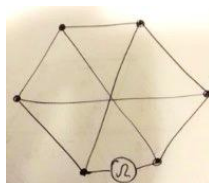
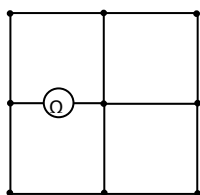
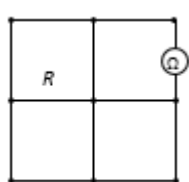
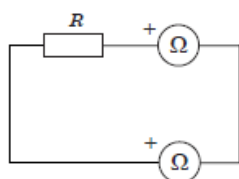


НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ОММЕТРЫ

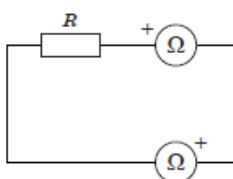
1. Определите показание омметра, подсоединенного к проволочной сетке. Сопротивления отдельных проводников сетки одинаковы и равны $R = 1,0$ Ом. Сопротивление проводов в ветви омметра пренебрежимо мало.



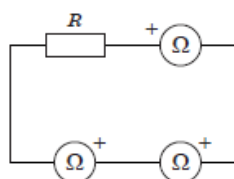
2. Определите показания одинаковых омметров в цепях, схемы которых приведены на рисунке. Сопротивления резисторов $R = 1,0$ кОм.



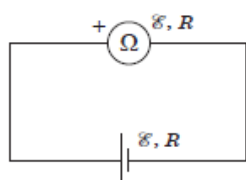
а



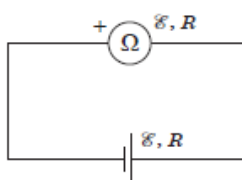
б



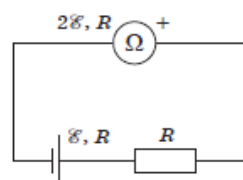
в



к

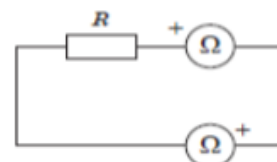


л

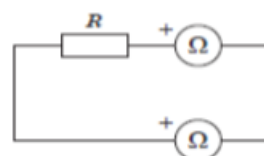


м

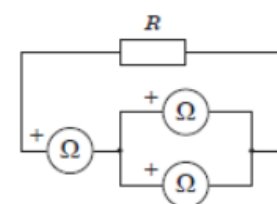
3. Показания двух омметров, соединенных последовательно с резистором (см. рисунок), равны $R_1 = 120$ Ом и $R_2 = 180$ Ом. Определите сопротивление резистора R .



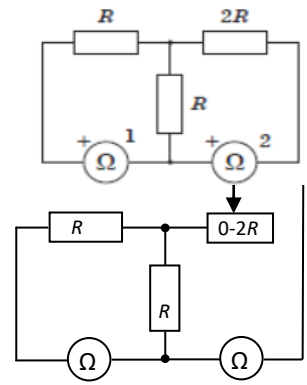
4. Показания двух омметров, соединенных последовательно с резистором (см. рисунок), равны $R_1 = -120$ Ом и $R_2 = 180$ Ом. Определите сопротивление резистора R .



5. На рисунке приведена схема цепи, состоящей из трех одинаковых омметров, с помощью которых измеряется сопротивление резистора R . Один из омметров показывает $R_1 = 100$ Ом, а другой $R_2 = 800$ Ом. Каковы показания R_3 третьего омметра? Чему равно сопротивление резистора? Полярности подключения омметров указаны на рисунке.



6. Определите показания одинаковых омметров, включенных в электрическую цепь, если сопротивление резистора $R = 10 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление омметра равно $2R$. Полярности омметров указаны на рисунке.



7. Построить график зависимости показаний правого омметра в зависимости от сопротивления реостата, которое может изменяться в пределах от 0 до $2R$. Собственное сопротивление омметра R . Омметры считать одинаковыми.

8. Одинаковые омметры соединены треугольником. Сумма показаний двух из них равна $4R$. Определите показания всех приборов и их внутренние сопротивления.

9. Одинаковые омметры соединены четырехугольником. Сумма показаний трех из них отрицательна и равна $-R$. Определите показания всех приборов и их внутренние сопротивления.

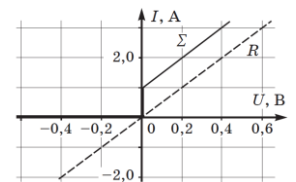
10. N одинаковых омметров соединены N -угольником. Определите сумму показаний всех омметров.

