STUDIJNÍ OPORY 11 – 12

11) elektrický proud

11a ) fyzikální děj

Co se stane pokud vodivě spojíme desky nabitého kondenzátoru?



Elektrony se pohybují ve směru kladného náboje, který je přitahuje. Tím se snižuje nadbytek elektronů na jedné desce a snižuje nedostatek na druhé desce. Po čase náboje zaniknou a el. pole také.

USPOŘÁDANÝ POHYB VOLNÝCH NOSIČŮ ELEKTRICKÉHO NÁBOJE NAZÝVÁME ELEKTRICKÝ PROUD

Nosičem náboje jsou u kovů elektrony, u kapalin to jsou ionty, u plynů kombinace elektronů a iontů. Nosiče se pohybují pouze jedním směrem, říkáme že el. proud je STEJNOSMĚRNÝ. Co bychom museli udělat, aby elektrický proud nezanikl? Museli bychom udržet stálý rozdíl potenciálu na obou deskách, tudíž udržovat konstantní hodnotu napětí.

Historicky bylo určeno dohodou, že směr el. proudu je stejný jako směr intenzity el. pole, tedy od + k -, tedy že se pohybuje kladný nosič v el. Poli. Dnes víme, že pohyb elektronů je příčinou el.proudu v kovu. Tento popis nazýváme KONVENČNÍ ELEKTRICKÝ PROUD. Elektrický proud nepoznáme pohledem, ale reagujeme na jeho projevy jako je zahřátí, světelné efekty, ellýza. Praktické měření provádíme v EL. OBVODU pomocí AMPÉRMETRU – ten se zapojí sériově ke spotřebiči. El. obvod je soustava eltechnických součástek spojených vodiči.



11B) fyzikální veličina

Fyzikální děj elektrický proud je popisován skalární fyzikální veličinou ELEKTRICKÝ PROUD (I):

 , kde Q je celkový el. náboj, který projde vodičem za časový úsek t

Pokud náboj prochází rovnoměrně, tak můžeme psát :  , kde je velikost proudu nezávislá na čase a říkáme, že takový proud je STACIONÁRNÍ. Jednotkou el. proudu [I] = A (základní v SI) → [Q] = A.s = C

12) elektrický zdroj

12A) princip

Zařízení, které v elektrickém obvodu udržuje stálý rozdíl potenciálů mezi svorkami zdroje a tím podmiňuje stálý elektrický proud. Je zdrojem elektrické energie.

Díky stálému napětí působí na přebytečné elektrony na záporné desce STÁLÉ ELEKTROSTATICKÉ SÍLY, ty způsobují pohyb elektronů a vykonají tak práci , která se projeví jako potenciální energie, která se však přeměňuje na jiné formy energie – ZAHŘÁTÍ VODIČE, MECH. PRÁCE ELMOTORU. U je svorkové napětí a Q je přenášený náboj.

Ovšem tímto dějem nám unikly elektrony z jedné desky na druhou – co nám teda udržuje STÁLÉ NAPĚTÍ? Uvnitř zdroje musí existovat síly, které přenesou elektrony z kladné desky zpět na zápornou. Silám říkáme NEELEKTROSTATICKÉ. Tyto síly vykonají uvnitř zdroje práci při přenosu volné částice: , kde Ue je ELEKTROMOTORICKÉ NAPĚTÍ zdroje namířené uvnitř zdroje od – k + . Q je přenášený náboj.

ELEKTROMOTORICKÉ NAPĚTÍ JE URČENO PODÍLEM PRÁCE NEELEKTROSTATICKÝCH SIL PŘI PŘENOSU NOSIČŮ NÁBOJE UVNITŘ ZDROJE A CELKOVÉHO PŘENESENÉHO NÁBOJE



12B) příčina



Původ neelektrostatických sil musíme hledat v přeměnách různých energií na energii ELEKTRICKOU.

a) elektrochemický článek (chemická energie) – galvanické články   
a akumulátory

b) fotoelektrický článek (světelná energie) – polovodičové fotočlánky

c) termoelektrický článek (tepelná energie) – termočlánek

d) elektrodynamický článek (elektromagnetická indukce) – alternátory a dynama

e) mechanické články - van de Graafův generátor

DŮSLEDKEM STÁLÉHO NAPĚTÍ NA SVORKÁCH ZDROJE JE STEJNOSMĚRNÝ ELEKTRICKÝ PROUD

Napětí měříme VOLTMETREM, který připojujeme paralelně ke svorkám zdroje.



