

# ERREGULAZIO-ZIRKUITUEN KALKULUA

## 1. NORMALIZAZIOA

Erregulazio teknikoaren problemak magnitude normalizatuekin kalkulatu dira.

*Definizioa.*—Normalizazioa magnitude erlatiboekin egiten den kalkulua da. Hobespenez, magnitude izendatuari dagokio. Izan bedi ondoko ekuazioa:

$$X_a = K \cdot X_e \quad (1.1)$$

Hemen  $X_a$  eta  $X_e$  magnitude aldakorak dira, eta gainera dimentsionalak izan daitezke.

$X_a$  eta  $X_e$  dimentsio ezberdinekoak baldin badira,  $K$  konstanteak ere dimentsio bat izango du. Magnitude izendatuak  $N$  ikurrez seinalatzen baditugu, honako hau ondo egongo da

$$\frac{X_a}{X_{aN}} = K \cdot \frac{X_{eN}}{X_{aN}} \cdot \frac{X_e}{X_{eN}} \quad (1.2)$$

Hemendik aurrera, magnitude ez-normalizatuak letra handiz idatzirik azalduko dira; eta normalizatuak, letra txikiz.

Orduan, 1.2 ekuazioa honela idazten da

$$x_a = k \cdot x_e \quad (1.3) \quad k \text{ izanik} \quad k = K \frac{X_{eN}}{X_{aN}} \quad (1.4)$$

(1.3) ekuazioa, beti ez-dimentsionala izango da, (1.1) ekuazioa beti dimentsionala izanik.

## NORMALIZAZIOAREN ABANTAILAK

Ekuazio normalizatuak, beti ez-dimentsionalak dira: hots, alde batera uzten ditugu dimentsioen kontsiderazio nahasleak.

– Sistema normalizatu baten egituraren imajina askoz errazagoa da; eta, horrexegatik, sistema ez-normalizatuak baino garbiagoa.

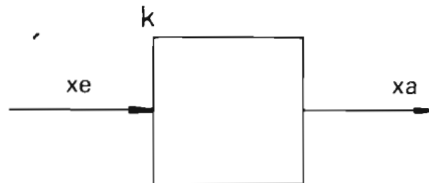
– Bestalde, kalkulagailu analogikoaren laguntzaz jokatzek badugu erregulazio problemak soluzionatzeko nahi eta nahi ez sistema normalizatu bat behar dugu.

## 2. SEINALEEN FLUXU-ESKEMA

Orokorki, erregulazio-sistema tekniko bat beren artean erlazionaturiko ekuazio matematikoez deskribatu daiteke. Azaltzen diren magnitudeen erlazioaren ideia orokor bat emateko, sistemaren seinaleen fluxu-eskemara jotzen dugu ekuazio matematikoen bidez.

Magnitudeak geziez adierazten dira.

$x_a = k \cdot x_e$  (2.1) formula hau honela errepresentatuko genuke (ikus 1. irudia).



I. IRUDIA

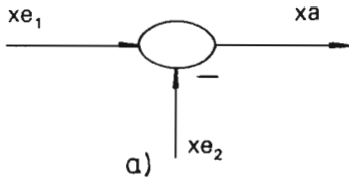
Hau ekuazio baten bloke-errepresentazioa da

Xa: Irteerako magnitudea

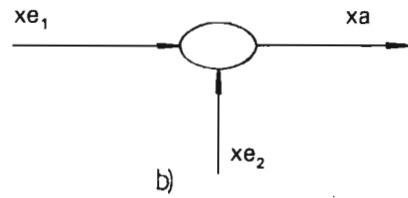
Xe: Sarrerako magnitudea, eta

k: Anplifikazioa  
izanik

Batuketa edo kenketa egitera behartzen bagara, hauen errepresentazioa batuketako puntuaz egingo litzateke (ikus 2a eta 2b irudiak).



