчиком электрической энергии и двумя плавкими предохранителями *F1* и *F2*.

79. На рисунке 145 изображена схема цепи, собранной кружковцем. Схема той цепи, которую кружковцу предстояло собрать, представлена на рисунке 146.

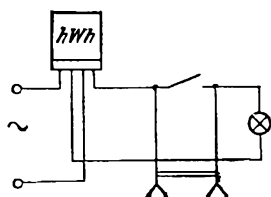


Рис. 145.

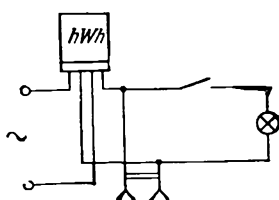


Рис. 146.

81. Близкая по содержанию задача решалась ранее: см. задачу 41 и ответы к ней.

82. Поскольку изменится направление тока только в одной из обмоток двигателя, то якорь двигателя изменит направление своего вращения на противоположное, или, иначе говоря, двигатель будет реверсирован.

*Примечание.* Ответ этой задачи может служить ответом на один из вопросов задачи 29, в которой спрашивалось, для чего может быть применена смена полюсов у электромагнита.

83. В обоих случаях, так как одновременно изменяются направления токов и в обмотке якоря, и в обмотке электромагнита, направление вращения якоря останется прежним.

84. См. рисунки 147 и 148.



Рис. 147.

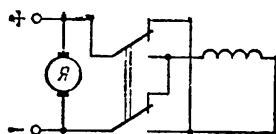


Рис. 148.

85. Один из возможных вариантов ответа представлен на рисунке 149. На пультах размещаются переключатели

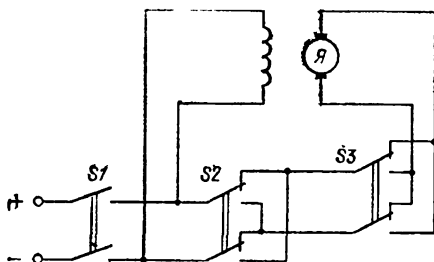


Рис. 149.

чатели  $S2$  и  $S3$ . Переключатель  $S1$  используется для подключения цепи к источнику тока и для отключения цепи от него.

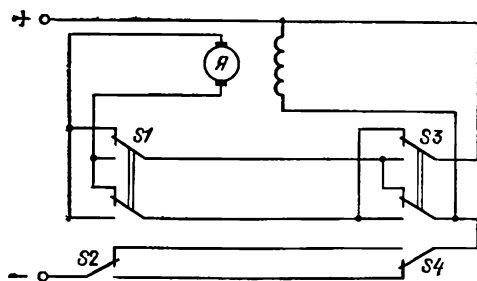


Рис. 150.

86. На рисунке 150 представлена схема цепи, являющейся ответом к задаче. На одном пульте размещаются переключатели  $S1$  и  $S2$ , а на другом —  $S3$  и  $S4$ . Переключатели  $S2$  и  $S4$  служат для включения и

выключения двигателя, а переключатели  $S1$  и  $S3$  — для реверсирования двигателя.

87. Цепь для дистанционного управления двигателем фильмоскопа можно сконструировать, взяв за основу цепь управления, о которой шла речь в задаче 82. Для включения и выключения лампы фильмоскопа нужна другая цепь (см., например, рис. 25). Окончательное решение можно получить, объединив обе цепи в одну.

88. Если нажать кнопку  $S1$ , то ток от источника пойдет по обмотке реле  $K1$ . Замкнутся контакты реле  $K1.1$ ,  $K1.3$  и разомкнутся контакты  $K1.2$ . Контакты  $K1.1$  будут оставаться замкнутыми и тогда, когда кнопка  $S1$  уже не будет нажиматься. Замыкание контактов  $K1.3$  приводит к включению электрического двигателя  $M1$ . Размыкание контактов  $K1.2$  приводит к разрыву участка цепи, содержащего обмотку реле  $K2$ . Теперь, нажимая кнопку  $S2$ , мы не сможем включить второй двигатель; принято говорить, что второй двигатель  $M2$  и обмотка реле  $K2$  заблокированы.

Если же первой нажать кнопку  $S2$ , то включится второй двигатель  $M2$ , и будет невозможно включить двигатель  $M1$ .

Кнопка  $S3$  является общей: нажатие на нее приводит к выключению первого (или второго) двигателя после того, как был включен первый (или же второй) двигатель.

89. Схема цепи, содержащей ключи и реле и удовлетворяющей условиям игры, приведена на рисунке 151.

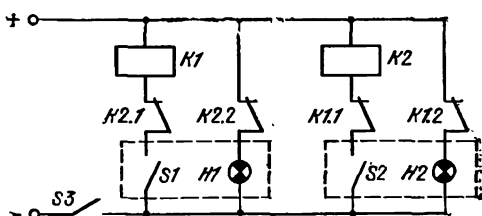


Рис. 151.

