

1 ELEKTRICKÝ NÁBOJ A ELEKTRICKÉ POLE

ELEKTROSTATIKA

{*electrostatics*}

Část nauky o elektromagnetickém poli, zabývající se jevy v soustavě elektricky nabitých částic nebo těles, která jsou v klidu vzhledem k dané inerciální soustavě.

ELEKTRICKÝ NÁBOJ – Q

{*electric charge*}

Skalární fyzikální veličina charakterizující kvantitativně vlastnost elektricky nabitého tělesa, popř. částice. Jednotkou je *coulomb* – C:

$$[Q] = C = A \cdot s$$

ELEMENTÁRNÍ NÁBOJ – e

{*elementary charge*}

Nejmenší možný elektrický náboj, který již dále nelze rozdělit:

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Může být kladný $+e$ (náboj protonu, popř. pozitronu) nebo záporný $-e$ (náboj elektronu). Každý elektrický náboj je celistvým násobkem elementárního elektrického náboje. Náboj 1 C je přibližně $6,24 \cdot 10^{18}e$.

BODOVÝ NÁBOJ

{*point charge*}

Fyzikální abstrakce hmotného bodu nesoucího náboj Q .

ELEKTRICKÁ SÍLA – F_e

{*electric force*}

Vektorová fyzikální veličina kvantitativně vyjadřující vzájemné působení elektricky nabitých těles.

COULOMBŮV ZÁKON

{*Coulomb's law*}

Dva bodové náboje v klidu se navzájem přitahují nebo odpuzují stejně velkými elektrickými silami opačného směru. Velikost elektrické síly je

přímo úměrná velikosti nábojů Q_1 , Q_2 a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti r :

$$F_e = k \frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}$$

Veličina k je konstanta úměrnosti, která závisí na vlastnostech prostředí, v němž na sebe náboje působí:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$$

(ε je permitivita prostředí).

Ve vakuu:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8,9876 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

(ε_0 je permitivita vakua).

PERMITIVITA PROSTŘEDÍ – ε

{empty space permittivity}

Skalární veličina, která charakterizuje prostředí, v němž dochází k vzájemnému působení elektricky nabitých těles:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

(ε_0 je permitivita vakua, ε_r je relativní permitivita).

PERMITIVITA VAKUA – ε_0

{vacuum permittivity}

Skalární elektrická konstanta

$$\varepsilon_0 = 8,854187 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^2.$$

RELATIVNÍ PERMITIVITA – ε_r

{relative permittivity}

Veličina definovaná vztahem:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Charakterizuje elektrické vlastnosti prostředí, v němž působí elektrické síly. Pro vakuum a přibližně pro vzduch $\varepsilon_r = 1$, všechna ostatní prostředí

$\epsilon_r > 1$. Udává, kolikrát je elektrická síla v daném prostředí menší, než by byla ve vakuu.

DIELEKTRIKUM

{dielectric}

Látka, která nevede elektrický proud. Označuje se také jako izolant.

ELEKTROVÁNÍ TĚLES

{electrification of bodies}

Děj, při němž látka (izolant) získá těsným dotykem s jinou látkou elektrický náboj. Elektrování se zpravidla uskutečňuje třením izolantu (plastické materiály, sklo) vhodným materiálem (tkanina, kůže, srst), přičemž podle druhu látek se jedna nabíjí kladným elektrickým nábojem a druhá stejně velkým nábojem záporným.

ELEKTRICKÉ POLE

{electric field}

Silové pole, v němž na tělesa s nábojem působí elektrická síla.

ELEKTROSTATICKÉ POLE

{electrostatic field}

Elektrické pole elektricky nabitých těles, popř. částic, které jsou vzhledem k dané inerciální vztažné soustavě v klidu.

INTENZITA ELEKTRICKÉHO POLE – E

{electric field intensity}

Vektorová veličina, která charakterizuje elektrické silové působení v určitém bodě elektrického pole. Lze ji určit jako podíl elektrické síly F_e , která v tomto bodě působí na kladný bodový náboj, a velikosti tohoto náboje Q :

$$E = \frac{F_e}{Q}$$

V radiálním silovém poli bodového náboje Q má velikost:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{|Q|}{r^2}$$

(ϵ_0 je permitivita prostředí, ϵ_r je relativní permitivita, r je vzdálenost od náboje Q).

V homogenním silovém poli:

$$E = \frac{U}{d}$$

(U je napětí mezi body na siločáře homogenního elektrického pole, jejichž vzájemná vzdálenost je d).

SILOČÁRA ELEKTRICKÉHO POLE

{*field line*}

Myšlená čára procházející určitým bodem elektrického pole, jejíž tečna v tomto bodě určuje směr intenzity \mathbf{E} .