2a IRUDIA

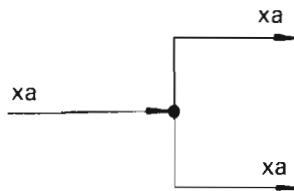


2b IRUDIA

Minus zeinua gezi batean azaltzen denean, honek adierazi nahi duena zera da:

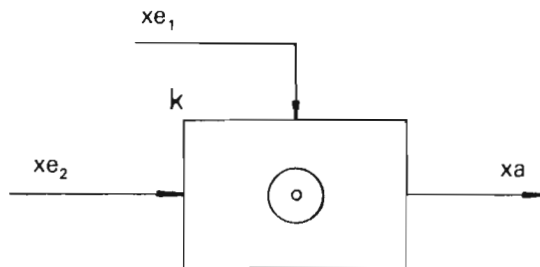
Batuketako puntuan azaltzen diren magnitude guztietatik ken ikurra duen geziko magnitudea kendu egiten dela.

Magnitude bat banatzen den kasuan, banatzailea puntuaz errepresentatzen da (ikus 3. irudia).



3. IRUDIA

Magnitudeen biderkaketa, 4. irudiko blokeaz errepresentatzen da

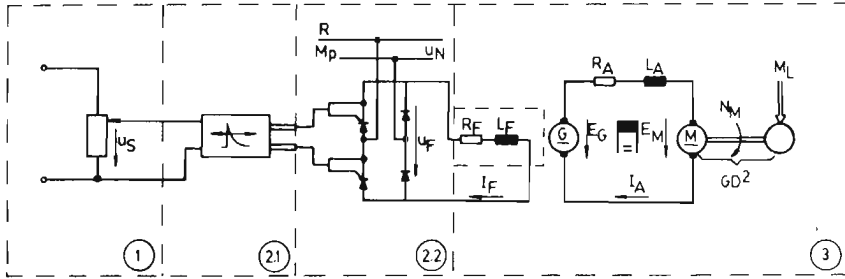


4. IRUDIA

### 3. AGINTEA

#### 3.1. FUNTSEZKO KONTZEPTUAK

Agintea duen Leonard akzionamendu baten bidez, aginte baten ezaugarri eta funtsezko kontzeptuak adieraziko ditugu (ikus 5. irudia).



#### 5. IRUDIA

Akzionamendu-ekipo honen eginkizuna zera da.  $N_M$  bira-kopuruaren balore teoriko bat eustea.

Bultzadazko aginte-aparatuarekin, potentziometro batez doitzen dugu angeluaren kontrola, periodoaren ebaketaz; eta, berarekin, baita zirkuitu-zubi erdikontrolatuaren irteerako  $U_F$  tentsioa ere.

$I_F$  Kitzikapen-korrontearen bidez,  $U_F$  tentsioak Leonard sorgailuaren errore-tentsioa mugatzen du; eta, berarekin, motorearen bira-kopurua.

Leonard sorgailua makina asinkroniko batez akzionatua dago, bere bira-kopurua ia-ia konstante izanik.

Makina ikusirik, zera ateratzen dugu: Aginte baten ezaugarria akzio-katea bat dela, edo akzioaren bide ireki bat banan bana.

Ez da inongo zuzenketa automatikorik egiten. Beraz, ez da neurketarik egiten; ez eta aginte-magnitudearen berbidaltzerik ere. Horregatik, aginte kateaz hitzegingo dugu.

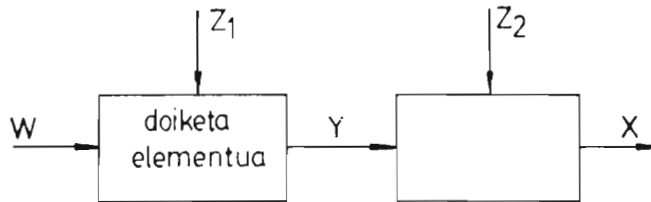
Aginte-katea bakoitza, doiketa elementuaz eta aginte-tramoaz osatzen da.

