

1. Uvod

Predmet Osnove elektrotehnike razdelimo v dva: Oe1 in OE2. V OE1 obravnavamo osnove električnega polja v stacionarnem stanju ter enosmerna električna vezja....

Stacionarno stanje. Kaj je to stacionarno stanje? To je stanje, ko je sistem v ravnovesju, ko ni več časovnih sprememb sistema. Če bi na primer pogledali napetost na kondenzatorju, bi ta morala biti ves čas nespremenjena - konstantna – stacionarna. V nasprotnem primeru govorimo pogosto o prehodnem pojavu, stanju, ko se na primer napetost na kondenzatorju časovno spreminja.

Zakaj najprej obravnavamo razmere v stacionarnem stanju? V resnici je vedno potreben nek prehodni pojav, da pridemo do takega stanja. Na primer, če želimo na kondenzatorju imeti določeno napetost, ga moramo predhodno naelektriti, to pa je že prehodni pojav. Razlog je v tem, da je obravnava dogajanja enostavnejša, če upoštevamo le stacionarno stanje.

In zakaj obravnavamo najprej le enosmerna in šele kasneje tudi izmenična vezja? Tudi tu je dogovor enak: analiza dogajanja v enosmernih vezjih je bolj preprosta kot v izmeničnih.

Naše spoznavanje elektrike temelji torej na postopnosti. Od bolj preprostih konceptov do bolj zahtevnih. V tem smislu bomo celo začeli z obravnavo električnih vezij namesto, da bi začeli z obravnavo električnega polja. Razlog je zopet v tem, da je za obravnavo električnega polja potrebno razumevanje integralnega in infinitezimalnega računa (integralov in odvodov), za kar potrebujemo nekoliko matematičnega predznanja.

Osnovni koncepti – naboj, napetost, tok, upornost. V tem smislu bomo kar takoj začeli govoriti o konceptih kot so naboj, napetost, tok in upornost. To so koncepti, ki so vam sicer že znani, ki pa so v smislu eksaktne definicije manj preprosti, kot bi morda pričakovali. Na primer napetost, ki je definirana kot delo, ki ga opravijo električne sile pri premiku naboja 1 C od enega do drugega mesta. V primeru kondenzatorja (ali baterije) sta ti dve mesti ravno zunanji priključni sponki.

Atomi. Zavedati se torej moramo, da so električni pojavi vezani na lastnost naše narave, ki je sestavljena iz atomov, ti pa iz jedra iz protonov, neutronov in oblaka elektronov. Elektroni in protoni imajo lastnost, ki ji rečemo naboj. Prvi imajo pozitivni naboj, drugi pa negativnega. To je seveda naš (človeški) koncept, ki ga je prvi vpeljal Benjamin Franklin, ki je ene naboje poimenoval pozitivne, druge pa negativne. Čisto lahko bi se lahko Franklin odločil tudi za obratno pojmovanje.

Prevodniki. Dokler ima atom enako število pozitivnih in negativnih nabojev je nevtralen. Atomi so običajno vezani med seboj in tvorijo zelo različne tvorbe. V kovinah imamo združbo atomov, ki običajno tvorijo močne vezi, obenem pa so te vezi take, da so določeni elektroni zelo šibko vezani na jedro in se z lahkoto gibljejo po materialu. Rečemo, da so dobri prevodniki. Pri obravnavi vezij se dobro zavedati, da so sicer nosilci električnega toka naboji, tako pozitivni kot negativni, da pa v kovinah (običajno baker), iz katerih so običajno zgrajene povezave med elementi vezja prevajajo le elektroni.

Enota za naboj. Omenili smo že 1 C (coulomb). Najmanjša vrednost naboja je naboj elektrona, ki je približno $1,6 \cdot 10^{-19}$ C in ker je ta naboj negativen, moramo upoštevati še negativen predznak. 1 C je torej mnogo elektronov. Koliko? $1 / 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,25 \cdot 10^{18}$.

