

5. ЕЛЕКТРИЧНО ПОЛЕ

Основни понятия и величини в електростатиката. Интензитет и потенциал на електрично поле. Електричен ток

1. Електрични заряди.

Единицата за електричен заряд се нарича кулон (C). Един кулон е количеството електричество, което преминава за време една секунда през напречното сечение на проводник, по който тече постоянен ток с големина един ампер: $1\text{ C} = 1\text{ A}\cdot 1\text{ s}$.

Елементарните частици (електронът и протонът) са носители на най-малките количества електричество – елементарния отрицателен (e^-) и елементарния положителен заряд (e^+). Елементарният заряд има абсолютна стойност $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$.

2. Свободни и свързани електрични заряди.

В зависимост от способността си да се преместват на макроскопични разстояния зарядите могат да бъдат:

А) Свободни електрични заряди. Към тях се отнасят:

а) свободните електрони в металите;

б) електроните и йоните в газовете, във вакуум, както и в различни твърди тела;

в) йоните в разтвори и стопилки на соли.

Б) Свързани заряди – такива са зарядите на структурните частици на твърдите тела – електроните, свързани в атомите и молекулите, йоните в йонните кристали. Такива заряди могат да се преместват само на междуатомни разстояния.

В) Електричен дипол – система от два свързани, еднакви по големина и противоположни по знак електрични заряди, разположени на малко разстояние един от друг.

3. Проводници и диелектрици.

Тела, в които зарядите могат да се преместват свободно в границите на техния обем се наричат проводници. Проводниците могат да се разделят на две основни групи: проводници от първи и проводници от втори род. Преместването на електричните заряди в проводниците от първи род не е съпроводено с химични изменения и не се наблюдава забележимо пренасяне на вещество. Към този тип проводници принадлежат всички метали. При тях във възлите на кристалната решетка са разположени йоните, а електроните от най-външния слой (валентните електрони) образуват електронен газ, който може да се движи свободно в кристалната решетка – метален тип химична връзка. Този тип химична връзка обуславя голямата електро и топлопроводимост на металите. Електроните във всички вещества са еднакви, така че протичането на електричен ток през метален проводник не води до промени в химичния състав.

В проводниците от втори род пренасянето на електричен заряд е свързано с движението на йони – атоми или молекули с недостиг или излишък на електрони. Поради това протичането на електричен ток през проводниците от втори род е съпроводено от химични изменения и пренос на вещество. Към тази група проводници се отнасят водните разтвори на неорганичните соли, киселини и основи, наречени електролити.

Тела, в които електричните заряди не могат да се преместват свободно се наричат изолатори или диелектрици. В тях преместването на зарядите при прилагане на електрично поле се осъществява само на междуатомни разстояния. При много голям интензитет на електричното поле е възможно да настъпи електричен пробив на диелектрика.

Освен проводниците и диелектриците в особен клас трябва да бъдат поставени полупроводниците. Това са вещества с преобладаващо ковалентна химична връзка. При тях чрез различни технологични методи могат да се изграждат структури и да се генерират токови носители от два типа – n и p тип. На базата на полупроводниците се основават цялата съвременна електроника, средства за комуникации и др. Най-използваните материали в сегашно време са силицийт и галиевият арсенид.

4. Закон на Кулон.

Силата на взаимодействие между два точкови заряда (наелектризиранни тела, чиито размери могат да се пренебрегнат в сравнение с разстоянието между тях) е право пропорционална на големината на зарядите и обратно пропорционална на разстоянието между тях. Едноименните заряди взаимно се отблъскват, а разноименните се привличат. За заряди във вакуум:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1.1)$$

5. Електрично поле. Интензитет на електричното поле.

Наличието на неподвижен заряд в дадена точка от пространството води до поява във всяка друга точка на това пространство на някакво ново свойство. То се изразява в това, че на друг заряд, поставен в произволна точка от пространството, действа електростатична сила. Носител на новото свойство е вид материя, различна от веществото, която се нарича електростатично поле. - **Интензитет на електричното поле.**

Интензитетът на електростатичното поле в дадена точка е физична векторна величина, равна на силата, която действа на единица положителен заряд, поставен в тази точка. Интензитетът на електростатичното поле на даден източник зависи от знака и големината на заряда, който създава полето, от положението на разглежданата точка спрямо този заряд и от диелектричните свойства на средата.