*AGINTE-TRAMOA* instalazioara helburu bereziagatik mugaturik dagoen parte da. Parte honetan egiten da aginte-magnitudearen gaineko eragina (adibidez, Leonard grupoa).

Aginte-tramo honen ezaugarri dezisiboena, energia printzipalaren fluxua-rekin nahasturik egotea da.

*DOIKETA-ELEMENTUA* zera da, aginte-magnitudearen gain nahi dugun norantza eragiteko instalazioari eranstean zaion parte (Adibidez, bultzadazko aginte-aparatua eta zubi-zirkuitua).

Aginte-katean zehar akzio definituko helbide bat dago. Helbide hau erraza da seinaleen fluxu-eskemaren bidez ezagutzea (Ikus 6. irudia).



6. IRUDIA

W, Y eta X ikurren esanahiak ondoko hauek izanik.

W: Oinarrizko magnitudea (Adib: Doiketa-elementuan lehenik finkatutako  $U_s$  sarrerako tentsioa, nahi dugun bira-kopuruarentzat).

Y: Doiketa-magnitudea (Adib:  $U_F$  Kitzikapen tentsioa).

X: Aginte-magnitudea (Adib:  $N_M$  Motorearen bira-kopurua).

Aginte-katean gertatzen dena zera da:

Oinarrizko magnitudearen aldaketa batek doiketa-magnitudearen aldaketa eragiten du; eta honek, berriz, aginte-tramoan irteera-magnitudearen aldaketa.

Egiazko aginte-kateetan nahi ez diren aginte-magnitudearen aldaketak sortzen dira; aldaketa hauen sortzaileak asaldurak izaten dira.

Asaldura hauek eragin dezakete bai doiketako elementuarengan eta bai aginte-tramoarengan (ikus 6. irudia).

Asalduren ikurra z letra da; eta berekin izan ditzakete, adibidez, kargaren oszilazioak nahiz "sare-tentsio" delakoaren oszilazioak.

### 3.2. KALKULU-ADIBIDEA

Aginte-magnitudearengan asaldura-magnitudeen efektuen kalkulua adibide batez erakutsiko da. Lehen irudian asaldura-magnitude bezala motorea-

ren bira-kopuruarengan kargaren parearekiko eragina aztertzen da, egoera gerakorra kontsideratzen delarik.

3.2.1. *DOIKETA-ELEMENTUA*. Bira-kopuruaren  $U_s$  oinarrizko magnitudearen eta konbertigailuaren irteerako  $U_F$  tentsioaren arteko erlazioa lineala dela suposatzen da.

Orduan zera esan dezakegu

$$U_F = K_I \cdot U_s \quad K_I = \frac{U_{FN}}{U_{SN}}$$

N ikurrak magnitude normalizatuak salatzen ditu.

Normalizazio batek emaitza bezala hau ematen du

$$\frac{U_F}{U_{FN}} = K_I \cdot \frac{U_{SN}}{U_{FN}} \cdot \frac{U_s}{U_{SN}}$$

$$\frac{U_F}{U_{FN}} = \frac{U_s}{U_{SN}} ; u_f = u_s \quad (3.1)$$

3.2.2. *AGINTE-TRAMOA*. Sorgailuaren fluxu normala imaneztapen ezaugarriko zona linealean dagoela suposatzen da labur bilduz. Halaber sorgailuaren bira-kopurua konstante dela suposatzen dugu eta eremuaren tentsio izendatuarekin eremuaren korrante izendatua gertatzen dela. Hau dena kontuan izanik, sorgailuaren  $E_G$  indar elektroeragilearentzat ondoko erlazioa lortzen da

$$E_G = K_2 \cdot U_F \quad K_2 = \frac{E_{GN}}{U_{FN}}$$

$$e_G = u_f \quad (3.2)$$

Errotoreko zirkuituarentzat ona da

$$E_G = E_M + I_A \cdot R_A$$

$E_M$ : Motorearen indar elektroeragilea

$I_A$ : Errotoreko korrantea

$R_A$ : Errotoreko zirkuituaren erresistentzia izanik

$E_G \approx E_{MN} \approx U_{AN}$  suposatuz, normalizazioz eta ekuaziotik at motorearen indar elektroeragilea ateratzen badugu, ondoko erlaziora iritsiko gara