11. На рисунке приведены вольтамперные характеристики диода и резистора. Постройте вольтамперную характеристику участка цепи, содержащего диод и резистор, соединенные:

а) последовательно; б) параллельно.

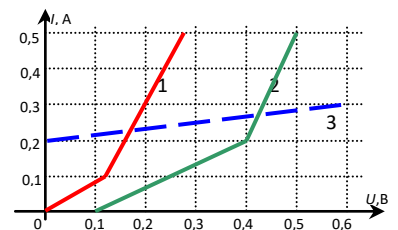
12. На рисунке приведены вольтамперные характеристики резистора и участка цепи, состоящего из резистора и нелинейного элемента, соединенных:

а) последовательно; б) параллельно.

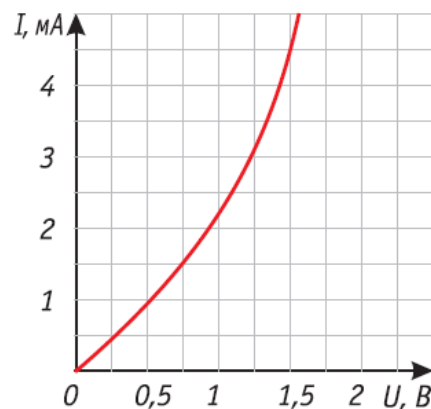
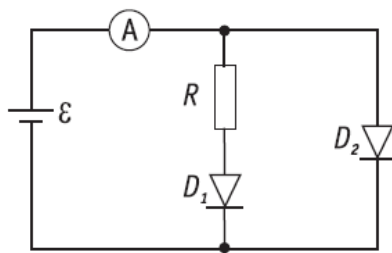


Постройте вольтамперную характеристику нелинейного элемента.

13. Определите, через какой нелинейный элемент пойдет больший ток, если его подключить к источнику с $U_0 = 0,5 \text{ В}$ и $r = 1 \text{ Ом}$.



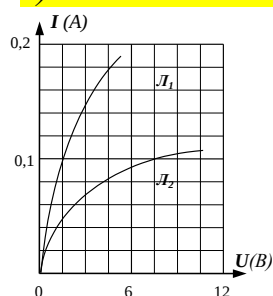
14. а) Вольтамперная характеристика диода для положительных напряжений показана на рисунке. Два таких диода D_1 и D_2 включены в схему, представленную на втором рисунке. ЭДС батареи $E = 1,5$ В, сопротивление резистора $R = 500$ Ом. 1) Чему равно напряжение на диоде D_1 ? 2) Что покажет амперметр A ?



Внутренним сопротивлением батареи и сопротивлением амперметра пренебречь.

б) Лампочки накаливания L_1 и L_2 , имеющие

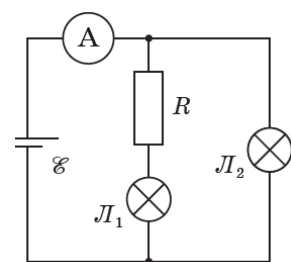
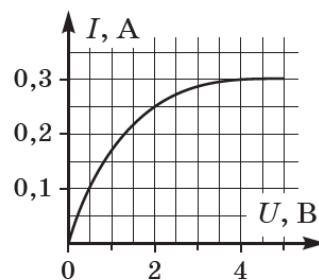
вольтамперные характеристики, показанные на рисунке, соединили последовательно и подключили к источнику с напряжением $U = 9$ В. Найдите тепловую мощность, выделяющуюся при этом на каждой лампочке.



15. Две одинаковые лампочки включены в электрическую цепь с амперметром,

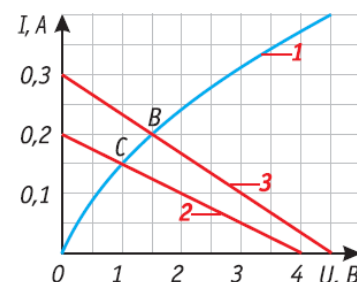
источником с ЭДС

$\mathcal{E} = 4$ В и резистором с сопротивлением $R = 8$ Ом. Схема цепи и вольтамперные характеристики лампочек приведены на рисунке. Определите, чему равно напряжение на лампочке L_1 и каковы показания амперметра. Источник и можно считать идеальными.



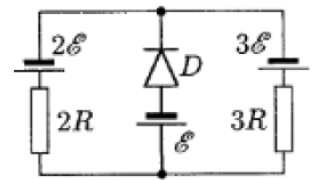
амперметр

16. На рисунке 1 приведена вольтамперная характеристика лампочки накаливания (кривая 1). При напряжении на лампочке $U_1 = 1,5$ В ток через лампочку $I_1 = 0,2$ А. Во сколько раз надо увеличить напряжение на лампочке, чтобы ток через лампочку увеличился в 2 раза?