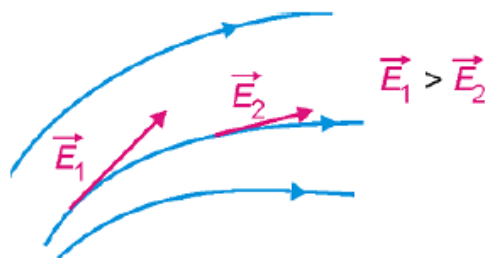
$$\vec{E} = \vec{F}/q_0, \quad (1.3)$$

където q_0 е пробен заряд. Въвеждането на величина интензитет на полето дава възможност силата, която действа на произволен заряд q в дадена точка от това поле, да се представи чрез формулата

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (1.4)$$

Линии на интензитета (електрични силови линии).

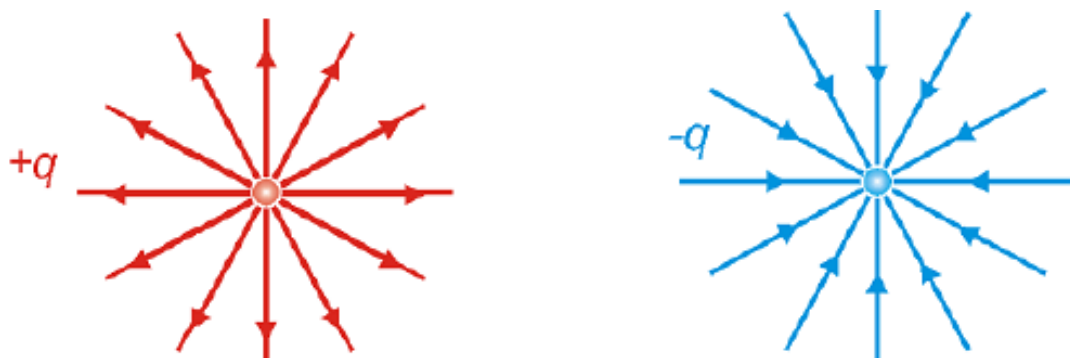
Под линия на интензитета (електрична силова линия) се разбира мислена линия, във всяка точка на която интензитетът на полето е насочен по допирателната към нея. Посоката на линията на интензитета съвпада с посоката на движението по нея под действие на силите на полето на положителен точков заряд. Ако полето е хомогенно (във всички точки интензитетът е един и същ) то се изобразява графично с успоредни линии.



Фиг. 5.1.

Електричните силови линии са отворени, те имат начало и край- започват от положителен заряд или безкрайност и завършват в отрицателен заряд или в безкрайност. Затворени силови линии в електростатичното поле няма. Електричните силови линии никога не се пресичат.

На фиг.5.2. са представени силовите линии на отделен точков заряд (положителен или отрицателен), а на фиг.5.3 е представено графично изображение на хомогенно електрично поле.



Фиг.5.2.



Фиг.5.3.

6. Потенциал на електростатичното поле. Еквипотенциални повърхности. Напрежение.

Потенциал на електрично поле:

Потенциалът на електричното поле в дадена негова точка е числено равен на работата на електричните сили за преместването на единица положителен заряд от тази точка до безкрайност (където потенциалът се приема за нула).

$$\varphi = A_{\infty} / q_0 \quad (1.6)$$

Геометричното място на точки с еднакъв потенциал се нарича **еквипотенциална равнина**. Силовите линии на електричното поле и неговите еквипотенциални повърхнини са взаимно перпендикулярни.

Основни понятия и величини в електростатиката. Интензитет и потенциал на електрично поле. Електричен ток

Напрежение. Разликата в потенциалите между две точки на електричното поле се нарича електрично напрежение между тези точки:

$$U = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (1.8)$$

Електричното напрежение между две точки е равно на работата за пренасяне на единица заряд между двете точки.

Единицата за електрично напрежение е волт; ако напрежението между две точки е един волт при преместване на един кулон заряд между тях се извършва работа един джаул.

При пренасяне на заряд q между две точки, напрежението между които е U , извършената работа δA може да се определи по зависимостта:

$$\delta A = q \cdot U \quad (1.9)$$

Връзка между интензитет и потенциал на електрично поле.

