

5. POOLJUHTDIOODID



5.1. Pooljuhtdiodide liigid

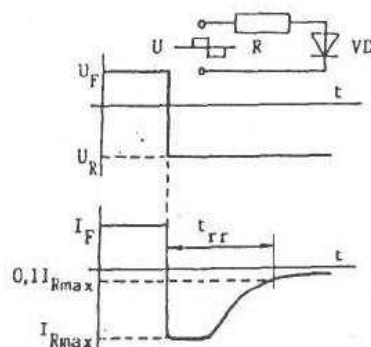
Pooljuhtdiodid on pooljuhtseadised, mille põhiosaks on pooljuhtkristalli tekitatud p-n-siire, mis on varustatud eri osadega ühendatud viikudega ja paigutatud standardsesse kesta. Kest võib olla kas klaasist, plastist või metallist. Metallkesti kasutatakse reeglina suurevoolulistel diodidel ja tavaliselt on see parema jahutuse võimaldamiseks ühendatud diodi katoodiga.

Kasutusel on olnud erinevaid diodide liigitusi, praegu on enamlevinud diodide liigitus lähtudes nende kasutusala. Kui diodis leiab kasutust p-n-siirde põhiomadus s.o. ühesuunaline elektrijuhtivus ehk ventiili toime, nimetatakse neid dioode põhidiodideks ehk lihtsalt diodideks. Kui aga leiab kasutust mõni p-n-siirde eriomadus, nagu näiteks p-n-siirde mahtuvus, siis on tegemist eriotstarbeliste diodidega. Põhidiodideks on alaldusdiodid ja lülitidiodid (ka universaal ja impulssdiodid). Eriotstarbelistest diodidest on enamlevinud stabilitronid, mahtuvusdiodid, fotodiodid.

Diodide põhiparameetrid on järgmised:

1. suurim lubatav päriool I_{FMAX} , mis antakse diodi tüübist sõltuvalt kas keskvaartusena, maksimaalvaartusena või impulssvooluna, viimasel juhul antakse ka impulsi kestus;
2. suurim lubatav vastupinge U_{RMAX} , mis antakse samuti, kas alalis-, kesk- või maksimaalvaartusena;
3. pingelang pärirežiimis U_F , antakse kas suurimal pärioolul või kui mingil muul voolul, siis antakse pärioolu vaartus;
4. suurim alalisvastuvool, mis on suurim lubatav vastuvool antud vastupingel;
5. vastutakistuse taastumiskestus t_{rr} , niis on ajavahemik päripingelt vastupingele lülitamise hetkest kuni hetkeni, mil ümberlülitumisel kujunev vooluimpulss kahaneb etteantud vaartuseni (vt. joonis 5.1).

JOONIS 5.1.



Sõltuvalt konkreetsest diodi kasutamise otstarbest võidakse kasutada ka veel teisi parameetreid.

5.2. Alaldusdiodid

Rectifier Diode

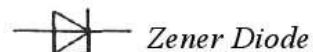
Alaldusdiodid on ette nähtud vahelduvvoolu muundamiseks alalisvooluks toite otstarbel. Seega on nad suurevoolulised diodid, mille lubatav päriool on mõnesajast milliamprist sadade ampriteni. Dioode, mille lubatav päriool on suurem kui 10A, nimetatakse ka jõudiodideks. Sageli valmistatakse alaldusdioode diodsiidadena, kus sildlülitusse ühendatud diodid on paigutatud ühisesse kesta.

Lubatav vastupinge ulatub alaldusdiodidel sadadest tuhandete voltideni. Töö-sagedused olid varem alaldusdiodidel madalad ja reeglina ei ületanud 5 kHz. Praeguseks, tänu muundamisega toiteplokkide laiale levikule, ulatuvad need aga sadade kilohertsideni. Sellest tulenevalt liigitavad mõned firmad alaldusdioode vastusuunatakistuse taastumiskestusest sõltuvalt tavalisteks, kiireteks ja ülikiireteks alaldusdiodideks. Nendest tavalistel taastumiskestust t_n ei normeerita, kiiretel on see >100 ns ja ülikiiretel <100 ns. Eri liigina vaadeldakse tavaliselt ka Schottky alaldusdioode, mis tänu väikesele päripingelangule ($U_F < 0,75$ V) on eriti sobivad madalapingelistes alaldites kasutamiseks. Schottky diodide taastumiskestus võib olla eriti väike, isegi $< 1,5$ ns.