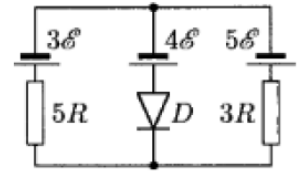


17. Батарея с ЭДС $E = 4$ В замкнута на последовательно соединенные резистор сопротивлением $R = 20$ Ом и лампочку. Вольтамперная характеристика лампочки показана на рисунке 1 (кривая 1). Найдите ток через лампочку и напряжение на лампочке. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

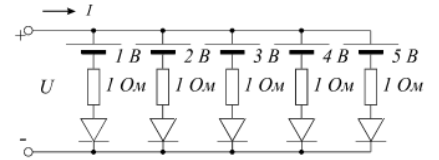
18. В схеме, изображённой на рисунке, определите ток через идеальный диод D и напряжение на диоде. Параметры схемы указаны на рисунке, внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.



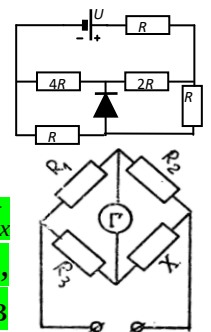
19. В схеме, изображенной на рисунке, определите напряжение на идеальном диоде D и ток через диод. Параметры схемы указаны на рисунке, внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.



20. Построить ВАХ схемы из идеальных источников и идеальных диодов.

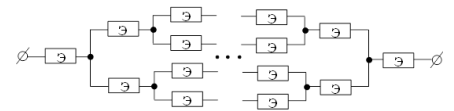


21. Найдите величину тока, идущего через диод, в цепи, представленной на рисунке. Напряжение идеального источника U и сопротивление R известны.



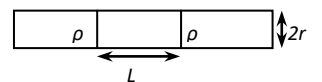
22. В одно из плеч моста включён нелинейный элемент X , для которого зависимость силы тока I_x от приложенного напряжения U_x дается формулой: $I_x = AU_x^3$, где $A = 0,25 \text{ A/B}^3$. Найти мощность N_x , выделяющуюся на нелинейном элементе в условиях, когда ток через гальванометр G отсутствует. Сопротивления остальных плеч моста $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$ и $R_3 = 1 \text{ Ом}$.

23. Нелинейный элемент Ξ имеет вольтамперную характеристику $I_\Xi = \alpha U_\Xi^2$, где $\alpha = 0,07 \frac{\text{A}}{\text{B}^2}$. Найдите вольтамперную характеристику схемы (см. рисунок), составленной из бесконечного числа нелинейных элементов Ξ .