Работа этой цепи похожа на работу цепи с блокировкой, о которой шла речь в задаче 88. Теперь на пульте 1 размещаются ключ  $S1$  и лампочка  $H1$ , а на пульте 2 — ключ  $S2$  и лампочка  $H2$ . Ключ  $S3$  дает возможность

всю цепь подключать к источнику питания и отключать цепь от него.

Цепь работает следующим образом. Если сначала замкнуть ключ  $S1$ , то сработает реле  $K1$ ; разомкнутся контакты  $K1.1$  и  $K1.2$ . При этом пульт второго участника игры полностью отключится от источника тока, что говорит о том, что второй игрок проиграл. Если же первым будет замкнут ключ  $S2$ , то полностью отключится от источника тока (блокируется) пульт первого участника игры, теперь он проигрывает состязание.

Еще один вариант схемы цепи для игры на кнопках и реле приведен на рисунке 152. В этой цепи дополнительно используются две группы контактов  $K1.3$  и  $K2.3$ ,

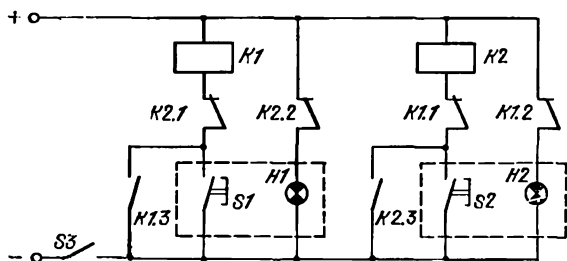


Рис. 152.

назначение которых — блокировать соответственно кнопки  $S1$  и  $S2$ .

Для приведения цепи в исходное состояние необходимо разомкнуть и вновь замкнуть ключ  $S3$ .

90. Условия игры, которую можно провести, используя цепь, изображенную схематически на рисунке 90, несколько отличаются от условий игры, о которой шла речь в задаче 89. Теперь каждый участник игры стремится после подачи определенного сигнала первым включить лампочку на своем пульте. Вариант цепи, позволяющей реализовать условия игры на кнопках, схематически представлен на рисунке 153. Каждая из лампочек в этой цепи включена параллельно обмотке электромагнитного реле.

Собери и испытай эту цепь. Убедись, что она позволяет (на качественном уровне) оценивать быстроту реакции участников соревнования.



91. На рисунке 154а приведена схема цепи, являющейся ответом к задаче. На схеме представлено то состояние цепи, когда двигатель не работает. Нажав

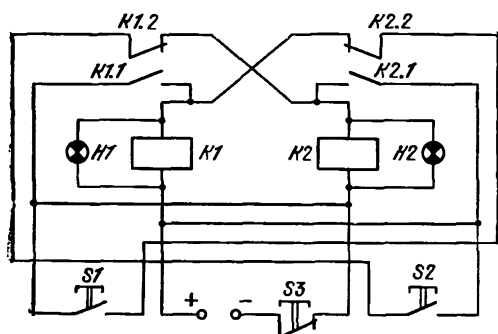


Рис. 153.

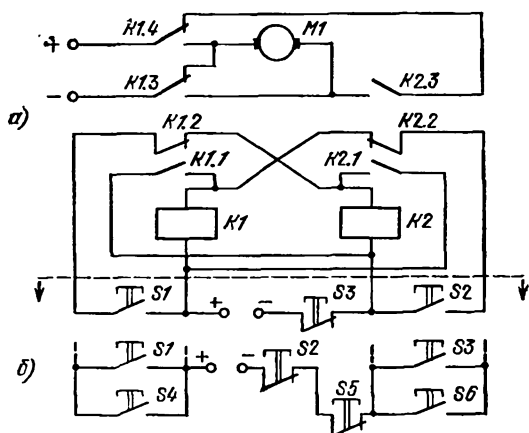


Рис. 154.

кнопку  $S1$  («вперед») или кнопку  $S2$  («назад»), мы приводим двигатель в действие, и ротор его начинает вращаться в одном из возможных направлений. Нажатие на кнопку  $S3$  приводит к остановке, к отключению двигателя. Заметим, что реверсировать двигатель, то есть изменить направление вращения его якоря на противоположное, возможно только после остановки двигателя,

92. Если три кнопки  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$  в цепи, изображенной схематически на рисунке 154а, заменить шестью кнопками  $S1—S6$ , соединенными так, как это показано на рисунке 154б, то мы получим цепь, являющуюся ответом к задаче 92. На первом пульте размещаются кнопки  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$ , на втором — кнопки  $S4$ ,  $S5$  и  $S6$ . Нажатие на кнопки  $S1$  и  $S4$  приводит к включению двигателя и к вращению его якоря в одном из направлений; нажатие же на кнопки  $S2$  и  $S5$  также приводит к включению двигателя, но теперь его якорь вращается в противоположном направлении. Кнопки  $S3$  и  $S6$  служат для остановки двигателя.

