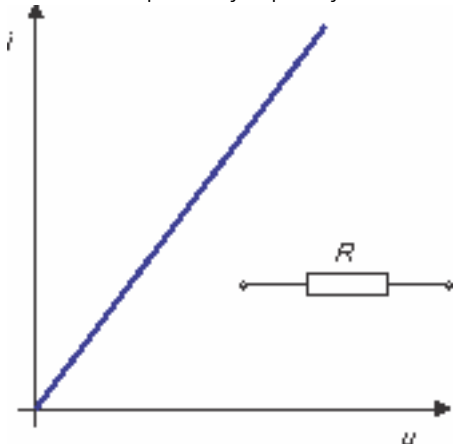


Opis lastnosti osnovnih elementov vezij

Upor

je element, ki prevaja električni tok na način, da pri večjem napetostnem vzburjanju teče skozenj večji tok. Grafično to prikazuje spodnja slika. Poleg je tudi narisana simbol za element upor.

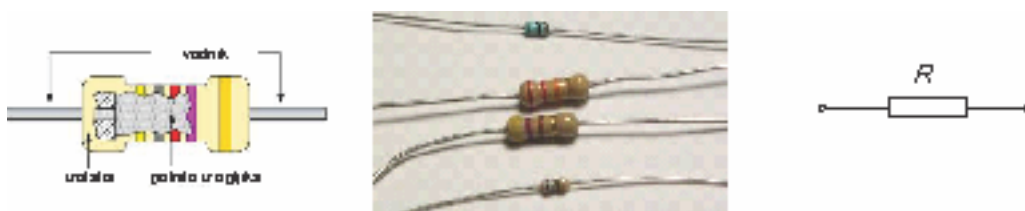


Matematično odnos med napetostjo in tokom na uporu ponazarja preprosta enačba

$$u = Ri$$

kjer je u napetost na uporu, R upornost in i tok skozi upor. Na kratko ponovimo še enote: enota za napetost je volt (V), za upornost ohm (Ω) in za tok amper (A).

Spodnja slika levo kaže sestavo upora, ki ima med vodnikoma material iz prevodnega ogljika (ali drugega bolj ali manj prevodnega materiala). Na sredini so prikazani primeri uporov, na desni pa električni simbol upora.



Način prevajanja skozi upor je ohmski, to je tak, kjer elektroni tečejo v smeri od minus proti plus sponki (sponki z višjim potencialom) in se pri tem prebijajo skozi atomsko strukturo materiala. Pri tem trkajo v atome, ki so v smeri njihove poti, se od njih odbijajo in počasi usmerjeno gibljejo skozi material. Zaradi trkanja v atome v snovi se material segreva. Tak način prevajanja je tudi v tanki žarilni nitki v žarnici z žarilno nitko ali pa v običajnih električnih grelcih, recimo v pečici ali grelniku vode. To so vse prevodni materiali, ki imajo majhno električno upornost, zato je pri določeni vzbujačni napetosti tok velik. In s tem segrevanje. Druga skrajnost so materiali, ki zelo slabo prevajajo električni tok. Tem rečemo izolatorji.

V oddaljenem eksperimentu boste ugotavljali ali opazujete tok in napetost na uporu ali kakšnem drugem elementu. To je zelo enostavno ugotoviti, saj mora biti glede na enačbo oblika toka in napetosti na uporu enaka in neodvisna od vzburjanja.

POMOČ: V pomoč za lažjo določitev si lahko ogledate tudi oblike odzivov, ki jih dobimo s simulacijo.