$$e_M \approx e_G - i_A \cdot \frac{I_{AN} \cdot R_A}{U_{AN}}$$

$U_{AN}$ : Induzituaren tentsio izendatua da eta

$I_{AN}$ : Akzionamenduaren errotoreko korrante izendatua

$$K_A = \frac{U_{AN}}{I_{AN} \cdot R_A} \text{ baloreari errotoreko zirkuituaren anplifikazioa deritzo.}$$

$$\text{Beraz, } e_M \approx e_G - \frac{1}{K_A} \cdot i_A \quad (3.3)$$

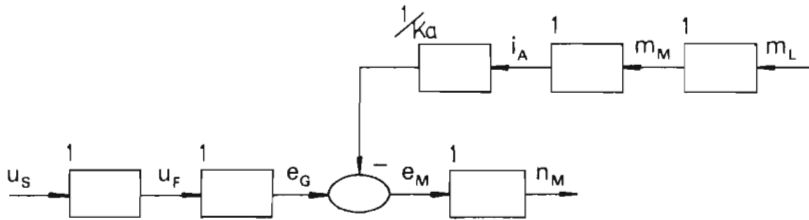
Motorearen kitzikapena konstantea suposatzen badugu,  $E_M$  indar elektro-eragiarentzat eta  $M_M$  motorearen parearentzat esan dezakegu

$$\begin{aligned} E_M &= K_3 \cdot N_M & M_M &= K_4 \cdot I_A \\ n_M &= e_M & m_M &= i_a \end{aligned} \quad (3.4) \quad (3.5)$$

Egoera egonkorreko  $M_L$  kargaren parearen asaldura bezala azaltzen dena, eta  $M_M$  motorearen pare berdinak dira.

$$\text{Beraz: } m_M = m_L \quad (3.6)$$

3.2.3. *SEINALEEN FLUXU-ESKEMA.* (3.1) (3.6) arteko ekuazioekin seinaleen fluxu-eskema egin daiteke. (ikus 7. irudia).



7. IRUDIA

3.2.4. *EMAITZA.* Laburtuz. Oinarrizko magnitudea, asaldura eta aginteko magnitudeentzako erlazioa honela gelditzen da

$$n_M = u_s - \frac{1}{K_A} \cdot m_L \quad (3.7)$$

Beraz,  $n_M$  motorearen bira-kopurua  $U_s$  oinarrizko magnitudearen eta  $m_L$  asaldurazko magnitudearen menpekoa da (3.7) ekuazioan asaldurazko  $m_L$  magnitudeak bira-kopuruengan eragiten duela ikusten da, eragin hau  $\frac{1}{K_A}$  faktoreaz gutxituz.

Horregatik beti bereizi beharko ditugu asaldurazko magnitudeak beren efektuetatik.

**ZENBAKIZKO ADIBIDEA:**  $U_{AN} = 440 \text{ V}$      $I_{AN} = 100 \text{ A}$      $R_A = 0,44 \Omega$

$$K_A = \frac{440}{100 \cdot 0,44} = 10 \quad n_M = u_s - 0,1 \text{ m}_L$$

Motorearen pare izendatuarekin % 100 karga txoke batekin bira-kopuru izendatua % 10 gutxitzen da.

Aipaturiko asaldura alde batera utzirik, Leonard aginteak beste asaldura gehiago jasan dezake (Adibidez, eremuaren elikadura-tentsioaren oszilazioa, tenperaturaren oszilazioazko erresistentziaren aldaketa eta abar).

Honekin gerta daitekeena zera da; nahi dugun bira-kopurutik desbidazio nabari bat sortzea asaldura guzti hauen batuketaren akatsagatik.