93. В первом случае, когда кнопки нажимаются поочередно слева направо, цепь работает следующим образом: нажатие на кнопку  $S1$  ни к чему не приводит, так как участок цепи, в который входит эта кнопка, не замыкается контактами  $K1.1$ ; при нажатии на кнопку  $S2$  срабатывает реле  $K2$ , замыкаются контакты  $K2.1$  и одновременно размыкаются контакты  $K2.2$ ; одновременно со включением реле  $K2$  загорается лампочка  $H2$ . Контакты  $K2.1$  являются блокирующими, и из-за этой их особенности реле  $K2$  остается включенным и после того, как кнопка  $S2$  оказывается уже ненажатой. Последующее нажатие на кнопку  $S3$  также ни к чему не приводит: к этому моменту участок цепи, в который входит кнопка, оказывается разомкнутым из-за разъединения контактов  $K2.2$ . Кнопка  $S4$  является кнопкой сброса: нажатие на нее приводит к тому, что вся цепь возвращается в исходное состояние — ток в обмотку реле перестает поступать, и лампочка гаснет.

Если кнопки нажимаются поочередно в противоположном направлении — справа налево, то, после того как будет нажата кнопка  $S3$ , загорится лампочка  $H1$ . В этом случае роль кнопки сброса будет играть кнопка  $S1$ .

На практике такую цепь можно применить для обнаружения (установления) направления движения объекта, который во время своего движения механически воздействует на кнопки, поочередно их нажимает. Лампочки  $H1$  и  $H2$  могут быть расположены позади прозрачных табличек, на которых изображены стрелки, направленные соответственно вправо или влево. Ясно, что эту цепь можно использовать только в таких случаях, когда движение на контролируемых участках будет не

очень интенсивным и интервалы времени между моментами прохождения объектов будут значительными.

Эту же цепь можно применить и с другой целью: если в цепь вместо лампочек будут включены электромагнитные счетчики, то такое устройство позволит узнавать о числе объектов, проследовавших в любом из направлений.

94. Условия работы цепи те же самые, о каких шла речь в задаче 93. Отличие заключается в некотором изменении используемого оборудования: теперь используются кнопки с самовозвратом, снабженные замыкающими контактами; реле  $K1$  и  $K2$  снабжены дополнительными парами замыкающих контактов  $K1.3$  и  $K2.3$ ; используется еще одно реле  $K3$  (см. рис. 92). Необходимость добавления еще одного реле обусловлена тем, что теперь применяются кнопки только одного вида. Дополнительные контакты  $K1.3$  и  $K2.3$  дают возможность подавать ток в лампочки  $H1$  и  $H2$  от отдельного источника. В таких случаях в электротехнике принято говорить, что «цепи с реле и цепи с лампочками развязаны». Роль кнопки сброса в новой цепи выполняют размыкающие контакты  $K3.1$ .

95. Собрав цепь по схеме, представленной на рисунке 93, и испытав ее, можно убедиться в следующем. Нажатие на кнопку  $S1$  приводит к срабатыванию реле  $K1$ . Контакты  $K1.1$ ,  $K1.2$  и  $K1.3$  замыкаются. Контакты  $K1.1$  блокируют реле  $K1$ , контакты  $K1.2$  «подготавливают» к работе реле  $K2$ , и, наконец, контакты  $K1.3$  включают двигатель  $M1$ . Нажав затем кнопку  $S2$ , можно включить двигатель  $M2$ , и только после этого нажатием кнопки  $S3$  включается электродвигатель  $M3$ . Нажатием кнопки  $S4$  все двигатели выключаются одновременно. Иной порядок включения двигателей невозможен, так как каждое последующее реле (сначала  $K2$ , а позднее —  $K3$ ) может быть включено только после включения предшествующих реле (сначала  $K1$ , а затем —  $K1$  и  $K2$ ). Нажатие на кнопку  $S4$  приводит к остановке двигателя  $M1$ , если включен только этот двигатель, и к остановке двигателей  $M1$  и  $M2$ , если включены только эти два двигателя.

96. Схема цепи, приведенная на рисунке 155, является ответом на вопрос задачи. Поясним работу цепи, собранной по этой схеме.

Последовательно нажимая на кнопки  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$ , можно один за другим включить все двигатели: сначала включится двигатель  $M1$ , затем  $M2$  и, наконец,  $M3$ . Иной порядок включения двигателей невозможен.

