

СУ №7: ПОСТОЯНЕН ЕЛЕКТРИЧЕН ТОК (2 учебни часа)

I. Електричен ток – посока, големина и плътност

Всяко насочено движение на електрични заряди се нарича **електричен ток**. В металните проводници, които намират най-широко приложение в практиката, електричният ток е свързан с насоченото движение на свободните електрони и се нарича ток на проводимост. Основните величини, характеризиращи електричния ток, са **посока, големина и плътност**.

За посока на ел. ток се приема посоката, в която се движат положителните ел. заряди (от „+“ към „-“). В металните проводници свободните електрони се движат в посока, обратна на общоприетата (от „-“ към „+“). **Големината на ел. ток** е скаларна величина и се определя от количеството електричен заряд dq , което преминава през напречното сечение на даден проводник за единица време. Означава се с I (A): $I = dq/dt$. За постоянен ел.ток (големината и посоката му не се променят с течение на времето): $I = q/t \rightarrow q = It$.

Плътността на електричния ток е векторна физична величина и се определя от големината на тока, преминаващ през единица площ от напречното сечение S на даден проводник. Големината на тази величина се определя от формулата $j = dI/dS$ (A/m²), а посоката ѝ се определя от посоката на тока. За постоянния електричен ток $j = I/S \rightarrow I = jS$.

II. Електродвижещо напрежение (ЕДН). Пад на напрежението (напрежение)

За да се осигури непрекъснато протичане на ел. ток в даден участък (1-2) от ел. верига е необходимо да се включи източник на ЕДН – означава се кратко с ε_{12} - това е физична величина, която се определя от работата на страничните сили $A_{стр}$ за пренасяне на единица положителен ел. заряд в рамките на източника на ел. енергия:

$\varepsilon_{12} = A_{\text{стр}}/q \rightarrow A_{\text{стр}} = q\varepsilon_{12}$. Страничните сили по своя характер **не** са ел.стат.сили и пренасят ел.заряди в посока, която е противоположна на посоката на електростат. поле в рамките на източника на ЕДН.

Падът на напрежението (или напрежението) U_{12} в даден участък от ел.верига (1-2) е физична величина, която се определя от общата работа A_{12} на кулоновите (ел.стат.сили) и страничните сили за пренасяне на единичен положителен ел.заряд от точка 1 до точка 2:

$U_{12} = A_{12}/q = \varepsilon_{12} + \varphi_1 - \varphi_2$, където $(\varphi_1 - \varphi_2)$ е потенциалната разлика между точките 1 и 2, а ε_{12} е ел.движещото напрежение на източника.

Ако в дадения участък от ел.верига няма включено ЕДН ($\varepsilon_{12} = 0$),

$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$. Понятието напрежение е обобщение на понятието потенциална разлика. Мерната единица както за напрежение, така и за ел.движещо напрежение, е волт (V).

III. Закон на Ом за еднороден и нееднороден участък от електрична верига. Електрично съпротивление

Законът на Ом определя зависимостта между големината на тока, напрежението и съпротивлението и е установен опитно за **еднороден участък** от електрична верига (участък, в който няма включен източник на ЕДН - $\varepsilon_{12} = 0$): $I = U_{12}/R = (\varphi_1 - \varphi_2)/R = \Delta\varphi/R$. Величината

R се нарича **електрично съпротивление** на даден проводник и характеризира неговата съпротивителна способност.

Съпротивлението зависи от размерите и вида на проводника: $R = \rho l/S$, където ρ е коефициент на пропорционалност, наречен специфично електрично съпротивление на проводника, l е общата дължина на проводника, а S - неговото напречно сечение. Мерната единица за R

е ом(Ω), а за ρ – ом по метър(Ωm). Специфичното съпротивление характеризира свойствата на материала, от който е направен проводникът. Ако в даден участък от ел.верига има включен източник на ЕДН ($\varepsilon_{12} \neq 0$), участъкът се нарича **нееднороден**.

Законът на Ом в този случай свързва големината на тока с

ЕДН на източника ε_{12} и неговото вътрешно съпротивление r :

$I = U_{12}/(r + R) = (\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12})/(r+R)$. За затворена неразклонена електрична верига ($\varphi_1 = \varphi_2$) законът на Ом е $I = \varepsilon_{12}/(r+R)$.

IV. Последователно и успоредно свързване на „n” съпротивления (консуматори) в даден участък от електрична верига

При последователно свързване на n съпротивления (консуматори) в даден участък от електрична верига (a-b) са изпълнени следните съотношения:

$I_{ab} = \text{const}$ (през всички съпротивления протича еднакъв по големина електричен ток);

$$R_{ab} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum R_i; \quad U_{ab} = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum U_i.$$

При успоредно (паралелно) свързване на n съпротивления в даден участък от електрична верига (a-b) са изпълнени следните съотношения:

$U_{ab} = \text{const}$ (за всички съпротивления, включени в участъка, напрежението е едно и също); $1/R_{ab} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n = \sum 1/R_i$.