Връзката между интензитета и потенциала на електрично поле ще изведем при преместване на електричен заряд q в хомогенно поле по посока на силовите линии между две точки, разстоянието между които е d , а разликата в потенциалите е $U = \varphi_2 - \varphi_1$. Работата, извършена при преместването може да се изрази по два начина – чрез големината на силата $F = q \cdot E$ и преместването d и чрез напрежението между двете точки:

$$\delta A = q \cdot E \cdot d = q \cdot U \quad (1.10)$$

От тук се получава и връзката между интензитета и потенциала на полето за този случай:

$$E = U/d \quad (1.11)$$

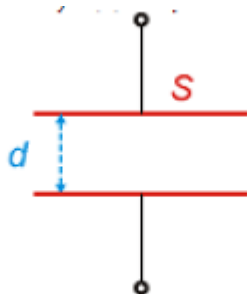
Зависимост (1.11) дава възможност да се определят и най-използваните единици за интензитет на електрично поле – V/m .

Електричен кондензатор.

Система от два проводника, които имат такава форма и разположение, че при разноименно наелектризиране създават електрично поле, съсредоточено почти изцяло в пространството между тях се нарича *електрически кондензатор*.

В зависимост от формата на електродите кондензаторите се могат да бъдат плоски, цилиндрични, сферични и др. Тъй като електричното поле е съсредоточено в пространството между електродите (плочите) на кондензатора, силовите линии на полето започват от едната плоча и завършват на другата.

Най-често се използва плоският кондензатор, чиито метални електроди са част от успоредни равнини (фиг.5.4).



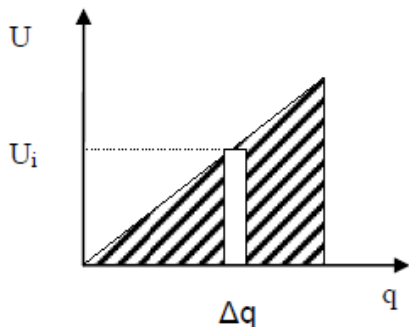
Фиг. 5.4. Плосък кондензатор.

Капацитет на кондензатор – това е физична величина, равна на количеството заряд, който трябва да се пренесе от едната плоча на кондензатора на другата, за да се измени напрежението между тях с един волт:

$$C = q/U \quad (2.14)$$

Енергия на зареден кондензатор.

За да се определи енергията на електростатичното поле между плочите на произволен кондензатор, зареден със заряд q трябва да се разгледа работата, извършена за зареждане на кондензатора. Процесът на зареждане може да се представи като последователно преместване на безкрайно малки порции заряд от едната до другата плоча. При зареждане на кондензатора работата A преминава в енергия W на заредения кондензатор.



Фиг.5.5.

Нека пренесем толкова малко количество заряд Δq от едната плоча на другата, че напрежението между двете практически да може да се смята за постоянно – U_i . Тогава извършената елементарна работа $\delta A = \Delta q \cdot U_i$ е равна на заштрихованата площ на фиг.5.5. Цялата работа за зареждане на кондензатора със заряд q до напрежение U ще бъде равна на площта на триъгълника на фиг. 2.8:

$$A = q \cdot U / 2 \quad (2.15)$$

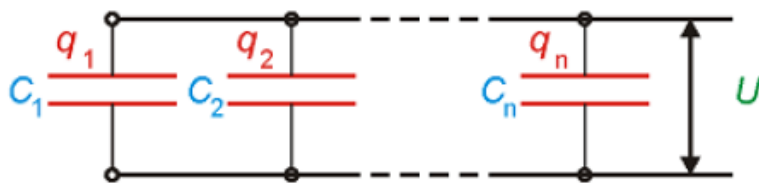
Този израз определя енергията, запасена в кондензатора. Като се има предвид връзката $q = CU$, енергията на заредения кондензатор може да се представи и във вида:

$$W = A = CU^2 / 2 \quad (2.16)$$

Свързване на кондензатори.

а) Успоредно свързване.

Едноименните плочи на кондензаторите се свързват; напрежението на всички кондензатори е едно и също – фиг. 2.9.



Фиг. 5.6. Успоредно свързване на кондензатори.