Нажатие на кнопку  $S6$  приводит к остановке двигателя  $M3$ , нажатие на кнопку  $S5$  — к выключению двигателя  $M2$  и нажатие на кнопку  $S4$  — к остановке двигателя  $M1$ . Другой порядок остановки двигателей, при

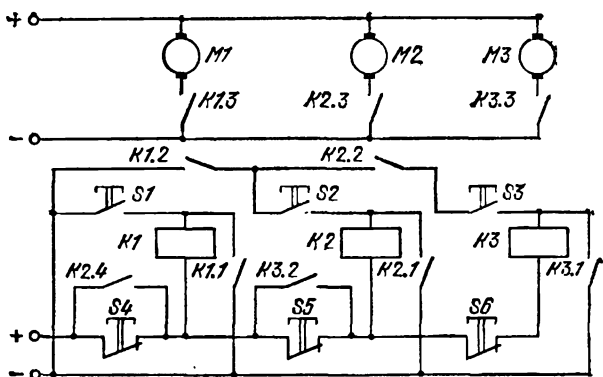


Рис. 155.

условии, что все двигатели вначале были включены, невозможен. Если были включены только двигатели  $M1$  и  $M2$ , то возможно сначала остановить только двигатель  $M2$  и лишь после этого — двигатель  $M1$ . Если же работает только двигатель  $M1$ , то нажатие на кнопку  $S4$  приведет к остановке этого двигателя.

Собери и испытай эту цепь.

97. В первой цепи (см. рисунок 94) используются три кнопки с самовозвратом и с замыкающими контактами:  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$ . В ней же используется одна кнопка с размыкающими контактами — кнопка  $S4$ ; используются также реле  $K1$  с двумя парами размыкающих контактов  $K1.1$  и  $K1.2$ , электромагнит  $\mathcal{E}м$ , звонок  $B$  и источник питания.

При одновременном нажатии кнопок  $S1$  и  $S2$  замыкается участок цепи с электромагнитом. Если же будет нажата кнопка  $S3$ , одна или в любой комбинации с кнопками  $S1$  и  $S2$ , то сработает реле  $K1$ , и при замыкании его контактов  $K1.2$  включится звонок. Звонок будет

работать до тех пор, пока не будет нажата кнопка *S4* — кнопка сброса.

Во второй цепи (см. рисунок 95) дополнительно используется еще одно реле — реле *K2*, имеющее две пары замыкающих контактов *K2.1* и *K2.2*. Контакты *K2.1* блокируют кнопки *S1* и *S2*. Таким образом, прекращение одновременного механического воздействия на эти кнопки не приводит к прекращению работы реле. Контакты *K2.2* включают электромагнит.

Рассмотренные цепи могут служить моделями «кибернетических замков», открывающихся только после нажатия двух определенных кнопок из набора кнопок, смонтированных на пульте у входа в помещение, в нашем случае — после нажатия кнопок *S1* и *S2*. Понятно, что количество кнопок, устанавливаемых на пульте, ничем не ограничивается. Дополнительные кнопки подключаются параллельно кнопке *S3*, как это показано на рисунке 95. Любой работник, который имеет разрешение входить в помещение, должен знать код замка. Нажатие на нужные, «ключевые» кнопки приводит к включению электромагнита, который после этого втягивает в себя сердечник, выполняющий роль задвижки, и дверь открывается. Нажатие же на другие кнопки, кроме кнопки *S4*, приводит к включению сигнала тревоги. Кнопка *S4* является кнопкой сброса, нажатие на нее приводит к возвращению цепи «кибернетического замка» в исходное состояние. Кнопку *S4* устанавливают вне пульта с таким расчетом, чтобы она оказывалась нажатой при открывании двери.

98. «Кибернетический замок» (см. рисунок 96) открывается в одном-единственном случае, когда выполняется условие: кнопки нажимаются поочередно — сначала кнопка *S1* и лишь затем кнопка *S2*. При любых других комбинациях и при любых других последовательностях нажатия кнопок включается сигнал тревоги. Действительно, при нажатии на кнопку *S1* срабатывает реле *K1* и приводятся в действие контакты *K1.1*, *K1.2* и *K1.3*. Контакты *K1.1* — блокирующие, они не дают реле отключиться после прекращения воздействий на кнопки. Переключающие контакты *K1.2* «подготавливают» к включению реле *K2*, а контакты *K1.3* «подготавливают» к включению электромагнит. Затем при нажатии кнопки *S2* срабатывает реле *K2*, включается электромагнит (благодаря замыканию контактов *K2.2*),

и замок открывается. Контакты  $K2.1$  являются блокирующими.

Допустим, что первой была нажата кнопка  $S2$ . Это приводит к срабатыванию реле  $K3$ . Теперь замыкаются контакты  $K3.2$ , и раздается сигнал тревоги. То же самое произойдет, если первой будет нажата кнопка  $S3$ . Кнопка же  $S4$  служит для возвращения модели «кибернетического замка» в исходное состояние.

Кнопки  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$  могут быть расположены на пульте в любой последовательности, принцип работы останется прежним. Понятно также, что, как и при решении задачи 97, количество кнопок на пульте по желанию конструктора может быть увеличено.