V. Работа и мощност на електричния ток – закон на Джаул – Ленц

Експериментално установен факт е загреването на металните проводници при протичане на електричен ток през тях. В съответствие със закона за запазване на енергията отделеното количество топлина dQ трябва да бъде равно на извършената работа dA за преместването на зарядите по електричната верига. Ако токът, който протича по дадена електрична верига, е постоянен, а металните проводници, образувачи веригата, неподвижни, тогава е изпълнено равенството: $dA = dQ$, където

$$dA = dqU = IdtU = I^2Rdt = U^2dt/R = dQ.$$

Горният израз е опитно установеният закон от двамата физици Джаул и Ленц независимо един от друг. Във физиката този закон е известен като **закон на Джаул- Ленц**.

Мощността на електричния ток (топлинната мощност) се определя от извършената работа за единица време:

$$P = dA/dt = dQ/dt = IU = I^2R = U^2/R.$$

Мерната единица за мощност на електричния ток е ват (W).

Законът на Ом в диференциална форма се определя от следния израз: $j = \sigma E$, където σ се нарича специфична проводимост на метала ($\sigma = 1/\rho$).

Законът на Джаул- Ленц в диференциална форма е $p = P/V = \sigma E^2$, където p се нарича специфична мощност (отделената мощност в единица обем).

Задачи: стр. 106 – 1, 2, 3, 4, 5; **Въпроси с избираем отговор:** стр.103 –2;

107 – 19;

104 – 5, 8, 9;

108 – 20, 22.

105 - 12, 13, 14; 106 – 19.

Зад.1: Електричният заряд на електрона е $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Колко електрона трябва да преминат през площ 10 m^2 за 1 s , за да се получи плътност на тока 1 A/m^2 ?

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; S = 10 \text{ m}^2; t = 1 \text{ s}; j = 1 \text{ A/m}^2; n = ?$$

$$j = I/S = q/tS = ne/tS \rightarrow n = jSt/e = 1 \cdot 10 \cdot 1 / 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,25 \cdot 10^{19}.$$

Зад.2: Какво ще бъде общото съпротивление на пет консуматора, всеки от които със съпротивление от 100Ω , ако са свързани веднъж последователно и веднъж успоредно ?

$$R = 100 \Omega; n = 5; R_{0B} = ?$$

При последователно свързване : $R_{0B} = nR = 500 \Omega$;

При успоредно свързване : $1/R_{0B} = 5/R \rightarrow R_{0B} = R/5 = 20 \Omega$.

Зад.3: Какъв диаметър трябва да има меден проводник с дължина 20 m , за да бъде съпротивлението му $0,1 \Omega$ (специфичното съпротивление на медта е $1,7 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m}$)?

$$R = 0,1 \, \Omega; \, \rho = 1,7 \cdot 10^{-7} \, \Omega \text{m}; \, l = 20 \, \text{m}; \, d = ?$$

$$R = \rho l / S; \, S = \pi d^2 / 4; \, R = 4 \rho l / \pi d^2 \rightarrow d = \sqrt{4 \rho l / R \pi} = 20,8 \cdot 10^{-4} \, \text{m}.$$

Зад.4: Осветително устройство се състои от 5 електрически крушки, които са свързани успоредно и имат еднакво съпротивление $350 \, \Omega$. Да се определи общото съпротивление на това устройство. Колко ще бъде общото съпротивление на устройството, ако се изключат:

а) 1 крушка; б) 3 крушки.

$$n = 5; \, R = 350 \, \Omega; \, \text{успоредно свързване}; \, R_{0\text{Б}} = ? \, (n = 4; \, n = 2)$$

$$1/R_{0\text{Б}} = 5/R; \, R_{0\text{Б}} = R/n = 350/5 = 70 \, \Omega;$$

$$\text{а) } 1/R_{0\text{Б}} = 4/R; \, R_{0\text{Б}} = R/4 = 87,5 \, \Omega;$$

$$\text{б) } 1/R_{0\text{Б}} = 2/R; \, R_{0\text{Б}} = R/2 = 175 \, \Omega.$$

Зад.5: Две лампи и резистор са включени последователно в електрична верига с напрежение $110 \, \text{V}$. Определете съпротивлението на резистора, ако падът на напрежение във всяка лампа е $40 \, \text{V}$, а големината на тока във веригата е $15 \, \text{A}$.