Električni tok. Nosilci električnega toka so torej električni naboji, rečemo jim lahko tudi elektrine. Če ti mirujejo električnega toka ni. Tako kot ni vodnega toka, če je vodni jez zajezen. Če pa jez odpremo, da lahko voda steče po strugi ali po cevi na lopatice turbine, pa seveda govorimo o vodnem toku. Tako je tudi pri elektriki. Če nabojem omogočimo, da se »pretakajo« iz enega mesta na drugo, lahko govorimo o električnem toku. Če je sprememba količine naboja v enoti časa večja, to pomeni večji tok. Matematično lahko spremembo v času zapišemo z operacijo (operatorjem) odvodajanja $\frac{d}{dt}$. Električni tok torej lahko definiramo kot odvod naboja po času, kar zapišemo kot $i = \frac{dQ}{dt}$.

Primer: Naboj na pozitivni sponki kondenzatorja je konstanten. Kolikšen je električni tok? Matematično lahko zapišemo, da je časovno konstantna količina naboja na pozitivni sponki enaka $Q(t) = Q_0$. Iz osnov matematike vemo, da je odvod konstante enak nič, torej bo ta tok seveda enak nič. Kaj pa če recimo na 12 V akumulator priključimo žarnico in se naboj na pozitivni sponki akumulatorja manjša linearno, v 10 sekundah za 12 C? Matematično to zapišemo kot $Q(t) = Q_0 - \frac{12C}{10s}t$. V tem primeru skozi breme (žarnico) teče električni tok, ki je $i = \frac{dQ}{dt} = -\frac{12C}{10s} = -12C/s$. Ker vemo, da je enota za tok A (ampere), je rezultat torej -12 A. Obenem vidimo, da velja $1C = 1A \cdot s$. Kaj pomeni negativen predznak toka? To, da s pozitivne sponke odteka pozitivni naboj s hitrostjo oziroma boljše s tokom 12 A. Kakšna pa je v resnici slika gibanja naboja? Ker smo že ugotovili, da po prevodniku prevajajo elektroni, pomeni, da gre v resnici za prenos elektronov preko žarnice v smeri pozitivne sponke, kjer smo imeli prej višek pozitivnih nabojev oziroma pomanjkanje negativnih.

Zakaj bi elektroni sploh potovali od ene sponke proti drugi? Odgovor na to vprašanje ni ravno preprosto. Prav gotovo bo v prvem hipu prišlo do prehodnega pojava, saj smo ob določenem trenutku priklopili na akumulator breme (žarnico). Pred tem je bil tok skozi žarnico enak nič, potem pa ne več. Nekako smo morali priti do toka 12 A. V resnici je prišlo do zelo hitrega prehodnega pojava. Ob priključitvi avtomobilskega akumulatorja na drugega je to običajno zelo dobro vidno – kot iskra ali celo iskrenje. Da bi bolj podrobno razumeli ta pojav, moramo poznati lastnosti prostora v katerem delujejo električne sile, to pa je že poglavje, za katerega smo rekli, da si ga bomo prihranili za kasneje. In če smo odkriti, na marsikatero vprašanje tudi s poznavanjem osnovnih konceptov elektrike ne moremo do potankosti pojasniti.

Električna napetost. Na eni od sponk našega akumulatorja imamo pozitivni naboj, na drugi pa negativni. Rečemo lahko, da je naš akumulator nabit ali boljše naelektren, med sponkama akumulatorja pa je določena napetost. Napetost nam torej na nek način govori o naelektrenosti v prostoru. Oziroma, o energiji, ki smo jo vložili (ali se je vložila) v elektrenje. Ta napetost še nič ne pove o tem, kolikšno zalogo nabojev imamo na naših dveh sponkah, pač pa le o tem, koliko energije na enoto naboja smo vložili v to, da smo ločili naboje (če pri tem nismo imeli drugih izgub (npr. toplotnih)). Zveza med nabojem, ki ga ločujemo in napetostjo je pogosto linearna, kar lahko zapišemo kot $Q = C \cdot U$. Konstanta C ni nič drugega, kot prav gotovo že

slišan pojem kapacitivnost. Toda, kot smo že dejali, v prvem delu predmeta se bomo ukvarjali z elementi enosmernih električnih vezij. Enota za napetost je V(olt).