99. Условия загорания сигнальной лампочки можно выразить следующим высказыванием, содержащим логические связи «и», «или» и «не»: лампочка загорается ( $l = 1$ ) *или* тогда, когда одновременно *не* нажата кнопка  $a$ , *и не* нажата кнопка  $b$ , *или же* тогда, когда одновременно нажаты *и* кнопка  $a$ , *и* кнопка  $b$ .

Условия работы цепи могут быть записаны следующим образом:

$$l = \bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot b.$$

Приведенному выражению соответствуют схемы цепей, представленные на рисунках 156а и 156б (во второй

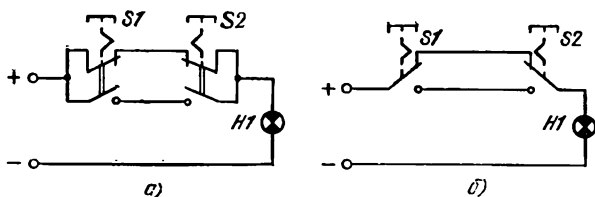


Рис. 156.

цепи произведены некоторые конструктивные упрощения).

100. Если тебе пока еще не удалось найти ответ к задаче 100, то обратись снова к примеру 2, рассмотренному в части V (стр. 61). После этого тебе будет проще догадаться, каким же должен быть ответ к задаче 100.

Схемы цепей, удовлетворяющие всем условиям задачи, приведены на рисунках 157а и 157б. В обоих

случаях кнопка, соответствующая незанятой ячейке, замыкает цепь с сигнальной лампочкой.

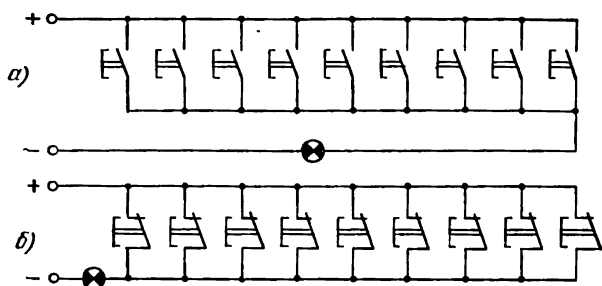


Рис. 157.

**101.** Схема электрической цепи, являющейся ответом к задаче (см. рисунок 158), состоит из трех частей,

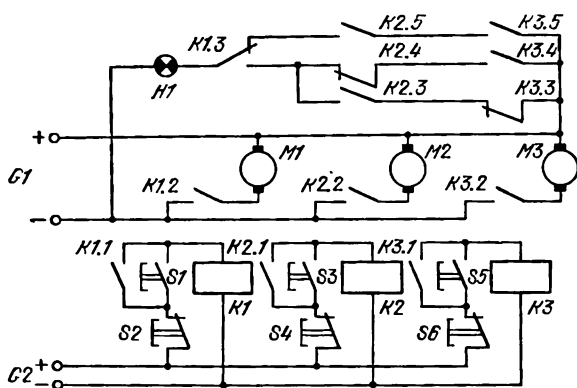


Рис. 158.

которые можно назвать: одну — цепью управления, другую — исполнительной цепью и, наконец, последнюю — цепью сигнализации. Цепь управления состоит из трех включенных параллельно обмоток электромагнитных реле, шести кнопок и трех нормально разомкнутых контактов реле. Исполнительная цепь содержит три включенных параллельно двигателя с тремя нормально разомкнутыми контактами реле.

Совместную работу этих двух цепей будет нетрудно понять, если обратиться к ответу на задачу 95 (см. ри-

сунок 93). Остается рассмотреть работу цепи сигнализации.

Сформулируем сначала высказывание, отражающее условия, приведенные в тексте задачи, и содержащее логические связки: сигнальная лампочка должна загореться *или* (тогда, когда работают *и* первый, *и* второй двигатели, *и не* работает третий двигатель), *или же* (тогда, когда работают *и* первый, *и* третий двигатели, *и не* работает второй двигатель), *или же* (тогда, когда работают *и* второй, *и* третий двигатели, *и не* работает первый двигатель).

Это высказывание может быть записано в алгебраической форме, в которой состояния двигателей обозначены буквенными символами:

$$l = a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c \stackrel{8}{=} a \cdot (b \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c) + \bar{a} \cdot b \cdot c.$$

Число, стоящее над знаком равенства, является номером правила, приведенного в таблице III и использованного при преобразовании. В соответствии с этим правилом алгебраическое выражение было несколько упрощено. Полученному выражению соответствует новая цепь, состоящая из контактов реле, включающих двигатели. Эта цепь схематически изображена в верхней части рисунка 158.