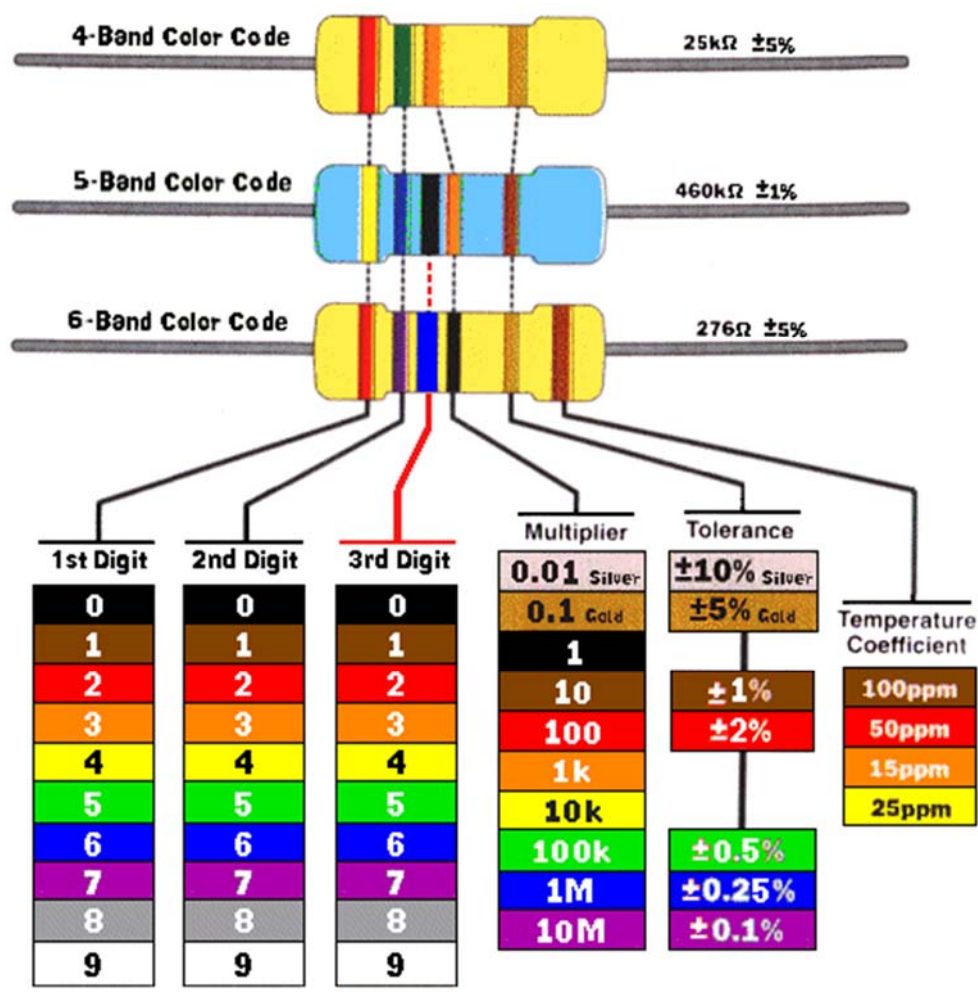


- Včasih pišemo zvezo med tokom in napetostjo tudi takole:

$$u(t) = Ri(t)$$

kjer poudarimo, da je časovno (t) gledano oblika napetosti enaka obliki toka. Rečemo, da sta napetost in tok funkciji časa.

- Velikost upornosti lahko ugotovite tako, da v poljubnem časovnem trenutku (na primer ob času t_0) delite vrednost napetosti z vrednostjo toka: $R = \frac{u(t_0)}{i(t_0)}$.
- V praksi upor nikoli ni čisto ohmski. Zato se lahko oblika toka in napetosti nekoliko razlikujeta. To je predvsem pomembno pri višjih frekvencah, ko pride lahko do izraza tudi določen induktivni in/ali kapacitivni značaj upora. To opazimo kot zamik med signaloma toka in napetosti.
- Omenili smo, da elektroni tečejo od minus v smeri plus sponke, pri čemer mislimo od sponke z nižjim potencialom proti sponki z višjim potencialom. Se pravi v nasprotni smeri, kot je smer električne napetosti na upor, ki je usmerjena od višjega proti nižjemu potencialu. To pa je tudi smer električnega toka. Potrebno je namreč vedeti, da je smer toka določena s smerjo potovanja pozitivnih nabojev, ker pa ima elektron negativni naboj, je smer potovanja elektronov ravno v nasprotni smeri, kot je smer električnega toka. To razumevanje je bolj potrebno zato, da imamo »čisto« fizikalno sliko, za elektrotehnika v praksi pa običajno ta detajl niti ni tako pomemben.
- Upore ločimo tako, da jih označimo z barvnimi črticami. Če so na upor štiri črtice prve dve označujejo prva dva digita vrednosti upora, tretja črtica označuje množitelja, četrta pa toleranco upora. Kot primer si oglejte spodnje upore in ustrezno tabelo.



Uporaba uporov

Uporaba uporov v elektrotehniki je zelo raznolika. V najpreprostejšem primeru jih uporabimo zato, da omejimo velikost toka skozi vezje. Na primer, tok skozi svetlečo (LED) diodo ne sme preseči določene vrednosti. Če vežemo več uporov zaporedoma, je na vsakem določena napetost, torej s takim načinom zmanjšamo priključeno napetost v odvisnosti od izbire uporov. Ko skozi upor teče tok se le ta segreva. Na ta način delujejo preprosta grelna telesa, na primer v kaloriferjih, kuhalnikih, boljerjih in podobno. Tudi v žarnicah je žarilna nitka, ki v bistvu deluje kot upor. Njena upornost je zelo majhna in ko skozi njo steče tok se zelo segreje in pri tem oddaja tako toploto kot tudi svetlobo. Več o tem pa v posebnem eksperimentu, ki je namenjen opazovanju delovanja žarnice ob vklopu toka.

