ГЛАВА II. ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК

12. ЗАКОН НА ОМ

ЗАД.1.
Дадено: R = 2,5 Ω
U = 12 V
Търси се: I = ?
От закон на Ом $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{2,5} = 4,8A$

ЗАД.2.
Дадено: R = 50 Ω
U = 220 V
I = 2 A
Търси се: I_1 = ?
От закон на Ом $I_1 = \frac{220}{50} = 4,4A$

Информацията не е вярна, защото от данните за U и R уредът консумира 4, 4A, а не 2A.

ЗАД.3. Дадено:

$$l = 5m$$

$$\rho = 0,017\Omega\frac{mm^2}{m}$$

$$R = 0,17\Omega$$

Търси се: S =?
Напречното сечение на проводника намираме от формулата за съпротивление на проводника: $R = \rho\frac{l}{S}$. От тук изразяваме S: $S = \frac{\rho l}{R} = \frac{0,017.5}{0,17} = 0,5mm^2$.

(Когато специфичното съпротивление е изразено в $\Omega\frac{mm^2}{m}$, напречното сечение се получава в mm^2)

13. СВЪРЗВАНЕ НА КОНСУМАТОРИ

ЗАД.1.
В първия комплект лампите са свързани последователно, а във втория- успоредно.

ЗАД.2.
Дадено: U = 12 V
U_1 = 3 V
R_1 = 6 Ω
Търси се: R_2 =?
При последователно свързване са в сила следните зависимости: $U = U_1 + U_2$; токът е постоянен: $I = I_1 = I_2$; еквивалентното съпротивление е $R = R_1 + R_2$. Тогава

напрежението върху втората лампа е: $U_2 = U - U_1$ =12 – 3 = 9V. От закон на Ом намираме тока: $I = \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3}{6} = 0{,}5A$.

Чрез закон на Ом определяме и R_2: $R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{9}{0{,}5} = 18\Omega$.

ЗАД.3.

Дадено: $R_1 = 55\ \Omega$

$I_1 = 4A$

$R_2 = 44\ \Omega$

Търси се: I_2 =?

При успоредно свързване на консуматори са в сила следните зависимости:

$U = U_1 = U_2$ (напрежението е едно и също);

$I = I_1 + I_2$;

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (еквивалентното съпротивление). От закон на Ом определяме:

$I_1.R_1 = I_2.R_2$. Изразяваме I_2: $I_2 = \frac{I_1.R_1}{R_2} = \frac{4.55}{44} = 5A$.

ЗАД.4.

Дадено: $R_1 = R_2 = 2\ \Omega$

$R_3 = R_4 = R_5 = 3\ \Omega$

$R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = 4\ \Omega$

Търси се: R = ?

Пресмятаме първо еквивалентните съпротивления поотделно: R` - еквивалентно съпротивление на R_1и R_2; R`` - еквивалентното съпротивление на R_3, R_4 и R_5; R```- еквивалентното съпротивление на R_6, R_7, R_8 и R_9.

$$\frac{1}{R`} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1\Omega$$

$$\frac{1}{R``} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1\Omega$$

$$\frac{1}{R```} = \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_8} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 1\Omega$$

R`, R`` и R``` са свързани последователно. Следователно тяхното еквивалентно съпротивление е равно на: $R = R` + R`` + R``` = 1 + 1 + 1 = 3\Omega$.

14. ЕЛЕКТРОИЗМЕРВАТЕЛНИ УРЕДИ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1.

Дадено: I = 1A

$I_1 = 0{,}4A$

$R_1 = 10\ \Omega$

Търси се: R = ?

