

## 8. DIODO IDEALAREKIKO DESBIDERATZEAK

---

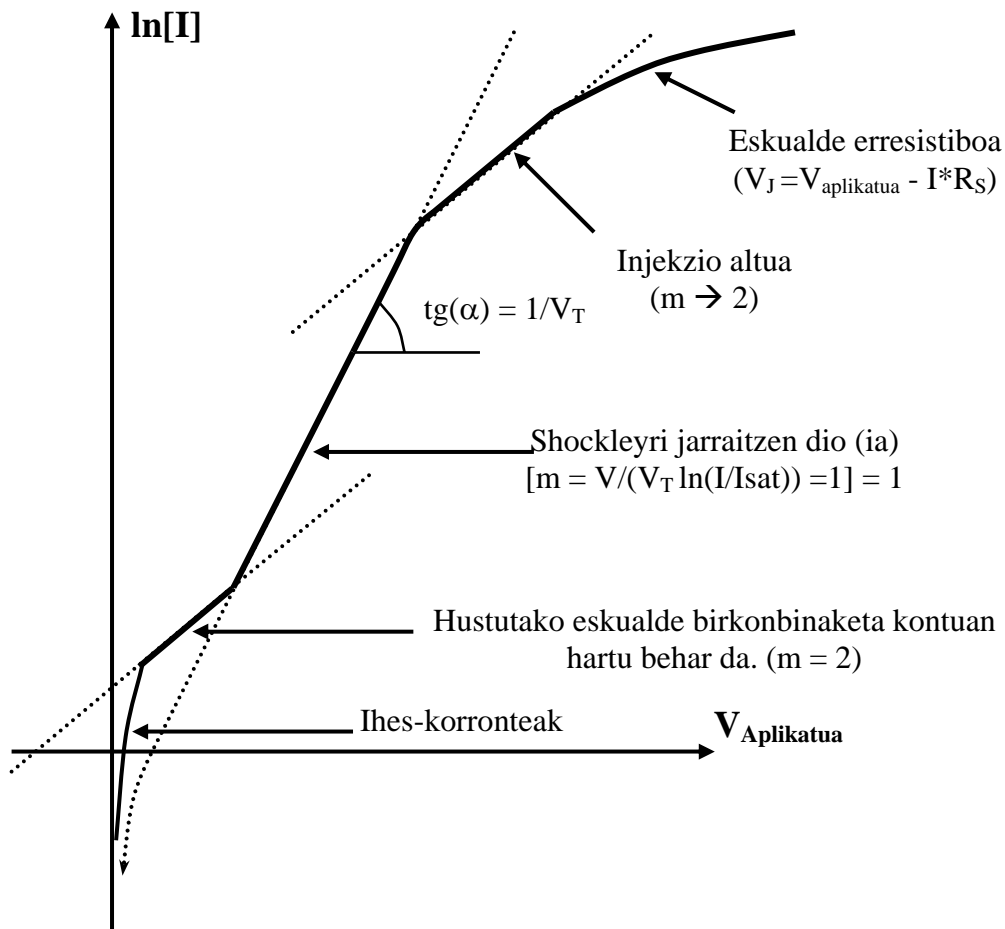
Diodorako ebatzi dugun ekuazioa, bat dator diodo errealen portaerarekin hurbilketa batzuk betetzen direnean —eta funtzionamendu puntu interesgarrietan betetzen dira—. Baina, egin ditugun hipotesiak batzuetan betetzen ez direnez, ezaugarri-kurba aldatzen da.

### 8.1 Desbideratzeak polarizazio zuzenean

Zehatzak ez diren hipotesiak, honako hauek dira, besteak beste:

- Hustutako eskualdean ez dago birkonbinaketarik
- Injekzio baxuan gaude
- Tentsio osoa hustutako eskualdean agertzen da

Atal honetan, hipotesi horiek ez betetzeak dakartzan eraginak (ikus 8.1 Irudia) analizatuko dira.