102. Запись условий включения лампочки, сделанная в алгебраической форме, будет содержать шесть слагаемых:

$$l = a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c.$$

Выполним упрощения приведенного выражения, указывая каждый раз над знаком равенства номер того правила из таблиц III или IV, которое учитывалось при выполнении упрощения:

$$\begin{aligned} l &\stackrel{8}{=} \bar{a} (b\bar{c} + \bar{b}c + bc) + a (\bar{b}\bar{c} + b\bar{c} + \bar{b}c) \stackrel{8}{=} \\ &\stackrel{8}{=} \bar{a} [\bar{b}c + b(\bar{c} + c)] + a [\bar{b}c + \bar{b}(\bar{c} + c)] \stackrel{14 \text{ и } 5}{=} \bar{a} (\bar{b}c + b) + \\ &\quad + a (b\bar{c} + \bar{b}). \end{aligned}$$



На рисунке 159 представлено схематическое изображение контактной цепи, соответствующей последнему выражению.

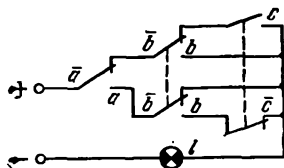


Рис. 159.

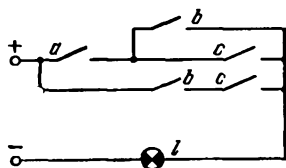


Рис. 160.

103. Условия загорания сигнальной лампочки можно выразить следующим высказыванием, содержащим логические связки «и», «или» и «не»: лампочка загорается ( $l = 1$ ) или [когда работает *и* первый двигатель, т. е. нажата первая кнопка ( $a = 1$ ), *и* работает второй двигатель, т. е. нажата вторая кнопка ( $b = 1$ ), *и* не работает третий двигатель, т. е. не нажата третья кнопка ( $c = 0$ )], или [когда работает *и* первый двигатель ( $a = 1$ ), *и* работает третий двигатель ( $c = 1$ ), *и* не работает второй двигатель ( $b = 0$ )], или [когда работают *и* второй ( $b = 1$ ), *и* третий ( $c = 1$ ) двигатели, *и* не работает первый ( $a = 0$ )], или [когда работают *и* первый ( $a = 1$ ), *и* второй ( $b = 1$ ), *и* третий ( $c = 1$ ) двигатели].

То же самое высказывание может быть записано в алгебраической форме:

$$l = ab\bar{c} + a\bar{b}c + \bar{a}bc + abc.$$

Применив правила 8, 14 и 5 (см. таблицы III и IV) в отношении к первому и к последнему слагаемым, мы получим упрощенное выражение:

$$l = ab + a\bar{b}c + \bar{a}bc.$$

Применив правила 8, 12, 14 и снова правило 8 с целью преобразования первого и второго слагаемых в последнем выражении, мы получим еще более простое выражение:

$$l = ab + ac + \bar{a}bc.$$

Только что полученное выражение можно еще упростить, применив правила 8, 12 и 14, и тогда запись условий включения лампочки примет вид:

$$l = ab + ac + bc,$$

и после дальнейшего упрощения она будет выглядеть следующим образом:

$$I = a(b + c) + bc.$$

Последнему выражению соответствует электрическая цепь, схема которой представлена на рисунке 160.

104. Чтобы решить задачу, необходимо уяснить себе условия работы каждой из двух лампочек. Эти условия состоят в следующем: если двигатели не работают, то и лампочки не должны гореть; при работе любого одного двигателя должна загореться только одна вполне определенная лампочка; если будут работать одновременно какие-либо два двигателя из трех, то при этом должна гореть только одна вторая лампочка, а первая должна потухнуть; наконец, во время одновременной работы всех трех двигателей должны гореть обе лампочки. С одним случаем применения релейно-контактной цепи для сигнализации о работе двигателей мы уже встречались при решении задачи 101. Тогда речь шла о работе двух двигателей.

Для решения вопроса о конструкции цепи сигнализации запишем выражение, отражающее условия, которым должна удовлетворять сигнализация, если работает только один двигатель:

$$I = a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c = a\bar{b}\bar{c} + \bar{a}(b\bar{c} + \bar{b}c).$$

Схема соответствующей контактной цепи приведена на рисунке 161а. Остается объединить новую цепь с цепью

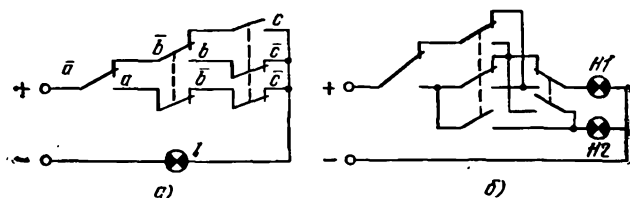


Рис. 161.

сигнализации, о которой шла речь в задаче 101. Схема цепи, являющейся ответом на вопрос задачи 104, представлена на рисунке 161б.