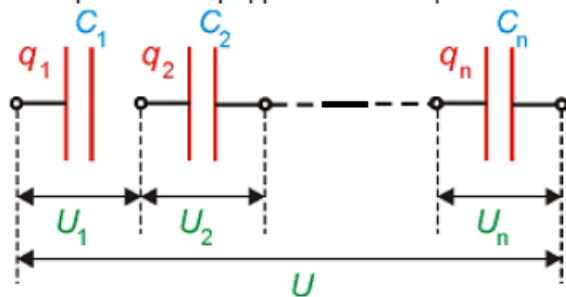
Общият заряд на всички кондензатори е:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = C_1 U + C_2 U + \dots + C_n U = U(C_1 + C_2 + \dots + C_n) = UC, \quad (2.17)$$

където $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ е общият капацитет на системата от кондензатори. Следователно при успоредно свързване капацитетът на кондензаторната батерия е равен на сумата от капацитетите на отделните кондензатори. Номиналното напрежение на всички кондензатори трябва да е по – голямо от максималното работно напрежение.

б) Последователно свързване на кондензатори.

Най-често за увеличаване на работното напрежение на батерия от кондензатори се използва последователно свързване на кондензаторите. Свързване, при което край на всеки кондензатор се свързва с началото на следващия кондензатор, се нарича последователно свързване. Схематично такова свързване е представено на фиг.2.10.



Фиг.5.7. Последователно свързване на кондензатори.

Напрежението, приложено в двата края на кондензаторната батерия се разпределя върху отделните кондензатори:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (2.18)$$

като напрежението на отделните кондензатори зависи от техния капацитет. Крайните плочи на батерията се зареждат с равни разноименни заряди $+q$ и $-q$. Вследствие на електричната индукция на всички междинни плочи се индуцират числено равни заряди $+q$ и $-q$. Тогава изразът (2.18) може да бъде представен във вида:

$$U = q/C_1 + q/C_2 + \dots + q/C_n = q (1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n), \quad (2.19)$$

Откъдето за общия капацитет на батерията следва:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n \quad (2.20)$$

Ако всички кондензатори имат еднакъв капацитет C_0 , за батерия от N кондензатора от (2.20) следва:

$$1/C = N/ C_0 \text{ или } C = C_0/N, \quad (2.21)$$

т.е. капацитетът на батерия от N на брой еднакви кондензатора, свързани последователно, е N пъти по-малък от капацитета на един кондензатор; допустимото работно напрежение на батерията е N пъти по-голямо от допустимото напрежение за един кондензатор.

Електричен ток. Основни понятия и величини.

1. Основни понятия и величини.

Електричен ток се нарича всяко насочено движение на електрични заряди. Скоростта на насоченото движение на зарядите при протичане на електричния ток се нарича дрейфова скорост.

Основни свойства на електричния ток:

- Създава в околното пространство магнитно поле.
- Протичането на електричен ток през проводниците от втори род е придружено с химични ефекти (електролиза).

- Протичането на електричен ток във всички проводници е съпроводено с отделяне на топлинна енергия; изключение правят някои вещества, които при ниски температури стават свръхпроводници.

2. Големината и плътност на тока. Големината на тока числено е равна на заряда, преминал през напречното сечение на проводника за единица време.

Ако за безкрайно малък интервал от време dt през напречното сечение на проводника преминава заряд dq , моментната големина на тока е:

$$I = dq/ dt \quad (3.1)$$

Ако големината на тока остава постоянна във всеки момент от време, токът се нарича **постоянен**.

$$I = q/ t \quad (3.2)$$

Единицата за измерване на големината на тока е **ампер**. Тя се дефинира чрез силата на взаимодействие между два проводника във вакуум.

Големината на тока е един ампер, когато през напречното сечение на проводника преминава електричен заряд един кулон на секунда:

$$1A = 1C/1s. \quad (3.3)$$

Посока на тока

- **Техническа посока** на тока е посоката на насочено движение на положителни заряди в електрично поле. Тази посока съвпада с посоката на интензитета на полето.

- **Физическа посока** на тока е действителната посока на насочено движение на свободните заряди в даден проводник. Физическата (реалната) посока на тока съвпада с техническата, когато той представлява насочено движение на положителни заряди.

Плътност на тока

Плътността на електричния ток е векторна величина, чиято големина е числено равна на големината на тока през единица площ, перпендикулярна на посоката на тока, а посоката ѝ съвпада с техническата посока на тока.

