



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

# Teknologia Elektrikoa

ISBN: 978-84-9860-671-3

Agurtzane Etxegarai Madina  
Zigor Larrabe Uribe

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNEN  
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Liburu honek UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren dirulaguntza jaso du

# TEKNOLOGIA ELEKTRIKOA



# 1. GAIA. ENERGIA-SISTEMA ELEKTRIKOA

---

## Aurkibidea

1. Helburua eta egitura
2. Aldagai nagusiak
3. Garraio- eta banaketa-azpisistemak
  - Tentsio normalizatuak
  - Galerak
  - Ustiapen motak
4. Teknologia berriak
  - FACTS
  - Microgrids
  - Smartgrids
5. Legedia eta araudiak

1

## 1. Helburua eta egitura (I)

---

Energia-sistema elektriko batek gai izan behar du:

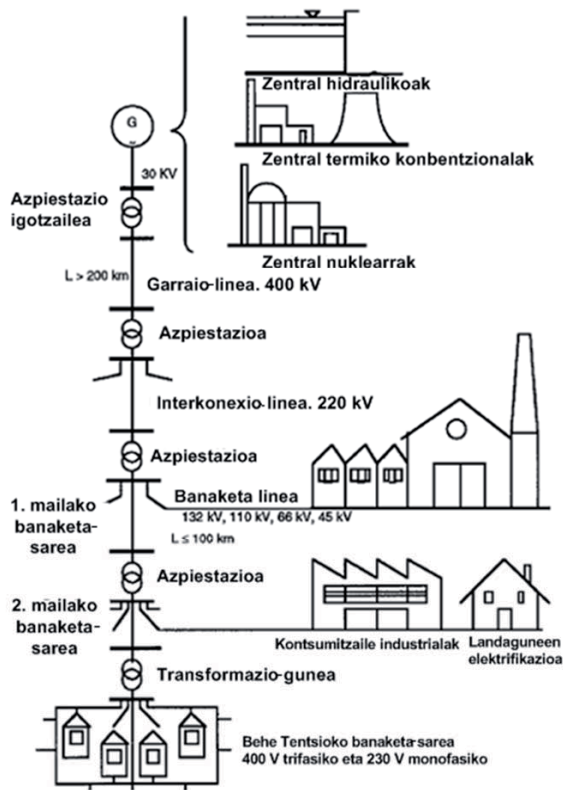
- (a) Eskatzen zaion energia-kantitate zehatza sortzeko, gune bateko bezeroek dituzten uneko eskaerak asetzeko, etorkizunerako zenbatespenak kontuan harturik.
- (b) Gune horretara energia garraiatzeko, eta
- (c) Gutxieneko kalitatearekin banatzeko.

Hortaz, sistema elektrikoak honako hiru atal hauek ditu:

- *Sorkuntza-azpisistema*, hainbat motatako zentralak biltzen dituen.
- *Garraio-azpisistema*, halaber azpiestazio jasotzaileak, garraio-sareak eta transformazio-azpiestazioak biltzen dituen.
- *Banaketa-azpisistema*, azpigarraio-sareak, banaketarako transformazio-azpiestazioak eta behe-tentsioko zein erdi-tentsioko banaketa-sareak biltzen dituen.

2

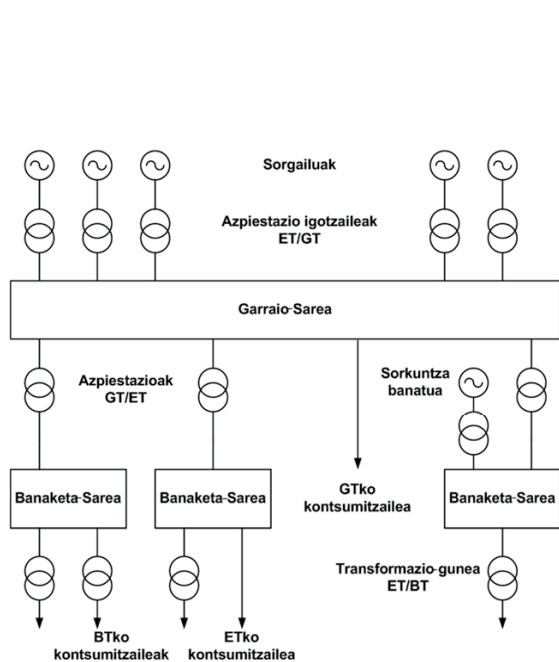
# 1. Helburua eta egitura (II)



## Etapak:

- Sorkuntza: 30 kV arte Transformazioa
- Garraioa: 220 ÷ 400 kV Transformazioa
- Banaketa:
  - GT: 132, 66, 45 kV
  - ET: 13,2, 20, 30 kV
  - BT: < 1 kV
 Transformazioa
- Kontsumoa: 400 V ÷ 230 V

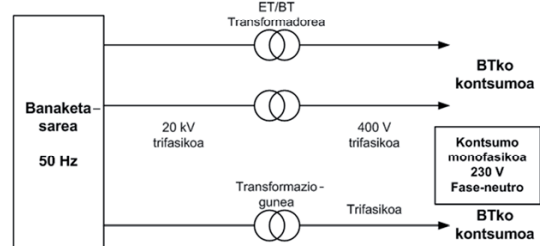
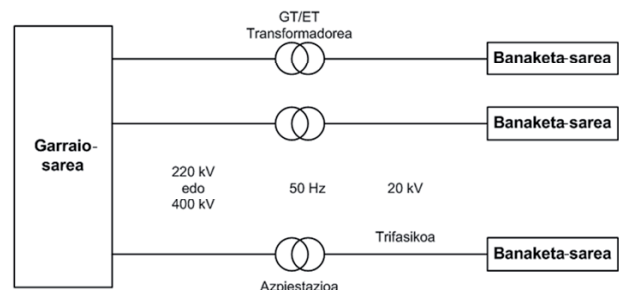
# 1. Helburua eta egitura (III)



Zentral elektriko baten konexioa garraio-sarera

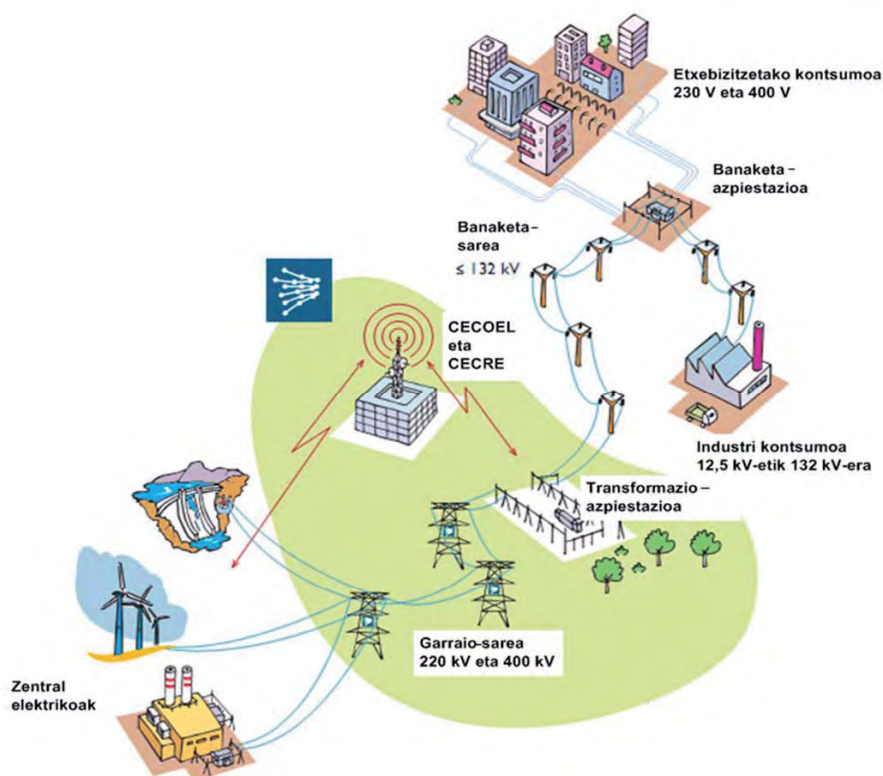


Garraio-sarea eta banaketa-sareen arteko interkonezioa





# 1. Helburua eta egitura (IV)



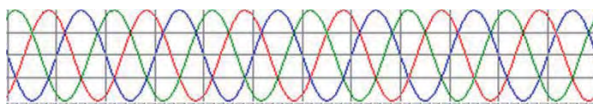
5

## 2. Aldagai nagusiak

**Zerbitzu-tentsioa edo tentsio izendatua:** faseen arteko tentsio efikazaren balioa da,  $U$  hizkiarekin adierazten da eta ekipo bakoitzak behar duten isolamendu-maila finkatzen du. Halaber, linearen hainbat funtzionamendu-ezaugarri balio honen arabera adierazten dira.

**Maiztasuna:** Hertz-etan adierazita (ziklo/s). 50 Hz-ko balio izendatua erabiltzen da munduko herrialde gehienetan. Salbuespen aipagarrienak Ipar eta Ertain Amerika, Kanada eta Hego Ameriketako hainbat herrialde eta Asia dira, non  $f = 60\text{ Hz}$ .

**Fase-kopurua:** sistema trifasikoa da hedatuena, sorkuntza-, garraio- eta banaketa-instalazioen sinpletasuna dela eta. Behe-tentsioan banaketa monofasikoa erabiltzen da.



6

### 3. Garraioa eta banaketa. Tentsio normalizatuak

Garraiatzeko, banatzeko eta hargailuak elikatzeko sistema elektrikoak ia beti **korrante alferno trifasikokoak (AC)** dira.

**Tentsio izendatuak:** (IEC 60.038:2009 arautik)

- **Behe-Tentsioa (BT):**  $U \leq 1.000 V_{AC}$  (balio efikaza) eta  $U \leq 1.500 V_{DC}$   
(Sorkuntza, banaketa. 230 V, 400 V, 690 V eta 1.000 V)
- **Erdi-Tentsioa (ET):**  $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$   
(Sorkuntza, banaketa. 3 kV, 6 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV, 30 kV, 35 kV)
- **Goi-Tentsioa (GT):**  $35 \text{ kV} < U \leq 132 \text{ kV}$   
(Azpi-garraioa, banaketa. 45 kV, 66 kV, 110 kV, 132 kV)
- **Goi-Tentsioa handia (GTH):**  $132 \text{ kV} < U \leq 400 \text{ kV}$   
(Garraioa. 150 kV, 220 kV, 400 kV)
- **Goi-Tentsioa ultra handia (GTUH):**  $400 \text{ kV} < U \leq 1.200 \text{ kV}$  edo handiagoak.  
(Oso distantzia luzeko garraioa)

7

### 3. Garraioa eta banaketa. Energia-galerak

**Zertarako erabili goi-tentsioak energia elektriko garraiatzeko?**

Korrante alferno trifasikoko potentzia aktiboa:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Hortaz, zenbat eta U handiagoa, orduan eta I txikiagoa, eta horrenbestez, Joule efektuarengatiko  $P=3 \cdot R \cdot I^2$  galera termiko txikiagoak.

