

ELEKTROSTATIKA - výber častí na opakovanie

© Viliam Kopecký

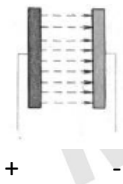
Použitá literatúra:

- štúdiijné texty a učebnice uverejnené na webe,
- štúdiijné texty, videa a vedomostné databázy spoločnosti MARKAB s. r. o., Žilina
- učebnica na CD v adresári E Voženílek L., Rešátka M. : Základy elektrotechniky I (uvedené sú kapitoly)

Elektrostatika sa zaoberá elektrickými nábojmi v pokoji.

Elektrické pole (I - kap. 4.1) **Coulombov zákon a plošná hustota náboja** (I - kap. 4.2) – elektricky nabité telesá na seba navzájom pôsobia silami – takéto telesá sa navzájom priťahujú alebo odpudzujú. **Toto silové pôsobenie prebieha v elektrickom poli.**

Priebeh elektrických polí sa znázorňuje siločiarami. Tam, kde sa prejavujú väčšie silové účinky elektrického poľa na nabité teleso, sú siločiarly bližšie pri sebe. Medzi dvoma platňami spojenými s opačnými pólmi zdroja vysokého napätia sa vytvárajú rovnobežné siločiarly.



- Dohodou bolo stanovené, že siločiarly vychádzajú z kladne nabitého telesa a končia na záporne nabitom telese.
- Siločiarly vystupujú kolmo z telies.
- V homogénnom elektrickom poli sú siločiarly rovnobežné.
- Na hranách a hrotoch sú siločiarly bližšie k sebe.

Elektrické pole je podobne ako gravitačné pole formou hmoty. Elektrické pole možno odtieniť – do cesty mu môžeme dať prekážku. Gravitačné pole sa odtieniť doteraz nepodarilo.

Intenzita elektrického poľa – tam, kde sú siločiarly bližšie pri sebe, je väčšia intenzita elektrického poľa – sú tam tiež väčšie silové účinky poľa na náboj.

Intenzitu elektrického poľa E vyjadrujeme podielom sily a náboja $E = \frac{F}{Q_0}$

Kde: E je intenzita elektrického poľa

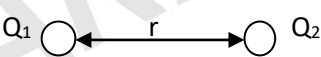
F je sila, ktorá pôsobí v určitom mieste poľa na bodový náboj Q_0

Intenzita elektrického poľa je vektorová veličina – má veľkosť aj smer. **Jednotkou intenzity elektrického poľa je volt na meter ($V \cdot m^{-1}$).**

V/m ($V \cdot m^{-1}$) je intenzita elektrického poľa v takom mieste, kde na bodový náboj 1 coulomb pôsobí sila 1 Newton.

Bodový náboj v skutočnosti neexistuje ale s týmto pojmom budeme pracovať – nemusíme uvažovať vplyv rozloženia náboja v telesách.

Coulombov zákon (čítaj kúlombov zákon) I - kap. 4.2.1 – sila F medzi dvoma bodovými nábojmi Q_1 a Q_2 v pokoji je priamo úmerná súčinu týchto nábojov a nepriamo úmerná druhej mocnine ich vzdialenosti r :

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$


kde k vyjadruje vplyv prostredia v ktorom na seba pôsobia bodové náboje – **pre vákuum $k = 9 \cdot 10^9$ m/F**

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ kde π je Ludolfovo číslo, ϵ je permitivita prostredia (F/m) – pre vákuum je $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m

Plošná hustota (I - kap. 4.2.2) – Na telesách môže byť náboj Q rozložený na rôznom plošnom obsahu (na rôznej

ploche) S - uvádza sa to ako plošná hustota náboja $\delta = \frac{Q}{S}$

Plošná hustota elektrického náboja je podiel náboja Q a plošného obsahu S , na ktorom je rovnomerne rozložený náboj. **Jednotkou plošnej hustoty náboja je coulomb na štvorcový meter ($C \cdot m^{-2}$).**

Príklad E01 – Vypočítajte silu ktorou na seba pôsobia dve guľôčky s nábojmi $+2 \mu C$ a $-5 \mu C$ ak sú od seba vzdialené 50 mm. Počítajte s vplyvom prostredia ako pre vákuum ($k = 9 \cdot 10^9$ m/F).