Лампочка *H1* будет гореть только тогда, когда включен какой-либо один двигатель; лампочка *H2* будет гореть тогда, когда окажутся включенными какие-либо

два двигателя; обе лампочки *H1* и *H2* будут гореть при условии включения всех трех двигателей.

Собери цепь по приведенной схеме и убедись, что ее работа полностью отвечает рассмотренным условиям.

105. В алгебраической форме условия включения лампочки записываются следующим образом:

$$l = abcd + a\bar{b}\bar{c}d + a\bar{b}cd + ab\bar{c}d + abcd + \\ + ab\bar{c}d + a\bar{b}cd + \bar{a}bcd.$$

Кнопка *a* предназначена для председателя комитета, остальные кнопки *b*, *c* и *d* предназначены для членов комитета. Приведенное выше выражение можно упростить, применив правила 8, 14 и 5 (см. таблицы III и IV). Выполнив упрощения, мы получим:

$$l = ab + ac + ad + bcd = a(b + c + d) + bcd.$$

Последнему выражению соответствует цепь, схематически изображенная на рисунке 162.

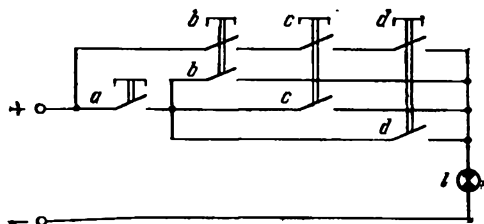


Рис. 162.

106. Алгебраическое выражение для условий включения лампочки будет содержать шестнадцать слагаемых. Ниже приводится один из вариантов уже упрощенного выражения, содержащего десять слагаемых:

$$l = a\bar{b}\bar{c}de + a\bar{b}cde + a\bar{b}cd\bar{e} + ab\bar{c}d\bar{e} + \\ + ab\bar{c}d\bar{e} + abcd\bar{e} + b\bar{c}de + bcde + bcd\bar{e} + cde.$$

Схема соединения кнопок, соответствующая приведенному выражению, представлена на рисунке 163а. Полученный вариант ответа допускает дальнейшие упро-

щения. Новый еще более упрощенный вариант схемы показан на рисунке 163б.

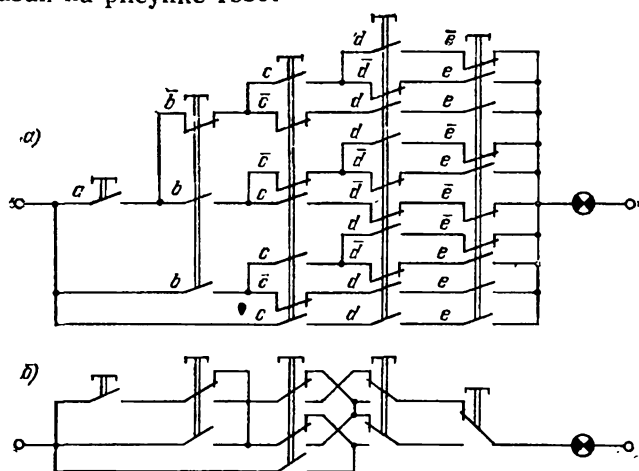


Рис. 163.

107. Кнопку председателя жюри обозначим буквой *a*, а кнопки членов жюри — буквами *b*, *c*, *d* и *e*. Алгебраическое

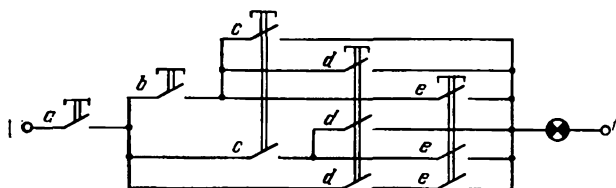


Рис. 164.

ческие условия включения лампочки могут быть записаны следующим образом:

$$l = abc + abd + abe + acd + ace + ade.$$

Последнее выражение может быть упрощено, и тогда мы получим:

$$l = a[b(c + d + e) + c(d + e) + de].$$

Схема электрической цепи с лампочкой, соответствующая полученному выражению, изображена на рисунке 164.

108. В нашем распоряжении имеются три кнопки  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Рассмотрим различные возможные комбинации соединения этих кнопок, которые удовлетворяют условиям работы цепи.