Съпротивленията R и R_1 са свързани успоредно. Затова напреженията в краищата им са равни: $U_1 = U_2$ $\quad I_2.R_1 = I_1.R$ (1)

Идеалният амперметър има съпротивление $R_A = 0$. Затова напрежението върху него също е нула. $U_A = R_A . I_A = 0$.
Токът се разклонява в двата клона на веригата. $I = I_1 + I_2$. От тук определяме I_2:
$I_2 = I - I_1$. Заместваме в (1) и получаваме: $I_1.R = (I - I_1).R_1$

$$R = \frac{(I - I_1)R_1}{I_1} = \frac{(1 - 0,4).10}{0,4} = 15\Omega$$

ЗАД.2.
Дадено: $U_1 = 6V$
$R_1 = 30\ \Omega$
$R_2 = 10\ \Omega$
Търси се: I = ?
Волметърът измерва напрежението U_1 върху резистора . От закон на Ом $U_1 = I_1.R_1$. От тук определяме I_1: $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{6}{30} = 0,2A$.
Волтметърът е идеален, неговото съпротивление е безкрайно голямо и целият ток I_1 преминава през резистора R_1 . Резисторите R_1 и R_2 са свързани успоредно.
Следователно напрежението в краищата им е едно и също: $U_1 = U_2 = I_2.R_2$. От тук $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6}{10} = 0,6A$. Токът, който се черпи от източника, е: $I = I_1 + I_2 = 0,2 + 0,6 = 0,8A$

ЗАД.3.
Дадено: $I_2 = 1A$
$R_1 = 8\ \Omega$
$R_2 = 4\ \Omega$
$R_3 = 10\ \Omega$
Търси се: U = ?
От закон на Ом $U = I.R_3$. Но $I = I_1 + I_2$.
Съпротивленията и са свързани успоредно и напреженията в краищата им са равни:
$U_1 = U_2$
$I_1.R_1 = I_2.R_2$. От тук определяме I_1: $I_1 = \frac{I_2.R_2}{R_1} = \frac{1.4}{8} = 0,5A$. Тогава токът I е равен на:
$I = I_1 + I_2 = 0,5 + 1 = 1,5A$. За напрежението U получаваме: $U = I.R_3 = 1,5.10 = 15V$

ЗАД.4.
Дадено: $R_1 = 10\ \Omega$
$I_2 = 3I_1$
Търси се: R = ?
Ако ключът К е отворен, напрежението е $U = I_1.R = 10I_1$ (1)
Ако затворим ключа К токът през амперметъра I_2 нараства 3 пъти. Тогава $U = I_2.R`$, където R` е еквивалентното съпротивление на R и R_1, които са свързани успоредно.
$\frac{1}{R`} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{10} = \frac{10 + R}{10R}$. За напрежението получаваме:

$$U = I_2.\frac{10R}{10 + R} = 3I_1.\frac{10R}{10 + R}. (2)$$

Тъй като напрежението е едно и също в двата случая, приравняваме (1) и (2) и получаваме: $10I_1 = \frac{3I_1.10R}{10+R}$. След съкращаване получаваме: $I = \frac{3R}{10+R}$; $10 + R = 3R$
2R = 10; R = 5Ω.

15. РАБОТА И МОЩНОСТ НА ПОСТОЯННИЯ ТОК

ЗАД.1.
Дадено: P_1 = 40W
P_2 = 60W
U = 220V
Търси се: R_2 = ? R_1 =?

Съпротивлението ще определим от формулата за мощност на тока: $P = \frac{U^2}{R}$, която е по-удобна за пресмятане, когато консуматорите са свързани успоредно, защото напрежението U върху всички консуматори е еднакво.

$$R_1 = \frac{U^2}{P_1} = \frac{(220)^2}{40} = 1210\Omega$$

$$R_2 = \frac{U^2}{P_2} = \frac{(220)^2}{60} = 806{,}67\Omega \rightarrow R_1 \rangle R_2$$

От закона на Ом следва, токът е по- малък в тази лампа, която е с по- голямо съпротивление (т.е. първата). От формулата P = I.U следва, мощността на тока в тази лампа е по- малка.

ЗАД.2.
Дадено: I = 300mA = 300.10^{-3}A = 0,3A
U = 9V
Търси се: P = ?
P = I.U = 0, 3. 9 = 2,7W

ЗАД.3.
Дадено: R = 22 Ω
U = 220V
Търси се: P = ?