Upor, upornost, prevodnost, Ohmov zakon. Bremena, ki jih bomo upoštevali pri analizi enosmernih vezij bomo označili kot upore, za katere velja preprosta zveza med tokom in napetostjo

$$U = R \cdot I$$

oziroma z besedami: napetost na upor je sorazmerna toku skozi upor, faktor sorazmernosti imenujemo upornost. Enota za upornost je 1Ω (Ohm). Ta »zakon« pogosto imenujemo tudi Ohmov zakon, kar pa moramo upoštevati z zadržkom. Zvezo med napetostjo in tokom na določenem elementu vedno lahko poiščemo, ni pa vedno linearna. V elektrotehniki pogosto uporabljamo elemente kot so diode in tranzistorji. Pri teh ravno izkoriščamo njihove nelinearne lastnosti med tokom in napetostjo za usmerjanje, ojačanje, ipd. Ohmov zakon v smislu linearne zveze med tokom in napetostjo je omejen na tiste elemente, kjer pač velja linearnost– to pa so linearni upori, ki jih bomo uporabljali pri analizi enosmernih vezij.¹

Analogno izrazu upornost lahko uporabimo tudi izraz prevodnost. Velja $G = 1/R$. Enota za prevodnost je S(iemens). »Ohmov« zakon bi tako lahko pisali tudi $U = 1/G \cdot I$ ali pogosto kot $I = G \cdot U$.

SLIKA: Simbol za upor, linearna zveza med tokom in napetostjo

Idealni tokovni in napetostni vir. S prerazporeditvijo nabojev realiziramo električne vire. Ločimo dva vira tipa virov: napetostne vire in tokovne vire. Idealni napetostni vir je tak, ki zagotavlja na svojih sponkah konstantno napetost neodvisno od obremenitve. To je napetost odprtih sponk, včasih ji rečemo tudi napetost prostega teka.

SLIKA: Simbol za idealni napetostni vir, napetost odprtih sponk in karakteristika vira.

Idealni tokovni vir pa je tak, ki na svojih zunanjih sponkah zagotavlja tok, ki je neodvisen od priključitve bremena. V primeru, da sponke takega vira kar kratko sklenemo, bo tekel tok kratkega stika, kar predstavlja tudi nazivni tok tega vira. Verjetno ni potrebno posebno poudariti, da taka priključitev običajno ni ravno zaželena.

¹ Omejenost Ohmovega zakona ne sme zmanjšati njegovega zgodovinskega in praktičnega pomena. Kar se tiče zgodovine elektrike se je potrebno zavedati, da so bili sprva pojmi kot so naboj, tok in napetost še popolnoma nejasni in so različni raziskovalci preizkušali različne pojme. Ohm je na tem področju razjasnil razlike med napetostjo in tokom. Poleg tega seveda zvezo med tokom in napetostjo v elektrotehniki zelo pogosto uporabljamo in je za enostavne upore pogosto upravičena linearna zveza.

SLIKA: Simbol za idealni tokovni vir, tok kratkega stika in karakteristika vira.

Označevanje smeri tokov in napetosti. Tako napetost kot tok imata smer. Na viru označimo smer napetosti od sponke plus proti sponki minus, na bremenu pa lahko smer toka ali napetosti določimo poljubno. Ne pa tudi obeh. Smer toka na bremenu določa tudi smer napetosti in obratno.

SLIKA: Označevanje smeri tokov in napetosti na virih in bremenu.

1. Kirchoffov zakon. Oglejmo si najprej primer na vodnem toku iz vodnega zbiralnika. Ta tok preusmerimo v dve strugi, en del toka pa še pronica v tla. Če seštejemo vse odtekajoče toke morajo biti ti seveda enaki pritekajočemu. Enako velja za električni tok. Vsota odtekajočih tokov v neko spojišče (razvejišče) mora biti enaka vsoti vseh pritekajočih tokov. Glede na to, da označujemo smer toka s pozitivnim ali negativnim predznakom, v smislu 1. Kirchoffovega zakona to pogosto zapišemo kot

$$\sum_{i=1}^N I_i = 0$$

oziroma z besedami: vsota vseh (N) tokov v spojišče je enaka nič. Dogovoriti se moramo le še kdaj je tok pozitiven. Kot pozitiven tok lahko označimo tistega, ki priteka v ali odteka iz spojišča. Važno je le, da smo pri obravnavi konsistentni.

Primer: V spojišče so povezani štirje vodniki. Po prvem priteka tok 4 A, po drugem odteka tok 2 A in v tretjem priteka tok 1 A. Določimo tok v četrtem vodniku.