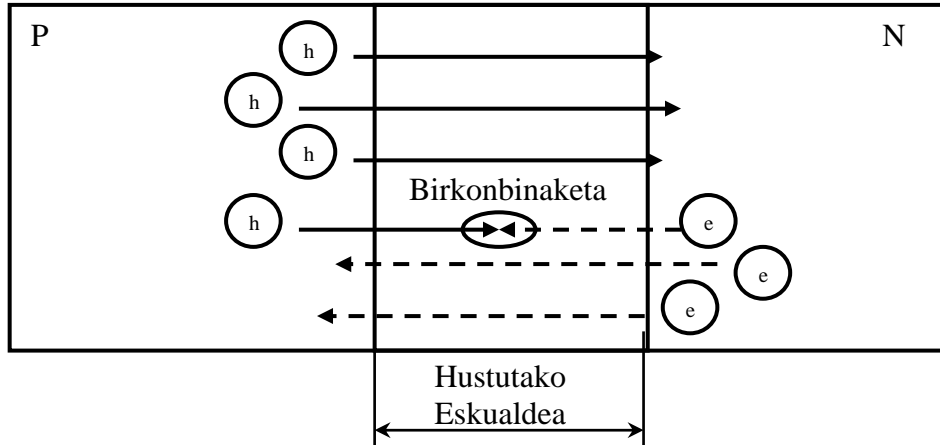


**8.1 Irudia.** *Korronte-tentsio ezaugarriaren desbideratzeak polarizazio zuzenean*

**8.1.1 HUSTUTAKO ESKUALDEAN EZ DAGO BIRKONBINAKETARIK?**

Hustutako eskualdean sorrera eta birkonbinaketa nulutzat jotzen dituen hipotesia ez da zehazki betetzen. Korronteak eskualde hori zeharkatzen duenean, bi motetako eramaileak gurutzatzen direnez, jada ez dago hain hutsik eta birkonbinaketa gerta daiteke.

Horrek dakarren *gehiegizko* korrontea, jatorrizko korrontearen noranzko berean doa. Izan ere, fluxu hori lehen aintzat hartu ez dugun arren, ez du difusioko korronteetan edo profiletan eraginik. Lehenago kontuan hartu ez dugun korrontearen osagai hori gehitu behar dugu, besterik ez.



**8.2 Irudia.** Hustutako eskualdeko birkonbinaketa gehitzea: barreiapenaren kontuaz, 2 elektroi eta 3 hutsune bakarrik zenbatuko ditugu, baina 6 eramaile daude

Maila honetan frogatzerik ez badugu ere:

$$J_{\text{hustutako\_eskualdea}} = J_{\text{sat\_hustutako\_aldea}} \cdot \left( e^{\frac{v}{2V_T}} - 1 \right)$$

$$J_{\text{sat\_hustutako\_aldea}} = \frac{qn_i \cdot l_{\text{hustutako\_aldea}}}{2\tau_{\text{hustutako\_aldea}}}$$

$$\text{eta, beraz, } J_T = J_{\text{sat\_hust\_aldea}} \cdot \left( e^{\frac{v}{2V_T}} - 1 \right) + J_{\text{sat\_esk\_neutroak}} \cdot \left( e^{\frac{v}{V_T}} - 1 \right)$$

Argi dagoenez, tentsio altuetan, bigarren batugaia handiagoa izango da. Tentsio baxuetan, aitzitik, normalean hustutako eskualdeko asetasuneko korronea eskualde neutroetakoa baino handiagoa izaten denez, korronea hustutako eskualdeko birkonbinaketak menperatzen du.

**8.1.2 INJEKZIO BAXUAN GAUDE?**

Injekzio baxuko kasua besterik ez dugu analizatu. Ez dugu frogatuko, baina, eskualde neutroetan eramaile- eta ezpurutasun-kontzentrazioak parekoak direnean (tentsioak altuak direnean), korronte nagusiaren (eskualde neutroen korrontearen) hazkundearen esponentziala moteltzen da.

Orduan, Shockley-ren ekuazioak kale egiten du eta korronte-dentsitatea beste formula honen bidez kalkula dezakegu:

$$J_{esk\_neuroak\_injekzioaltuan} = J_{sat\_inj\_altua} \cdot \left( e^{\frac{V}{2V_T}} - 1 \right)$$

non agertzen den  $J_{sat}$  berria oso handia baita.

**Formula horrek ez du injekzio baxuan balio.**

### 8.1.3 TENTSIO OSOA HUSTUTAKO ESKUALDEAN AGERTZEN DA?

Esan dugunez, eskualde neutroetan eramaile asko ditugunez (dopaketa altuaren ondorioz) eroankortasuna altua da eta, beraz, erresistibitatea txikia [ $\rho \sim 1/(q\mu_M M)$ ]. Erresistentzia txikia denez,  $I \times R = I \times \rho \times W / A$  ez dugu aintzat hartzen. Antzeko zerbait gertatzen da kontaktuekin. Hala ere, korronteak altuak direnean, erresistentzia txiki horrek ere tentsio nabaria dakar. Junturan benetan dugun tentsioa  $V_{juntura}$  bada,

$$I = I_{sat} \times [\exp(V_{juntura}/V_T) - 1]$$

$$\text{Eta } V_{R_{serie}} = I \times R_{serie}$$

$R_{serie}$  parametroan, kontaktuen eta eskualde neutroen erresistentzia jasotzen dira.