STUDIJNÍ OPORY 13 – 16

13) ELEKTRICKÝ PROUD V KOVECH – ODPOR KOVOVÉHO VODIČE

model vedení elektrického proudu

Kovový vodič je tvořen atomy, které velmi slabě vážou valenční elektrony (nejvzdálenější elektrony v poslední elektronové slupce). Tyto elektrony jsou prakticky **VOLNÉ** a mohou se **CHAOTICKY** pohybovat v látce velmi vysokou rychlostí, která příliš nezávisí na změně teploty: 105 až 106 m.s-1. Takové vodivostní elektrony nazýváme **ELEKTRONOVÝ PLYN**.



Pokud připojíme k vodiči svorky stejnosměrného zdroje, pak v celém objemu látky vzniká elektrické pole. Elektrony jsou náhle přitahovány ke kladné svorce a konají tak **UNÁŠIVÝ** pohyb velmi malou rychlostí: 10-4 až 10-6 m.s-1. Dochází k usměrněnému pohybu elektronů a tím i k vzniku proudu.



Elektrony, které se sunou směrem ke kladné svorce, však stále **NARÁŽEJÍ** do statické krystalové mřížky a předávají jí nejen hybnost, ale i kinetickou energii a unášivá rychlost se zmenšuje. Tuto vlastnost nazýváme **ELEKTRICKÝM ODPOREM KOVOVÉHO VODIČE.** Odpor silně **závisí na teplotě**, čím menší je teplota, tím méně srážek proběhne a méně energie se předá. Při velmi silném ochlazení směřujícím k nule Kelvinu se projevuje **SUPRAVODIVOST**, kdy odpor silně klesá k nule! Objevitel KAMERLINGH ONNES (1908) zkapalnil He na 4,2 K, ochladil Hg na 4,15 K. Proud v supravodiči by se udržel bez útlumu několik let.

elektrický odpor

Pokud na vodič o neměnné teplotě přivedeme pomocí svorek zdroje napětí, tak **důsledkem bude vznik elektrického proudu** uvnitř vodiče. Co se však stane, když napětí zdvojnásobíme, ztrojnásobíme? Zjistíme, že el. proud roste také 2x, 3x. **Tedy elektrický proud roste přímosměrně se zvyšujícím se napětím** (viz CPP). Graf závislosti proudu na napětí „I = f(U)“ se nazývá **voltampérová charakteristika**.



Uvedené závěry (ověřené v CPP) poprvé sepsal v 1826 **G.S.OHM**, poučka známe jako **OHMŮV ZÁKON**:

**ELEKTRICKÝ PROUD PROCHÁZEJÍCÍ KOVOVÝM VODIČEM JE PŘÍMO ÚMĚRNÝ NAPĚTÍ MEZI KONCI VODIČE**

Pro různé kovové vodiče však platí **jiná strmost přímé úměry** ve voltampérové charakteristice. Laicky řečeno při stejném napětí teče různými vodiči jinak velký elektrický proud. Proto se přešlo od úměry ke kvantitativnímu vyjádření. Laicky řečeno, každý vodič je charakterizován veličinou elektrický odpor (R), která určuje, jak velký el. proud vodičem poteče při zadaném napětí.



14) REZISTORY

Prvky elektrického obvodu s předem **stanoveným odporem** (značka vlevo). Je-li možné odpor měnit posuvným kontaktem, pak rezistor nazýváme **reostat** či potenciometr (značka vpravo).



závislost odporu rezistoru na teplotě

Pokud na rezistor připojíme zdroj el. napětí a postupně rezistor zahříváme, pak sledovujeme, že výchylka ampérmetru výrazně **klesá** (unášivá rychlost elektronů se vlivem předávání energie zmenšuje). Každý materiál má **jinou schopnost měnit své vlastnosti s teplotou**, experimentálně byla u rezistorů stanovena konstanta charakterizující tuto vlastnost – **REZISTIVITA (MĚRNÝ ODPOR) - .**

Elektrický odpor je však ovlivněn i rozměry vodiče, jeho délkou (l) a šířkou (S).