Две еднакви лампи и резистор са свързани последователно;

$$U = 110 \, \text{V}; \, U_{\text{л1}} = U_{\text{л2}} = 40 \, \text{V}; \, I = 15 \, \text{A}; \, U_{\text{R}} = ?$$

$$U_{\text{R}} = U - 2U_{\text{л}} = 110 - 2 \cdot 40 = 30 \, \text{V}; \, U_{\text{R}} = IR; \, R = U_{\text{R}}/I = 30/15 = 2 \, \Omega.$$

Зад. 19: От стая, в продължение на едно денонощие, се губи количество топлина $8,7 \cdot 10^7 \, \text{J}$. Колко дълъг нихромов проводник с диаметър $1 \, \text{mm}$ е необходим за изработването на печка, която да поддържа постоянна температура в стаята, ако захранващото напрежение е $126 \, \text{V}$ (специфичното съпротивление на нихрома е $1,1 \cdot 10^{-6} \, \Omega \text{m}$)?

$$t = 24 \cdot 3,6 \cdot 10^3 \, \text{s}; \, Q = 8,7 \cdot 10^7 \, \text{J}; \, d = 10^{-3} \, \text{m}; \, U = 126 \, \text{V}; \, \rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \, \Omega \text{m}; \, l = ?$$

$$R = \rho l / S = 4 \rho l / \pi d^2; \, Q = U^2 t / R = U^2 t \pi d^2 / 4 \rho l \rightarrow l = U^2 t \pi d^2 / 4 \rho Q = 11,26 \, \text{m}.$$

Зад. 20: При преминаването на електричен заряд 20 C по проводник със съпротивление $0,5 \Omega$ е извършена работа 100 J. Определете времето, през което по проводника е протичал електричен ток.

$$q = 20 \text{ C}; R = 0,5 \Omega; A = 100 \text{ J}; t = ?$$

$$I = q/t; Q = A = I^2 R t = q^2 R t / t^2 = q^2 R / t \rightarrow t = q^2 R / A = 2 \text{ s.}$$

Зад. 22: Да се определи максималната мощност на бързовар, ако захранващото го напрежение е 220 V, а максималната големина на тока е 500 mA.

$$U = 220 \text{ V}; I_{\max} = 500 \text{ mA} = 0,5 \text{ A}; P_{\max} = ?$$

$$P_{\max} = I_{\max} U = 0,5 \cdot 220 = 110 \text{ W.}$$

Въпроси с избираем отговор:

2. Големината на електричния ток е:

а) правопрпорционална на заряда, преминал през напречното сечение на проводника, и времето, за което преминава;

б) правопрпорционална на заряда, преминал през напречното сечение на проводника, и обратнопрпорционална на времето, за

което преминава; в) обратнопрпорционална на заряда, преминал през сечението, и правопрпорционална на сечението на проводника; г) правопрпорционална на заряда, преминал през сечението, и обратнопрпорционална на сечението на проводника.

Верен отговор: б)

5. ЕДН наричаме работата, извършена от:

а) електростатичното поле, за пренасяне на заряда по проводника;

б) електростатичното поле, за пренасяне на единица положителен заряд в източника на електрична енергия; в) страничните сили, за пренасяне на един електрон в източника на електрична енергия;

г) страничните сили, за пренасяне на единица положителен ел. заряд в източника на електрична енергия. **Верен отговор: г)**

8. Специфичното съпротивление на метален проводник зависи от:

- а) диаметъра на проводника; б) веществото на проводника;
- в) дължината му; г) напречното му сечение. **Верен отговор: б)**

9. Два метални проводника, които са направени от едно и също вещество, имат еднакви дължини. Съпротивленията на проводниците са R_1 и R_2 , а отношението на техните диаметри

$d_1/d_2 = 2$. Какво е отношението на съпротивленията $R_1/R_2 = ?$

- а) $R_1/R_2 = 1/4$; б) $R_1/R_2 = 4$; в) $R_1/R_2 = 1/2$; г) $R_1/R_2 = 2$.

Верен отговор: а)

12. Коя от показаните зависимости изразява закона на Ом за нееднородна част от електрична верига?

- а) $I = \Delta\varphi/R$; б) $I = (\Delta\varphi + \varepsilon_{12})/(R+r)$; в) $I = \varepsilon_{12}/(R+r)$;

г) $I = \Delta\varphi/(R+r)$. **Верен отговор: б)**

13. Коя от показаните зависимости изразява закона на Ом за затворена неразклонена електрична верига?

- а) $I = \Delta\varphi/R$; б) $I = (\Delta\varphi + \varepsilon_{12})/(R+r)$; в) $I = \varepsilon_{12}/(R+r)$;

г) $I = \Delta\varphi/(R+r)$. **Верен отговор: в)**

14. Електричното съпротивление на метален проводник зависи:

а) правопропорционално от дължината и обратнопропорционално от сечението му; б) правопропорционално от дължината и сечението му; в) правопропорционално от тока и обратнопропорционално от приложеното напрежение; г) обратнопропорционално от тока и приложеното напрежение. **Верен отговор: а)**

19. Коя от следните формули е вярна и изразява закона на Джаул-Ленц за отделеното количество топлина?

- а) $Q = (U^2/R)t$; б) $Q = IU^2/R$; в) $Q = I^2U/t$; г) $Q = (I^2/R)t$.

Верен отговор: а)