Kasu hau kontuan eduki beharrezkoa dugu agintearen zehaztasunarentzat.

Zehaztasuna eta dinamikari buruz eskakizun bereziak baldin badaude, lehen aipatutako hutsuneak eta beste batzu zuzentzeko agintearen orde zehaztasuna erabiltzen da.

#### **4. ERREGULAZIO-TEKNIKAREN DEFINIZIOAK ETA OINARRIZKO KONTZEPTUAK**

4.1. SARRERA: Garrantzizkoa denean, aurrez jarritako magnitude bati eustea nahi denean edo zirkuitu berean asaldurazko magnitudeak azaltzeko erregulazio-teknika erabiltzen da. Erregulazio-ekipoen bidez asaldurek sortutako hutsuneak zuzenduz lortzen da hori.

#### **4.2 ERREGULAZIOAREN OINARRIZKO PRINTZIPIOA**

Asaldurak sortzen direnean erregulazio-ekipoak jasotzen ditu hauek, erregulazio-magnitude bihurtuz.

Beraz, erregulazio-magnitudea asaldurakiko dugu. Erregulazio-ekipoak erregulazio-magnitude hau neurtzen du, eta oinarrizko magnitudearekin konparatzen.

Konparazio hau eginaz diferentziarik baldin badago, oinarrizko magnitude eta erregulazio-magnitudearen artean (doiketa-elementuaren bidez) erregulazio-magnitudearengan jotzen dugu, honela diferentzia gutxituz edo zero eginez.

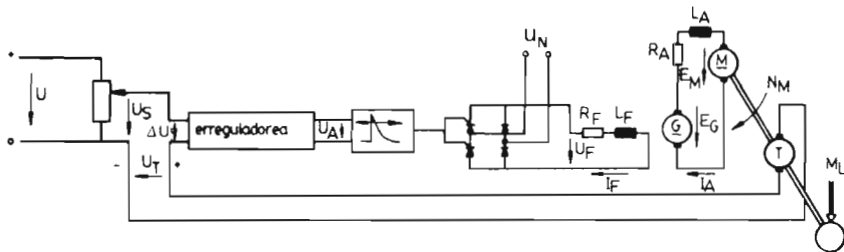


Diferentzia zenbat eta gehiago laburtu, hainbat eta hobea izango da erregulazioa.

Orain arte adierazi dudana ulerkorragoa gerta dadin, hor doa adibide bat. Adibide honetarako erabiliko dudana zera izango da: Leonard akzionamendu bat bira-kopuruaren erregulazioarekin.

Ikus 8. irudia

(Leonard akzionamendu-grupoa bira-kopuruaren erregulazioarekin).



8. IRUDIA

Potentziometro baten bidez bira-kopuruaren oinarritzko magnitudea aurrez finkatzen da,  $U_s$  tentsioa bira-kopuruaren ordezkaria izanik.

Makina takometrikoak ematen digun tentsioa  $U_T$  dugu; tentsio hau, bira-kopuruaren ( $N_M$ ), hots, erregulazio-magnitudearen proportzionala da.

Oinarritzko eta erregulazio-magnitudeak elkarren artean konparatzen dira. Diferentziarik baldin badago, honek erreguladorearen sarreran jotzen du eta doiketa-elementuaren bidez Leonard grupoaren kitzikapenean eragiten du, eta honekin motorearen bira-kopuruarengan; era honetara, diferentzia gutxitu edo zero egitea lortzen da.

#### 4.3. ERREGULAZIO-ZIRKUITUA

Lehen irudian ikusten denez, erregulazioaren zikloa itxia dela esan daiteke. Horregatik, erregulazio-zirkuituaz mintzatzen gara.