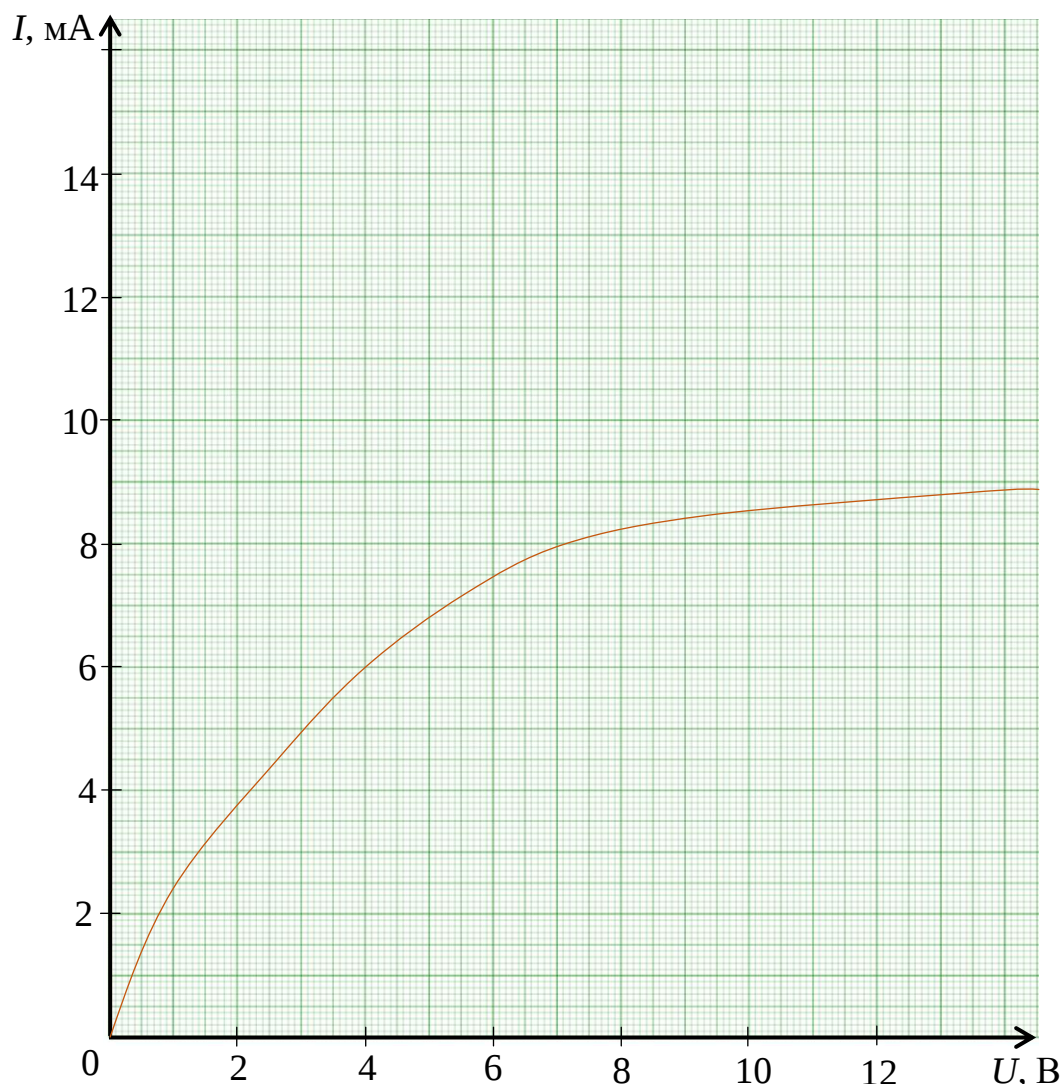


24. Нелинейный двухполюсник имеет вольтамперную характеристику, которая описывается формулой $U = \alpha I^2$, где $\alpha = 10 \text{ В/А}^2$. Два таких двухполюсника соединены последовательно и подключены к идеальной батарейке с напряжением $U_0 = 10 \text{ В}$. Параллельно одному из двухполюсников подключают резистор. При каком сопротивлении этого резистора тепловая мощность, которая на нём выделяется, окажется максимальной?

25. Цилиндрический проводник радиуса r состоит из двух однородных участков с удельными сопротивлениями ρ_1 и ρ_2 и соединяющего их неоднородного участка длины L . Какая тепловая мощность выделяется в неоднородном участке, если напряжение на единицу длины проводника с удельным сопротивлением ρ_1 равно u_1 и удельное сопротивление неоднородного участка линейно меняется от ρ_1 до ρ_2 ?

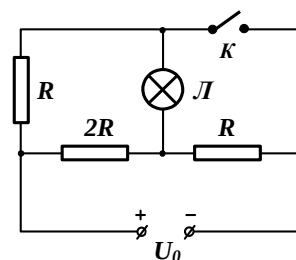


26. **Что покажет омметр?** При подключении омметра к нелинейному элементу Z , вольтамперная характеристика которого представлена на рисунке, он показывает сопротивление $R_z = 0,8 \text{ кОм}$. Если параллельно к нелинейному элементу Z подключить резистор сопротивлением $R = 1 \text{ кОм}$, то показания омметра будут $R_1 = 0,4 \text{ кОм}$. Определите ЭДС U_0 источника омметра и его внутреннее сопротивление r . Каковы будут показания омметра R_2 при подключении к нему последовательного соединения нелинейного элемента Z и резистора сопротивлением R ?

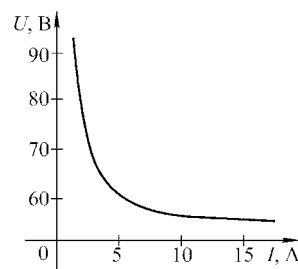


27. Связь между напряжением U на лампе накаливания и силой тока, текущего через неё, даётся формулой $I \sim U^{3/5}$. Две лампы с номинальными напряжениями 220 В и номинальными мощностями $P_1 = 40 \text{ Вт}$ и $P_2 = 100 \text{ Вт}$ включили последовательно в сеть 220 В . Какое напряжение падает на лампе меньшей номинальной мощности?