Beraz, aplikatutako tentsio osoa  $V_{aplikatua} = V_{juntura} + V_{R_{serie}}$  geratzen zaigu:

Hau da, korronte bat lortzeko, hasierako formulak aurreikusten duen tentsioa baino handiagoa aplikatu behar dugu. Tentsio alde hori aintzat ez hartzekoa izango da korrontea oso handia ez bada, baina, fenomenoak korronte altuetan, asko nabarmentzen da, maiz injekzio altuan sartu baino lehen.

## 8.2 Desbideratzeak alderantzizko polarizaziopean

### 8.2.1 JUNTURAREN HAUSTURA ETA ZENER DIODOAK

Shockleyren ekuaziotik, diodoa korronte oso txikian asetzen da alderantzizko polarizazioan. Hala, -0.5 voltetik aurrera, korrontea  $-I_{sat}$  da.

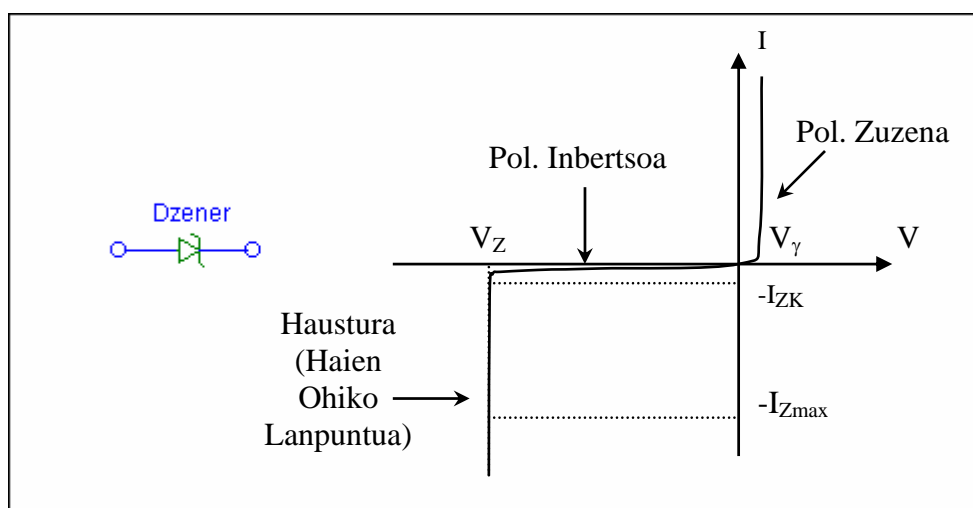
Tentsio negatiboa handitzen jarraitzen badugu, ordea,  $-V_{BreakDown}$  tentsiora iristean, eroatea bat-batean errazten da hemen analizatuko ez ditugun mekanismoak direla medio (besteak beste, oldarrek edota tunel efektuak dakarten hustutako eskualdeko sorreraren bidez).

Orduan, tentsioa eta korrontea handiak izaten dira eta, xahutu behar den potentzia ( $I \times V$ ) nahiko altua suertatzen denez, dispositiboa haustera ere iritsi ohi da. Eroatea errazten duen tentsio horri **hausturako tentsioa** edo disrupzio-tentsioa esaten diogu. Ohiko diodoetan,  $V_Z = V_{BD} = 1000$  volt ingurukoa izaten da.

Aplikaziorik usuenetan ez da komenigarria izango diodoa hausturan sartzea baina, badirenez kasu interesgarri jakin batzuk, badaude hausturako tentsioetan lan egiteko diseinatzen diren diodoak: **Zener diodoak**.

Normalean, Zenerren hausturako tentsioa ez da oso altua izaten (izan ere, zenbat eta tentsio baxuagoa orduan eta balio erantsi handiagoa izaten dute) eta 6, 10, 20, 30 edo 40 volt inguruan kokatzen da. Hausturako tentsioa, batez ere, dopaketaren funtzioa da (ezpurutasun kontzentrazioarekiko alderantziz proportzionala, hain zuzen ere).

Korrontearen hazkundea ia bat-batean gertatzen da eta, korronte-tarte zabal batean, tentsioa  $V_Z$ -ren inguru hurbilean mantentzen da. Ematen du diodoari ezin zaiola hausturako tentsioa baino altuagorik ezarri eta, beraz, Zener diodoak, nolabait, tentsioa mugatzen du. Askotan, tentsio hori finkatzeko, ziurtatzeko, erabiliko da.