Ondorioz, zenbat eta potentzia handiagoa garraiatu, orduan eta tentsio handiagoak erabili beharko dira, lineatik dabiltzan korranteen balioak muga tekniko eta ekonomiko onargarrien artean mantendu ahal izateko.

**Zergatik erabili korrante alfernoa korrante zuzenaren orde?**

Nahiz eta korrante zuzeneko sorgailuak korrante alfernokoen garaikideak izan, transformadoreen asmaketa izan zen korrante alfernoa erabiltzearen arrazoa, transformadoreek ezin dutelako korrante zuzenekin lan egin.

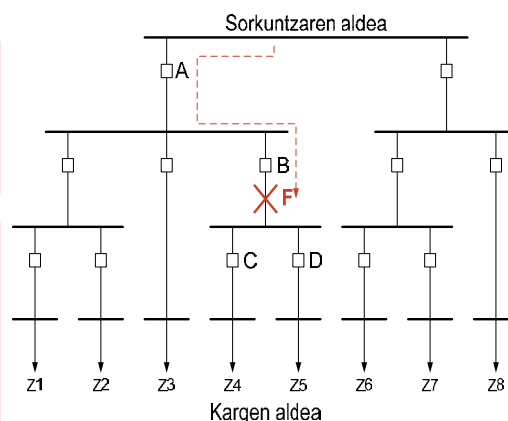
8

### 3. Garraioa eta banaketa. Ustiapen-motak (I)

#### Sare erradialak

Mutur bakarretik elikatzen dira, eta mutur horretatik hartzaileak elikatzen dira. Deribazio edo adarrak antena erakoak dira, eta ez dira beren artean ixten.

- Energiak bide bakarra du azpiestaziotik kontsumoetara.
- Deribazio-lineak irekiak dira, eta kargak muturretan edo arbitrarioki banatuak dituztelarik.
- Karga-dentsitate txikia/ertaina edota hornikuntza-kalitate gutxiko kontsumogune ezberdinen elikadura.
- Banaketa-sare erradial batean potentzia-fluxuek beti dute noranzko berdina: sorkuntzaren mutur hurbilenetik kontsumoko mutur hurbilenera.



**Abantailak:** diseinu eta ustiapen erraza, maniobra-tresneriaren kostu txikia, babesgailuen sinpletasuna eta matxurak aurkitzeko erraztasuna.

**Eragozpenak:** hornikuntzaren fidagarritasun eskasa (bide bakarretik egiten den elikadura), tentsio-erorketa handiak eta hornikuntza hedatzeko arazoak.

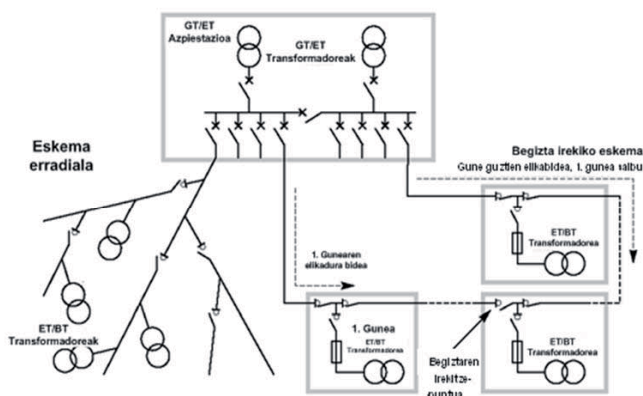
9

### 3. Garraioa eta banaketa. Ustiapen-motak (II)

#### Eraztun-erako sareak

Bi muturretatik elikatzen dira, sare gurutzatu eta erradialen arteko aukera bat izanik. Eraztun edo begizta eran ezartzen dira, normalean begizta irekian lan egiten dute (sare erradialen gisa), baina begizta beste muturretik ixteko aukera dagoela, beharrezkoa balitz ere.

- Karga arbitrarioki banatua duen linearekin itxia, elikadura bakar edo batzuetakoa.
- Elkarrengandik oso distantzia handira dauden karga handiko kontsumo-zentroen elikadura, hornikuntza-kalitate handikoa.



#### Abantailak:

- Itxita dagoela tentsio-erorketa txikiagoak karga-aldaketa bortitzak gertatzen direnean.
- Hornikuntzaren fidagarritasun eta jarraitutasun handiagoa
- Operazio- eta mantentze-lanak egiteko erraztasuna.

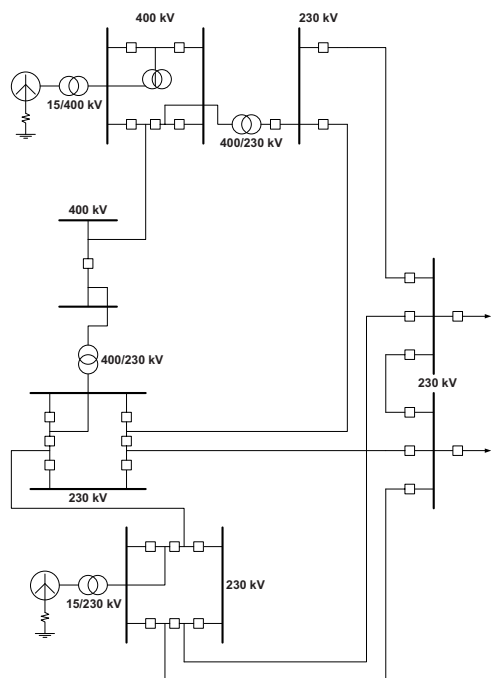
#### Eragozpenak:

- Kostu handiagoa
- Babes-sistema konplexuagoa
- TG bat gehitzeko zailtasuna eta alarmek huts eginez gero, ez dira akatsak detektatzen.

10

### 3. Garraioa eta banaketa. Ustiapen-motak (III)

#### Sare gurutzatuak (I)



Zerbitzu-baldintza normaletan itxiak dauden eraztunak lotuz lortzen dira.

- Karga-kontzentrazioa dagoen puntuetan lotzen diren sare itxiak.
- Karga-dentsitate eta -kontzentrazio handiko zonak hornitzen dituzte.
- Hornikuntzaren segurtasun oso handia.
- Sekzio handiko linea laburrak.

#### Abantailak:

- operazio-malgutasun handiagoa
- fidakortasun eta hornikuntza-kalitate handiagoak (tentsioaren eta energia-galeren erregulazioa).

#### Eragozpenak:

- babes-sistemen eta lineen kapazitate handiak direla eta, kostu handiagoa

11

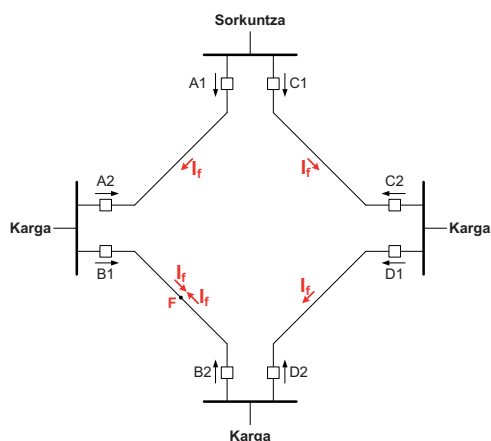
### 3. Garraioa eta banaketa. Ustiapen-motak (IV)

#### Sare gurutzatuak (II)

Sare gurutzatuak diseinatzerakoan, honako hau izaten da kontuan:

- Edozein elementuren matxurak ez du hornikuntza eten behar.
- Bi elementuren matxurak ezta ere.

Irizpide horren arabera, garraio-sareak gurutze erakoa izan behar du, Horrela, sarearen edozein korapilo, bai sarrerakoa bai irteerakoa, gutxienez bi bidetatik elikatzeko aukera dago.



Sare gurutzatuek hornikuntzaren segurtasun maximoa ematen dute. Elikadura-iturri bat edo bat baino gehiago izan dezakete, beraien garrantziaren arabera. Segurtasun-maila faktore hauen menpe egongo da:

- 1.- Gurutzetasun-maila.
- 2.- Korapiloak lotzen dituzten zirkuituen kopurua.
- 3.- Elikadura-iturrien kopurua.

12

### 3. Garraioa eta banaketa. Ustiapen-motak (V)

**Garraio-sareak:** hauen helburu behinenak dira sorkuntza-zentro nagusiak kontsumo-zentro nagusiekin lotzea eta guneak (edo herrialdeak) elkarrekin konektatzea.

- Tentsio-mailak (OGT eta UGT): 220-1000 kV.
- Ustiapen mota: **SARE GURUTZATUA** beti.

**Azpigarraio-sareak:** hauen helburua da garraio-saretik datorren energia hirigune handietaraino, landaguneetara edo industria bezero handietaraino garraiatzea. Ereku geografiko mugatua dute.

- Tentsio-mailak (GT): 30-132(220) kV.
- Ustiapen mota: **SARE GURUTZATUA** edo **ERRADIALA** (gehienetan sare gurutzatua).

**Banaketa-sareak (ET):** sare hauen helburua da elektrizitatea toki guztietatik hedatzea, transformazioguneetaraino eta erdi-tentsioko bezero industrialetaraino iritsi arte.

- Tentsio-mailak: 13-30 kV.
- Ustiapen mota: beti **ERRADIALA** edo **ERAZTUN IREKIA**.

**Behe-tentsioko banaketa-sareak (BT):** transformazioguneetatik ateratzen dira, zuzenki etxeko kontsumitzaileetara iritsi arte.

- Erabilitako tentsio-maila 400 V (tentsio konposatua) da.
- Ustiapen mota: beti da **ERRADIALA**.

13

### 4. Teknologia berriak. FACTS (I)

#### Definizioa

FACTS: *Flexible AC Transmission System* delakoak, potentzia-elektronika erabiltzen duten elementuak dira, energia-sistema ahulen ahalmena hobetzeko eta luzera handiko korronea altxatzearen garraioa posible egiteko. Bestelako arazo teknikoak ere konpontzen dituzte.

Energia-sistema elektrikora paraleloan edo seriean konekta daitezke.

Serie-konexioaren adibideak:

- TCSC (*Thyristor-Controlled Series Capacitor*).
- SSSC (*Static Synchronous Series Compensator*).

Konexio paraleloaren adibideak:

- SVC (*Static VAR Compensator*).
- STATCOM (*Static Synchronous Compensator*).

Serie-paralelo konexioaren adibidea:

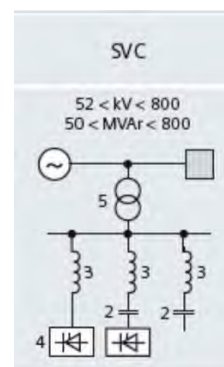
- UPFC (*Unified Power Flow Controller*).

14

## 4. Teknologia berriak. FACTS (II)

### Adibidea. SVC:

- Sistemaren tentsioa txikia denean, SVCak potentzia erreaktibo kapazitiboa ematen du, eta sarearen tentsioa igoarazten du.
- Tentsioa handia denean, SVCak potentzia erreaktibo induktiboa sortzen du, eta sistemaren tentsioa jaisten du.
- Egin ditzakeen bestelako funtzioak:
  - Tentsioaren kalitatearen hobekuntza.
  - Potentzia erreaktiboaren kontrol dinamikoa.
  - Sistemaren egonkortasunaren hobekuntza.
  - Sistemaren oszilazioen indargetzea.
  - Garraia daitekeen potentziaren handitzea.
  - Desoreken kontrola.