SLIKA: Vsota tokov v spojišče mora biti enaka nič: 1 KZ.

2. Kirchoffov zakon. Vzemimo naš akumulator in ga priključimo na dve bremenima, ki sta zaporedno vezani. Kako se razporedijo napetosti med bremenoma? Najprej lahko ugotovimo, da se v skladu z »Ohmovim zakonom« porazdeli padec napetosti na dva padca napetosti in to

v skladu (sorazmerju) z njunimi upornostmi: $U_1 = R_1 I$ in $U_2 = R_2 I$, vsota teh dveh napetosti pa je priključena napetost: $U = U_1 + U_2$. Lahko pa pišemo tudi kot $U - U_1 - U_2 = 0$. Če si to ogledamo na sliki, ugotovimo, da smo zapisali, da je vsota vseh napetosti v zanki enaka nič, pri čemer je seveda potrebno upoštevati smeri padcev napetosti. To pa velja tudi splošno, neodvisno od števila virov in bremen v zanki. Temu pravilu pravimo 2. Kirchoffov zakon in ga v splošnem (za M elementov vezja v zanki) zapišemo kot

$$\sum_{i=1}^M U_i = 0.$$

SLIKA: Idealni napetostni generator in vzporedno vezani dve bremen. Po 1. Kirchoffovem zakonu mora veljati, da je vsota vseh padcev napetosti v zanki enaka nič.

Analiza vezij. Upoštevaje obeh Kirchoffovih zakonov in zveze med napetostjo in tokom (Ohmovim zakonom) lahko analiziramo poljubno enosmerno vezje. Potrebno je pač zapisati zadostno število enačb za neznane toke v vejah vezja in rešiti linearni sistem enačb. V kratkem si bomo podrobneje ogledali metode za reševanje (analizo) vezij, ki nam omogočajo sistematičen pristop k reševanju.

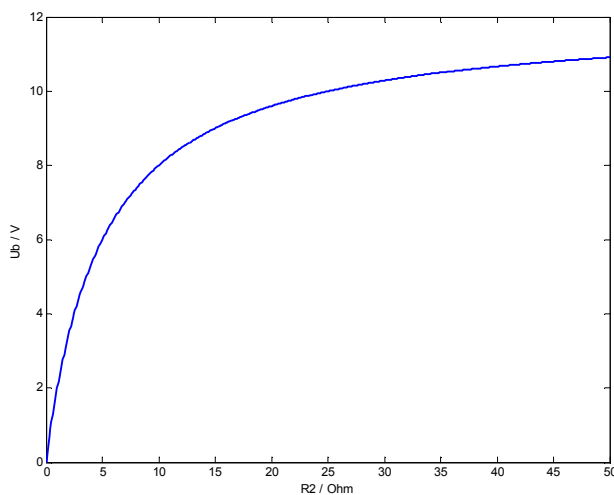
Primer: Določimo napetost na drugem uporu prejšnjega primera.

Rešitev: Upoštevamo že zapisane enačbe $U - U_1 - U_2 = 0$, $U_1 = R_1 I$ in $U_2 = R_2 I$ in dobimo

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} \text{ ter } U_2 = IR_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

Dobili smo rešitev, ki je v elektrotehniki zelo pogosto uporabljena. Napetost moramo pogosto zmanjšati oziroma »deliti«. Takemu preprostem načinu rečemo **delilnik napetosti**, enačbo pa si velja

vtisniti v spomin. Ponovimo končni rezultat: $U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$.



SLIKA: Sprememba napetosti na bremenu v odvisnosti od upora R2.

Podobno je pogosta uporaba **tokovnega delilnika**, ko se ena veja razcepi v dve. Vzemimo torej ponovno naš akumulator in ga povežimo z dvema uporoma, ki pa sta vezana vzporedno. Sedaj nas zanima tok skozi upor R_2 : Velja: $I = I_1 + I_2$, kjer sta $I_1 = U / R_1$ in $I_2 = U / R_2$.

Dobimo $I = U / R_1 + U / R_2 = U(1/R_1 + 1/R_2) = U \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$. Napetost je torej $U = I \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$, tok

skozi upor R_2 pa $I_2 = U / R_2 = I \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{R_2} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$. Končni rezultat je podoben (vendar

ne enak) kot pri napetostnem delilniku. Zaradi pogoste uporabe si ga tudi velja zapomniti.

