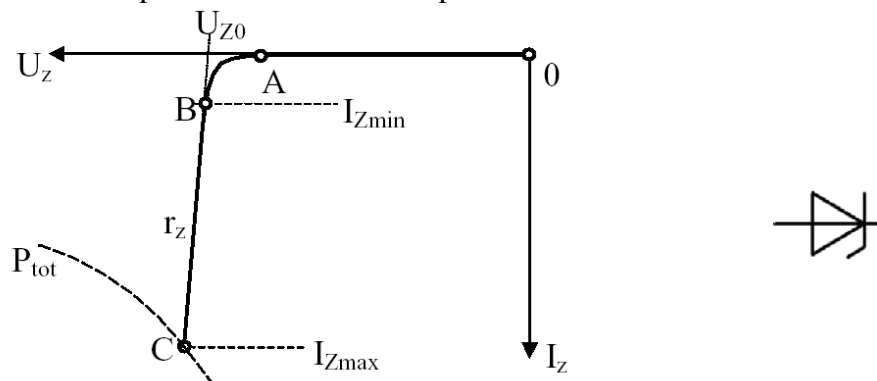


Zener dioda

Zener diode temeljijo na izkoriščanju t.i. Zenerjevega efekta, ki opisuje reverzibilni pojav plazovitega preboja PN spoja v reverzni smeri. Pri prekoračitvi določene reverzne napetosti (U_{Z0}) se namreč tok močno poveča (podobno kot v prevodni smeri), tako da se majhna sprememba napetosti odraži v veliki spremembi toka.



Slika: Karakteristika in simbol Zener diode

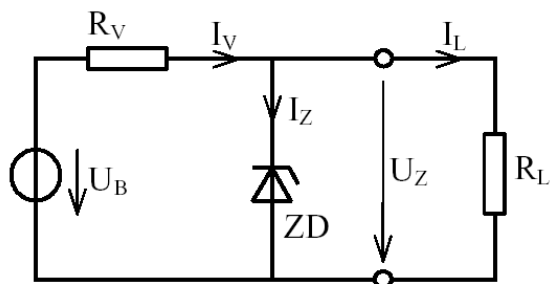
Zenerjev efekt oziroma Zener diode uporabljamo zato predvsem v funkciji napetostnih referenčnih členov in vezij za stabilizacijo napetosti, kjer želimo, da je izhodna napetost takšnih vezij čimmanj odvisna od obremenitve in napajalne napetosti. Da smo opisani nalogi kos, moramo zagotoviti, da tok skozi Zener diodo nikoli ne bo manjši od I_{Zmin} ter hkrati ne večji od I_{Zmax} (preobremenitev). Zener dioda je tem kakovostnejša čim manjša je njena r_Z .

Oznaka družine	BZX55	BZX85	BZV48	ZX
oznaka	BZX 55 C2V7 ...BZX55 C110	BZX85 C2V7 ...BZX85 C110	BZV48 C3V3 ...BZV48 C200	ZX 3,9 ... ZX 200
Zener napetost	2,7 ... 110 V	2,7 ... 110 V	3,3 ... 200 V	3,9 ... 200 V
Izgubna moč	0,5 W	1,3 W	5 W	10 W (hladilno telo)
Ohišje	Stekleno z aksialnimi priključki	Stekleno z aksialnimi priključki	Plastično z aksialnimi priključki	Kovinsko ohišje z vijakačno pritrditvijo

Tabela: Karakteristične lastnosti Zener diod nekaterih najpogostejših družin

Stabilizacijska vezja z Zener diodo

Vezje napetostnega stabilizatorja, ki je priključeno na vhodno neregulirano napetost, mora zagotoviti konstantno izhodno napetost ne glede na velikost izhodnega toka.

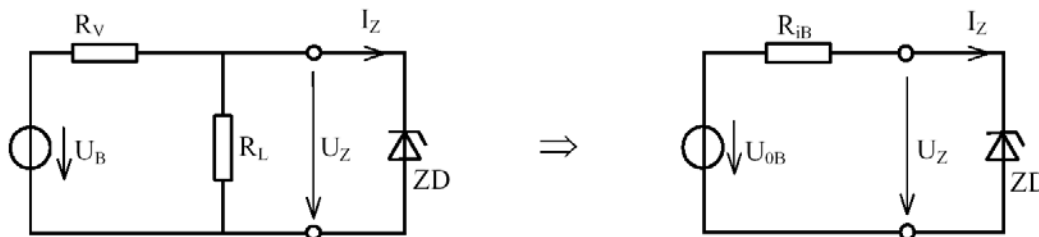


Slika: Najenostavnejši stabilizator napetosti

Najenostavnejše vezje za stabilizacijo napetosti je sestavljeno iz Zener diode in zaščitnega predupora. Vezje je priključeno na izvor nestabilizirane napetosti, ki pa mora biti večja od želene izhodne vrednosti. Breme je priključeno paralelno k Zener diodi, katere napetost je približno konstantna, če le zagotovimo, da bo tok skozi njo vedno v mejah med I_{Zmin} in I_{Zmax} . Izpolnitev slednjega pogoja lahko preverimo bodisi po grafični ali analitični poti.