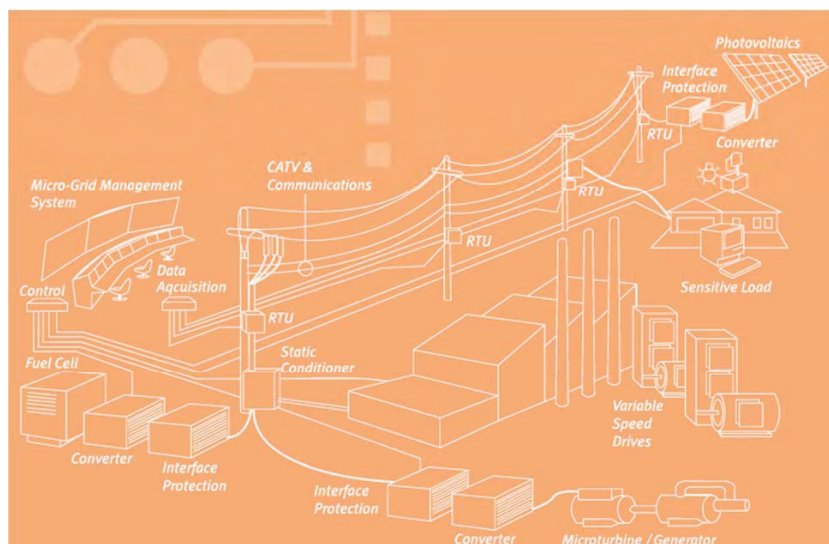


15

## 4. Teknologia berriak. Microgrids

### Definizioa

BTko banaketa-sarera sorgailu txiki eta modularrak interkonektatzeak energia-sistema mota berri bat sortzen du: mikrosarea. Mikrosareak, energia-sistema elektrikitik isolatzen direnean, energia-sistema elektriko nagusira konekta daitezke edo autonomoki jardun, uharteen energia-sistemetan gertatzen den bezala.

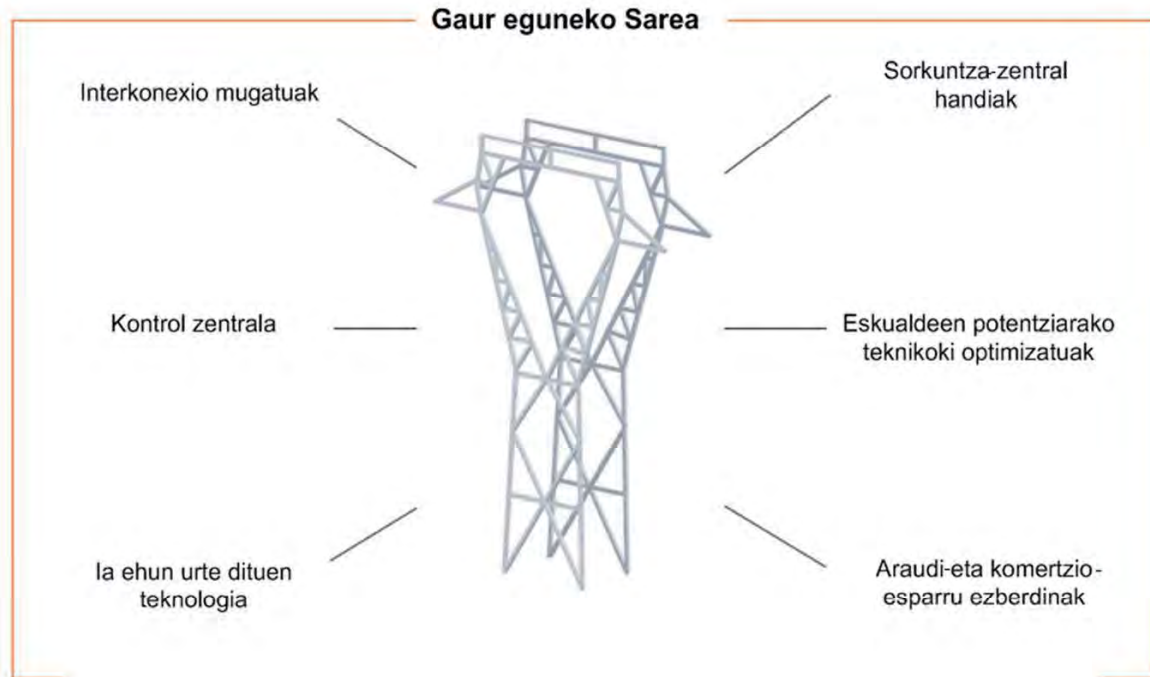


16



## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (I)

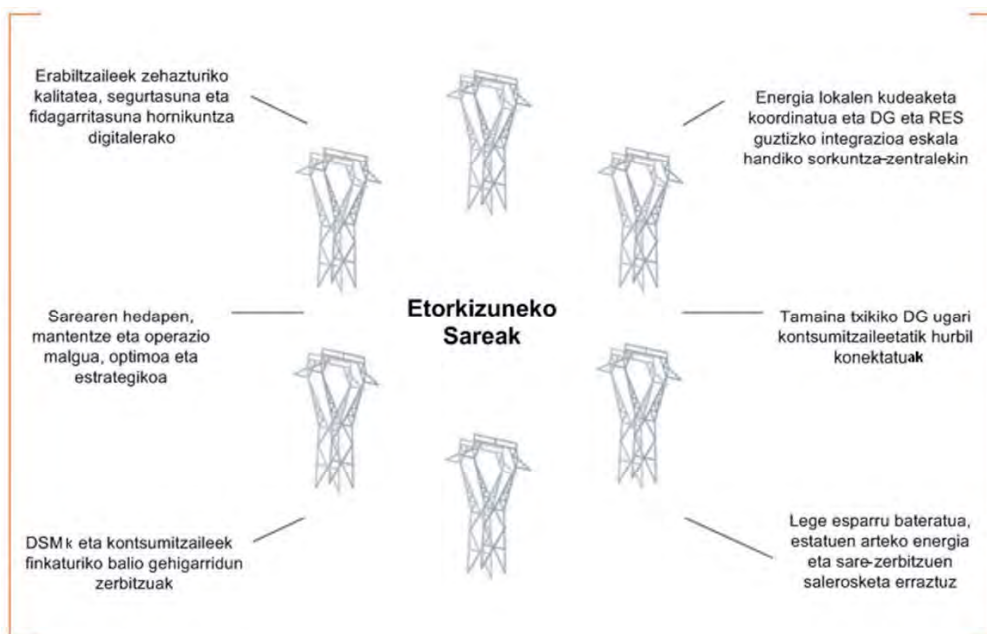
### Gaur eguneko sare elektrikoa



17

## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (II)

### Etorkizuneko sare elektrikoa



DSM: Demand Side Management.  
 DG: Distributed Generation.  
 RES: Renewable Energy Sources.

18

## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (III)

### Zer da SmartGrid bat?

SmartGrid bat elektrizitate-sare bat da, bere erabiltzaile guztien (sortzaileak, kontsumitzaileak, sortzaile-kontsumitzaileak) ekintzak adimenez integra ditzakeena, elektrizitatea era jasangarrian, ahalik eta merkeen eta segurtasunez efizienteki igortzeko.

SmartGrid batek punta-puntako produktu eta zerbitzuak erabiltzen ditu, adimendun monitoretzazko, kontrolezko, komunikaziozko eta auto-osaketazko teknologiekin batera:

- Tamaina eta teknologia guztietako sorgailuen konexioa eta operazioa errazteko.
- Kontsumitzaileak sistemaren operazioaren optimizazioan parte har dezaten ahalbidetzeko.
- Kontsumitzaileei hornikuntzaren aukeraketa eta informazio gehiago emateko.
- Elektrizitate hornikuntza-sarearen ingurumen-inpaktua nabarmen murrizteko.
- Hornikuntzaren segurtasun- eta fidagarritasun-maila hobekitzeko.

SmartGrid-en zehaztapenak ez ditu bakarrik aintzat hartu behar teknologia, merkaturia, irizpide komertzialak, ingurumen-inpaktua, lege-esparrua, estandarren erabilera, informazio- eta komunikazio-teknologiak eta migrazio-estrategiak. Horiez gain, gizarte eskakizunak eta gobernuek prestatutako xedapenak ere kontuan hartu beharko ditu.

19

## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (IV)

### SmartGrid-ak lortzeko arazo nagusienak

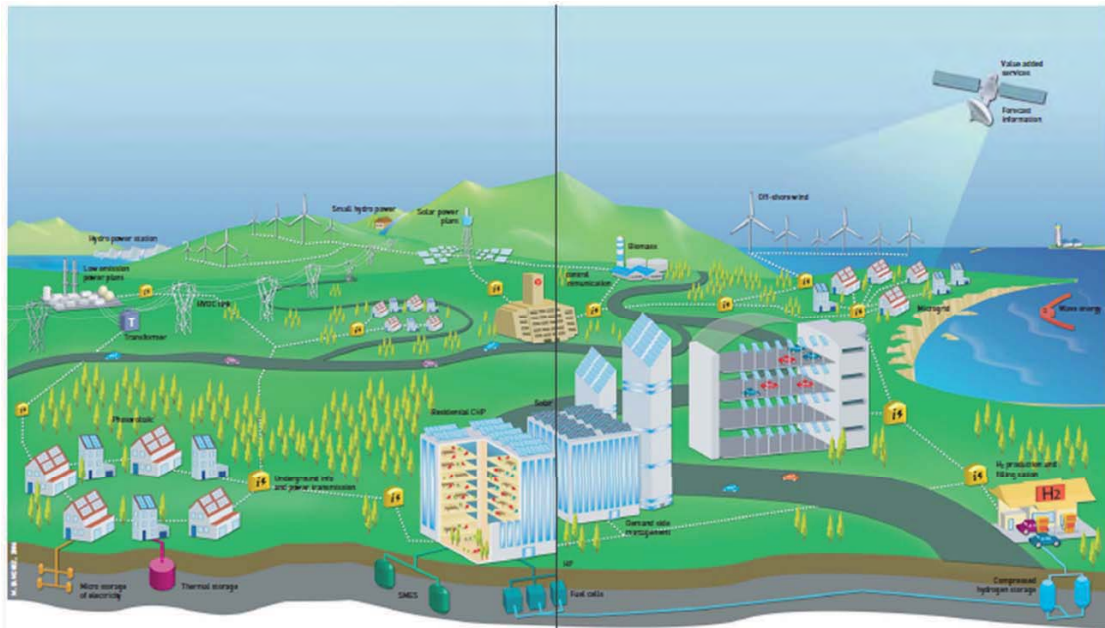
- **Sarearen indarketa:** Europan zehar energia-baliabideak konektatzeko garraio-ahalmen nahikoa dagoela ziurtatu, batez ere energia berriztagarrietzat.
- **Itsasorantz (offshore) hedatu:** konexio efizienteen garapena itsasoan kokaturiko parke eolikoentzat eta bestelako itsas teknologientzat.
- **Arkitektura sakabanatuen garapena:** elektrizitate-hornikuntzako eskala txikiagoko sistemek sistema osoan era koordinatuan lan egin dezaten.
- **Komunikazioak:** komunikazio-azpiegitura garatu, merkatu bakar batean milioka agentek parte har dezaten (operazioa eta salerosketa).
- **Eskariaren parte-hartze aktiboa:** kontsumitzaile guztiek, sorkuntzarik izan ala ez, sistemaren operazioan parte har dezaten.
- **Sorkuntza ez-jarraituaren integrazioa:** sorkuntza ez-jarraitua integratzeko erarik onenak aurkitzeko, etxebizitzetako mikrosorkuntza barne.
- **Adimen hobetua:** sorkuntzan, eskarian eta, batez ere, sarean.
- **Sorkuntza banatuaren eta biltegiatzearen onuren aprobeztamendua.**
- **Ibilgailu elektrikoentzat prestatzea:** ibilgailu elektrikoak datozen urteetan erruz salduko direla aurreikusten da.