Допустим, что лампочка горит, когда не нажата ни одна из кнопок. Тогда лампочка будет гореть и в трех других случаях, когда окажутся нажатыми две любые кнопки. Запишем эти условия алгебраически:

$$l = \bar{a}\bar{b}\bar{c} + \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + ab\bar{c}$$

или

$$l = \bar{a}(\bar{b}\bar{c} + bc) + a(\bar{b}c + b\bar{c}).$$

Схема соответствующей цепи приведена на рисунке 165а. Некоторые упрощения, возможные в этом случае, отражены на рисунке 165б. На рисунке 165б показан ва-

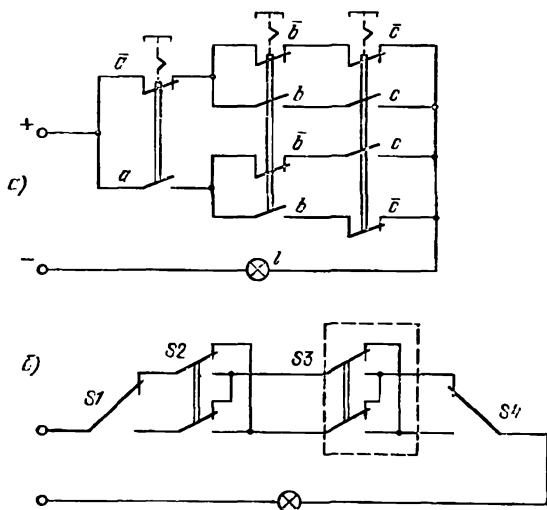


Рис. 165.

риант схемы цепи, в которой используются переключатели. При необходимости увеличить число пультов до четырех (до пяти, до шести...) в участок цепи, представляющий собой двухпроводную линию, следует включить еще один (два, три...) двухполюсный переключатель.

## ЧТО ДЕЛАТЬ ДАЛЬШЕ

Ты кончил читать эту небольшую книгу об электрических цепях, тебе было интересно решать задачи, собирать и испытывать электрические цепи, и теперь тебе хочется узнать побольше о новых электрических цепях, о правилах их составления, об «алгебре кнопок».

Познакомиться с новыми примерами интересных электрических цепей, лежащих в основе не очень сложных кибернетических устройств, многие из которых можно сделать самому, ты сумеешь, обратившись к книгам:

«Автоматика на каждом шагу». Москва, «Малыш», 1970;

*Комский Д. М., Гордин А. Б.* Увлекательная кибернетика. Свердловск, 1969;

«Простая кибернетика». Сборник под ред. Ю. С. Столярова. Москва, «Молодая гвардия», 1965;

*Комский Д. М., Игошев Б. М.* Кибернетика, автоматика, жизнь. Свердловск, Средне-Уральское книжное издательство, 1976;

*Игошев Б. М., Комский Д. М.* Кибернетика в самоделках. Москва, «Энергия», 1978.

Немало статей по этим вопросам ты сможешь встретить на страницах журналов «Квант», «Моделист-конструктор», «Радио» и «Юный техник».

Более детальные сведения об «алгебре кнопок», а точнее, о началах математической логики, ты узнаешь, прочитав книги:

*Глушков В. М.* Что такое кибернетика. Москва, «Педагогика», 1975;

*Пекелис В. Д.* Маленькая энциклопедия о большой кибернетике. Москва, «Детская литература», 1970;

*Шилейко А. В., Шилейко Т. И.* Кибернетика без математики. Москва, «Энергия», 1973;

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
117071, Москва, В-71, Ленинский пр., 15

УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ФИЗИКЕ

Для слушателей подготовительных  
отделений вузов

- Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С. Физика для поступающих в вузы, 1978. — 608 с., 1 р.  
Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С. Физика в примерах и задачах. 1979. — 464 с., 80 к.  
Задачи по физике/Под ред. О. Я. Савченко, готовится к печати в 1981 г.  
Задачи по физике для поступающих в вузы/Бендриков Г. А. и др.— Изд. 4-е, 1979. — 384 с., 85 к.  
Пинский А. А. Задачи по физике, 1977. — 288 с., 65 к.  
Сборник задач по физике/Баканина Л. П. и др.— Изд. 3-е, 1975. — 416 с., 67 к.  
Сборник задач по элементарной физике/Буховцев Б. Б. и др.— Изд. 4-е, 1974. — 416 с., 72 к.  
Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики. Т. I. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. — Изд. 3-е, готовится к печати в 1981 г.  
Т. II. Колебания и волны. Квантовая физика. Изд. 3-е, готовится к печати в 1981 г.  
Зубов В. Г. Механика (серия «Начала физики»), 1978. — 352 с., 90 к.  
Селезнев Ю. А. Основы элементарной физики. — Изд. 4-е, 1974. — 544 с., 92 к.  
Шаскольская М. П., Эльцин И. А. Сборник избранных задач по физике. — Изд. 4-е, 1974. — 224 с., 30 к.

Для средних специальных  
учебных заведений

- Жданов Л. С. Учебник по физике для средних специальных учебных заведений. — Изд. 3-е, 1981. — 560 с., 1 р. 30 к.  
Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений/Под ред. Р. А. Гладковой. — Изд. 5-е, 1980. — 368 с., 66 к.

Приобретайте и заказывайте перечисленные выше издания в магазинах Книготорга и Академкниги, распространяющих литературу данной тематики.