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(220)^2}{22} = 2200W = 2{,}2kW$$

ЗАД.4.
Дадено: P = 40W
U = 12V
Търси се: R = ?

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad R = \frac{U^2}{P} = \frac{(12)^2}{40} = 3{,}6\Omega$$

Съпротивлението можем да намерим и по следния начин: От формулата за мощност определяме тока:

P = I.U $\qquad I = \frac{P}{U} = \frac{40}{12} = 3{,}33A$

А от закон на Ом намираме съпротивлението:

$I = \frac{U}{R}$ $\qquad R = \frac{U}{I} = \frac{12}{3,33} = 3,6\Omega$

16. ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЯ И МОЩНОСТ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1.

Дадено: $R_1 = 10\ \Omega$
$P_1 = 1W$
$R_2 = 20\ \Omega$

Търси се: $P_2 = ?$

От формулата за мощност определяме напрежението:

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} \Rightarrow U_1 = \sqrt{P_1 R_1} = \sqrt{1.10} = \sqrt{10}V$$

Тъй като резисторите са свързани успоредно, напрежението в краищата на резистора R_2 е също U_1. Тогава $P_2 = \frac{U_1^2}{R_2} = \frac{\sqrt{10}^2}{20} = \frac{10}{20} = 0,5W$

ЗАД.2.

Дадено: $R_1 = R_2 = R_3 = R$
$P_1 = 1W$

Търси се: $P_3 = ?$

От мощността на първия резистор намираме тока I_1 през него:

$$P_1 = I_1^2.R_1 \Rightarrow I_1^2 = \frac{P}{R_1} = \frac{P}{R} \qquad (1)$$

Резисторите 1 и 2 са свързани успоредно и затова $I = I_1 + I_2$. Но тъй като те са еднакви, то $I_1 = I_2 \Rightarrow I = I_1 + I_2 = 2I_1$.

Мощността P_3 намираме по формулата $P_3 = I^2.R$ (2)

Като използваме (1), заместим в (2) и получаваме:

$$P_3 = (2I_1)^2.R = 4I_1^2.R = 4\frac{P}{R}.R = 4P = 4.1 = 4W$$

ЗАД.3.

Дадено: $R_1 = 3\ \Omega$
$R_2 = 4\ \Omega$
$R_3 = 6\ \Omega$
$U = 12V$

Търси се: P =? I =?

Мощността определяме от формулата $P = \frac{U^2}{R}$, където R е еквивалентното съпротивление на трите резистора, които са свързани успоредно.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{4+3+2}{12} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

Тогава $P = \frac{12^2.3}{4} = 108W$

Тока определяме от закон на Ом $I = \frac{U}{R}$ $\qquad I = \frac{12}{\frac{4}{3}} = \frac{12.3}{4} = 9A$

ЗАД.4.
Дадено: P = 40W
U = 12V
n = 2
Търси се: P_1 =? P_2 =?
От формулата за мощност $P = \frac{U^2}{R}$ определяме съпротивлението на лампата:
$R = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{40} = 3{,}6\Omega$
Двете лампи са свързани последователно: $U = U_1 + U_2 = 2.U_1$
От тук $U_1 = \frac{U}{2} = \frac{12}{2} = 6V$.
Тогава $P_1 = \frac{6^2}{3{,}6} = 10W$ тъй като лампите са еднакви $P_1 = P_2 = 10W$.