Switching Diode

5.3. Lülitidiodid

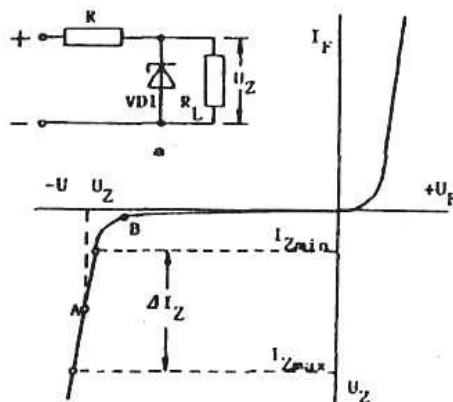
Lülitidiodid on ette nähtud vooluahelate katkestamiseks ja sulgemiseks, mistõttu on oluline kiire avanemine ja sulgumine. Samuti sobivad nad kasutamiseks kõrg-sagedusahelates. Lubatavad päri voolu ja vastupinge väärtused on neil tunduvalt väiksemad kui alaldusdiodidel.



Zener Diode

5.4. Stabilitronid ja stabistorid

Stabilitron (ka Zeneri diod) on ränidiod, mis töötab läbilöögirežiimil ja mis hoiab temaga paralleelselt ühendatud koormusel pinge peaaegu muutumatuks, kuigi toitepinge või koormusvool muutuvad. Stabilitroni töö põhineb p-n-siirde teatud kindla vastupinge väärtust U_Z ületaval toimel, mil järsult väheneb diodi takistus ja tugevneb teda läbiv vool. Kui siirdes hajuv võimsus seejuures ei ületa lubatavat väärtust, on selline režiim lubatav (vt. joonis 5.2).



JOONIS 5.2.

Stabilitrone iseloomustavad parameetrid on järgmised:

1. stabiliseerimispinge U_z on stabilitronil tekkiv pinge, kui ta on stabiliseerimisrežiimis ja kui teda läbib stabiliseerimisvoolu nimiväärtus I_{z_n} ;
2. vähim lubatav stabiliseerimisvool $I_{z_{min}}$ on stabiliseerimisvoolu vähim väärtus, millel läbilöögirežiim on stabiilne;
3. suurim lubatav stabiliseerimisvool $I_{z_{max}}$ on stabiliseerimisvoolu suurim väärtus, mil stabilitron ei kuumene üle lubatu;
4. diferentsiaaltakistus r_z on stabilitroni takistus voolu muutustele stabiliseerimispiirkonnas:

$$r_z = \Delta U_z / \Delta I_z$$
;
5. stabiliseerimispinge temperatuuritegur auz näitab stabiliseerimispinge muutust protsentides temperatuuri muutumisel 1°C võrra (tegur võidakse anda ka pingemuutusega millivoltides). Sõltuvalt läbilöögil esinevatest nähtustest võib see tegur olla kas positiivne või negatiivne.

Peale tavaliste stabilitronide valmistatakse veel täppisstabilitrone ja kahe-anoodilisi stabilitrone.

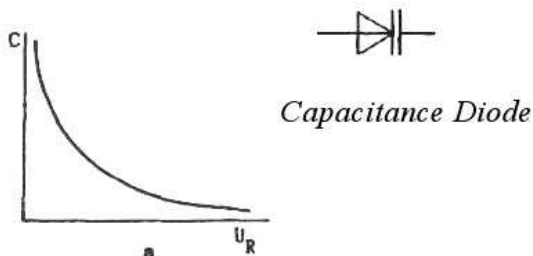
Täppisstabilitronide stabiliseerimispinge sõltub väga vähe temperatuurist. Selle saavutamiseks on neis stabiliseeriva siirdega järjestikku kaks päripingestatud siiret, mille pingelang muutub temperatuurist vastupidiselt stabiliseeriva siirdega ja kompenseerib seega esineva stabiliseerimispinge muutuse.