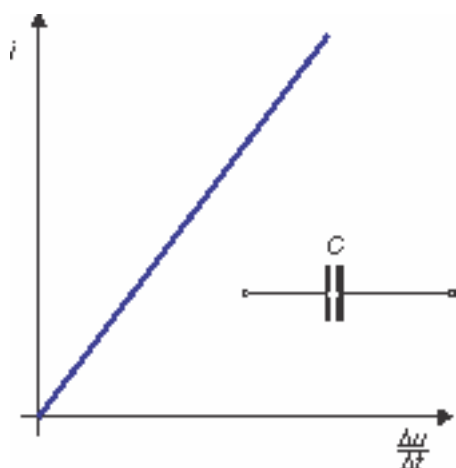
Kondenzator

je element, za katerega rečemo, da omogoča shranjevanje električnega naboja. Na spodnji sliki je prikazana poenostavljena sestava kondenzatorja, ki je sestavljen iz dveh prevodnih plošč, med njima pa je neprevoden material (izolator), kateremu rečemo tudi dielektrik. V sredini je slika tipičnega (elektrolitskega) kondenzatorja, na desni pa električni simbol kondenzatorja.



Tok skozi kondenzator ni odvisen od velikosti napetosti na sponkah kondenzatorja pač pa od časovne spremembe te napetosti. To matematično opišemo takole

$i = C \frac{\Delta u}{\Delta t}$, kjer s simbolom Δ označimo spremembo. Torej, Δu predstavlja spremembo napetosti, Δt pa spremembo časa. (Obstaja še bolj natančen opis odvisnosti toka in napetosti na kondenzatorju in sicer z matematično operacijo, ki jo imenujemo odvod in predstavlja spremembo, ki se zgodi v zelo kratkem času, praktično gledano predstavlja spremembo v trenutku. Enačbo s pomočjo odvoda napišemo v obliki $i = C \frac{du}{dt}$, z besedami pa rečemo, da je tok sorazmeren (ker se povečuje linearno z velikostjo kapacitivnosti C kondenzatorja) časovnemu odvodu napetosti). Spodnja slika grafično pokaže, kako je vrednost toka skozi kondenzator odvisna od časovne spremembe napetosti na kondenzatorju.



Kako iz časovne oblike toka in napetosti na elementu prepoznamo, da gre za tok in napetost na kondenzatorju?

Če se napetost na sponkah kondenzatorja s časom ne spreminja, ni toka skozi kondenzator. Tedaj je kondenzator le naelektren. Če pa se bo napetost na kondenzatorju hipoma spremenila, bo skozi kondenzator stekel velik tok. Hitreje kot se napetost med sponkama kondenzatorja s časom spreminja, večji bo tok skozi kondenzator.



POMOČ: V pomoč za lažjo določitev si lahko ogledate tudi oblike odzivov, ki jih dobimo s simulacijo.

Fizikalna razlaga toka skozi kondenzator:

Tok skozi kondenzator je očitno drugačne narave kot pri upor. Material med ploščama kondenzatorja je praviloma izolator, torej ne prevaja električnega toka. Kljub temu pri časovnem spreminjanju napetosti med sponkami zaznamo tok, ki teče skozi kondenzator. Ta tok je posledica časovne spremembe naboja na ploščah kondenzatorja, ki pa je sorazmerna časovni spremembi napetosti. To matematično opišemo s preprosto matematično zvezo $Q = Cu$. Naboj, ki prihaja in odhaja s plošč kondenzatorja predstavlja električen tok. Fizikalno gledano torej elektroni fizično ne prehajajo iz ene na drugo ploščo kondenzatorja pač pa le prihajajo in odhajajo s plošč kondenzatorja. Še malo bolj natančen fizikalni pogled pa pokaže, da vseeno na velikost toka vpliva tudi material med ploščama kondenzatorja. Struktura tega materiala je sicer taka, da električni tok ohmsko ne prevaja, vplivajo pa naboji na ploščah kondenzatorja tudi na premikanje nabojev v atomih v snovi, ki se predstavljajo znotraj atoma (molekule) kar dodatno prispeva k velikosti električnega toka, ki ga lahko zaznamo. Temu procesu rečemo polarizacija.