17.ЕЛЕКТРОДВИЖЕЩО НАПРЕЖЕНИЕ

ЗАД.1.
Странични (електродвижещи) сили са силите, които действат на заредените частици вътре в източника на напрежение. Тяхната посока е противоположна на електричните сили. Вътре в източника страничните сили извършват положителна работа и възстановяват електричната потенциална енергия, която са имали зарядите преди да преминат по проводника. Природата на страничните сили може да бъде различна, например сили,възникващи при химични реакции.
Закон на Ом за цялата верига гласи: Токът I в една електрическа верига е равен на отношението на електродвижещото напрежение ε на източника към пълното съпротивление R+ r на веригата: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$

ЗАД.2.
Дадено: ε = 9V
I = 0,1A
t = 1 min = 60s
Търси се: $A_{стр}$ = ?
От формулата за ЕДН определяме работата на страничните сили:
$\varepsilon = \frac{A_{стр}}{q} = \frac{A_{стр}}{It} \Rightarrow A_{стр} = \varepsilon It = 9.0{,}1.60 = 54J$
(При решението използваме, че $I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It$)

ЗАД.3.
Дадено: I = 2A

t = 30s
Q = 12J
Търси се: r =?
Вътрешното съпротивление определяме от закон на Джаул- Ленц:

$$Q = I^2.r.t \Rightarrow r = \frac{Q}{I^2 t} = \frac{12}{2^2.30} = 0{,}1\Omega$$

ЗАД.4.
Дадено: ε = 2,2V
I_{max} = 1,1A
Търси се: r =?
Вътрешното съпротивление определяме от формулата за максимален ток при късо съединение: $I_{max} = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow r = \frac{\varepsilon}{I_{max}} = \frac{2{,}2}{1{,}1} = 2\Omega$

ЗАД.5.
Дадено: ε =120V
R = 1100 Ω
I = 0,1A
Търси се: r =?
Използваме закон на Ом за цялата верига и определяме вътрешното съпротивление:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$I.(R + r) = \varepsilon$ или $R + r = \frac{\varepsilon}{I}$

$IR + Ir = \varepsilon$ $r = \frac{\varepsilon}{I} - R = \frac{120}{0{,}1} - 1100 = 100\Omega$

$Ir = \varepsilon - IR$

$r = \frac{\varepsilon - IR}{I} = \frac{\varepsilon}{I} - R$

$r = \frac{120}{0{,}1} - 1100 = 100\Omega$

18.ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕРИГИ (РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ)

ЗАД.1.
Дадено: ε =12V
I = 200A
U = 10V
Търси се: r =?
Вътрешното съпротивление определяме от закон на Ом за цялата верига: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.

$I.(R + r) = \varepsilon$

$IR + Ir = \varepsilon$. Съгласно със закон на Ом за част от веригата: U = IR. Следователно:

$U + Ir = \varepsilon$

$Ir = \varepsilon - U$

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I} = \frac{12-10}{200} = 0{,}01\Omega$$

ЗАД.2.

Дадено: ε = 6V

R = 5 Ω

P = 5W

Търси се: а) I =?

б) r =?

От формулата за мощност $P = \frac{U^2}{R}$ определяме напрежението върху лампата:

$$U = \sqrt{P.R} = \sqrt{5.5} = 5V$$

Големината на тока определяме от закон на Ом за част от веригата:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{5} = 1A$$

Вътрешното съпротивление определяме от закон на Ом за цялата верига: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

$$I.(R+r) = \varepsilon$$

$$Ir = \varepsilon - IR$$

$$r = \frac{\varepsilon - IR}{I} = \frac{\varepsilon}{I} - R = \frac{6}{1} - 5 = 1\Omega$$

ЗАД.3.

Дадено: R_1 = 4 Ω

R_2 = 5 Ω

ε = 6V

r = 1 Ω

Търси се: P_1 =? P_2 =?

При последователно свързване на консуматори мощността се определя по формулата:

$$P = I^2.R$$

При последователно свързване еквивалентното съпротивление е R = R_1 + R_2.

Тока определяме от закон на Ом за цялата верига: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

$$I = \frac{6}{4+5+1} = 0{,}6A$$

Заместваме във формулата за мощност и получаваме:

$$P_1 = I^2.R_1 = 0{,}6^2.4 = 1{,}44W$$

$$P_2 = I^2.R_2 = 0{,}6^2.5 = 1{,}8W$$

19. ТОК В МЕТАЛИ

ЗАД.1.