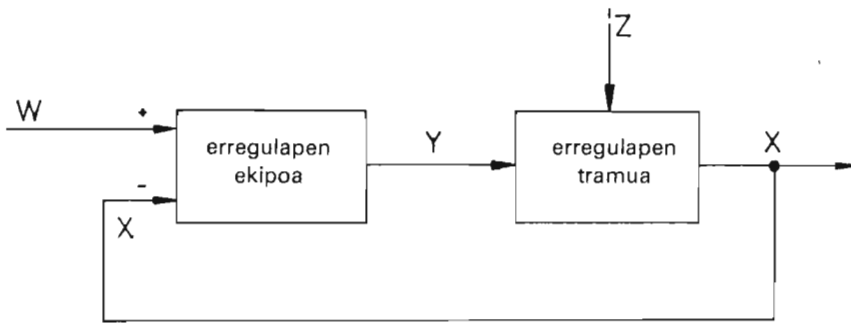
Erregulazio-zirkuitua erregulazio-ekipo eta erregulazio-tramo batez osatzen da.

4.3.1. *ERREGULAZIO-TRAMOA*. Tramo honetan erregulazio magnitudearengan jotzen duen eragina sortzen da: Lehen irudiko Leonard grupoa alegia.

Tramo honen ezaugarri dezisiboa energi fluxu printzupalarekin nahasturik egotea da.

4.3.2. **ERREGULAZIO-EKIPOA.** Erregulazio-magnitudearengan behar duen norantzan eragiteko dago erregulazio-ekipoa. Hau, instalazioari eransten zaio goian aipatutako jokua aurrera eramanez. (Hots, potentziometroa, makina takometrikoa, erreguladorea, inpultsozko agente-aparatua, fase bakarrekotubi erdikontrolata). Orain arte aipatutako parteei eta hauek osatzen dituztenei erregulazio-elementuak deritzaie.

Guzti hau argiago gera dadin, komenigarria izango da seinaleen fluxu-eskema baten bidez erregulazio-zirkuitua errepresentatzea (Ikus. 9. irudia).



## 9. IRUDIA

Erregulazio-zirkuitu baten seinaleen fluxu-eskema.

Erregulazio-zirkuituarengan kanpotik eragiten dutenak honako hauek dira:

W: Oinarrizko magnitudea (Adibidez, behar den bira-kopurua).

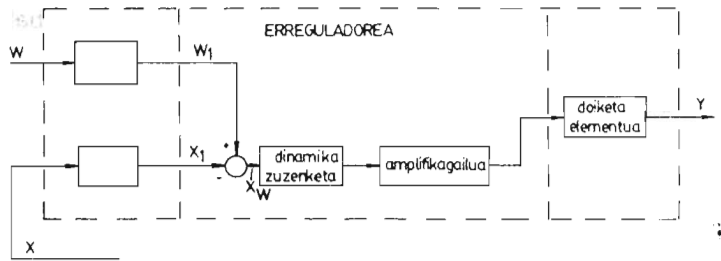
Z: asaldurazko magnitudeak (Adibidez, kargaren gora-beherak eta sare-tentsio delakoarenak).

Erregulazio-zirkuituaren barruan beste magnitude hauek jokatzen dute:

Y: Doiketa-magnitudea (Adibidez, kitzikapen-tentsioa.  $U_F$ ).

X: Erregulazio-magnitudea (Motorearen bira-kopurua  $N_M$ ).

Lehen eta bigarren irudien artean konparazio bat eginez gero, zera ikusten da: Erregulazio-ekipoa oraindik gehiago zati daitekeela (Ikus 10. irudia).



10. Irudia: Erregulazio-ekipo baten seinaleen fluxu-eskema.

Erregulazio-ekipoak, transformaziorako elementuak daduzka (potentziometroa, eta makina takometrikoa).

Konparazio-anplifikazioa eta zuzenketa dinamikoa (erreguladorea) eta doiketa (fase bakarreko zubi erdikontrolatua).

Barne-magnitude garrantzitsuenak honako hauek dira:

$W_1$ : Oinarrizko magnitude transformatua ( $U_s$  tentsioa).

$X_1$ : Erregulazio-magnitude transformatua ( $U_T$  tentsioa).