Kaheanoodilises stabilitronis on kaks stabilitroni ühendatud nii, et üks on alati pärisuunas ja teine vastusuunas. Sel juhul ei ole vaja pöörata tähelepanu stabilitroni ühendamise polaarsusele ja pärisuunas töötav siire toimib ka temperatuuritoimet kompenseeriva elemendina.

Ränidiodi pärisuunatusjoon on samuti väga järsu tõusuga. See võimaldab kasutada ka pärisuuna režiimi 0,6... 1 V püsiva pinge saamiseks. Tööpunkt valitakse siis pärisuuna tunnusjoone järsult tõusval osal. Kõrgema stabiliseerimispinge saamiseks ühendatakse neid kaks või kolm ühte korpusesse järjestikku. Selliseid seadiseid nimetatakse stabistorideks. Nende stabiliseerimispinge on väiksem kui stabilitronidel ja ka stabiliseeriv toime on väiksem.

5.5. Mahtuvusdiodid

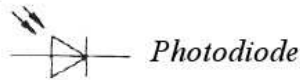
Mahtuvusdiod ehk varikap on ränidiod, mille puhul kasutatakse p-n-siirde mahtuvuse sõltuvust vastupingest. Diod toimib sel juhul elektriliselt tüüritava muutkondensaatorina, mille elektrodidevahelise dielektriku - siirde - tõkkekihi paksus suureneb vastupinge suurenemisel. Põhiliselt kasutatakse mahtuvusdiodi raadio- tehnikas võnkeringide häälestamiseks soovitud sagedusele, kus nad on välja tõrjunud varem laialdaselt kasutatud pöördkondensaatorid. Mahtuvusdiodi tüüpiline mahtuvuse sõltuvus pingest on toodud joonisel 5.3.



JOONIS 5.3.

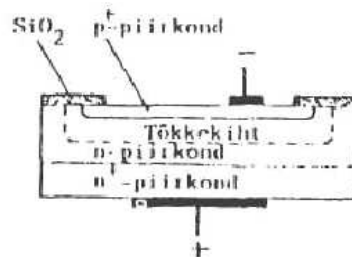
Mahtvusdiodide parameetrid on järgmised:

1. minimaalvool $C_{tot\ n}$ on diodi mahtvus teatud väikesel vastupingel;
2. mahtvuse kattetegur $k = C_{tot\ U1} / C_{tot\ U2}$ väljendab minimaalvoolu ja suurimale lubatavale vastupingele vastava minimaalse mahtvuse suhet;
3. hüvetegur $Q = X_c / R_K$, kus X_c on mahtvusdiodi reaktiivtakistus ja R kaotakistus;
4. mahtvuse temperatuuritegur on mahtvuse suhteline muutus temperatuuri muutumisel 1°C võrra.



5.6. Fotodiod

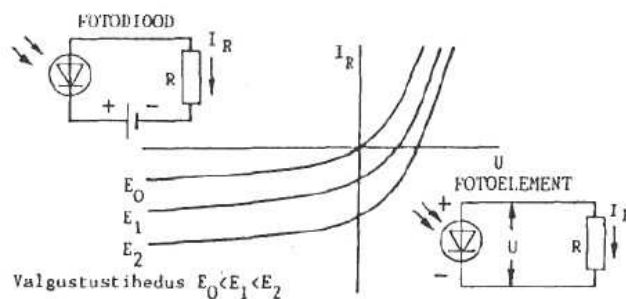
Fotodiod on pooljuhtdiod, mis on konstrueeritud nii, et on võimalik valguse pääs p-n-siirde tsooni ehk täpsemalt tõkkekihti. Tõkkekihti sattunud valguskvandid tekitavad oma energia toimele seal voolukandjate - elektronide ja aukude - paare. Tekkinud laengukandjate paarid sattuvad tõkkekihis seal mõjuva elektrivälja toime alla ja selle mõjul liiguvad augud pooljuhi p-ossa ja elektronid n-ossa. Fotodiodi skemaatiline konstruktsioon on toodud joonisel 5.4.



JOONIS 5.4.