Grafična določitev delovne točke

Osnova vseh grafičnih rešitev je, da vezje predhodno razdelimo na aktivni in pasivni dvopol. Mesto prvega reza si vzemimo tako, da aktivni dvopol sestavljajo vir napetosti, predupor in bremenski upor, medtem ko pasivni dvopol tvori Zener dioda.

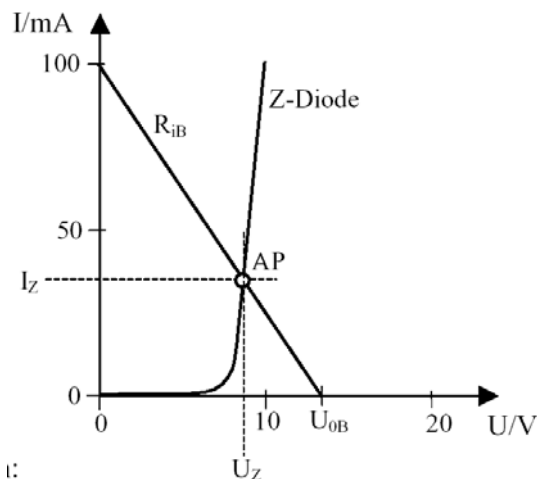


Slika: Nadomestno vezje po Theveninu – primer I

Nad aktivnim dvopolom uporabimo Theveninov izrek, ki vezje poda z ekvivalentnim napetostnim virom in z njegovo notranjo upornostjo

$$U_{0B} = U_B \cdot \frac{R_L}{R_V + R_L} = 13,3 \text{ V}$$

$$R_{iB} = \frac{R_V \cdot R_L}{R_V + R_L} = 133,3 \Omega.$$



Slika: Grafična določitev delovne točke – primer I

Tako popisano vezje ponazorimo v grafični obliki z njegovo karakteristiko, ki jo vnesemo ob karakteristiko Zener diode. Presečišče karakteristik tvori delovno točko, iz katere razberemo aktualne napetostno tokovne razmere v vezju

$$I_Z \approx 35 \text{ mA} \quad U_Z \approx 8,7 \text{ V}.$$

Preostale električne veličine vezja se izračunajo po analitični poti:

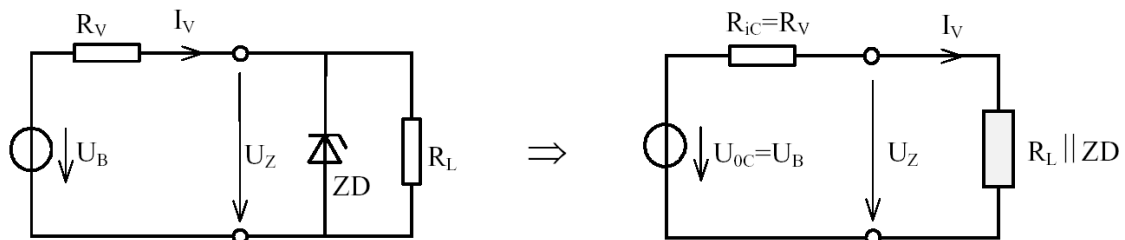
$$I_L = U_Z/R_L = 21,75 \text{ mA}$$

$$U_L = U_Z \approx 8,7 \text{ V}$$

$$I_V = I_Z + I_L = 56,75 \text{ mA}$$

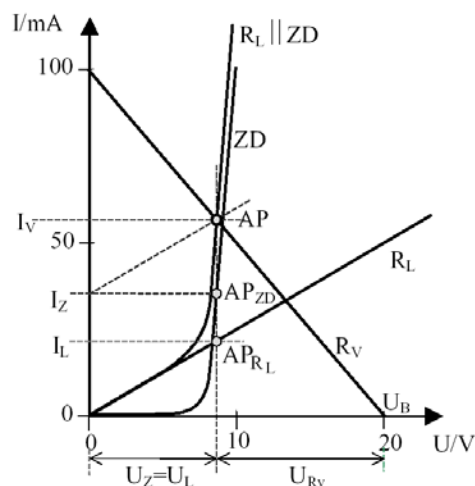
$$U_{R_V} = U_B - U_Z \approx 11,3 \text{ V}$$

Do opisanih napetostno tokovnih razmer pridemo lahko tudi tako, da v izhodiščnem vezju napravimo rez tako, da aktivni dvopol sestavljajo vir napetosti in predupor, medtem ko pasivni dvopol tvori Zener dioda skupaj z bremenskim uporom.