$X_w = W_1 - X_1$ : Erregulazioaren desbidazioa ( $\Delta_U$  tentsioa).

Erregulazio-ekipoaren zenbait eginkizun betetzen dituen aparatuari erreguladorea esaten zaio. Betetzen dituen eginkizunak honako hauek dira: Anplifikazioa, konparazioa eta zuzenketa dinamikoa.

*Balore teorikoa.* Baldintza batzu finkatu ondoren begiratzeko unean magnitude batek eduki behar duena da.

*Egiazko balorea.* Begiratzeko unean magnitude batek efektiboki duena.

#### 4.4. ERREGULAZIOAREKIKO ESKAERAK

Erregulazioa ona edo txarra dela esateko, ikertu egin behar dira bere portaera dinamikoa nahiz gerakorra.

Erregulazio batek, ona izateko, hiru baldintza hauek bete behar ditu:

a) Erregulatutako magnitudearen desbidazioak, nahi dugun balorearekiko, zerbitzu egonkorrean ahal den txikiena izan behar du azaltzen diren asaldura guztietan.

b) Erregulazioak egonkorra izan behar du.

c) Asalduraren bat azaltzen bazaigu, ahal den azkarren egoera berri bat lortu behar du.

Portaera egonkorra eta dinamikoa adierazten dituzten definizioak hauek dira:

#### 4.4.1. ZEHAZTASUNA ETA KONSTANTZIA

4.4.1.1. *Zehaztasuna*: Lehen aipatutako balore teorikoaren eta erregulazio-magnitudearen artean konparazioa eginez gero, zehaztasunak azaltzen zaigun desbidaziorik handiena adierazten du. Guzti hau, noski, asaldurarik kaltegarrienek jokatzeko dutelarik.

4.4.1.2. *Konstantzia*: Asaldurarik kaltegarrienek jokatu ondoren doiketaren bidez sortzen zaigun balore berria erregulazio-magnitudearekin konparatzen da; eta konparazioa eginez gero, azaltzen zaigun desbidaziorik handienari konstantzia deritzo.

Zehaztasunaren eta konstantziaren baloreak, erregulazio desbidazioaren oinarriko erregulazio-magnitudeari buruz, portzentaiaz edo milako hainbeste adierazten dira. Hauekin batera, beti adierazi behar dira sortzen diren asaldurazko magnitudeen baloreak.

#### 4.4.2. OINARRIZKO MAGNITUDEAREN PORTAERA ASALDURAREN KASUAN

Erregulazio baten portaera dinamikoaren neurri bat zera da: Oinarriko magnitudea bapatean, aldatzean; edo, asaldurazko magnitude bat aldatzean, erreakzioa sortzea.

##### 4.4.2.1. OINARRIZKO MAGNITUDEAREN PORTAERA:

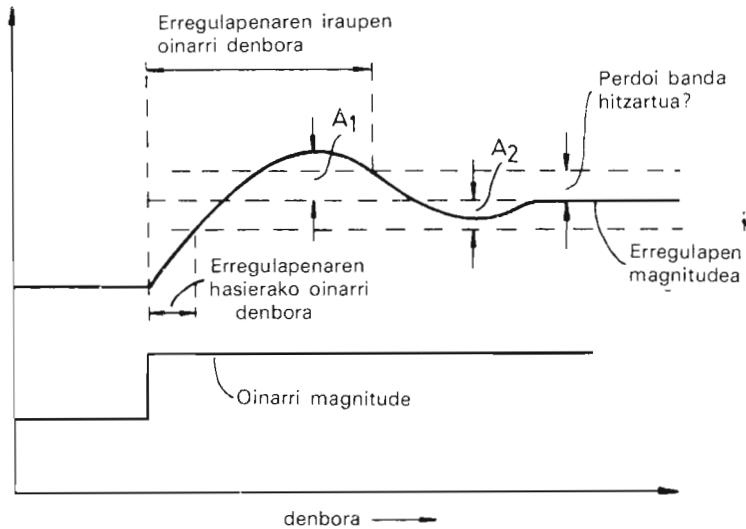
Oinarriko magnitudearen bapateko aldaketaren aurrean erregulazio-magnitudeak prozesu oszilakor batez erreakzionatzen du (Ikus 11. irudia). Portaera dinamikoaren balorazioa egiteko, hasierako denbora eta erregulazioaren iraupena dira mugatzaileak.