, kde  je teplotní součinitel elektrického odporu – tabulky MFChT – uvádí se v K-1

V praxi má význam i podobná veličina **KONDUKTIVITA (MĚRNÁ VODIVOST) - **





druhy rezistorů

* **Vodič lineární** (ohmický) – vodič, pro který platí OHMŮV zákon, voltampérová charakteristika je přímou úměrou
* **Vodič nelineární**
* **supravovdič** – NbTi, Nb3Sn, Pb, Zn,…. (nelze u Ag, Cu,…)
* **odporové normály** – vyrobeny z materiálů téměř nezávislých na změně teploty – nikelin, konstantan, chromnikl
* **vrstvový** – rezistor je tvořen keramickým tělískem, na kterém je nanesena vodivá vrstva
* **drátový** – na keramickém těle je navinut drát z odporové slitiny

sPOJOVÁNÍ REZISTORŮ

**SÉRIOVÉ SPOJOVÁNÍ** („za sebou“)



Všemi rezistory prochází stejný el. proud, protože vodivostní elektrony v obvodu ani nevznikají ani nezanikají (ZZEN).

**EL. PROUD PROCHÁZEJÍCÍ VŠEMI REZISTORY JE STEJNÝ.**

Určeme tedy celkové napětí na rezistorech



Vidíme tedy, že celkový odpor sériově řazených rezistorů lze zapsat:



**PARALELNÍ SPOJOVÁNÍ** („vedle sebe“)



**EL. NAPĚTÍ NA VŠECH REZISORECH JE STEJNÉ.**

Určeme tedy celkový el. proud protékající rezistory



Vidíme tedy, že celkový odpor paralelně řazených rezistorů lze zapsat:



15) CHARAKTERISTIKA ZDROJE

NEZATÍŽENÝ ZDROJ



Je takový zdroj, který **nedodává** do obvodu el. proud. Měřené napětí voltmetrem s velkým odporem je přímo rovno **ELEKTROMOTORICKÉMU** napětí zdroje: . Jedná se o tzv. **NAPĚTÍ NAPRÁZDNO**.

ZATÍŽENÝ ZDROJ

Při tomto zapojení **odebírají** prvky obvodu el. proud. Ten prochází nejprve vnitřní částí elektrického zdroje, kde musí překonávat určitý odpor, který je dán vlastností zdroje – říkáme, že zdroj má **vnitřní odpor**. El. proud pak přechází do vnější části elektrického zdroje (přes rezistor, ampérmetr, aj.). Vně opět působí odpor prvků obvodu.



**Platí tedy, že el. energie, kterou produkuje el. zdroj se přemění v energii při chodu ve vnější a vnitřní části obvodu.**

Celkové EMN se dělí na vnější **svorkové napětí „**U“ a vnitřní úbytek napětí ve zdroji „Ui“



Jaký tedy bude obvodem procházet el. proud?



Velikost el. proudu tedy závisí na odporu obvodu a vnitřním odporu zdroje, tento poznatek je znám jako **Ohmův zákon pro celý obvod**.

úlohy z praxe

a) Odpor vnější části obvodu je mnohem větší než odpor vnitřní části:



Při zapojení voltmetru se snažíme, aby měl co největší odpor. Protože pak prochází obvodem **minimální proud**, R>>>Ri a svorkové napětí se téměř vůbec neliší od EMN.

b) Odpor vnější části je nulový – **spojení nakrátko „zkrat“** :



Protože Ri je velmi malé, tak při zkratu prochází obvodem **velký proud**, který může způsobit vážné poškození obvodu. Abychom zabránili možnosti zničení obvodu, tak zapojujeme do obvodu **POJISTKY A JISTIČE**. Funkce pojistky tkví v tom, že se **zničí mnohem dříve** než by se mohl narušit elektrický obvod, zničením pojistky se **přeruší vodivé spojení**, přestane téct elektrický proud. Většinou se jedná o kovový drátek ve skleněném pouzdře, který má přesně takové rozměry, aby se přetavil při průchodu nebezpečného el. proudu. Cena pojistky (kolem 10 Kč) je vůči možným škodám nesrovnatelná – požár, zničení velmi drahých měřících přístrojů, televizí, rozvodů, aj.

16) řešení úloh

1) Kolik volných elektronů projde za jednu minutu průřezem vodiče při proudu 1mA.



2) Sestrojte voltampérovou charakteristiku vodiče o odporu R = 25 ohm pro napětí v rozsahu 0 V až 10 V.

3) O kolik procent se zvětší odpor měděného drátu při zahřátí z 200C na 1000C.



4) Reostat o odporu 1100 ohm je vyroben z konstantanu o průměru 0,3 mm. Určete délku vodiče. Pokud je maximální proudové zatížení 0,5 A tak jaká je intenzita elektrického pole ve vodiči?





5) Napětí nezatížené autobaterie je 12,4 V a při odběru proudu I = 40 A se zmenšilo na 11,2 V. Jaký je vnitřní odpor baterie? Jaké napětí bychom naměřili při proudu 60 A?