Riešenie:

$$Q_1 = +2 \mu C = + 2 \cdot 10^{-6} C \quad Q_2 = -5 \mu C = - 5 \cdot 10^{-6} C \quad r = 50 \text{ mm } 0,05 \text{ m} \quad k = 9 \cdot 10^9 \text{ m/F}$$

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,05^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-12}}{0,0025} = \frac{9 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{9 \cdot 10^1}{2,5} = 36 \text{ N}$$

Gulôčky sa priťahujú silou 36 N

Elektrický potenciál a napätie (I - kap. 4.3.1)

Elektrický potenciál súvisí s prácou, ktorú musíme vykonať alebo s prácou, ktorú získame pri premiestnení elektrického náboja v elektrickom poli. Jednotlivé potenciály označujeme symbolom φ .

Ak bodový náboj budeme prenášať z miesta s nulovým potenciálom φ_0 do určitého bodu s potenciálom φ , tento

$$\text{potenciál určíme vzťahom } \varphi = \frac{W}{Q_0}$$

kde **W** je práca vynaložená na premiestnenie náboja Q_0 z nulového potenciálu.

V praxi za miesto nulového potenciálu považujeme **zem alebo uzemnenú časť elektrického zariadenia**.

Jednotkou potenciálu je Volt (V).

Medzi dvoma rôznymi hladinami potenciálu je potenciálny rozdiel $\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1)$

Medzi dvoma bodmi elektrického poľa s potenciálnym rozdielom $\Delta\varphi$ je **elektrické napätie** $U = \varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi$

Potenciálny rozdiel (a teda ani napätie) nemôžu byť na rovnakej hladine potenciálu, napr. na rovnakej svorke napätia.

Príklad (úloha) E02 – Kde vzniká potenciálny rozdiel? Medzi akými bodmi elektrického poľa vzniká elektrické napätie?

Odpoveď:

Potenciálny rozdiel je medzi dvoma rôznymi hladinami elektrického poľa.

Elektrické napätie vznikne medzi dvoma bodmi elektrického poľa s potenciálnym rozdielom.

Vodič v elektrickom poli (I - kap. 4.3.2)

Ak vložíme vodič do elektrického poľa (vodič nie je pripojený na zdroj napätia) začnú v ňom pôsobiť sily vyvolané elektrickým poľom. Tieto sily vedú ku vzniku usmerneného prúdu elektrónov vodičom. Vzniká jav nazývaný **elektrická indukcia**.

Ak trvalo spojíme konce vodiča s miestami s rôznym potenciálom, vznikne vo vzduchu elektrické pole a vodičom prechádza trvalý **elektrický prúd**.

Príklad (úloha) E03 – Kedy vo vodiči vzniká jav nazývaný elektrická indukcia?

Odpoveď:

Ak je vodič v elektrickom poli, ale nie je spojený so zdrojom napätia, vzniká jav nazývaný elektrická indukcia, ktorá charakterizuje indukčné účinky elektrického poľa.

Dielektrikum v elektrickom poli (I - kap. 4.3.3)

Dielektrikum je iný názov pre **izolant**. Celkový kladný náboj 1 kg dielektrika je obrovský ($5 \cdot 10^7$ C). V elektricky neutrálnom telese má rovnakú veľkosť aj záporný náboj, ktorého nositeľom sú elektróny.

Nosičmi elektrického náboja v atóme sú protóny (+) a elektróny (-).

Ak do elektrického poľa vložíme dielektrické teleso, na toto teleso pôsobí elektrické pole – pôsobí silami na elektricky nabitú časť dielektrika – **nastáva polarizácia telesa** z dielektrika, ktoré sa javí ako elektricky nabitú, pretože jedna jeho povrchová vrstva má kladný náboj a druhá záporný náboj. (Polarizácia izolantu je jav, pri ktorom dochádza v izolante vplyvom elektrického poľa k presunu voľných elektrónov, ale len vo vnútri molekúl a atómov).

V dôsledku tohto javu môže elektricky nabitú teleso priťahovať aj elektricky nenabitú teleso

Polarizácia môže vznikáť nie len pôsobením elektrického poľa, ale aj **tlakom na piezoelektrické kryštály**.

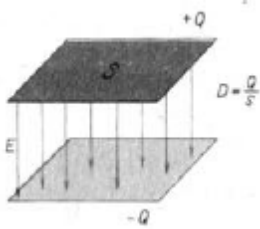
Príklad (úloha) E04 – Aký pomer kladných a záporných nábojov je v elektricky neutrálnom telese?

Odpoveď:

V elektricky neutrálnom telese majú rovnakú veľkosť kladné aj záporné náboje.