Bapateko oinarriko magnitudearen aldaketa baten ondoren erregulazio-magnitudearen kurtsoa

$A_1$ : 1. zabaldura

$A_2$ : 2. zabaldura

*Erregulazioaren hasierako oinarri-denbora*. Bapateko oinarriko magnitudearen aldaketaren ondoren erregulazio-magnitudea lehen aldiz oina-



## 11. IRUDIA

erriko balore berriaren inguruko perdoi banda hitzartuaren sartu arteko denbora dugu.

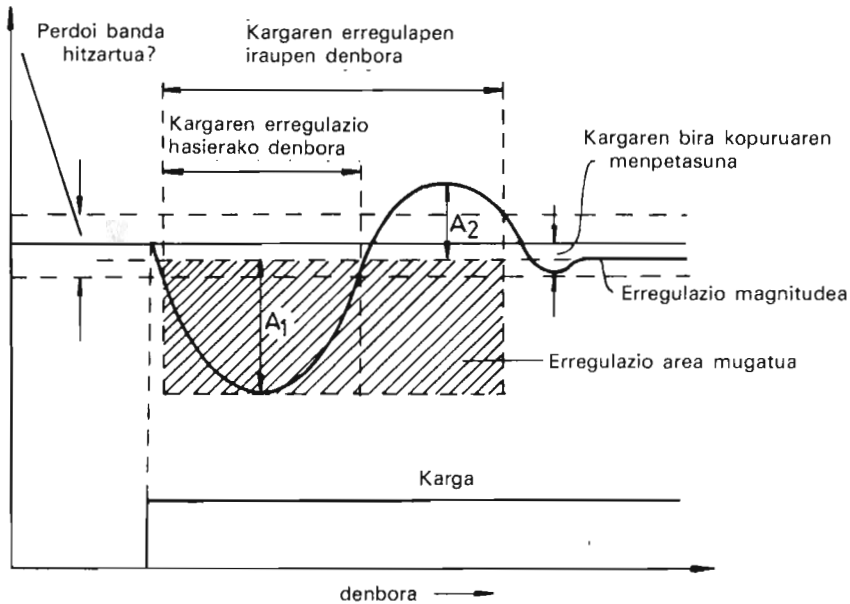
*Erregulazioaren iraupeneko oinarri-denbora.* Haisierako oinarri-denbora bezala defini daiteke, baina erregulazio magnitudea, oinarriko balore berriaren inguruko perdoi bandan behin betiko sartu arte denbora hau ez dela bukatzen kontuan izanik.

### 4.4.2.2. ASALDURAK DIRENEAN ERREGULAZIOAREN PORTAERA DINAMIKOA

Hamabigarren irudiak, kargak talka bat jasan ondorengo finkotasun-prozesua erakusten du.

Oinarriko magnitudearen portaerarentzat eman ditudan hasierako eta iraupen-denboretako definizioak onak dira kasu honetarako ere.

Erregulazioaren iraupen-denbora zenbat eta motzagoa izan eta desbida-zio handien magnitudeak txikiagoak, hainbat eta hobea da erregulazioaren dinamika.



## 12. IRUDIA

Bapateko kargaren aldaketa baten ondoren erregulazio-magnitudearen kurtsoa.

Dinamikaren neurri bat erregulazioaren area mugatua da. Area hau, egoera berriko erregulazio-magnitudearen desbidazio handienaren eta erregulazioaren iraupen-denboraren biderkadura da.

JESUS M. ITURRIOZ