6) Vnitřní odpor baterie se stářím zvětšuje. Jak se to projevuje na zatěžovací charakteristice?

- zvyšováním Ui se snižuje svorkové napětí a i velikost proudu v obvodu

Studijní opory 17 - 18

17) kirchhoffovy zákony

ELEKTRICKÉ SÍTĚ

Soustavu elektrických spotřebičů, elektrotechnických součástek, zdrojů napětí vzájemně propojenou vodiči nazýváme **ELEKTRICKÝ OBVOD**. Jednoduché uzavřené obvody nazýváme **SMYČKA**. Složitější obvody bývají nazývány **ELEKTRICKÉ SÍTĚ**. Místo, kde se setkávají nejméně tři vodiče nazýváme **UZEL**. Vodivé spojení sousedních uzlů se nazývá **VĚTEV**.

ZÁKONY ELEKTRICKÝCH SÍTÍ

*1. KIRCHHOFFŮV ZÁKON* (ZZ elektrického náboje):

**ČÁSTICE S NÁBOJEM NEMOHOU V UZLU VZNIKAT ANI ZANIKAT. ALGEBRAICKÝ SOUČET PROUDŮ V UZLU JE NULOVÝ.**

 , kde n je počet větví stýkajících se v uzlu, proudy vstupující do uzlu značíme kladně, proudy vystupující z uzlu značíme záporně





*2. KIRCHHOFFŮV ZÁKON* (ZZ elektrické energie):

**SOUČET ÚBYTKŮ NAPĚTÍ NA REZISTORECH JE V UZAVŘENÉ SMYČCE STEJNÝ JAKO SOUČET ELEKTROMOTORICKÝCH NAPĚTÍ ZDROJŮ.**

 , kde n je počet rezistorů ve smyčce a m je počet zdrojů

Nejprve si určíme teoretický směr obíhání proudu ve smyčce. EMN a úbytky napětí na rezistorech orientovaných souhlasně se směrem obíhání mají kladné znaménko. V opačném případě záporné.



Horní smyčka má Ue1 namířeno po směru oběhu a také proud I1 je namířen po směru oběhu. Ale Ue2 je namířeno proti směru oběhu stejně jako proud I2. Pro horní smyčku:



Analogicky pro dolní smyčku:



18) práce elektrického proudu

Při přenesení náboje Q ve vnější části elektrického obvodu mezi svorkami zdroje o svorkovém napětí U vykonají elektrostatické síly práci:



 

Elektrická práce nám určuje míru přeměny elektrické energie ve spotřebičích na jiný druh energie. Při průchodu elektrického proudu se **ZVÝŠÍ TEPLOTA** vodiče a dochází k tepelné výměně mezi vodiči a okolím. Takto přenesená energie se nazývá **JOULOVO TEPLO QJ**. JOULOVO TEPLO popisuje vztahem **JOULŮV – LENZŮV ZÁKON**:



termoelektrický článek

Pokud se může elektrická energie přeměnit na teplo, proč by tomu nemohlo být i naopak?

a) **THOMSONŮV JEV**: ohříváme-li jeden konec tyče, budou vlivem tepelné difůze elektrony postupovat od teplejšího konce ke studenému. Teplý konec se bude jevit kladnější než studený. Uvnitř tyče se vytvoří elektrické pole.

b) **SEEBECKŮV JEV**: pokud spojíme dva různé kovy, tak část elektronů přejde z jednoho kovu do druhého a na rozhranní se objeví malé kontaktní napětí, které je velmi závislé na TEPLOTĚ. Pokud bychom spojili oba konce kovů a jeden svár zahřívali, pak obvodem prochází elektrický proud. (př.: měď – konstantan, Fe – Cu – Ni )

výkon elektrického proudu



ÚČINNOST ELEKTRICKÉHO OBVODU

Neelektrostatické síly uvnitř zdroje vykonají práci WZ k přenosu náboje, získaná energie se spotřebuje ve vnější části obvodu, ale také ve vnitřním odporu zdroje – čím je vnitřní odpor menší, tím je zdroj účinnější.



ÚLOHY:

1) Na žárovce jsou údaje 24 V, 150 W. Jak velký proud žárovkou prochází, jaký je odpor vlákna? ()

()

2) K baterii o EMN 4,8 V a Ri=1,3 Ohm připojíme žárovku, kterou protéká 0,35 A. Určete účinnost obvodu. ()