Elektrická indukcia, elektrická pevnosť (I - kap. 4.3.4)

Elektrická indukcia D charakterizuje indukčné účinky elektrického poľa. Elektrická indukcia je priamo úmerná náboju Q a nepriamo úmerná plošnému obsahu S dielektrika, ktorým prechádza náboj.



$$D = \frac{Q}{S}$$

Jednotkou elektrickej indukcie je Coulomb na štvorcový meter ($C \cdot m^{-2}$).

Elektrická indukcia je vektorová veličina – má veľkosť aj smer.

Medzi elektrickou indukciou D a intenzitou elektrického poľa E platí vzťah: $D = \epsilon \cdot E$ kde ϵ je permitivita príslušného prostredia

Permitivita alebo **permitivita prostredia** alebo **absolútna permitivita**, staršie **dielektrická konštanta**, je fyzikálna veličina, ktorá opisuje:

- izolačné vlastnosti dielektrika v prípade statického poľa,
 - vzťah medzi vektormi elektrického poľa a elektrickej indukcie v prípade striedavého poľa alebo elektromagnetického vlnenia
- Najčastejšie sa udáva ako súčin permitivity vákua a relatívnej permitivity.

Ak sa zväčší intenzita elektrického poľa E nad určitú hranicu, dochádza k hromadnému priechodu elektrónov dielektrikom – dielektrikom prechádza prúd. Tomuto javu hovoríme **prerazenie dielektrika**.

Každé dielektrikum má určitú **elektrickú pevnosť** – je to miera do ktorej dielektrikum odoláva prerazeniu.

Dielektrika (izolanty) nie sú dokonalé, ich elektrická pevnosť závisí od ich chemickej čistoty, od povrchového znečistenia, od mechanického namáhania a pod.

Jednotkou elektrickej pevnosti je Volt na meter ($V \cdot m^{-1}$).

Príklad (úloha) E05 – Vysvetlite čo je elektrická pevnosť dielektrika a kedy vzniká prerazenie dielektrika.

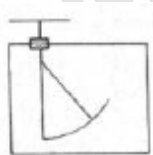
Odpoveď:

Každé dielektrikum má určitú **elektrickú pevnosť** – je to miera do ktorej dielektrikum odoláva prerazeniu.

Dielektrika (izolanty) nie sú dokonalé, ich elektrická pevnosť závisí od ich chemickej čistoty, od povrchového znečistenia, od mechanického namáhania a pod.

Ak sa zväčší intenzita elektrického poľa E nad určitú hranicu, dochádza k hromadnému priechodu elektrónov dielektrikom – dielektrikom prechádza prúd. Tomuto javu hovoríme **prerazenie dielektrika**.

Kapacita, kondenzátory (I - kap. 4.4)



Elektrometer

Pokus: Ak elektrometer nabíjame záporne nabitou tyčou, po každom dotyku sa lístok elektrometra vychýli. Lístok sa ďalšími dotykmi tyče vychýľuje viac – elektróny prechádzajú z tyče na elektrometer. Po určitom počte dotykov (nabíjaní) sa lístok už viac nevychýľuje – elektrometru už viac neodvážame žiaden ďalší náboj.

Záver: Každé teleso je schopné prijať len určitý najväčší voľný **náboj**. Hovoríme, že **má určitú kapacitu C** . **Jednotkou kapacity je Farad (F)** – pre prax je to veľmi veľká jednotka, preto sa používajú: pikofarad $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$, nanofarad $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$ a mikrofaraad $1 \text{ }\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$.

V elektrotechnike sa používajú súčiastky, ktoré majú najmä veľkú kapacitu – **kondenzátory**.

Sústava dvoch platní oddelených dielektrikom tvorí **platňový kondenzátor**. Kapacita platňového kondenzátora závisí od plochy, ktorou sa platne proti sebe prekrývajú. Kapacita kondenzátora tiež závisí od druhu dielektrika (izolantu), ktoré je medzi jeho platňami (napr. vzduch, papier, slúda) – tento jav sa vysvetľuje polarizáciou dielektrika.

Pre platňový kondenzátor, pre jeho kapacitu C platí vzťah: $C = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$

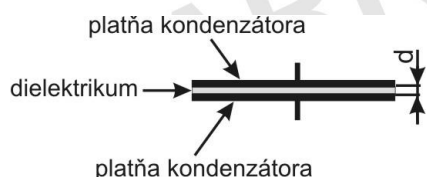
Slovné vyjadrenie: Kapacita C platňového kondenzátora je priamo úmerná obsahu účinnej plochy kondenzátora (plocha S) a nepriamo úmerná vzdialenosti platní kondenzátora (vzdialenosť d). Vplyv prostredia medzi platňami kondenzátora (druh dielektrika, teda izolantu) vyjadruje permitivita ϵ (pre ϵ platí vzťah: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$).