20



## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (V)

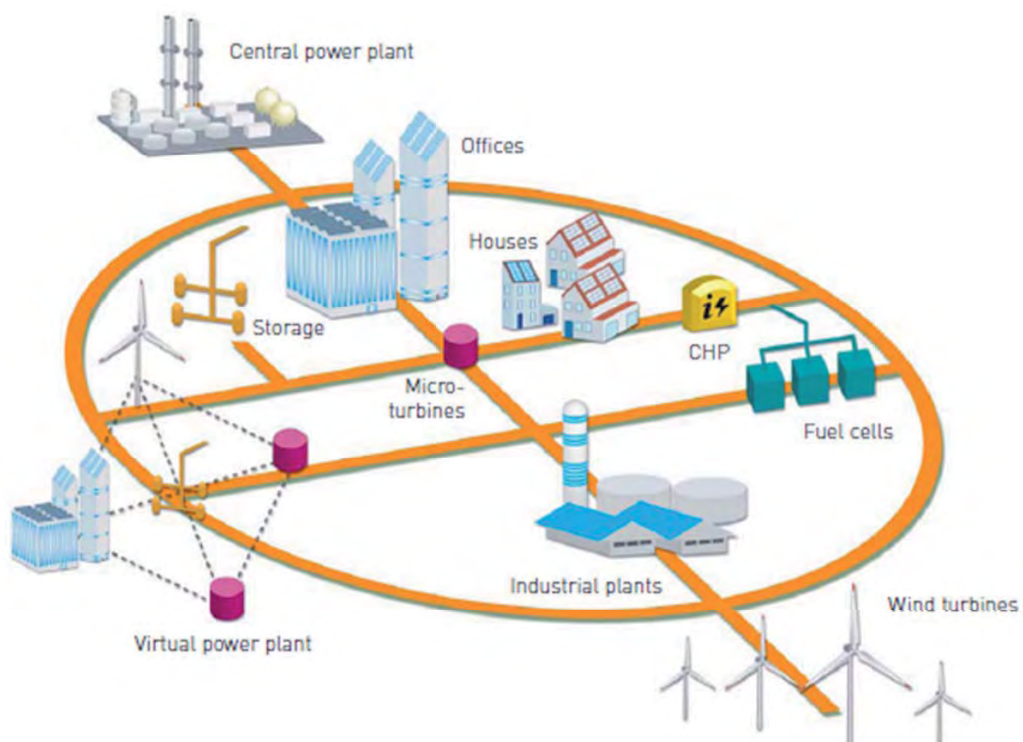
### Adibidea



21

## 4. Teknologia berriak. SmartGrids (VI)

### Eskema



22

## 5. Legedia eta araudiak (I)

---

### Estatuko legedia:

- **Goi-tentsioko linea elektrikoentzat:** REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- **Goi-tentsioko instalazioentzat:** REAL DECRETO 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT 01 a 20.
- **Behe-tentsioko instalazioentzat:** REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 51.

### Legedi horretatik kanpo geratzen dira:

- Itsasontzietako instalazio elektrikoak.
- Hegazkinetako instalazio elektrikoak.
- Meatzeetako instalazio elektrikoak.
- Tren eta trenbideetako instalazio elektrikoak.

23

## 5. Legedia eta araudiak (II)

---

### Araudien egitura komuna:

- **Artikulu orokorrak:** xedapen orokorrak, aplikazio-esparrua...
- **Instrukzio tekniko osagarriak:**
  - Definizioak.
  - Nahitaez bete beharreko UNE arauak.
  - Instalazioen dokumentazioa.
  - Aurreproiektu eta proiektuak.
  - Instalatzaile baimendunak.
  - Egiaztatze eta ikuskatzeak.
  - Betebehar tekniko konkrituak.

24

## 5. Legedia eta araudiak (III)

---

### Arauk:

- **IEC** (*International Electrotechnical Commission*, [www.iec.ch](http://www.iec.ch)).
- **CENELEC** (*European Committee for Electrotechnical Standardization*, [www.cenelec.org](http://www.cenelec.org)).
- **AENOR** (*Asociación española de normalización y certificación*, [www.aenor.es](http://www.aenor.es)).
- **IEEE** (*Institute of Electric and Electronic Engineers*, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)).
- **NFPA** (*National Fire Protection Association*, [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)).

### Bestelako erreferentziak:

- **UNESA** (*Asociación Española de la Industria Eléctrica*, [www.unesa.es](http://www.unesa.es)).
- **Ministerio de Industria** ([www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/formulario-lseq01.asp](http://www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/formulario-lseq01.asp)).
- **REE** (*Red Eléctrica de España*, [www.ree.es](http://www.ree.es)).
- **CIGRE** (*International Council on Large Electric Power Systems*, [www.cigre.org](http://www.cigre.org)).

## 2. GAIA. SARE ELEKTRIKOEN ELEMENTUAK

### Aurkibidea

#### 1. Garraio- eta banaketa-lineak

- 1.1. Aireko lineak
- 1.2. Lurrazpiko lineak
- 1.3. HVDC

#### 2. Azpiestazioak

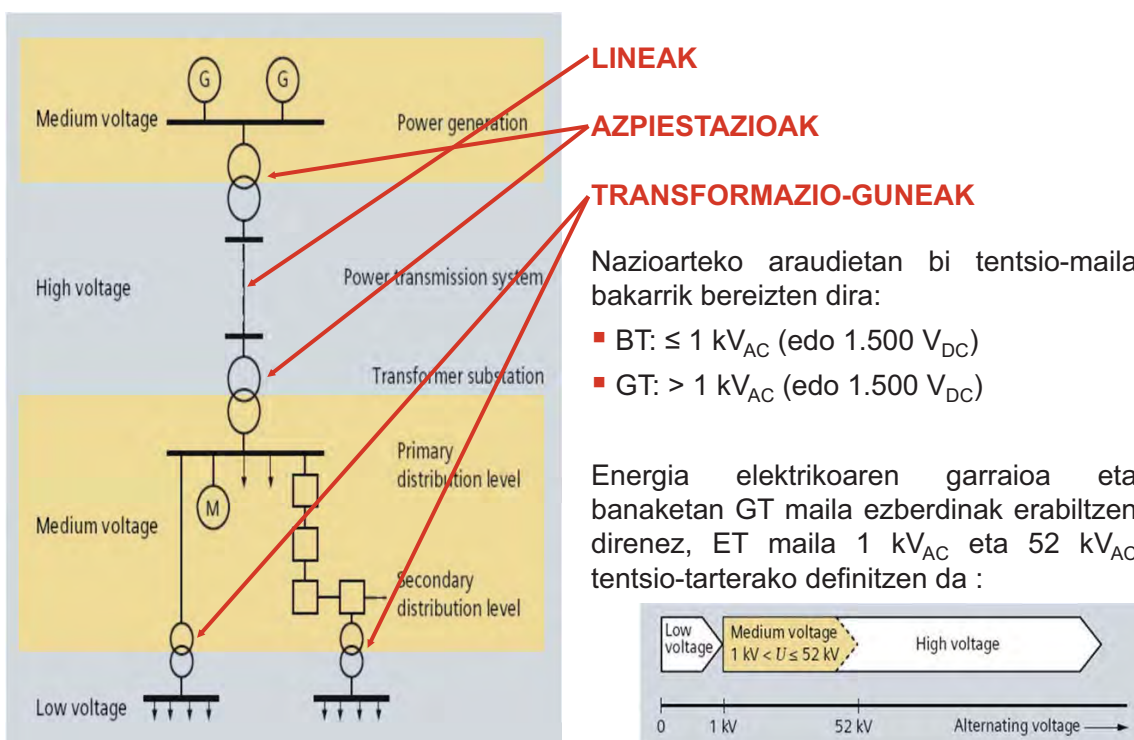
- 2.1. Sailkapena
- 2.2. Diagrama haribakarra
- 2.3. Konfigurazioak
- 2.4. Elementuak

#### 3. Transformazio-guneak

- 3.1. Definizioak
- 3.2. Sailkapena
- 3.3. Elementuak
- 3.4. Eskema elektrikoak

1

### Tentsio mailak



2

# 1 Garraio eta banaketa lineak. Sailkapenak

## Kokapenaren araberako sailkapena

- Lurrazpiko lineak (ITC-LAT-06)
- Aireko lineak
  - Eroale biluziekin (ITC-LAT-07)
  - Eroale isolatuekin (ITC-LAT-08)

## Tentsioaren araberako sailkapena (RLAT 3. artikulua)

- **3. kategoria:** 3, 6, 10, 15, 20 kV
- **2. kategoria:** 30, 45, 66 kV
- **1. kategoria:** 132 kV
- **Kategoria berezia:** 220, 400 kV eta garraio-sarearen tentsio txikiagoak (RD 1955/2000aren 5. artikulua).