Средната скорост на насоченото движение на свободните електрони се нарича дрейфова скорост. Обикновено тя е много малка: в електрическа мрежа един електрон би преминал по проводник с дължина 1 m за около 1 час.

ЗАД.2.
В металите електроните извършват насочено движение под действие на електричните сили. И електричния ток се определя от дрейфовата скорост, а не от топлинното движение на електроните поради неговия хаотичен характер.

ЗАД.3.
Електрическата лампа има по- голямо съпротивление, когато свети, защото при насоченото движение броят на ударите на свободните електрони с другите градивни частици в проводника се увеличава.

ЗАД.4.
Свръхпроводимостта е явление, при което под определена температура, наречена критична, съпротивлението на проводника става равно на нула. За живака критичната температура е 4,2К. Високотемпературна свръхпроводимост е установена за първи път в оксиди на медта и бария, съдържащи лантан с критична температура около 30К. По-късно са открити и други материали, в които свръхпроводимостта се запазва при температури 100К.

ЗАД.5.
Приложения на свръхпроводниците:
1. за създаване на мощни електромагнити;
2. в съвременните ускорители на заредени частици;
3. в медицински магнитни томографи;
4. в свръхпроводящи компютри с бързо действи и др.

20. ТОК В ЕЛЕКТРОЛИТИ И ГАЗОВЕ

ЗАД.1.
Токови носители в електролитите са положителните и отрицателните йони.
Токови носители в газовете са положителните и отрицателните йони и електрони.
Йоните, които се движат към катода се наричат катиони.
Електролизата е процес, при който след като достигнат до катода и анода, йоните се неутрализират и на електродите се отделя вещество.
Приложения на електролизата:
1. в електрометалургията за получаване на чисти метали;
2. за покриване на повърхността на метални изделия с тънък, плътен и гладък електролитен слой от друг метал;
3. за защита от корозия- чрез електрохимично никелиране, хромиране, посребряване и др.;
4. за направа на копия от различни предмети и т.н

ЗАД.2.
Йонизация на газовете се извършва с помощта на т. нар. йонизатор. Чрез него се внася енергия в газа, от молекулите се откъсват електрони, получават се токовите носители и при прилагане на електрично поле през него започва да тече ток.
Разликата между самостоятелен и несамостоятелен газов разряд е следната:
Несамостоятелен разряд е този, който се създава и поддържа от външен йонизатор; ако се преустанови действието на йонизатора, несамостоятелния разряд се прекратява.

Газов разряд, който се запазва и след прекратяване на действието на йонизатора, се нарича самостоятелен.
Приложения на газовия разряд:

1. за рекламни и декоративни цели- тлеещ разряд;
2. за електроискрова обработка на металите;
3. за възпламеняване на горивната смес в двигателите с вътрешно горене и др

21. ТОК В ПОЛУПРОВОДНИЦИ

ЗАД.1.
Полупроводниците се различават от проводниците и диелектриците по техния строеж и електрични свойства. Напр. тяхното специфично съпротивление е значително по-голямо от това на проводниците и по- малко то това на диелектриците.

ЗАД.2.
В идеалния кристал на силиций химичната връзка между атомите е ковалентна, т.е. осъществява се чрез групиране на валентните електрони.
При 0К в идеалния кристал няма свободни токови носители. Те се получават, когато кристалът се нагрее и електроните получат необходимата енергия, за да разкъсат ковалентната връзка. Получавт се токови носители- електрони и дупки.
В електрично поле токовите носители (електроните и дупките) се движат насочено в противоположни посоки, но създадените от тях токове имат една и съща посока.

ЗАД.3.
Целенасоченото внасяне на точно определени количества и видове примеси в полупроводниците се нарича легиране.
Донори са примесни атоми, които отдават електрони.
Акцептори са примесни атоми, които приемат електрони.

ЗАД.4.
Донори се P, As, Sb
Акцептори са In, Al, Ga ,B.