Pokusmi bolo zistené, že napätie U , ktoré je medzi platňami kondenzátora, je priamo úmerné náboju Q a nepriamo úmerné kapacite C kondenzátora: $U = \frac{Q}{C}$ z toho kapacita C sa rovná $C = \frac{Q}{U}$

Ak dáme za kapacitu C jednotku F (Farad), dostaneme $F = \frac{Q}{U}$

Jednotka Farad (podľa uvedeného výrazu pre F): **Farad je kapacita elektrického kondenzátora, ktorý pri napätí jeden Volt pojme náboj jeden coulomb.**

Príklad E05 – Vypočítajte kapacitu platňového kondenzátora, ktorý má hrúbku dielektrika 0,2 mm. Dielektrikom je kondenzátorový papier s relatívnou permeabilitou $\epsilon_r = 4$. Obsah (plocha) účinnej plochy je 0,25 m².



Počítajte s permitivitou vákuu ϵ_0 = pre vákuum je $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Riešenie:

$$d = 0,2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad S = 0,25 \text{ m}^2 \quad \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r = 8,85 \cdot 4 = 35,4 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$$

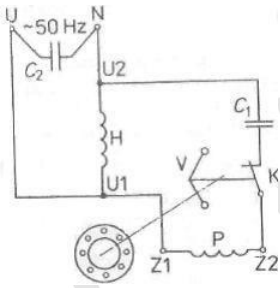
$$\text{kapacita } C = \frac{\epsilon \cdot S}{d} = \frac{35,4 \cdot 10^{-12} \cdot 0,25}{2 \cdot 10^{-4}} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 10^{-4}} = 4,41 \cdot 10^{-8} \text{ F} = 44 \text{ nF}$$

Kondenzátor má kapacitu 44 nF.

V elektrických obvodoch, kde sú i kondenzátory, po ich odpojení od zdroja, môže na kondenzátoroch zostať napätie i niekoľko minút, čo môže spôsobiť úraz. Spôsob vybíjania kondenzátorov určujú bezpečnostné predpisy. V súčasnosti sa vyrába veľký počet druhov kondenzátorov:

			
Keramický kondenzátor	Elektrolytický kondenzátor	Tantalové kondenzátory	Fóliový kondenzátor
			
Kondenzátor s premennou kapacitou	Kompenzačné kondenzátory	Rozbehový kondenzátor	

Rozbehový kondenzátor – Po pripojení jednofázového asynchrónneho motora na sieť, motor sa bez pomoci nerozbehne. Aby sa jednofázový motor začal sám bez pomoci otáčať, musí sa nejakým spôsobom roztočiť aspoň na **20 % synchronných otáčok**. Na to používame buď **mechanické roztočenie**, alebo najčastejšie **pomocné rozbehové vinutie**. Pozn.: **Synchronnosť** otáčok znamená, že pracujú bez sklzu, čiže otáčky statorového magnetického poľa sa rovnajú otáčkam rotora.



Vysvetlivky ku schéme:

H - hlavná fáza, P - pomocná fáza,

C1 - rozbehový kondenzátor, C2 - odrušovací kondenzátor,

V - odstredivý vypínač,

K – kontakt odstredivého vypínača

Pomocné rozbehové vinutie P sa navrhne tak, aby bolo proti hlavnému vinutiu H fázovo posunuté o uhol 90%. Potrebný fázový posun sa dosiahne zapojením rozbehového kondenzátora C_1 do pomocnej fázy P (prípadne sa pomocná fáza navinie mosadzným vodičom na zväčšenie jej odporu). Rozbehové vinutie P je dimenzované len na krátkodobý chod a musí sa po skončení rozbehu odpojiť, čo sa robí najčastejšie odstredivým vypínačom V namontovaným priamo na hriadelí motora alebo možno použiť aj časové relé.

Príklad (úloha) E06 – Vymenujte aspoň tri druhy kondenzátorov. K čomu slúži rozbehový kondenzátor ?

Riešenie (odpoveď):

- Druhy kondenzátorov: vymenovať druhy kondenzátorov podľa tabuľky hore.
- Rozbehový kondenzátor slúži na roztočenie jednofázového asynchrónneho motora. Rozbehový kondenzátor sa zapája do série s pomocnou fázou. Po roztočení motora sa pomocná fáza (pomocné vinutie) spolu s rozbehovým kondenzátorom odpojí od hlavného vinutia H.