### 8.3 Irudia. Zenerren ikurra eta ezaugarria, haustura-eskualdea adieraziz

#### Hausturan egoteko korronte minimoa eta maximoa

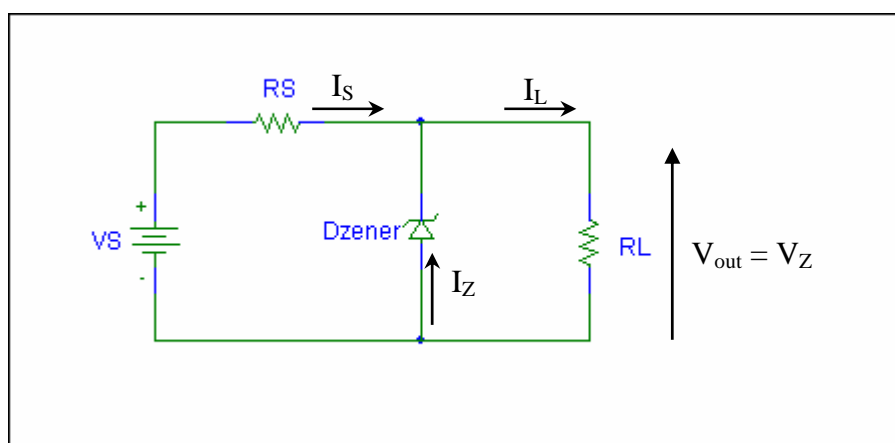
Ezaugarrian ikusten dugunez, korrontea  $I_{ZK}$  baino txikiagoa bada, ukondoan edo bihurgunean gaude eta ezin esan tentsioa  $V_Z$  denik. Beraz, zirkuituak egokiro funtzionatzen dutela ziurtatzeko korronte minimoa da  $I_{ZK}$ .

Bestela, diodoak gehieneko potentzia jakin bat ( $P_{max}$ ) xahu dezakeenez,  $V_Z$  finkaturik, gehieneko korronte bat ( $I_{max}$ ) egongo da:  $I_{max} = P_{max} / V_Z$ .

Nahiz eta gauzak horrelakoak izan, problema askotan,  $I_{ZK} \sim 0$  eta  $I_{max}$  infinitutzat joko ditugu eta  $V_Z$  bakarrik erabiliko dugu, Zenerra *ideala* dela jota (ematekotan,  $I_{ZK}$  eta  $I_{max}$  balio positiboekin ematen dira).

## 8.2.2 ZIRKUITUAK ZENER DIODOEKIN: ERREGULADOREAK

Praktikan, lehenago esan bezala, Zener diodo bat zirkuitu batean inbertsoan jartzean, tentsioa mugatu edo finkatzen digu. Hori dela eta, diodo erreguladoreak deitzen diegu. Erabilera tipiko hori 8.4 Irudian agertzen den zirkuituan lortu ohi da.



### 8.4 Irudia. Zener diodoak. Ohiko zirkuitua ( $I_Z$ negatiboa da)

Zirkuituaren helburua  $R_L$  kargan (zirkuitu baliokidean)  $V_Z$  tentsioa finkatzea da, nahiz eta  $V_S$ ,  $R_S$  eta  $R_L$  ezagunak edo zehatzak ez izan. Zirkuituak ondo lan egiten badu (hau da, Zenerretik pasatzen den korronea ikusi ditugun bi mugen artean badago):

$$I_L = V_Z/R_L \quad \text{eta} \quad I_S = (V_S - V_Z)/R_S$$

$$\text{Beraz, } I_Z = I_L - I_S = V_Z/R_L - (V_S - V_Z)/R_S = -[V_S/R_S - V_Z(1/R_S + 1/R_L)]$$

Baina horrela izateko (hipotesia zuzena izateko), bi baldintza bete behar dira:

$$\triangleright -I_Z > I_{ZK} \rightarrow V_S/R_S - V_Z(1/R_S + 1/R_L) > I_{ZK}$$

$$V_S > V_Z(1 + R_S/R_L) + I_{ZK} \times R_S > V_Z(1 + R_S/R_L)$$

$$\triangleright -I_Z < I_{\max} \rightarrow V_S/R_S - V_Z(1/R_S + 1/R_L) < I_{\max}$$

$$V_S < V_Z(1 + R_S/R_L) + I_{\max} \times R_S$$

Lehenengo ezberdintasuna betetzen ez bada, Zenerrak korrone txikiko eskualdean lan egingo du (esango dugu OFF egoeran dagoela).

Bigarren hipotesia okerra bada, Zenerrak hausturan lan egingo du, baina, denborarekin, apurtu egingo da (potentzia altuegia barreiatu beharko du-eta).

Bestela (hau da, normalean erabiltzen diren lan-baldintzetan),  $V_S$ ,  $R_S$  eta  $R_L$  ezberdinetarako,  $V_Z$  tentsio finkoa lortzen da  $R_L$  'zirkuituan', horretarako gainontzeko korrone eta tentsioak egokituz.