Zato ga ponovimo: $I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$.

Zaporedna vezava uporov. Pogosto upore nizamo zaporedno. Če so priključeni na vir napetosti, se napetost porazdeli na posamezne upore: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_N = \sum_{i=1}^N U_i$. Ker pa

skozi vse teče skupen tok, velja $U = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_N = I(R_1 + R_2 + \dots + R_N) = I \sum_{i=1}^N R_i = IR_{nad}$

Nadomestna upornost zaporedno vezanih uporov je seštevek posameznih upornosti:

$$R_{nad} = \sum_{i=1}^N R_i.$$

SLIKA: Zaporedna vezava uporov.

Primer: Določimo nadomestno upornost zaporedne vezave uporov 30Ω , 100Ω in $1 \text{ k}\Omega$.

Rešitev: $R_{nad} = 1130 \Omega$.

Vzporedna vezava uporov. Upore lahko vežemo tudi vzporedno. To je potrebno tedaj, ko želimo tok razdeliti v več vej. Skupni tok je torej $I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$. Če so vzporedno vezani upori priključeni na vir, je na vseh uporih skupna napetost. Dobimo

$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_N} = U \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} = \frac{U}{R_{nad}}$. Vzporedno vezane upore lahko torej nadomestimo z

nadomestno upornostjo, za katero velja $\frac{1}{R_{nad}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$. Če to izrazimo s prevodnostmi dobimo

$G_{nad} = \sum_{i=1}^N G_i$. Pri vzporedni vezavi uporov tvorimo torej nadomestno upornost s seštevanjem

njihovih prevodnosti, pri zaporednih pa upornosti.

SLIKA: Vzporedno vezane upornosti.

Primer: Določimo nadomestno upornost vzporedne vezave uporov 30Ω , 100Ω in $1 \text{ k}\Omega$.

Rešitev: $G_{\text{nad}} = 1/30 \text{ S} + 1/100 \text{ S} + 1/1000 \text{ S} = 0,044 \text{ S}$, kar ustreza $R_{\text{nad}} = 22,556 \Omega$.

Vzporedna in zaporedna vezava virov. Enako kot upore, lahko zaporedno vežemo tudi napetostne vire in s tem dosežemo višjo skupno napetost na zunanjih sponkah. To je tudi običajno pri mnogo elektronskih aparatov, kjer je na primer za delovanje naprave pri 6 V potrebno vezati zaporedno štiri $1,5 \text{ V}$ baterije.

Podobno lahko z vzporedno vezavo tokovnih virov dosežemo vir z večjim nazivnim tokom.

Realni napetostni vir. Govorili smo že o idealnem napetostnem viru, za katerega smo rekli, da ima napetost na zunanjih sponkah konstantno in neodvisno od priključenega bremena. Takih virov seveda ni, če na slab napetostni vir priključimo preveliko breme (v resnici je to breme z majhno notranjo upornostjo), se na zunanjih sponkah vira napetost »sesede«. Vsak vir ima namreč določeno notranjo upornost in ob priključitvi vira na breme steče tok, ki povzroči padec napetosti na bremenu, pa tudi na notranji upornosti vira. Kar tudi pomeni, da na zunanjih sponkah vira nimamo več napetosti odprtih sponk pač pa neko manjšo napetost, ki je zmanjšana za padec napetosti na notranji upornosti vira. Poglejmo si razmere matematično in grafično:

SLIKA: realni napetostni vir.

Realni napetostni vir ponazorimo z zaporedno vezavo idealnega napetostnega vira in upora. Če na priključnih sponkah ni priključeno breme, je seveda tok enak nič in padca napetosti na upornosti vira ni. Napetost na priključnih sponkah je enaka napetosti odprtih sponk:

$U = U_g = U_o$. Če pa priključimo breme, se napetost na priključnih sponkah zmanjša za padec napetosti na notranji upornosti generatorja:

$U = U_g - IR_g$. To enačbo lahko prikažemo tudi grafično in ji rečemo *karakteristika vira*. Na X osi (abscisi) označimo napetost, na Y osi (ordinati) pa tok. Enačba predstavlja enačbo premice, ki jo najlažje določimo v točkah, kjer premica seka X in Y os. Ko je tok enak nič, je $U = U_o = U_g$, to je stanje **odprtih sponk**. Ko pa je napetost enaka nič, je $I = U_g / R_g$. To pa je stanje **kratkega stika**. Skozi ti dve točki mora potekati premica, ki ji rečemo *karakteristika realnega vira*.