3. Закон на Ом*:

* - Георг Симон Ом - немски физик (1787-1854).

При слаби електрични полета за по-голяма част от проводниците се наблюдава линейна зависимост между плътността на тока \vec{J} и интензитета на електричното поле \vec{E} :

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (3.6)$$

Коефициентът на пропорционалност σ се нарича специфична електрическа проводимост.

По – често се използва законът на Ом в интегрална форма. За хомогенен участък от веригата (в който няма източник на електродвижещо напрежение) законът на Ом гласи:

Големината на тока в даден проводник е право пропорционална на приложеното напрежение в краищата на проводника:

$$I = U/R \quad (3.7)$$

Величината R се нарича електрично съпротивление на проводника. Коефициентът на пропорционалност $1/R=G$ се нарича проводимост на проводника.

Единицата за измерване на съпротивление е ом (Ω): съпротивлението на даден проводник е един ом, когато при протичане на постоянен ток през него един ампер напрежението между краищата на проводника е един волт.

Единицата за измерване на проводимостта $1/R=G$ се нарича сименс (S).

Законът на Ом може да се представи и във вида:

$$U = I \cdot R \quad \text{или} \quad R = U/I \quad (3.8)$$

За проводници, за които е валиден законът на Ом, отношението между пада на напрежението за един хомогенен участък от електричната верига и големината на тока през този участък е постоянна величина, която характеризира участъка, и се нарича негово съпротивление. Съпротивлението не зависи нито от пада на напрежението, нито от големината на тока, а само се изразява чрез тяхното отношение. Съпротивлението зависи от вида на проводника, от неговите геометрични размери и от температурата. Проводникът се характеризира със своето съпротивление и когато по него не тече електричен ток.

Съпротивлението R на метален проводник зависи от размерите на проводника и от вида на изграждащото го вещество.

Съпротивлението на един хомогенен метален проводник е право пропорционално на неговата дължина l , обратно пропорционално на лицето S на напречното му сечение и зависи от природата на проводника (3.9). Величината ρ , която фигурира в израза за съпротивлението, не зависи от размерите на проводника, а зависи от веществото на проводника и от неговата температура. Тази величина се нарича специфично съпротивление на материала, от който е изграден проводникът.

$$R = \rho l / S \quad (3.9)$$

В SI специфичното съпротивление на материалите се измерва с единицата ом по метър ($m \cdot \Omega$).

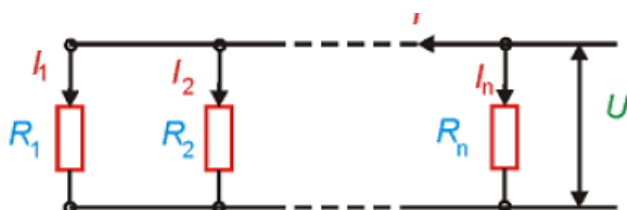
4. Последователно и успоредно свързване на резистори.

Проводник с определено по големината съпротивление R , на който могат да се пренебрегнат другите електрични характеристики (капацитет, индуктивност), се нарича резистор.

Резисторите се характеризират както със стойността на своето съпротивление, така и с максималната допустима разсейвана мощност.

Успоредно свързване на резистори:

Свързването на резистори, при което началата на всички резистори се свързват в една обща точка, а краищата на резисторите се свързват в друга обща точка, се нарича успоредно (паралелно) свързване – фиг. 3.1.



Фиг.3.1 Успоредно свързване на резистори

При успоредното свързване на резистори са валидни следните закономерности:

- Падът на напрежение върху краищата на всички резистори е един и същ:

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n \quad (3.10)$$

б. Големината на общия ток е равна на сумата от големините на токовете, протичащи през отделните резистори:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (3.11)$$

Като се използва законът на Ом $I = U/R$ (3.7), от (3.11) се получава:

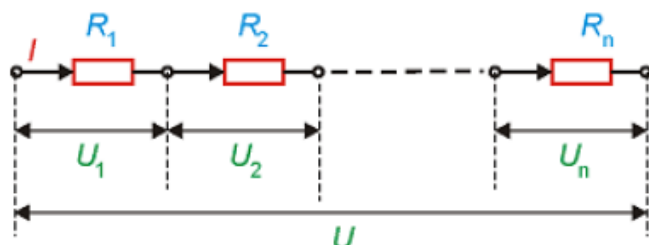
$$I = U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 + \dots + U/R_n \quad (3.12)$$

От тук за еквивалентното общо съпротивление R на свързани успоредно резистори се получава:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n \quad (3.13).$$

Последователно свързване на резистори

Свързването на резистори, при което край на всеки резистор се свързва с началото на следващия резистор, се нарича последователно свързване – фиг. 3.2.