Oharrak:

- Tentsio konposatuen balioak dira (faseen artekoak).
- Balio gomendatuak dira

3

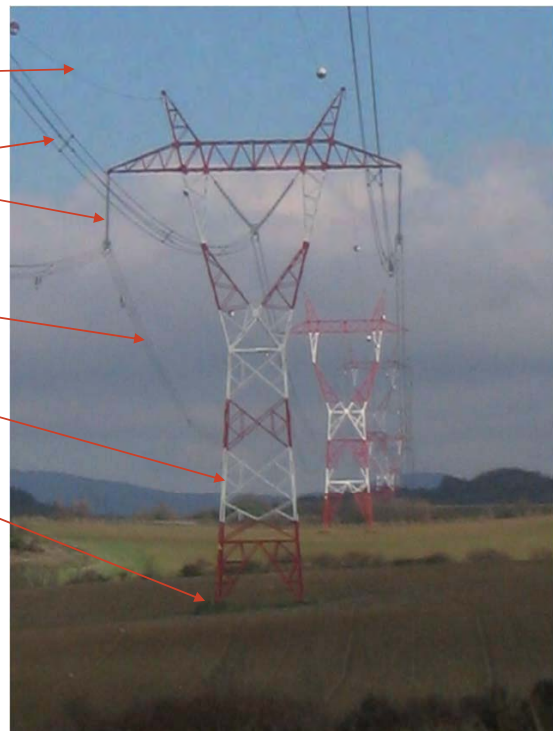
## 1.1 Aireko lineak. Sarrera

### Elementuak

- Lur-eroalea
- Isolagailuak
- Burdineria
- Eroaleak
- Euskarriak
- Zimenduak

### Araudiak

- RLAT
- UNE



4

## 1.1 Aireko lineak. Gutxieneko distantziak

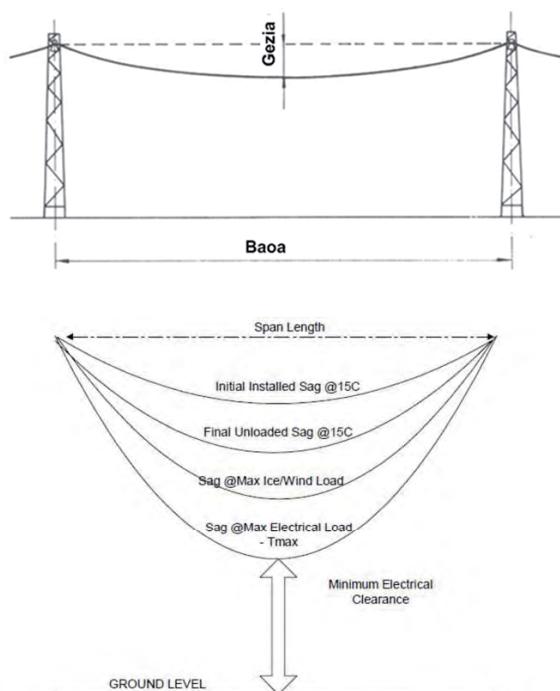


Figure 1 - Catenary variation with conductor temperature, ice & wind loads, and time after installation where  $T_{max}$  is the maximum conductor temperature.

**BAOA:** euskarrien arteko distantzia.

**GEZIA:** elkarren ondoan dauden bi euskarriren eroaleen euste-puntuetatik pasatzen den lerro zuzenaren eta eroale horren puntu baxuenaren arteko distantzia.

Eroalearen temperatura, eroaletik doan intentsitatearen balioaren eta baldintza klimatikoaren (eguzki erradiazioa eta haizea) funtzioan dago.

Eroalearen temperatura-igoerek, gezia handitu, eta lurrazala eta bestelako elementuekiko gorde beharreko gutxieneko distantziak gaindi ditzateke, segurtasun publikorako arrisku egoerak sortuz.

5

## 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (I)

### ITC-LAT-07 2.1

#### Helburua

- Intentsitatearen garraioa.

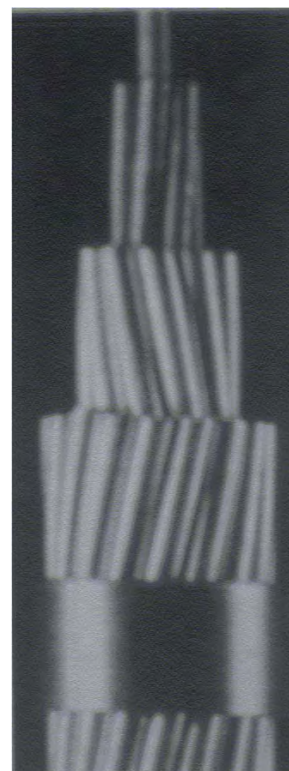
#### Izaera

##### Materialak

- Intentsitatearen garraiorako:
  - Kobrea
  - Aluminioa
  - Aleazioak
- Erresistentzia mekanikoa emateko:
  - Altzairu galbanizatua
  - Aluminiotz estalitako altzairua

##### Konposaketa

- Hariak (BTn kobrea erabiltzen da).
- Kableak (aluminioa eta bere aleazioak).



6



## 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (II)

### Kobrea eta aluminioaren alderaketa

- Aluminioaren erresistibitatea kobrearena baino %65 handiagoa da. Beraz, intentsitate berdina garraiatzeko, aluminiozko eroale batek kobrezko batek baino %65 handiagoa den sekzio bat beharko du.
- Aluminioak kobreak baino 3 aldiz gutxiago pisatzen du.
- Eroaleak aukeratzeko kontuan hartu beharreko faktorerik garrantzitsuenetakoa eroaleen pisua da.

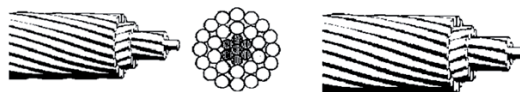
Propietatea	Unitateak	Kobrea (Cu-ETP)	Aluminioa (1350)
Eroankortasun elektrikoa (gogorra)	%IACS	101	61
Erresistentzia elektrikoa (gogorra)	mΩ·zm	1,72	2,83
Eroankortasun termikoa 20°C-tan	W/(m·K)	397	230
Hedapen-koefizientea	zm/°C	17·10 <sup>-6</sup>	23·10 <sup>-6</sup>
Tenkatze-indarra (gogorra)	N/mm <sup>2</sup>	200-250	50-60
Tenkatze-indarra (erdi-gogorra)	N/mm <sup>2</sup>	260-300	85-100
Modulu elastikoa	N/mm <sup>2</sup>	116-130	70
Neke-indarra (gogorra)	N/mm <sup>2</sup>	62	35
Neke-indarra (erdi-gogorra)	N/mm <sup>2</sup>	117	50
Bero espezifikoak	J/(kg·K)	385	900
Dentsitatea	g/zm <sup>3</sup>	8,91	2,70
Urtze-puntua	°C	1.083	660

7

## 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (III)

### Konposaketa

- Hariak helikoidalki biribilkatuta eta geruzaka banatuta daude. Geruza bakoitza aurrekoaren aurkako noranzkoan biribilkatzen da, tinkotasun mekanikoa eta malgutasuna emateko.



- Eroale homogeneoak: hari guztiak material berdinekoak dira (aluminio-aleazioak).
- Eroale heterogeneoak: hariak material ezberdinekoak dira.

### Izendapena

- UNE 21.018 (zaharra): Materialaren kodea + itxurazko sekzioa + UNE 21.018  
Kodeak: L (aluminioa), D (aluminiozko aleazioa), LA (altzairuzko muina duen aluminioa), DA (altzairuzko muina duen aluminiozko aleazioa), LARL (aluminioa eta altzairuz estalitako aluminioa).
- UNE-EN 50.182 (berria): Itxurazko sekzioa - Materialaren kodea (eroale heterogeneoetan, lehenengo estaldura eta gero muina).

Código	Código antiguo	Sección			Nº de alambres		Diámetro del alambre		Diámetro		Masa por unidad de longitud	Resistencia a la tracción asignada	Resistencia en c.c.
		Al	Acero	Total	Al	Acero	Alma	Conductor	kg/km	kN			
27-AL1/4-ST1A	LA 30	26,7	4,45	31,1	6	1	2,38	2,38	7,14	107,8	9,74	1,073 6	
47-AL1/8-ST1A	LA 56	46,8	7,79	54,6	6	1	3,15	3,15	9,45	188,8	16,29	0,612 9	
67-AL1/11-ST1A	LA 78	67,3	11,2	78,6	6	1	3,78	3,78	11,3	271,8	23,12	0,425 6	
94-AL1/22-ST1A	LA 110	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	14,0	432,5	43,17	0,306 7
119-AL1/28-ST1A	LA 145	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	15,8	547,4	54,03	0,242 3
147-AL1/34-ST1A	LA 180	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	17,5	675,8	64,94	0,196 3
242-AL1/39-ST1A	LA 280 HAWK	241,6	39,5	281,1	26	7	3,44	2,68	8,04	21,8	976,2	84,89	0,119 5
337-AL1/44-ST1A	LA 380 GULL	337,3	43,7	381,0	54	7	2,82	2,82	8,46	25,4	1 274,6	107,18	0,085 7
402-AL1/52-ST1A	LA 455 CONDOR	402,3	52,2	454,5	54	7	3,08	3,08	9,24	27,7	1 520,5	123,75	0,071 9
485-AL1/63-ST1A	LA 545 CARDINAL	484,5	62,8	547,3	54	7	3,38	3,38	10,1	30,4	1 831,1	149,04	0,059 7
565-AL1/72-ST1A	LA 635 FINCH	565,0	71,6	636,6	54	19	3,65	2,19	11,0	32,9	2 123,0	174,14	0,051 2

NOTA - La dirección de cableado de la copa en esta es "a derecha" (D).

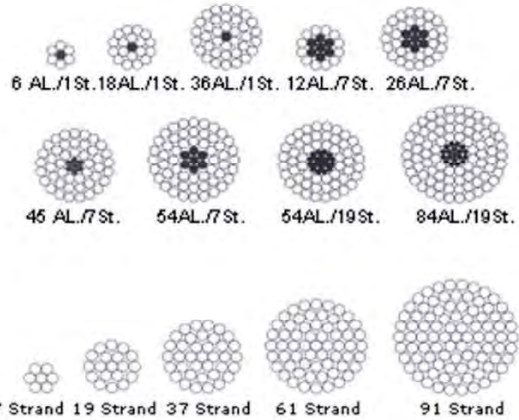
8

# 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (IV)



▪ **Al-altzairuzko eroaleak (ACSR: Aluminium Conductors Steel Reinforced):**

Altzairu galvanizatuzko muina eta Al harizko kanpoko geruza ezberdinak. Beren artean konbinaketak eginez, aplikazio bakoitzerako intentsitatearen garraio-ahalmenaren eta erresistentzia mekanikoaren arteko erlazio egokiena lortzen da.



▪ **Al aleaziozko eroaleak (AAAC: All Aluminium Alloy Conductor):**

Bere konposaketan Si eta Mg-a duten Al-zko hariz osatuak. Al komertzialak baino eroankortasun elektriko txikiagoa, baina erresistentzia mekaniko handiagoa dute. Gainera, ACSR eroaleek baino erresistentzia hobea dute korrosioaren aurka.

# 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (V)

▪ **Eroale bereziak (GTACSR; GZTACSR; ZTACIR; XTACIR,...):** temperatura handiagoak jasaten dituzte, beraz ohizkoek baino intentsitate handiagoak garraia ditzakete.

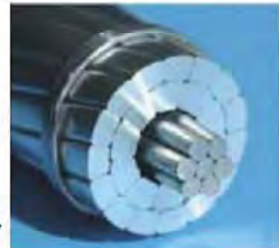
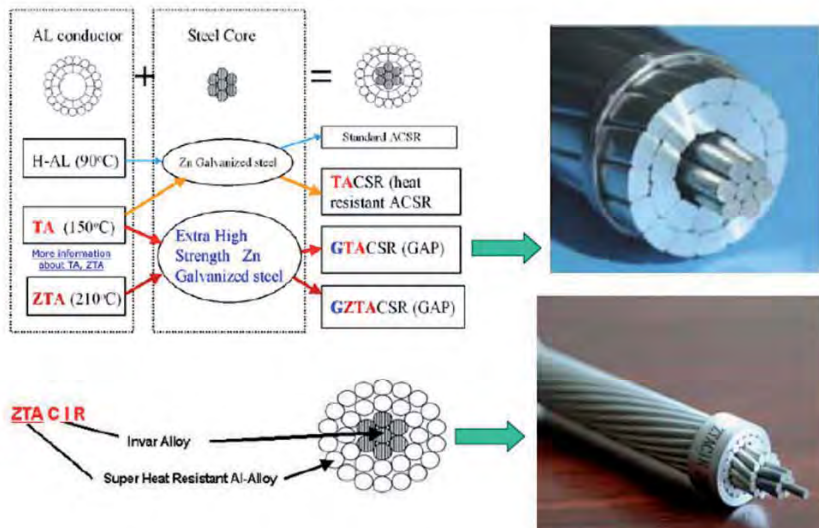
- Materialak: Al-Zr aleazioak (TA1, ZTA1, XTA1), altzairu galvanizatua, INVAR (Fe-Ni).
- Aplikazioa: jadanik funtzionamenduan dauden lineen garraio- ahalmena handitzea, euskarriak aldatu gabe.