Samo karakteristika vira še ne zadostuje za določitev napetosti na bremenu. Potrebujemo še karakteristiko bremena. Ta je preprosta, saj ko na priključne sponke priključimo breme, je na

bremenu napetost U in velja: $U = R_b I$. Če narišemo še to enačbo v diagram, tudi ta predstavlja enačbo premice. Ena točka je v koordinatnem izhodišču, drugo pa določimo tako, da za določeno izbrano vrednost toka (napetosti) izračunamo vrednost napetosti (toka) in vrišemo še drugo točko ter potegnemo premico. Naklon premice predstavlja upornost. Velik naklon predstavlja veliko upornost, majhen pa majhno.

Premici imata presečišče, ki ga imenujemo *delovna točka*. To je namreč točka, ki ponazarja »delovno« stanje vezja. Odčitamo lahko tok in napetost delovne točke. To je tok, ki teče skozi breme, napetost pa je napetost na bremenu. Ta način določanja delovne točke imenujemo *grafični način*.

Določimo delovno točko še matematično. Gre preprosto za to, da združimo enačbi bremena in

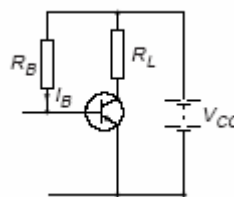
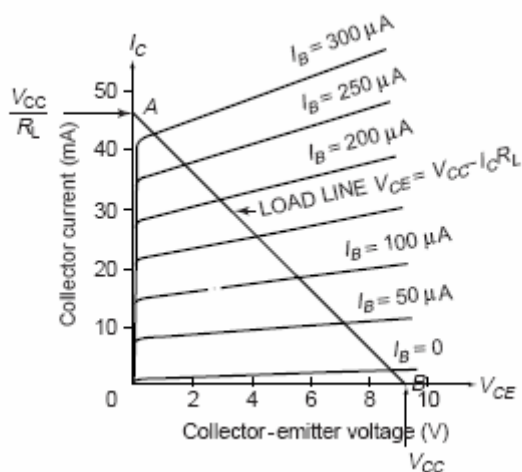
vira, dobimo $R_b I = U_g - IR_g$. Tok v vezju bo torej $I = \frac{U_g}{R_g + R_b}$, napetost na bremenu pa

$U = \frac{U_g}{R_g + R_b} R_b$. To sta tudi tok in napetost delovni točki, ki jih odčitamo tudi grafično.

Primer: Na 9 V baterijo z notranjo upornostjo 1Ω priključimo breme z upornostjo 5Ω . Določite napetost in tok na bremenu grafično in analitično.

Rešitev: $I = \frac{U_g}{R_g + R_b} = \frac{9\text{V}}{1\Omega + 5\Omega} = 1,5\text{A}$, $U = 1,5\text{A} \cdot 5\Omega = 7,5\text{V}$.

Nelinearno breme. Grafični način je posebno primeren tedaj, ko je breme nelinearno. Ko je napetost na sponkah bremena neka nelinearna funkcija toka skozi breme. Na primer $U = kI^2$. Tak primer je na primer dioda, element, ki ima nizko upornost pri pozitivnih in zelo visoko pri negativnih napetostih (ali obratno, odvisno od priključitve). Pri diodi je v prevodni smeri tok eksponentno odvisen od napetosti: $I = I_0 e^{kU}$, v zaporni smeri pa je tok majhen, do določene napetosti, kjer pride do preboja. Ob preboju tok skozi diodo močno naraste in lahko pride do trajne poškodbe ali uničenja elementa. Delovno točko določimo grafično, tako, da določimo točko preseka nelinearne karakteristike bremena in linearne karakteristike realnega vira.