Slika: Nadomestno vezje po Theveninu – primer II

Karakteristiko aktivnega dvopola vrišemo v graf na podoben način kot v predhodnem primeru, medtem ko moramo karakteristiko nelinearnega, pasivnega dvopola še konstruirati. To storimo z združitvijo obeh delnih karakteristik, ki ju vrišemo ter seštejemo po ordinati.



Slika: Grafična določitev delovne točke – primer II

Presečišče karakteristik obeh delnih dvopolov podaja delovno točko, ki je opisana s parom

$$U_Z = U_L \approx 8,7 \text{ V} \quad I_V \approx 56,7 \text{ mA}.$$

Ker delovna točka (AP) podaja izhodno napetost, lahko iz grafa sočasno odčitamo tudi vrednosti

$$I_Z \approx 35 \text{ mA} \quad I_L \approx 21,5 \text{ mA}$$

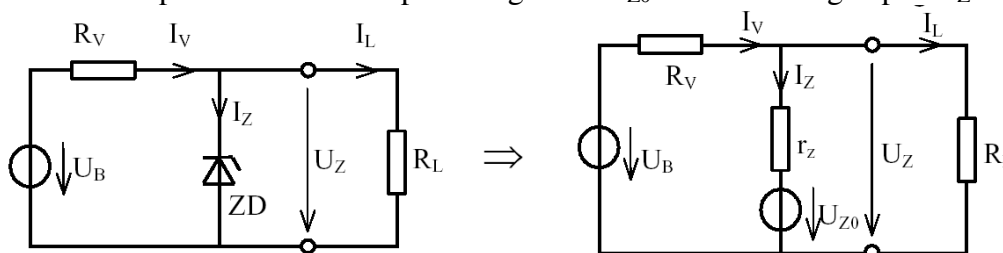
ter napetost na zaščitnem preduporu

$$U_{RV} = U_B - U_Z \approx 11,3 \text{ V}.$$

Čeprav obe grafični metodi podajata približne rezultate, v praksi takšen postopek reševanja pogosto uporabljamo, saj hitro pokaže ali se delovna točka Zener diode nahaja v linearnem delu karakteristike.

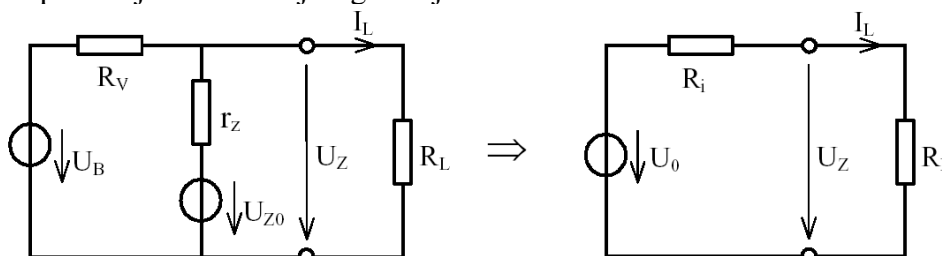
Analitična določitev delovne točke

Analitično reševanje pričnemo z linearizacijo karakteristike Zener diode, ki jo predstavimo z zaporedno vezavo napetostnega vira U_{Z0} in diferenčnega upora r_Z .



Slika:

V naslednjem koraku s Theveninovim izrekom kompleksno vezje aktivnega dvopola, ki ga sestavljata dva vira napetosti, ponazorimo z nadomestnim napetostnim virom in notranjo upornostjo stabilizacijskega vezja.



Slika:

Napetost nadomestnega vira najhitreje določimo s pomočjo principa superpozicije

$$U_0 = U_B \frac{r_Z}{R_V + r_Z} + U_{Z0} \frac{R_V}{R_V + r_Z} = 9,09 \text{ V}.$$

Notranja upornost stabilizacijskega vezja je

$$R_i = \frac{R_V \cdot r_Z}{R_V + r_Z} = 18,18 \Omega.$$

Od tu lahko izračunamo razmere na izhodu vezja $I_L = \frac{U_0}{R_L + R_i} = 21,74 \text{ mA}$ in

$$U_L = U_Z = U_0 \frac{R_L}{R_L + R_i} = 8,7 \text{ V}.$$