ELEKTRICKÉ POLE RADIÁLNÍ

{*radial electric field*}

Elektrické pole bodového náboje Q . Siločáry radiálního elektrického pole jsou přímky, které z bodového náboje vycházejí (je-li kladný), nebo do něj vstupují (je-li záporný).

ELEKTRICKÉ POLE HOMOGENNÍ

{*homogeneous electric field*}

Elektrické pole, v němž má intenzita \mathbf{E} ve všech bodech pole stejnou velikost i směr. Elektrické siločáry homogenního elektrického pole jsou navzájem rovnoběžné.

HUSTOTA NÁBOJE – ϱ

{*charge density*}

Skalární veličina charakterizující rozložení náboje Q v uvažovaném objemu V :

$$\varrho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{dQ}{dV}$$

Pro rovnoměrně rozložený náboj platí:

$$\varrho = \frac{Q}{V}$$

PLOŠNÁ HUSTOTA NÁBOJE – σ

{*surface charge density*}

Skalární veličina charakterizující rozložení náboje Q na ploše (např. na povrchu vodiče) o obsahu S :

$$\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta S} = \frac{dQ}{dS}$$

Na povrchu koule je:

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

Největší je na hranách a hrotech.

POLARIZACE DIELEKTRIKA

{*dielectric polarization*}

Vznik, popř. prostorové uspořádání vázaných elektrických dipólů v dielektriku, které se nachází v elektrickém poli.

ELEKTRICKÝ DIPÓL

{*electric dipol*}

Molekula dielektrika, v níž jsou navzájem posunuté nosiče náboje, takže vzniká soustava kladného a záporného náboje umístěných obvykle v malé vzdálenosti od sebe. Např. molekula dielektrika, v níž jsou navzájem posunuté nosiče náboje, může tvořit elektrický dipól samovolně (polární dielektrikum), nebo dipól vzniká teprve působením vnějšího elektrického pole.

ELEKTROSTATICKÁ INDUKCE

{*electrostatic induction*}

Přemístění volných nosičů náboje v izolovaném vodiči působením vnějšího elektrického pole, které je příčinou vzniku indukovaného náboje na povrchu vodiče.

ELEKTRICKÁ PRÁCE – W_e

{*electrical work*}

Práce, kterou vykoná elektrická síla při přemístění tělesa, popř. částice s nábojem v elektrickém poli. Je rovna úbytku jeho potenciální energie.

GAUSSŮV ZÁKON

{*Gauss's law*}

Jeden ze základních zákonů teorie elektromagnetického pole (zákon celkového náboje). Určuje tok intenzity \mathbf{E} elektrického pole uzavřenou plochou

o obsahu S , která obklopuje náboj Q v prostředí o permitivitě ε . V elementární podobě je pro vakuum vyjádřen vztahy:

$$ES = \frac{|Q|}{\varepsilon_0}; \quad E = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_0}$$

Vektorové vyjádření:

$$\int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q_c}{\varepsilon_0}$$

(Q_c je celkový náboj v oblasti ohraničené uzavřenou plochou).

ELEKTRICKÝ POTENCIÁL – φ

{*electric potential*}

Skalární veličina definovaná jako podíl elektrické potenciální energie E_p kladného bodového náboje a tohoto náboje Q :

$$\varphi = \frac{E_p}{Q}$$

Jednotkou elektrického potenciálu je *volt* – V:

$$[\varphi] = \text{V} = \text{J} \cdot \text{C}^{-1} = \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$$

V radiálním poli:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \frac{Q}{r}$$

V homogenním poli mezi dvěma rovnoběžnými vodivými deskami s opačným nábojem ve vzájemné vzdálenosti d :

$$\varphi = xE$$

(x je vzdálenost od záporně nabitě desky; $x \leq d$).

Při přemístění náboje Q z místa o potenciálu φ_2 na místo o potenciálu φ_1 vykoná elektrická síla práci:

$$W = E_{p2} - E_{p1} = Q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ – U

{*voltage*}

Rozdíl potenciálů mezi dvěma body elektrického pole:

$$U = |\varphi_2 - \varphi_1|$$

Jednotkou elektrického napětí je *volt* – V:

$$[U] = V = J \cdot C^{-1}$$

Při přemístění náboje Q mezi místy, mezi nimiž je napětí U , se vykoná práce:

$$W = QU$$

EKVIPOTENCIÁLNÍ PLOCHA

{equipotential surface}

Množina bodů elektrického pole o stejném potenciálu. Označuje se také hladina potenciálu. V radiálním poli má tvar koule se středem v bodovém náboji, který elektrické pole vytváří. V homogenním poli má tvar roviny kolmé k elektrickým siločárám.