SLIKA: Primer določanja delovne točke pri tranzistorski vezavi. Nelinearne so karakteristike tranzistorja, ki so prikazane za različne vrednosti baznega toka. (samo informativno)

Realni tokovni vir. Je sestavljen iz idealnega tokovnega vira in vzporedno vezane upornosti. Na zunanjih sponkah je napetost enaka $U = R_g I$, če ni priključenega bremena. Če je breme priključeno, se tok bremena zmanjša za tok skozi upornost vira: $I = I_g - U / R_g$. Ta enačba predstavlja karakteristiko realnega tokovnega vira, ki jo prav tako lahko grafično prikažemo. Pri kratkem stiku je napetost na bremenu enaka nič, tok pa je kar tok idealnega vira in ga imenujemo tudi tok kratkega stika: $I(U = 0) = I_k = I_g$, pri odprtih sponkah pa je tok enak nič, napetost pa $U = I_g R_g$. Če karakteristiko narišemo kot U-I diagram, dobimo zopet premico. V presečišču s karakteristiko bremena pa delovno točko.

SLIKA: Realni tokovni vir.

Ugotovimo lahko, da se karakteristika realnega tokovnega vira lahko prilega karakteristiki realnega napetostnega vira. V tem smislu sta to dva *ekvivalentna vira*. Če primerjamo karakteristiki ugotovimo, da bo analogija veljala tedaj, ko bo $U_g = I_g R_g$. Kdaj torej govorimo o napetostnem in kdaj o tokovnem viru? Ko imamo vir z zelo veliko notranjo upornostjo nam le ta zagotavlja konstanten tok (dokler je upornost bremena dosti manjša od notranje upornosti vira, če pa je notranja upornost vira zelo majhna, nam to na zunanjih sponkah zagotavlja konstantno napetost.

Fizikalne količine in merske enote.

V (elektro)tehniki običajno govorimo o veličinah, v fiziki pa o količinah. Veličina je recimo napetost, tok, čas, temperatura itd. Za vsako veličino uporabljamo določen simbol, običajno eno črko abecede, pogosto tudi grške. Simbol za napetost je U , za tok I , temperaturo T itd. Opazili ste že, da pišemo simbole za veličine poševno. To pa zato, da jih ločimo od merskih enot, kratko kar enot. Kot primer zapišimo $U = 5\text{ V}$. Med številsko vrednostjo in enoto je presledek. Mersko enoto predstavimo z imenom in simbolom. Ime enote za napetost je volt, simbol pa V.

V svetu se je uveljavil sistem merskih enot, ki ga s kratico imenujemo SI. Obsega sedem osnovnih enot in vrsto izpeljanih. Osnovne enote so kilogram (kg), meter (m), sekunda (s), amper (A), kelvin (K), kandela (cd), mol (mol), radian (rad) in steradian (sr). Izpeljane enote pa so na primer m/s za hitrost itd.

Druge merske enote. Pogosto v literaturi zasledimo uporabo drugih merskih enot, kot smo jih navajeni. Pogosto so posledica uporabe drugega merskega sistema (npr. CGS –centimeter-

gram-sekunda), kjer se na primer namesto enote tesla za gostoto magnetnega polja uporablja enota gauss. V konkretnem primeru je pretvorba direktna $1 \text{ T} = 10^4 \text{ gaussa}$.

Označevanje: V elektrotehniki pogosto uporabljamo predpone k merskim enotam. To je potrebno zato, ker je razred velikosti veličin zelo različen. Kapacitivnosti so pogosto reda mikro, nano ali piko faradov (μF , nF , pF), uporabljajo se napetosti se od mikro voltov do mega voltov itd. Zveze nam prikazuje preglednica:

vrednost ime predpona

10^{-12}	piko	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	mikro	μ
10^{-3}	mili	m
10^3	kilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

Povzetek, vprašanja:

- 1) Razložite Ohmov zakon. Kakšne so omejitve tega zakona?
- 2) Razložite idealni in realni napetostni vir matematično in grafično (I-U karakteristika).
- 3) Razložite idealni in realni tokovni vir matematično in grafično (I-U karakteristika).
- 4) Kaj je delovna točka, kako jo določimo?
- 5) 1. in 2. Kirchoffov zakon.
- 6) Tokovni in napetostni delilnik.
- 7) Zaporedna in vzporedna vezava uporov.
- 8)