		Core Material					
		Metal Matrix Composite	Galvanized Steel	Aluminium Clad Steel	Galvanized Invar Steel	Aluminium-Clad Invar Steel	Composite Fibreglass Wire
Aluminium Alloy	TAI (60TAI)	ACCR	TACSR	TACSR/AC			
	KTAI		KTACSR	KTACSR/AC			
	ZTAI (UTA1)		ZTACSR	ZTACSR/AC	ZTACIR		
	XTAI					XTACIR	
	1350-0		ACSS/GA	ACSS/AW			ACCC

**High Temperature Conductors**

ACSE	Aluminium Conductor, Steel Supported <sup>(1)(2)</sup>
ACSE/TW	Compact Aluminium Conductor, Steel Supported <sup>(1)(2)</sup>
ACCR	Aluminium Conductor, Composite Reinforced
ACCC	Aluminium Conductor, Composite Core
GZTACSR	Gap Type Ultra Thermal Resistant Aluminium Alloy, Steel Reinforced
KTACSR	High Strength Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor, Steel Reinforced <sup>(3)</sup>
IACSR	Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor, Steel Reinforced <sup>(3)</sup>
XTACIR	Extra Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor, Invar Reinforced
ZTACSR	Ultra Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor, Steel Reinforced <sup>(3)</sup>
ZTACIR <sup>(3)</sup>	Ultra Thermal Resistant Aluminium Alloy Conductor, Invar Reinforced

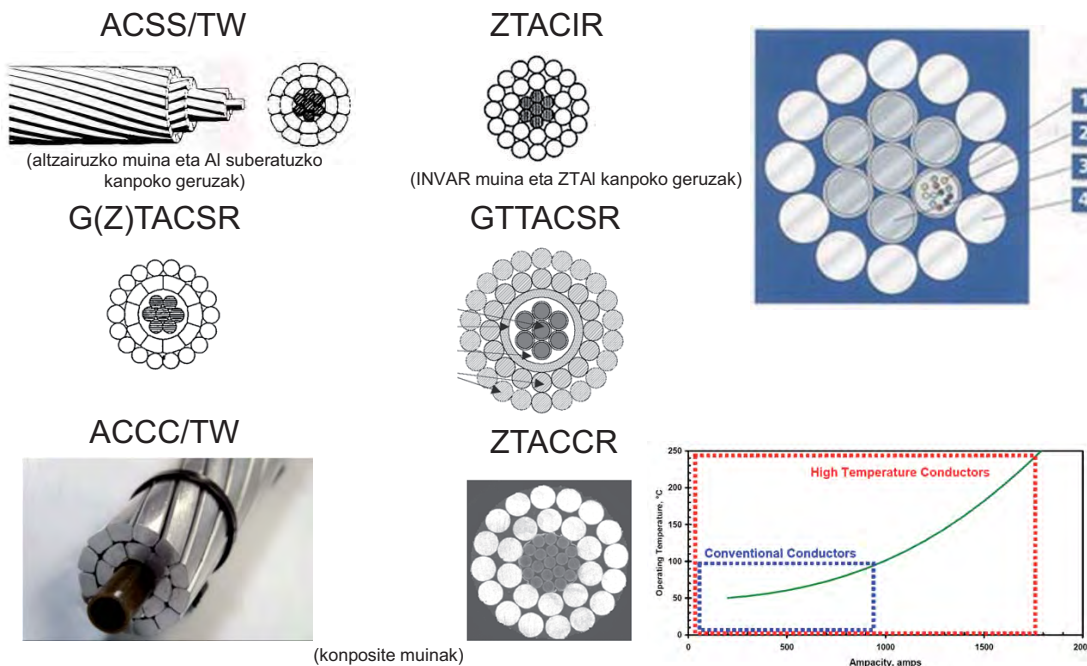
<sup>1)</sup> Additional suffices are allowed to describe the type of core (e.g. ACSS/GA)  
<sup>2)</sup> Originally known as SSAC  
<sup>3)</sup> Could also be STACIR





## 1.1 Aireko lineak. Eroaleak (VI)

- Ezaugarri termiko handidun eta gezi txikidun eroaleak:



11

## 1.1 Aireko lineak. Lur-eroaleak

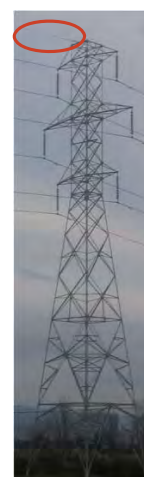
### ITC-LAT-07 2.1.3 eta 2.1.5

#### Helburua

- Tximisten inpaktu zuzenen aurkako babesa.
- Zuntz optiko bidezko komunikazioak (OPGW).

#### Izaera

- Materialak**
  - Erresistentzia mekaniko handiko altzairua
    - Kalitate hobereeneko galbanizatua
    - Edo aluminiozko estaldura.
  - OPGW motakoetan, zuntzak muinean kokaturiko babes-hodi baten barnean kokatzen dira.



#### Izendapena

Adibidez: 50 mm<sup>2</sup>-dun aluminioz estaliriko altzairua:

Zaharra: ARL 50  
Berria: 50-A20SA



12

## 1.1 Aireko lineak. Euskarriak (I)

### ITC-LAT-07 2.4

#### Helburua

- Linea osatzen duten elementu ezberdinen pisuak eustea, araudiak definitzen dituen gutxieneko segurtasun-distantziak mantenduz.

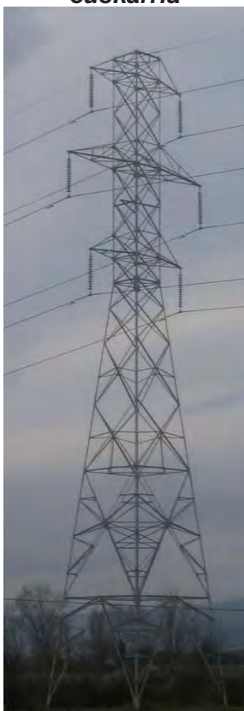
#### Funtzioaren araberako sailkapena

- **Esekidurako euskarriak:** suspentsioan dauden kate-isolagailuekin.
- **Amarratzeko euskarriak:** amarratzeko kate-isolagailuekin.
- **Ainguraketako euskarriak:** ezohizko izaeradun luzetarako esfortzuen hedapena mugatzeko.
- **Linea hasiera edo bukaerako euskarriak:** linearen eroale guztien eta lurrerako kablearen esfortzu horizontalak jasaten dituzte.
- **Bereziak:** lurrazaleko oztopoak ekiditeko erabiltzen dira: trenbide sareak gurutzatzeko, ibaiak, telekomunikazio lineak, ...

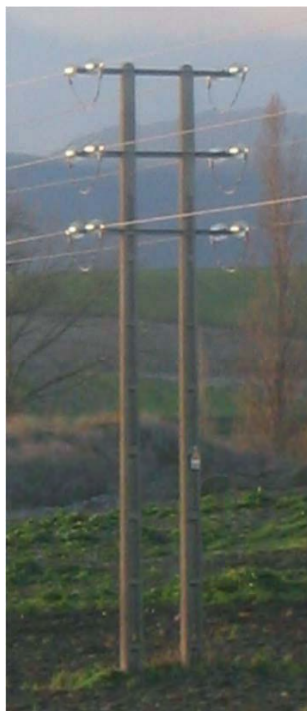
13

## 1.1 Aireko lineak. Euskarriak (II)

*Esekidurako  
euskarria*



*Amarratzeko  
euskarria*



*Ainguraketako  
euskarria*



*Linea bukaerako  
euskarria*



14

## 1.1 Aireko lineak. Zutoinak

**Egurra**



**Hormigoia**



**Sareta metalikoa**



15

## 1.1 Aireko lineak. Gurutzetak eta armatuak

**Gurutzetak:** isolagailuak eusteko zutoinen goialdean ezartzen diren elementuak.

➤ Laua, ontzitxo itxurakoa, bobedakoa.

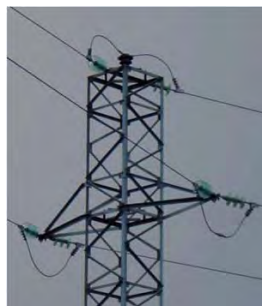
**Armatuak:** zutoinaren goialdeko gurutzeten antolamendua.

➤ Horizontala, triangeluarra, bandera itxurakoa, laukizuzena, hiruzuloka, bobedakoa, hexagono itxurakoa...

**Armatura:** horizontala



**Armatura:** triangeluarra



**Armatura:** bandera itxurakoa



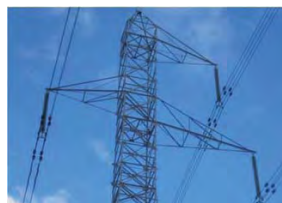
**Armatura:** laukizuzena



**Gurutzeta:** ontzitxo itxurakoa



**Armatura:** hiruzuloka



**Armatura/Gurutzeta:** bobedakoa



**Armatura:** hexagono itxurakoa



16

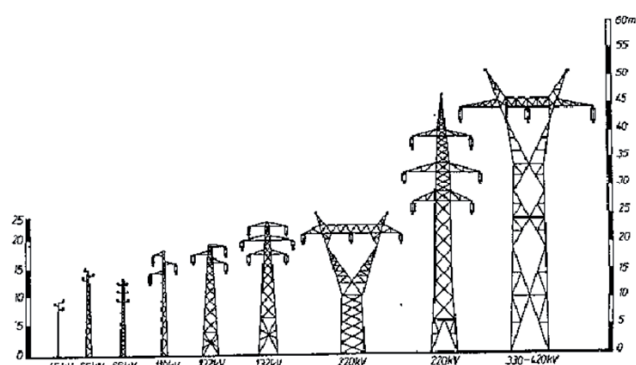


## 1.1 Aireko lineak. Egoera “bereziak”



17

## 1.1 Aireko lineak. Euskarrien identifikazioa



**Eskalatzeko babesgailuak**  
(ITC – LAT- 07 2.4.2)



### **IDENTIFIKAZIO-PLAKA** (ITC-LAT-07 2.4.7)

- **Identifikazioa:**
  - Euskarri bakoitzaren zenbakia (lurretik irakurgarria).
  - Linearen jabea (enpresa).
  - Tentsio-maila.
- **Arrisku-egoeraren seinaleztapena:**  
66 kV baino tentsio izendatu handiagoa duten lineetan derrigorrezkoa da, batez ere jende asko ingura daitekeen tokietan.