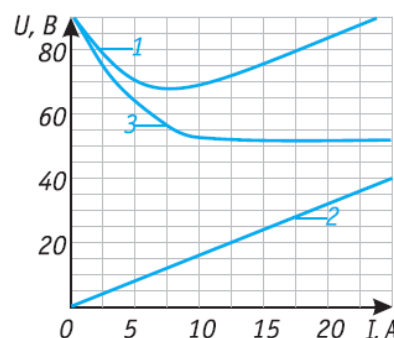
28. В цепи, показанной на рисунке, лампочка L горит одинаково ярко при замкнутом и разомкнутом положениях ключа K . Найти напряжение U на лампочке, если напряжение источника постоянно и равно $U_0 = 36 \text{ В}$.



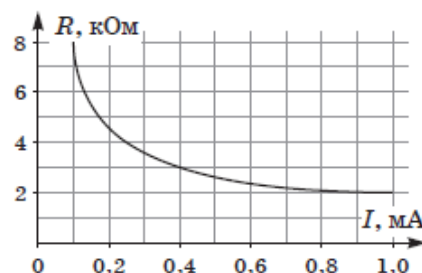
29. На рисунке показана вольт-амперная характеристика разрядного промежутка дугового разряда. Найти максимальное сопротивление резистора, соединенного последовательно с дугой, при котором дуга еще будет гореть, если эту систему подключить к напряжению $U_0 = 85 \text{ В}$.



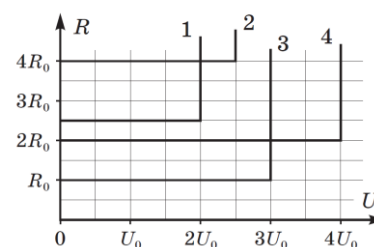
30. На рисунке кривая 1 соответствует вольтамперной характеристике дугового разряда с последовательно соединённым с ним балластным сопротивлением $R_6 = 1,6 \text{ Ом}$. Постройте вольтамперную характеристику дугового разряда без балластного сопротивления.



31. Статическое сопротивление некоторого нелинейного элемента прямо пропорционально силе тока, протекающего через него $R = \alpha I$. Определите мощность, выделяющуюся на этом элементе при его подключении к источнику, ЭДС которого E , а внутреннее сопротивление r .

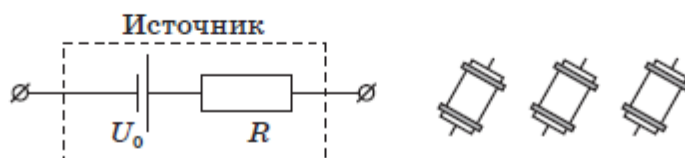


32. График зависимости статического сопротивления некоторого нелинейного элемента от силы тока, протекающего через него, представлен на рисунке. Определите мощность, выделяющуюся на этом элементе при его подключении к источнику, ЭДС которого 2 В , а внутренне сопротивление 2 кОм .

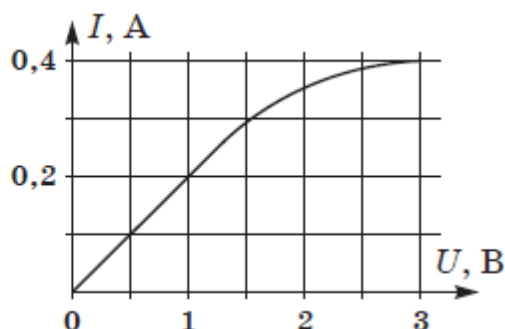
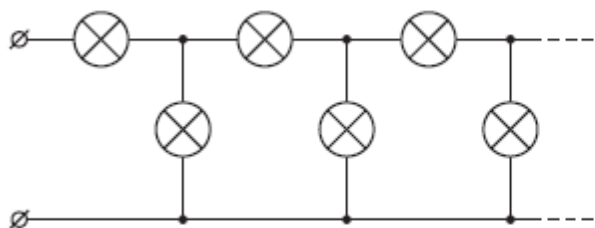


33. Участок цепи состоит из 4-х плавких предохранителей, соединённых последовательно. Зависимости статического сопротивления от напряжения на предохранителях приведены на графике. Определите, какой из них перегорит первым при медленном увеличении силы тока через них.