Zahtevno

Velikost kapacitivnosti ugotovite tako, da v poljubnem časovnem trenutku (na primer ob času t_0)

delite vrednost toka z vrednostjo časovne spremembe napetosti: $C = \frac{i(t_0)}{\frac{\Delta u(t_0)}{\Delta t}}$.

Posebno dobro se da izračunati kapacitivnost pri vzbujanju s harmoničnim (sinusnim) signalom. Ob vzbujanju z napetostnim signalom sinusne oblike je enake oblike tudi tokovni signal, le v času je zamaknjen za $\frac{1}{4}$ periode signala. Poiščemo vrednost amplitude napetostnega in tokovnega signala (U_{\max} in I_{\max}) in izračunamo kapacitivnost s pomočjo izraza $C = \frac{1}{2\pi f} \frac{I_{\max}}{U_{\max}}$. f je frekvenca signala, ki

jo enostavno določimo iz periode T kot $f = \frac{1}{T}$.

Uporaba kondenzatorjev

Tudi uporaba kondenzatorjev v vezjih je zelo raznolika. Najpogosteje jih uporabljamo za filtriranje signalov, torej, če želimo izločiti signale visokih ali nizkih frekvenc. Ker je pri nizkih frekvencah njihova upornost zelo velika so primerni tudi za izločanje enosmerne komponente iz signala. Kondenzatorji omogočajo shranjevanje električnega naboja. Tako jih lahko uporabimo podobno kot polnilne baterije, s tem, da se jih da mnogo hitreje polniti in prazniti kot baterije oz. akumulatorje.

Tuljava

je element, ki ima mnogo ovojcev narejenih iz prevodne električno izolirane žice. Zanimivo je to, da ta element nima le ohmske (uporovne) značilnosti pač pa posebno značilnost, da je napetost med sponkama tuljave odvisna od časovne hitrosti spreminjanja toka skozi tuljavo.

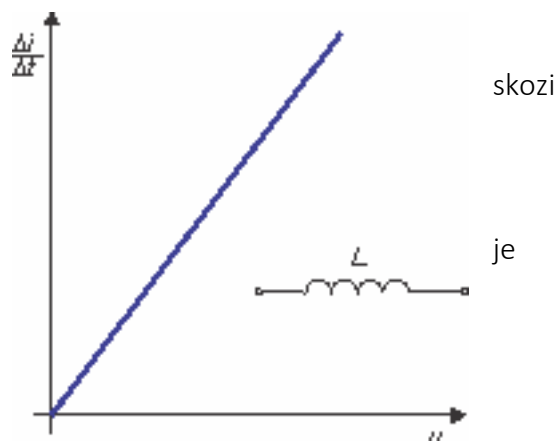
Spodnja slika kaže preprosto navito žico, ki tvori tuljavo. Na sredini slike vidimo različne tipe navitij, ki jih običajno izvedemo na nosilcih, ki imajo magnetne lastnosti. To poveča učinek povezave med tokom in napetostjo na elementu. Na desni strani je prikazan električni simbol tuljave v obliki štirih polkrogov.



Slika na desni kaže, da je napetost med sponkama tuljave odvisna od časovne hitrosti spreminjanja toka tuljavo. Matematično to zapišemo v obliki

$$u = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

kjer L imenujemo induktivnost in je lastnost navitja, ki odvisna od oblike navitja (predvsem števila ovojcev) in materiala, okoli katerega ovijemo žico.



Enako kot pri kondenzatorju matematično bolj natančno zvezo med tokom in napetostjo opišemo z odvodom: $u = L \frac{di}{dt}$. Odvod je matematična operacija, katere rezultat je naklon na krivuljo v določeni točki.

Kako iz časovne oblike toka in napetosti na elementu prepoznamo, da gre za tok in napetost na tuljavi?

Če se tok skozi tuljavo s časom ne spreminja, ni napetosti na sponkah tuljave ali pa je ta zelo majhna in odvisna le od uporovnih lastnosti tuljave. Če pa se tok skozi tuljavo hipoma spremeni, bo napetost med sponkama zelo velika. Hitreje kot se spreminja tok skozi tuljavo, večja je napetost na sponkah tuljave.



POMOČ: V pomoč za lažjo določitev si lahko ogledate tudi oblike odzivov, ki jih dobimo s simulacijo.