18

## 1.1 Aireko lineak. Zimenduak

### ZIMENDUAK (ITC-LAT-07 2.4.8)



Prisma itxurako hormigoizko blokeak dira. Euskarria iraultzea ekiditen dute.

19

## 1.1 Aireko lineak. Lur-konexioa

### BETEBEHARRAK (ITC-LAT-07 7.1)

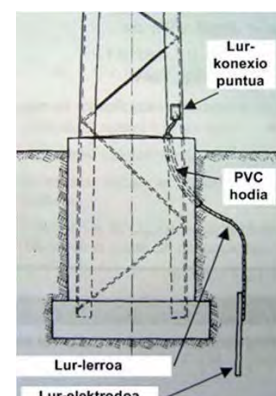
- Esfortzu mekanikoak eta korrosioa jasatea.
- Akats- (fase-lur) intentsitate handiena jasatea.
- Fase-lur akats baten aurrean sortzen diren tentsioetan pertsonen segurtasuna bermatzea.
- Ekipo eta instalazioetan kalteak ekidin eta lineen fidagarritasuna bermatzea.

#### **Aurreko betebeharrak faktore hauen menpe daude:**

- Sarearen neutroa lurrera konektatzeko erabilitako metodoa.
- Euskarri mota: jendea sarritan egotea ala ez.
- Euskarriaren materiala: eroalea ala ez-eroalea.

### ELEMENTUAK (ITC-LAT-07 7.2)

- **Euskarrien lurrerako konexioa**
- **Lur-lerroa:** *ibiltarte minimoa eta erradio handiko kurbak izan behar dituzte. Lur-lerroaren korrosioa zaindu behar da.*
- **Lur-elektrodoak:** *0,5-1 m arteko sakoneran lurperatuak.*
  - Elektrodo horizontalak (hagatxoak, barrak edo kableak) erradialki, mailatu edo eraztun-eran jarriak. Xaflak ere erabil daitezke.
  - Lurrean sarturiko pika bertikal edo inklinatuak.



20

## 1.1 Aireko lineak. Isolagailuak (I)

### ITC-LAT-07 2.3

#### HELBURUA

Eroaleak euskarrietatik isolatzea.

#### ISOLAMENDU-MAILAK

- *Ertaina*: kutsadura baldintza normalak.
- *Handia*: kutsadura baldintza bereziak.

#### MATERIALAK

- Portzelana
- Beira
- Epoxi edo konposite erretxinadun esteatita.



21

## 1.1 Aireko lineak. Isolagailuak (II)

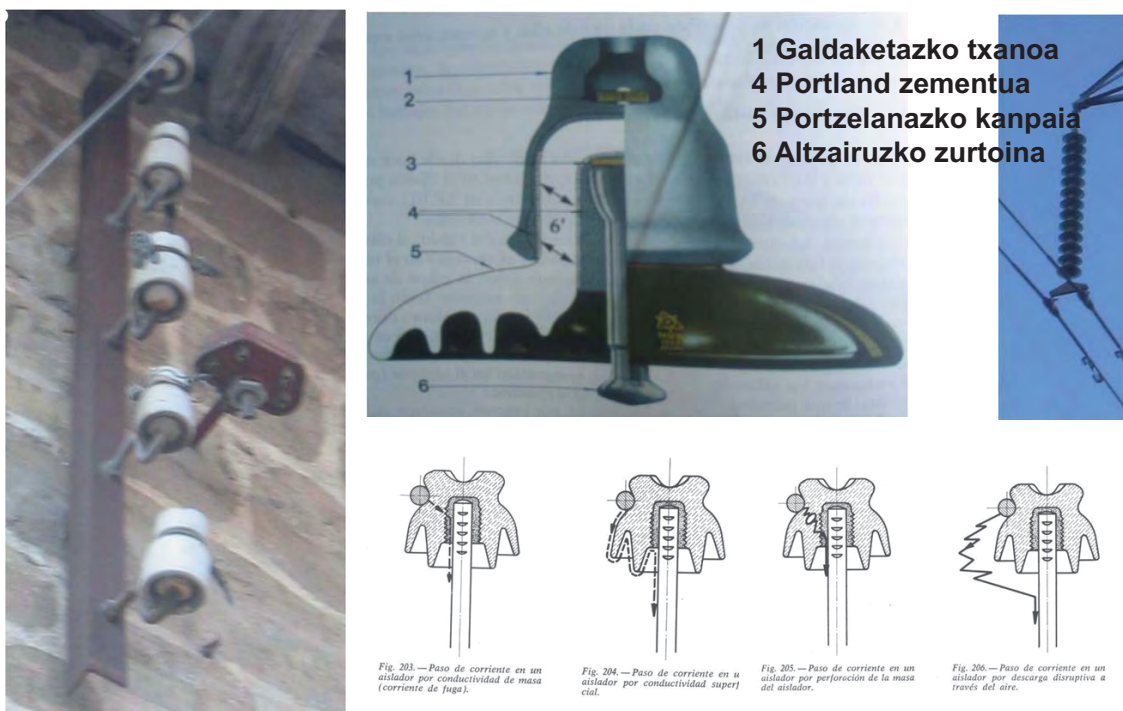
#### MOTAK

- **Finkoak edo zurrinak**: pieza bakarrekoak. Aplikazioa: <66 kV.
- **Katean edo esekiak**: hiru elementu dituzte:
  - *Bi elementu metaliko*: isolagailuen arteko lotura egiten duten txanoa eta zurtoina, katea osatzeko.
  - *Elementu isolatzailea*: goiko partea leuna eta behekoa nerbiduna (ihes lerroa handitzeko) duen kanpaia da.



22

## 1.1 Aireko lineak. Isolagailuak (III)



23

## 1.1 Aireko lineak. Isolagailuak (IV)

### KATE-ISOLAGAILUAK

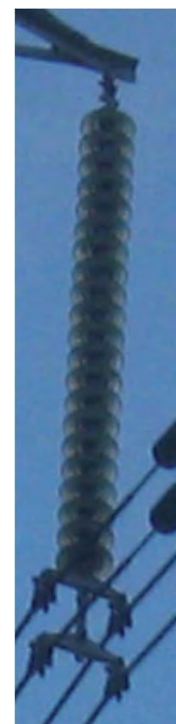
#### Ezaugarriak

- **Mekanikoak**
  - Ebaketa-karga mekaniko edo elektromekanikoa.
- **Dimentsionalak**
  - Diametroa (D).
  - Urratsa (P).
  - Ihes-lerro izendatua.
  - Zurtoinaren diametroa ( $d_1$ ).
- **Elektrikoak**
  - Isolamendu-maila maiztasun industrialean eta kV-etan.
    - Lehorrean.
    - Euriarekin.
  - Isolamendu-maila talka-uhinaren aurrean eta kV-etan.

#### Izendapena (UNE-EN 60.305)

Adibidez: **U 70 BSP**

Kate-isolagailua      Apurdura-karga (kN)      Urrats laburra      Txano eta zurtoinaren arteko lotura-mota      Kutsaduraren aurkako diseinua



24



# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (I)

## ITC-LAT-07 2.2

### ▪ Lotura-elementuak:

- Kate-isolagailuenak:
  - Lehenengo elementu isolatzailea euskarrira lotzeko: girgilu-eraztuna, urkilak
  - Eroalea azken elementu isolatzaileira lotzeko: errotula eta grapak:
    - Esekiak: esekitze-kateak.
    - Amarratzeak: amarratze-kateak.
- Isolatzaile finkoenak:
  - Zuzenak.
  - Konkortuak.
- Eroaleenak:
  - Konexio-grapak.
  - Altzairu eta aluminiozko lotura-mahukak.

### ▪ Isolagailuen babes elektrikoa:

- Babes-uztaiak
- Adarrak
- Erraketak

### ▪ Eroaleen babes mekanikoa:

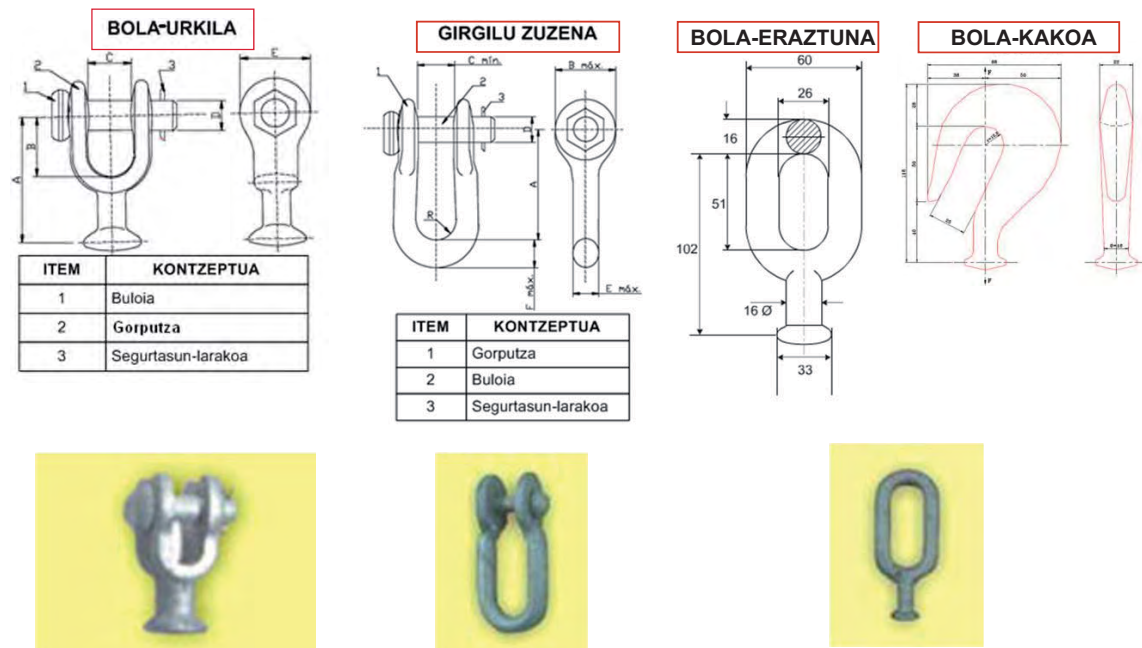
- Babes-hagatxoak

### ▪ Eroaleen elementu osagarriak:

- Banagailuak
- Kontrapisuak
- Seinaleztapena
- Bibrazioak ekiditeko
  - Stockbridge indargetzaileak
  - Armatze-hagatxoak

25

# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (II)



26



# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (III)

### ESEKIDURA-GRAPA

ITEM	KONTZEPTUA
1	Gorputza
2	Zapata
3	Torlojuia
4	Azkoina
5	Zirrindola
6	Buloia
7	Segurtasun-larakoa