Фиг. 3.2. Последователно свързване на резистори

За него са валидни следните закономерности:

Големината на тока, протичащ през резисторите, е еднаква във всички резистори.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (3.14)$$

Падът на напрежението между краищата на първия и последния резистор от веригата е равен на сумата от падовете на напрежение върху краищата на отделните резистори:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 + \dots + I \cdot R_n \quad (3.15)$$

От тук за общото еквивалентно съпротивление R на свързаните последователно резистори може да се напише:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (3.16)$$

Т.е. общото (еквивалентното) съпротивление на верига от последователно свързани резистори е равно на сумата от съпротивленията на отделните резистори.

5. Работа и мощност на постоянен електричен ток.

Работата, която извършват електричните сили при протичането на ток по една верига, се нарича работа на електричния ток.

Да си припомним как се дефинира една от основните величини в електростатиката – електрично напрежение (1.9):

При пренасяне на заряд q между две точки, напрежението между които е U , извършената работа δA може да се определи по зависимостта:

$$\delta A = q \cdot U$$

Ако изразим пренесения електричен заряд чрез големината на тока и времето, през което тече:

$$Q = I \cdot t \quad (3.17)$$

За извършената работа при протичане на електричния ток се получава:

$$A = U \cdot I \cdot t \quad (3.18)$$

Ако се използва законът на Ом, работата може да се изрази и по следните начини:

$$A = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = U^2 \cdot t / R \quad (3.19)$$

Единицата за работа в SI е джаул.

Мощност – това е работата, извършена за единица време. Ако разделим (3.19) на времето, за мощността на електричния ток се получава:

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = U^2 / R \quad (3.20)$$

Единицата за мощност в SI е ват, като един ват е равен на един джаул за секунда.

6. Променлив електричен ток. Ефективно напрежение.

Основни характеристики на променливия ток:

- **Период (T)** – интервалът от време, през който се повтарят стойностите на тока и напрежението и техните посоки – фиг. 3.3 (на посочените графики $T = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$).

- **Честота (f)** – броят на пълните изменения на тока и напрежението за единица време (1s).

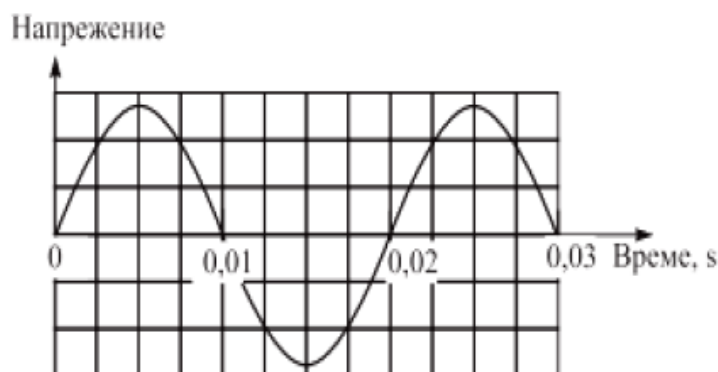
Между периода и честотата на променливите електрични величини съществува следната връзка:

$$f = 1/T \quad (3.21)$$

За промишлената честота в Европа:

$$f = 1/T = 1/0,02 = 50 \text{ Hz} \quad (3.21)$$

В чест на немския физик Хенрих Херц единицата за честота се нарича херц (Hz).



Фиг. 3.3. Графика на напрежение с промишлена честота ($T = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$; $f = 1/T = 50 \text{ Hz}$)

- **Максимални (амплитудни) стойности на напрежението и тока** – най-големите стойности, които достигат променливото напрежение и променливият ток. Означават се съответно с U_m , I_m .

За моментните стойности на напрежението:

$$U = U_m \sin \omega t, \quad (3.22)$$

където $\omega = 2\pi f$.