KAPACITA VODIČE – C

{electric capacitance}

Skalární veličina, která vyjadřuje schopnost vodiče přijmout při dané hodnotě potenciálu určitý náboj Q . Je definována vztahem:

$$C = \frac{Q}{\varphi}; \quad C = \frac{Q}{U}$$

Jednotkou kapacity je *farad* – F:

$$[C] = F = C \cdot V^{-1}$$

Kapacita koule o poloměru r v prostředí o permitivitě ε :

$$C = 4\pi\varepsilon r$$

KONDENZÁTOR

{capacitor}

Soustava tvořená dvojicí navzájem izolovaných, obvykle plošných vodičů v malé vzájemné vzdálenosti. Deskový kondenzátor je tvořen dvěma rovnoběžnými deskami o obsahu plochy S ve vzájemné vzdálenosti d , oddělenými dielektrikem o permitivitě ε . Takový kondenzátor má kapacitu:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

Energie elektrického pole nabitého kondenzátoru:

$$E_e = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

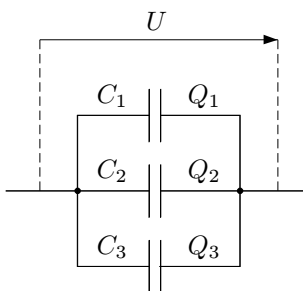
SPOJENÍ KONDENZÁTORŮ

{*capacitor networks*}

Celková kapacita soustavy navzájem spojených kondenzátorů. Základní případy:

a) Kondenzátory spojené paralelně (obr. 1-1):

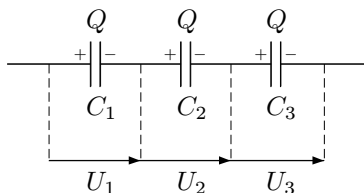
$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$



Obr. 1-1

b) Kondenzátory spojené do série (obr. 1-2):

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$



Obr. 1-2

PŘECHODNÝ DĚJ

{transient}

Děj, který nastane po připojení kondenzátoru ke zdroji stejnosměrného napětí U_0 , popř. při jeho odpojení od zdroje (obr. 1-3). Kondenzátor se postupně nabíjí, popř. vybíjí přes rezistor o odporu R a napětí kondenzátoru se mění podle exponenciální funkce (obr. 1-4). Pro okamžitou hodnotu nabíjecího proudu v čase t platí:

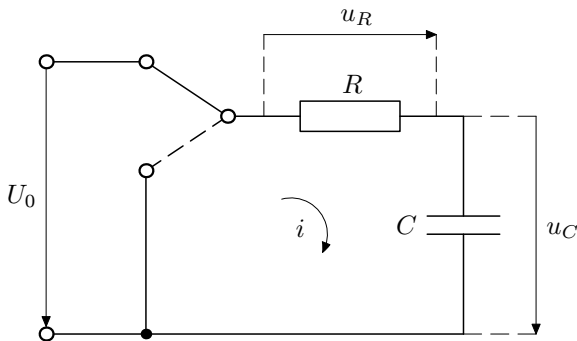
$$i = \frac{U_0}{R} e^{-t/\tau}$$

Pro napětí v obvodu platí:

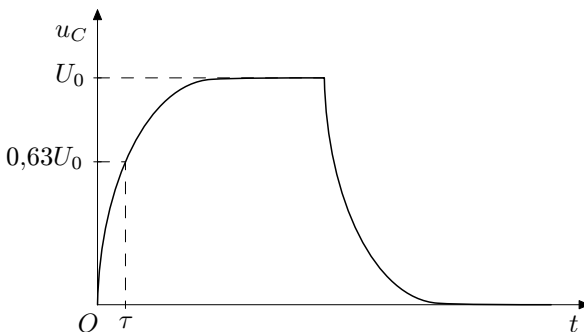
$$u_R + u_C = U_0$$

$$u_R = Ri = U_0 e^{-t/\tau}$$

$$u_C = U_0 (1 - e^{-t/\tau})$$



Obr. 1-3



Obr. 1-4

Veličina τ je časová konstanta obvodu:

$$\tau = RC$$

V čase τ je $u_R = 0,37U_0$ a $u_C = 0,63U_0$.

Při vybíjení kondenzátoru prochází obvodem proud:

$$i = -I_0 e^{-t/\tau}$$

Proud v počátečním okamžiku:

$$I_0 = \frac{U_0}{R}$$

Pro napětí při vybíjení kondenzátoru platí:

$$u_R + u_C = 0$$

$$u_R = -RI_0 e^{-t/\tau}$$

$$u_C = -u_R = U_0 e^{-t/\tau}$$