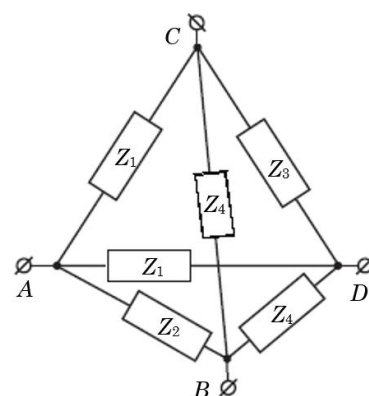
34. Есть источник постоянного напряжения $U_0 = 25 \text{ В}$ с внутренним сопротивлением $R = 2 \text{ Ом}$ и три одинаковых нагревателя. Каждый из них имеет нелинейную вольтамперную характеристику вида $U(I) = \alpha I^2$, где $\alpha = 1 \text{ В/А}^2$. Предложите вариант цепи, в которой при подключении к источнику на нагревателях выделялась бы максимальная суммарная мощность. Какая тепловая мощность будет выделяться на нагревателях?



35. Из лампочек накаливания собирают бесконечную цепь, изображенную на рисунке. Схема цепи и вольтамперная характеристика лампочки изображена на рисунке. Известно, что при напряжении более 3 В лампочка перегорает. Определите, какое максимальное напряжение можно приложить к клеммам цепи, чтобы ни одна лампочка не перегорела.



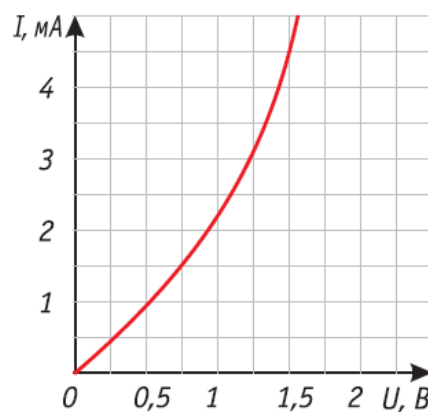
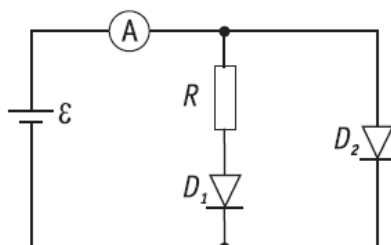
36. **Постоянный ток.** Электрическая цепь в форме тетраэдра, схема которой изображена на рисунке, содержит шесть нелинейных элементов. При подключении идеального источника напряжения к клеммам A и B цепи сила тока через источник $I = 104$ мА. Чему будет равна сила тока I через этот источник, если его подключить к клеммам C и D ? Вольтамперная характеристика для нелинейного элемента Z_i имеет вид: $I_i = i\alpha U|U|$, где α – неизвестная константа, U – напряжение на соответствующем нелинейном элементе.



37. Задача

Определите силы токов, протекающих через диоды D_1 и D_2 в электрической цепи, параметры которой указаны на рисунке 2. Диоды считать идеальными.

38. Вольтамперная характеристика диода для положительных напряжений показана на рисунке. Два таких диода D_1 и D_2 включены в схему, представленную на втором рисунке. ЭДС батареи $E = 1,5$ В, сопротивление резистора $R = 500$ Ом. 1) Чему равно напряжение на диоде D_1 ? 2) Что покажет амперметр A ? Внутренним сопротивлением батареи и сопротивлением амперметра пренебречь.

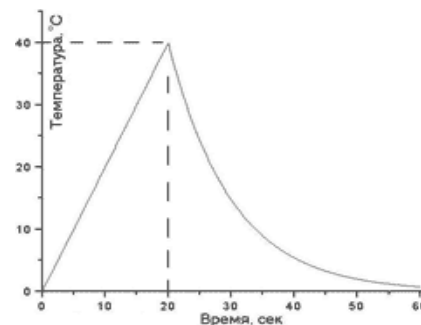


39. Задача

Сопротивление резистора линейно растет с температурой, а мощность теплоотдачи с его поверхности прямо пропорциональна разности температур резистора и окружающей среды. Если пропускать через резистор очень малый ток, его сопротивление равно R_0 . Когда величина тока, протекающего через резистор, приближается к I_0 , резистор быстро разогревается и плавится. Какое напряжение будет на резисторе, если через него пропустить ток $I_0/2$?

40. Задача

К резистору, сопротивление которого зависит от температуры по закону $R(t) = R_0(1 + \alpha t)$, где t – температура в $^{\circ}\text{C}$, α и R_0 – неизвестные коэффициенты, подключают источник тока. Через некоторое время источник отключают от резистора. График зависимости температуры резистора от времени показан на рисунке. Мощность теплоотдачи резистора в окружающую среду пропорциональна разности температур резистора и окружающей среды: $P = \beta t$, где β – неизвестный коэффициент. Считая, что температура резистора одинакова во всех его точках, найдите α .