Nimetatud laengukandjate liikumise tulemusena tekib fotodiodi klemmidel valgustustugevusest sõltuv elektromotoorjõud. See on fotodiodi generaatori ehk fotoelemendi režiim, mida kasutatakse fotoelementides ja päikesepatareides. Automaatikas kasutatakse fotodiodi generaatorirežiimi harva, kuna tal on suur inerts.

Kui pingestada fotodiod vastupingega, tekib fotodiodi režiim, kus diodi vastuvool hakkab sõltuma valgustusest. Selles režiimis on inerts väga väike ja fotodiodi saab kasutada väga kiirete (isegi nanosekundiliste) valgusmuutuste registreerimiseks. Seejuures on voolu muutused praktiliselt lineaarses sõltuvuses valgustustugevusest. Fotodiodi tunnusjooned on toodud joonisel 5.5.



JOONIS 5.5.

5.7. Dioodide tähistamine

Tähistussüsteemid on eri maades ja eri firmadel erinevad.

Euroopa süsteemis koosneb dioodi tähis kolmest või viiest elemendist.

Esimene element on täht, mis näitab kasutatud materjali: A - germaanium, B - räni, C - galliumarseniid, D - indiumantimoniid.

Teine element koosneb kas ühest või kahest tähest, millest esimene määrab seadise liigi: A - üldotstarbeline diood, B - mahtuvusdiod, P - fotodiod, Q - valgusdiod, T - türistor, Y - suure võimsusega alaldusdiod, Z - stabilitron. Teine täht elemendis pole olulise tähtsusega ja see on tootja tähistus.

Kolmas element on kahe või kolmekohaline number, mis on seadise registreerimisnumber.

Neljandat ja viiendat elementi kasutatakse ainult stabilitronidel, millest neljas element on täht ja määrab stabiliseerimispinge tolerantsi: A - $\pm 1\%$, B - $\pm 2\%$, C - $\pm 5\%$, D - $\pm 10\%$.

Viies element on number, mis määrab stabiliseerimispinge. Kui see on antud kümnendkohaga, siis on koma kohal täht V. Suurevõimsuslistel alaldusdiodidel määrab see number suurima vastupinge, kusjuures neljas element puudub.

Näiteks AA113 on üldotstarbeline germaaniumdiod, BZ88-C4V7 on räni-stabilitron, stabiliseerimispinge täpsusega $\pm 5\%$, stabiliseerimispingega 4,7 V.

USA süsteemis kasutatakse kolme tähistuselementi. Esimene element koosneb ühest numbrist ja tähest, mis määrab seadise liigi ning dioodi tähiseks on 1N. Teine element on neljakohaline number, mis on seadise registreerimisnumbriks. Kolmas element on täht, mis osutab tüübiteisendile või eriomadustele, näiteks 1N2033A.

Jaapani süsteem on põhimõtteliselt samasugune, ainult dioodi tähisena kasutatakse 1S.

Vene tähistussüsteemis koosneb dioodi tähis viiest elemendist. Esimene element on täht või number, mis määrab kasutatud materjali: Г või 1 - germaanium, К või 2 - räni, А või 3 - galliumi ühendid.