В един консуматор, който работи на променливо напрежение, заедно с напрежението и тока бързо се променя и мощността на тока.

$$P_{\text{мом}} = U^2 / R = (U_m^2 \sin^2 \omega t) / R \quad (3.23)$$

където $P_{\text{мом}}$ е моментната мощност на тока. В практиката обикновено ни интересува резултатът от действието на тока за интервали от време, които са много по-големи от периода на променливите величини.

Средната стойност на $\sin^2 \omega t$ е $1/2$; тогава средната мощност на променлив ток, в консуматор с активно съпротивление ще бъде:

$$P_{\text{CP}} = U_m^2 / 2R \quad (3.24)$$

Същата мощност ще се отдели, ако на консуматора е приложено условно постоянно напрежение, наречено **ефективно напрежение**:

$$U = U_m / \sqrt{2} = 0,707 U_m \quad (3.25)$$

Аналогично се определя и величината ефективна стойност на тока:

$$I = I_m / \sqrt{2} = 0,707 I_m \quad (3.26)$$

Всички зависимости за работа и мощност, въведени при постоянен ток, могат да се прилагат и за променлив, като се използват така дефинираните величини ефективно напрежение и ефективен ток. (Внимание – това е валидно само за активни консуматори, при които няма дефазиране между напрежението и тока).

Скалите на уредите за променлив ток и напрежение (амперметри и волтметри) са разграфени така, че да показват ефективните стойности на измерваните величини - например ако волтметърът показва, че напрежението на мрежата е 220 V, това означава, че 220 V е ефективното напрежение, а максималното е $220 \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot 1,41 = 310 \text{ V}$.

7. Закон на Джаул-Ленц*

* Джеймс Джаул - английски физик;

Емилий Ленц (1816-1865) - руски физик и електротехник.

Протичането на електричен ток по неподвижен проводник винаги е съпроводено с отделяне на топлина. (Изключение правят свръхпроводниците).

Количество топлина, отделено в проводника, по който тече ток, е пропорционално на квадрата на големината на тока, съпротивлението на проводника и времето за протичане на тока.

Съгласно закона за запазване на енергията отделеното количество топлина е равно на извършената работа, като използваме (3.19):

$$Q = A = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t = U^2 \cdot t / R \quad (3.27)$$

Тези зависимости изразяват закона на Джаул-Ленц; често за количество топлина се използва единицата калория, като $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$.

8. Приложение на ефектите, свързани с топлинното действие на тока.

8.1 Съпротивително загряване:

а) Индиректно – използва се при различни технологични процеси, за които е необходима висока температура. При температури до 1350°C се използват метални нагреватели; за по-високи температури се използват неметални нагреватели.

б) Директно съпротивително загряване – обработваният детайл се включва като част от електрическата верига, като се използва отделената Джаулова топлина в обема му при протичането на електричния ток.

8.2 Използване на топлинното действие на тока за заваряване. Видове.

а) Контактно заваряване. Заваряваните детайли, свързани в електрическа верига, се допират; отделената топлина в мястото на контакт осигурява разтапянето им и заваряването.

б) Точково заваряване. Между два електрода (най-често медни с водно охлаждане) се поставят детайлите за заваряване и се притискат. Отделената топлина в точките на контакт води до разтапяне и заваряване на детайлите. Използва се главно за листови детайли.

в) Ролково заваряване – разновидност на точковото заваряване, като вместо пръчкови електроди се използват дискови. Това позволява получаването на непрекъснат заваръчен шев. Използва се широко при

производството на стоманени бутилки, в автомобилостроенето, за изработване на резервоари и др.

г) Кондензаторно заваряване. Това е разновидност на точковото и ролковото заваряване, като енергията, която се подава на двата електрода, предварително се натрупва в кондензатор. Това осигурява съществени предимства – 50 до 100 пъти по-малка необходима мощност на инсталацията; много по-точно регулиране на енергията, отделяна в зоната на заваряване; малка продължителност на процеса. Тази технология позволява заваряването на детайли с дебелина под 0.1 mm, където другите методи са неприложими. Може да се заваряват детайли с различна дебелина, както и детайли от различни материали (при другите технологии тези операции са почти неосъществими). Технологията е приложима за точково и за лентово заваряване.