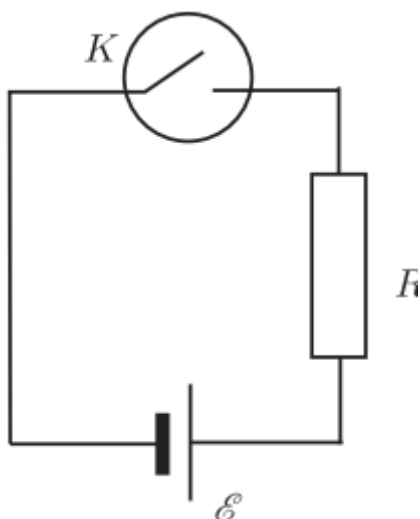
41. Задача

Задача 3.8 (Дуговой разряд)

При каких сопротивлениях резистора R в цепи, изображённой на рисунке 20, в случае размыкания рубильника K может возникнуть дуговой разряд? Вольт-амперная характеристика дуги имеет вид:

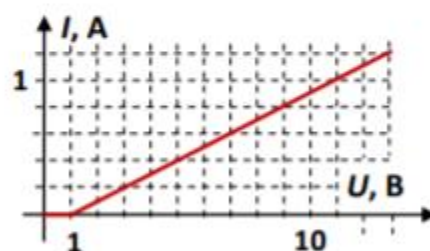
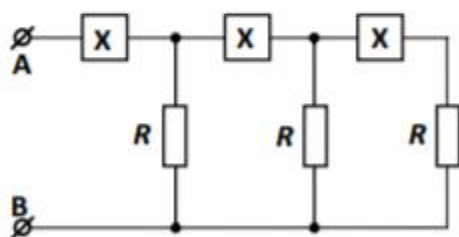
$$U = A + \frac{B}{I},$$

где $A = 10 \text{ В}$, $B = 100 \text{ В} \cdot \text{А}$, электродвижущая сила батареи $\mathcal{E} = 100 \text{ В}$. Какой ток установится в цепи, если $R = 8 \text{ Ом}$?



42. Задача

4. («Конечная цепь», 20 баллов) Федор Симеонович очень любил давать сотрудникам отдела линейного счастья задания, которые те выполняли с удовольствием. Одному из лаборантов очень нравилось проводить измерения с помощью точных цифровых мультиметров, и Федор Симеонович поручил ему снять вольт-амперную характеристику цепи АВ из трех одинаковых звеньев, содержащих нелинейные элементы X и резисторы с сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$ (см. рисунок слева). График полученной лаборантом ВАХ показан на рисунке справа. Взглянув на график, Федор Симеонович заметил, что следует продолжить измерения – по крайней мере до значения входного напряжения, равного 30 В. Он также сообщил, что ВАХ самого элемента X состоит из прямолинейных отрезков и содержит две точки «излома» на участке от нулевого до максимального разрешенного для X значения напряжения, равного 40 В.



- 4.1. Укажите координаты точек излома (U, I) на ВАХ элемента X.
- 4.2. Какова сила тока через элемент X при напряжении, равном 6 В?
- 4.3. При каком значении входного напряжения лаборант обнаружит вторую точку излома на ВАХ цепи АВ?

43. Задача

Задача 3.7 (Диоды)

В схеме, изображённой на рисунке 18, имеются четыре диода. Известно, что при любом напряжении, подведённом к выводам схемы, ток через амперметр не течёт. Вольт-амперные характеристики трёх диодов D_1 , D_2 и D_3 известны (рис. 19). Постройте вольт-амперную характеристику четвёртого диода.

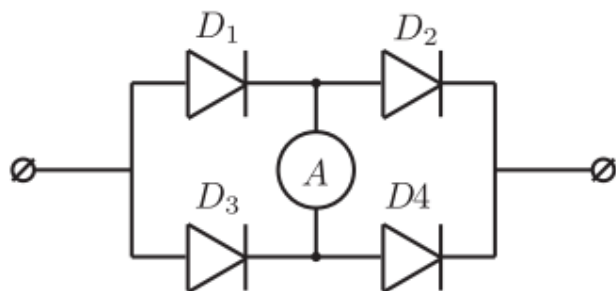


Рис. 18.