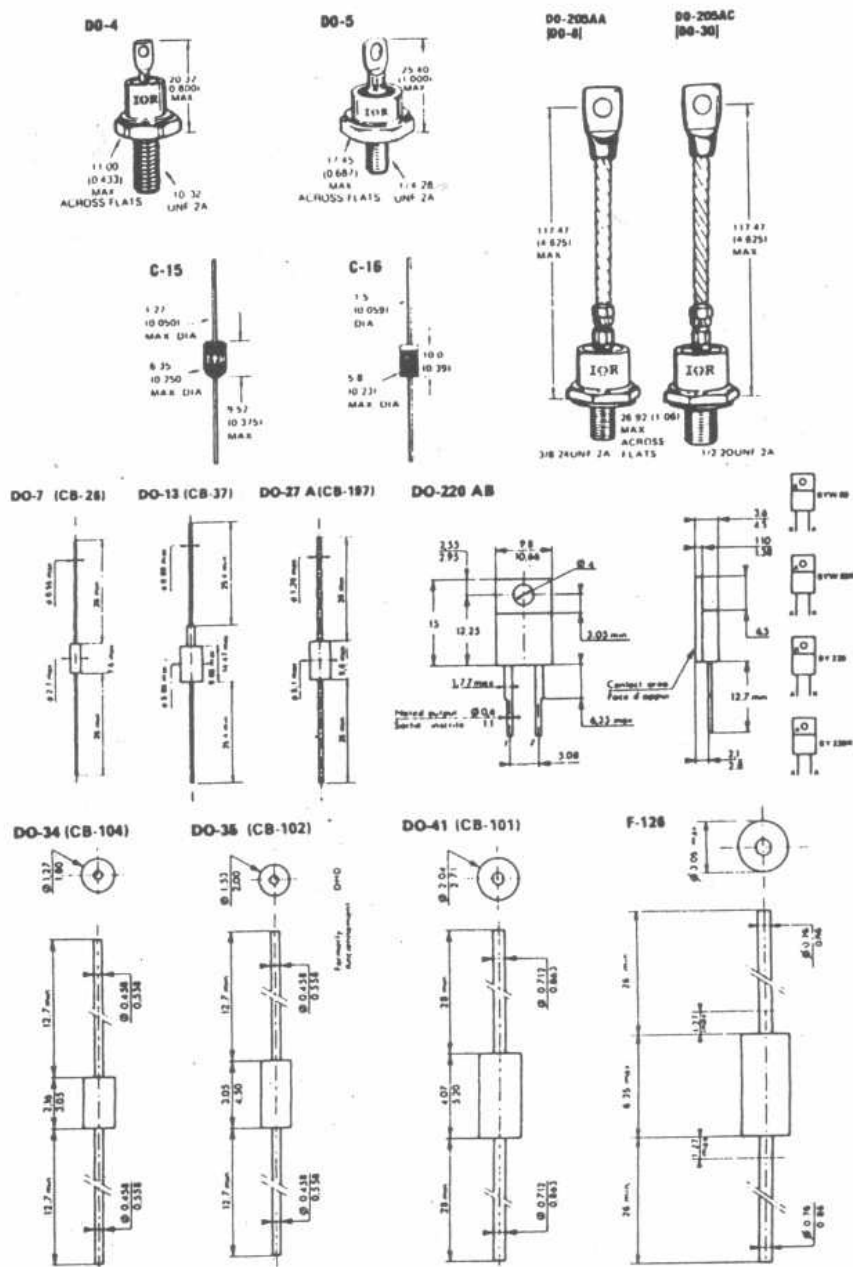
Teine element on täht, mis määrab seadise liigi: А ülikõrgsagedusdiod, В mahtuvusdiod, А alaldus-, lüliti- ja teised dioodiliigid, А valgusdiod, С stabilitronid, U - alaldusplokid.

Kolmas element on ühekohaline number, mis määrab antud seadise täpsema otstarbe, kusjuures numbri tähendus on eri seadiste liikidel erinev. Liik А puhul: 1-segustus-, 2-detektor-, 5-lüliti-, 6-kordistusdiodid. Liik А : 1 - päriool kuni 0,3 A; 2 - päriool kuni 10 A. 4, 5, 6, 7 ja 8 - lülitidiodid erinevate taastumiskestustega. Liik С : 1 - hajuvõimsus kuni 0,3 W; 2 - hajuvõimsus kuni 5 W; 3 - hajuvõimsus kuni 10 W. Liik U : 3 - päriool kuni 0,3 A; 4 - päriool kuni 10 A.

Neljas element on kahekohaline number, mis on seadise registreerimisnumbriks, kuid stabilitronidel väljendab ta stabiliseerimispinget. Stabiliseerimispingetel alla 10V tuleb kahe numbri vahele panna koma. Näit. KC191A on väikesevõimsuseline ränistabilitron stabiliseerimispingega 9,1V. Viies element on täht, mis määrab versiooni. Näit. KA411B on räni-alaldusdiod voolule kuni 10A, registreerimisnumbriga 11. versioon A.

Suurematel dioodidel kantakse tähis korpusele, väiksematel pole see aga võimalik ja seepärast kasutatakse tähistamist värvikoodiga. Diodide värvikoodid võib leida käsiraamatust L1.

Diodidel kasutatakse standardiseeritud korpust, nende tähised kujud ja mõõdud on toodud joonisel 5.6.



JOONIS 5.6.