Velikost induktivnosti ugotovite tako, da v poljubnem časovnem trenutku (na primer ob času t_0)

delite vrednost napetosti z vrednostjo časovne spremembe toka: $L = \frac{u(t_0)}{\frac{\Delta i(t_0)}{\Delta t}}$. Ta način je primeren

tedaj, ko se da dobro določiti časovno spremembo toka, na primer, ko je ta v obliki premice. To dobimo v idealnih pogojih (pri ustrezni frekvenci) pri vzburjanju tuljave z napetostnim signalom pravokotne oblike.

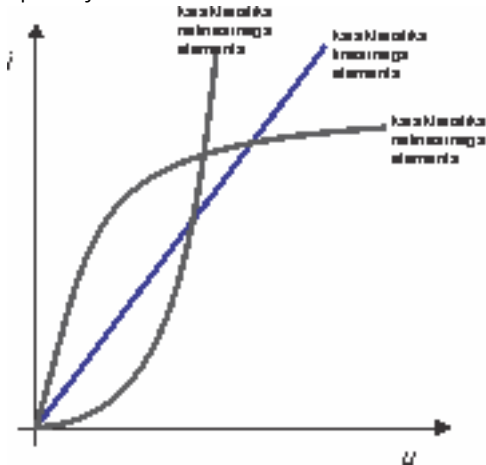
Posebno dobro se da izračunati induktivnost pri vzburjanju s harmoničnim (sinusnim) signalom. Tedaj je namreč ob vzburjanju z napetostnim signalom sinusne oblike enake oblike tudi tokovni signal, le v času je zamaknjen za $\frac{1}{4}$ periode signala. Poiščemo vrednost amplitude napetostnega in tokovnega

signala (U_{\max} in I_{\max}) in izračunamo induktivnost s pomočjo izraza $L = \frac{1}{2\pi f} \frac{U_{\max}}{I_{\max}}$. f je frekvenca

signala. Če ni podana, jo enostavno določimo iz periode signala T kot $f = \frac{1}{T}$.

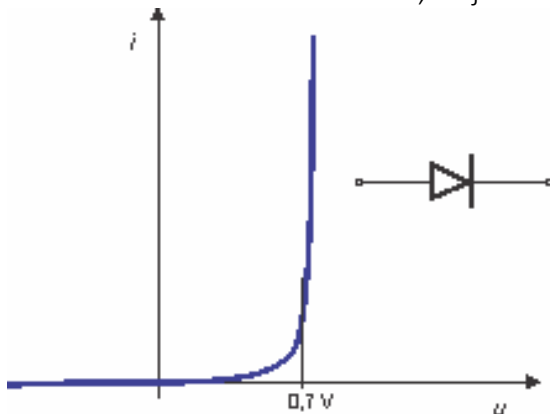
Dioda

je element električnih vezij, ki spada med nelinearne elemente. To pomeni, da povezava med tokom in napetostjo na elementu ni linearna, se pravi, da se povečanje toka ne odraža nujno v sorazmernem povečanju napetosti. Razliko med linearnim in nelinearnim elementom prikazuje spodnja slika.



Dioda je izdelana iz polprevodniškega materiala. Osnovni polprevodniški material je silicij. Z dodajanjem primesi pod visoko temperaturo se v polprevodniški material vnese atome, ki imajo presežek ali primanjkljaj elektronov. Na ta način dosežemo lastnosti, da elektroni lažje potujejo v eno smer kot v drugo in s tem ustvarimo usmerniški element, ki mu rečemo dioda. Usmerjanje toka lahko v določenih polprevodniških materialih dodatno kontroliramo, kar je lastnost elementov, ki jih imenujemo tranzistor. Tranzistor ima tri kontakte, saj je en namenjen kontroli toka med drugima dvema kontaktoma.

i-u karakteristika diode je narisana na spodnji sliki. Zaradi tehnoloških lastnosti dioda izdelana iz silicija prevaja tok v smeri, ki jo kaže simbol puščice na sliki. Kot kaže slika, začne dioda prevajati tok pri določeni napetosti med sponkama, običajno, ko je napetost med sponkama večja od 0,7 V. Za negativne napetosti med sponkama je tok skozi diodo zelo majhen, v določenih primerih ga lahko zanemarimo oziroma smatramo, da je enak 0 A.



Kako iz časovne oblike toka in napetosti na elementu prepoznamo, da gre za tok in napetost na diodi? Preprosto. Ko napetost na elementu v prevodni smeri naraste nad vrednost 0,7 V dioda prevaja in torej oblika toka ne sledi več povečevanju napetosti, v nasprotnem primeru pa je tok enak nič ali zelo



majhen. **POMOČ:** V pomoč za lažjo določitev si lahko ogledate tudi oblike odzivov, ki jih dobimo s simulacijo.