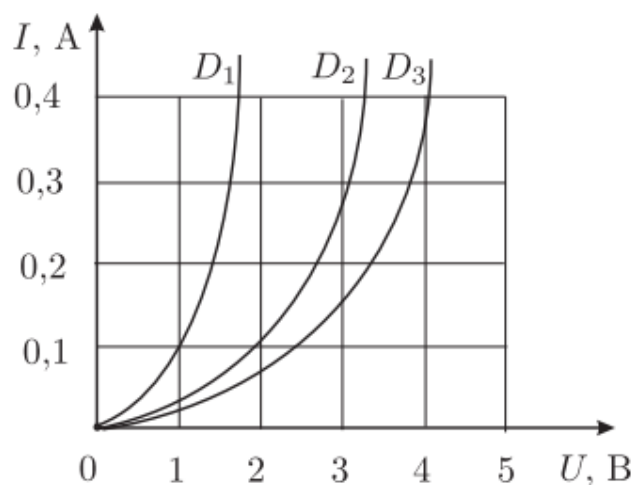


Рис. 19.

значение U_1 напряжения на диоде D_1 . Найдём точку A (рис. 95), определяющую ток I_1 , текущий через диод D_1 . Тот же ток течёт и через диод D_2 . Поэтому точка B определяет напряжение U_2 на нём. Такое же напряжение на диоде D_4 , а ток через него такой же, как и через диод D_3 . Этот ток I_3 соответствует точке C (рис. 95). Итак, найдены координаты U_2 и I_3 точки M искомого графика. Аналогично построенные другие его точки изображены на рисунке 95.

44. Задача

Задача 3.9* (ВАХ цепочки)

В задаче исследуются вольт-амперные характеристики (ВАХ) цепочек, содержащих нелинейные элементы.

1. Бесконечная цепочка (рис. 21) составлена из резисторов сопротивлением R и диодов с вольт-амперной характеристикой, показанной на рисунке. Найдите вольт-амперную характеристику этой цепочки на участке $U \gg \Delta U$.

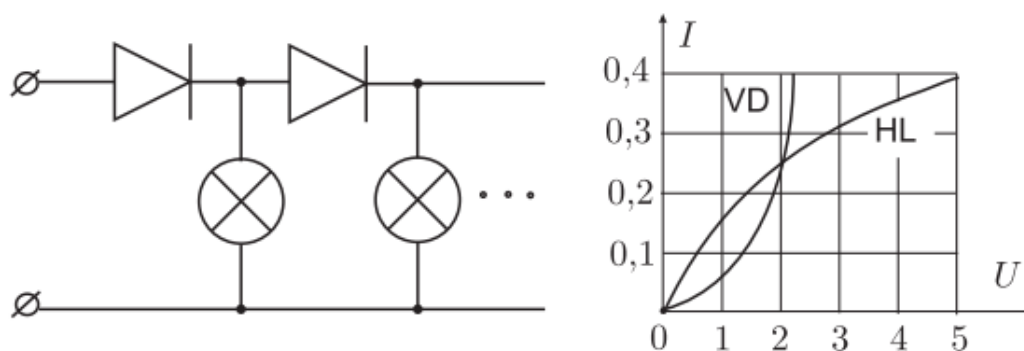


Рис. 21.

2. Цепочка, изображённая на рисунке 22, состоит из N звеньев. Все элементы цепочки имеют такие же характеристики, как и в предыдущем пункте. Ток через последнее звено равен I_0 . Найдите ток I через всю цепь и напряжение U на ней. При решении задачи можно воспользоваться формулой n -го члена последовательности Фибоначчи ($a_1 = a_2 = 1$, $a_{n+2} = a_n + a_{n+1}$):

$$a_n = \frac{\left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2}\right)^n - \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2}\right)^n}{\sqrt{5}}.$$

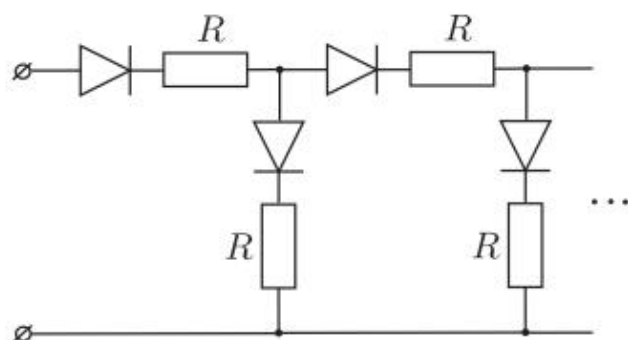


Рис. 22.

3. Постройте вольт-амперную характеристику бесконечной цепочки, состоящей из одинаковых диодов и одинаковых лампочек (рис. 23). Вольт-амперные характеристики диода и лампочки приведены на рисунке 23 и обозначены VD и HL соответственно.