### AMARRATZE-GRAPA (BERNOTUA)

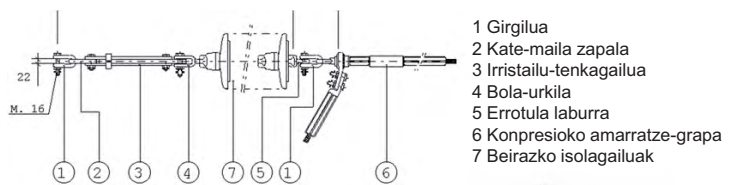
ITEM	KONTZEPTUA
1	Gorputza
2	Zapata
3	Abarkoia
4	Azkoina
5	Presio-zirrindola
6	Buloia
7	Zirrindola laua
8	Segurtasun-larakoa

### KONPRESIO-GRAPA (EUSTEKO)

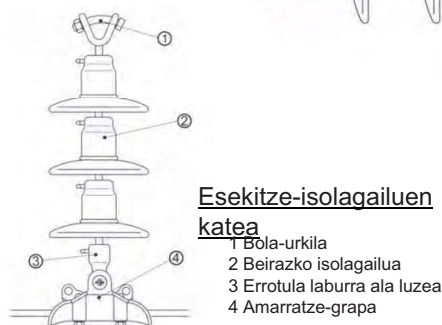
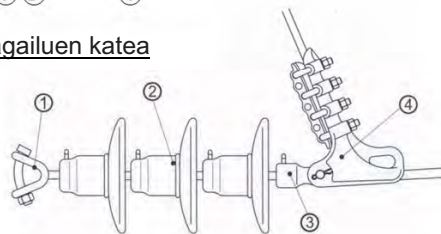
ITEM	KONTZEPTUA
1	Gorputza
2	Idunekoa
3	Deribazioa
4	Enboloa
5	Torlojuia
6	Azkoina
7	Zirrindola laua
8	Presio-zirrindola

# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (IV)

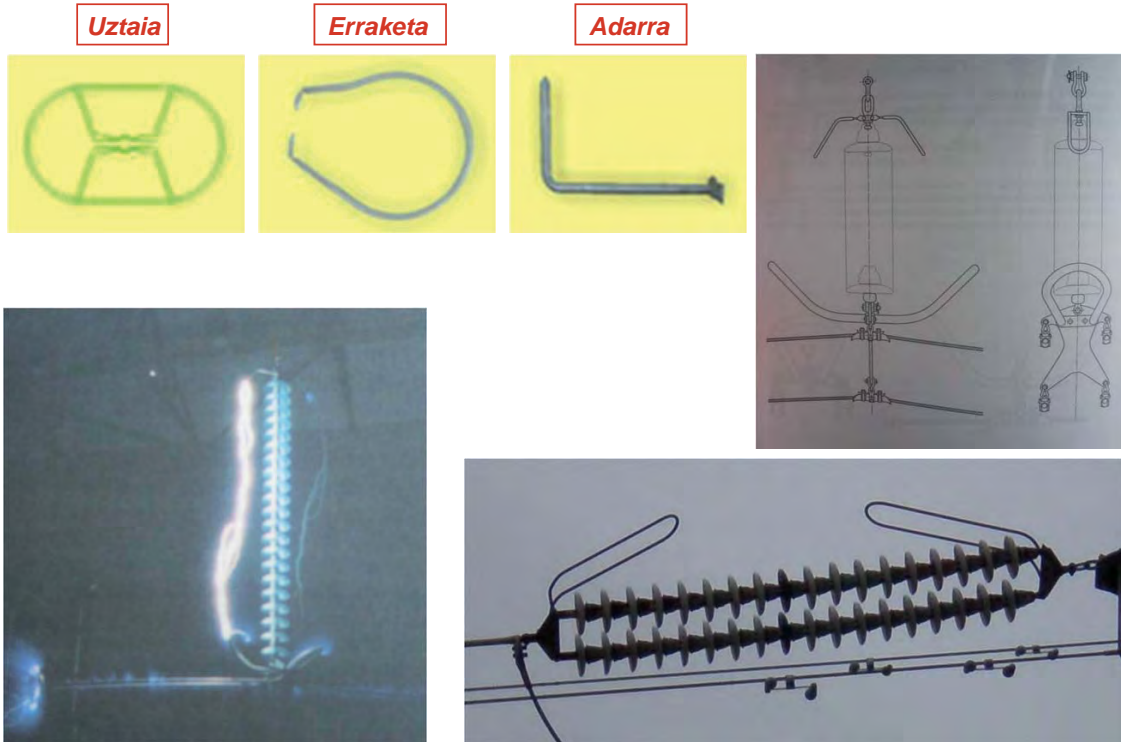
## Isolagailu-kateen ohizko antolamenduak



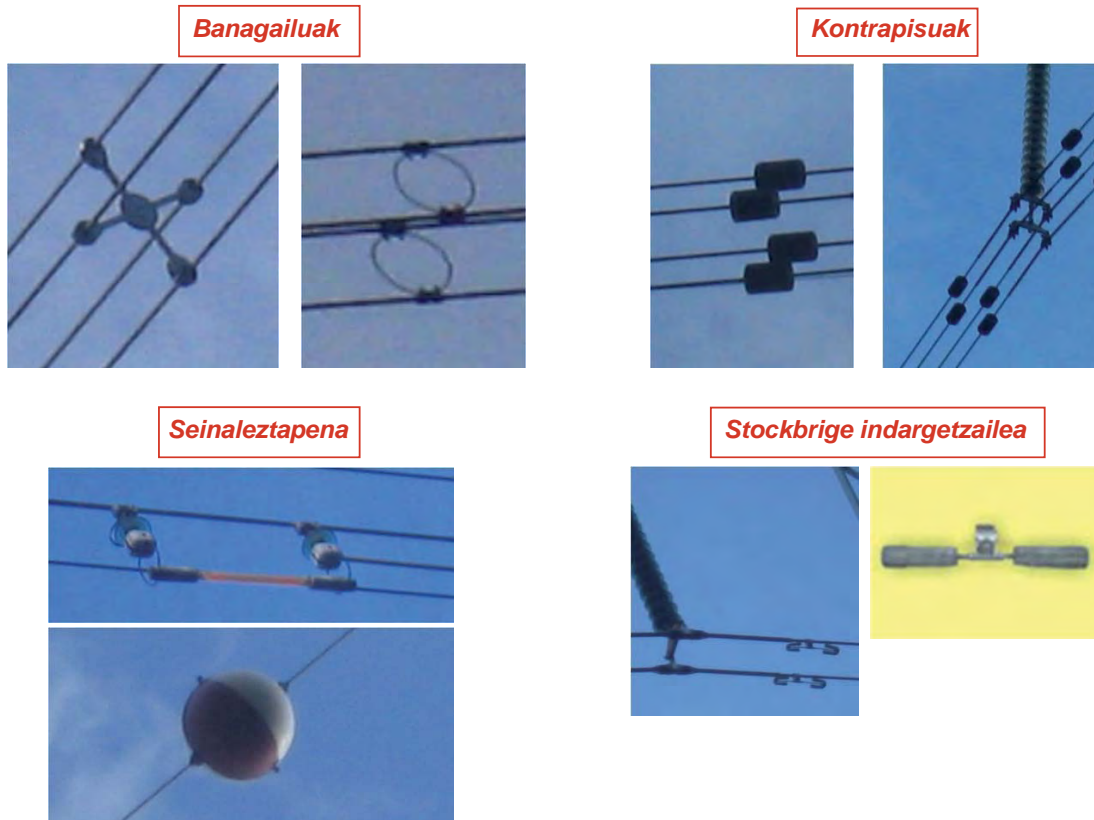
Amarratze-isolagailuen katea



# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (V)



# 1.1 Aireko lineak. Burdineria (VI)



## 1.1 Aireko lineak. Eroale isolatudun lineak

### ITC-LAT-08

#### APLIKAZIOA

Eroale biluzidun aireko lineak ordezkaten dituzte ondorengo kasuetan:

- Zuhaitzak, haize bortitzak ala hegaztien babes zonetan
- Kutsadura handiko zonetan
- Obretarako behin-behineko instalazioetan
- Industrieguneetako zirkulazio-bideetan
- Hiriguneen sarreretan

#### TENTSIOAK

3, 6, 10, 15, 20, 25 eta 30kV

#### INSTALAZIO-SISTEMA

Euskarri gaineko sare tenkatua.

#### KABLEAK

- Kable polobakar isolatuak, altzairuzko fidatzaile baten inguruan sortan kableatuak.
- Normalean aluminiozko aleaziozkoak izaten dira eroaleak, material isolatzaile geruza bat edo batzuez estaliak.

31

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Sarrera

### ITC-LAT-06

Lurrazpiko linea elektrikoak kable isolatuz osaturik daude. Instalazio-motak: zuzenean lurperatuta, hodi baten barnean, galerietan, eraikinen barnean, urpean, etab.

#### Erabilera

- Hiriguneetan
- Aireko linearik instalatzerik ez dagoenean:
  - Lurrazpiko instalazioetan
  - Ibai edo itsasoak zeharkatzeko
  - Aireportuetan

#### Aireko lineekin alderaketa

- Aireko lineen lurrazpiko lineekiko abantaila nagusia ekonomikoa da.
- Linea baten tentsio-maila igotzean, eroaleen arteko distantzia eta isolagailu-kateen tamainak handitzen dira. Lurrazpiko lineak erabiltzeak, aldiz, diseinuaren konplexutasuna handitzen du.
- Aireko lineetan akats gehiago gertatzen dira, baina akatsen kokalekua aurkitzea eta konpontzea errazagoa eta azkarragoa da.

32

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Elementu osagarriak (I)

### Eroaleak

#### Erabilitako materialak

- Kobrea
- Aluminioa

#### Antolaketa

- Hariak bata bestearen ondoan jarritz
- Hariak bata bestearen ondoan trinkotuz, sekzio biribil-zuzen baten itxura hartuz

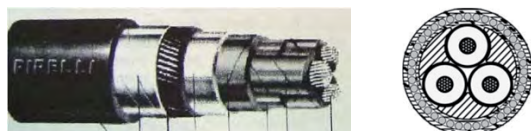
#### Motak

- Polobakarra: eroale 1 eta pantaila 1 (eremu elektriko erradiala)



- 3 polodunak (tripolarrak):

- Pantaila bakarra: eremu elektriko ez da erradiala
- Hiru pantaila: eremu elektriko erradiala da



33

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Elementu osagarriak (II)

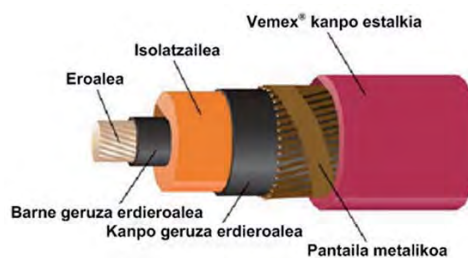
**Isolamendua:** eroalearekin kontaktu zuzena ekiditen du eta bero-disipazioa bermatzen du.

#### Kableak oliotan edo estratifikatuak

- Olio presiotan (OF)
- Oliotan bustitako papera (PPL)

#### Kable lehor edo estrusionatuak

- Termoplastikoak
  - Binil polikloruroa (PVC)
  - Polietilenoa (PE)
- Termoogonkorak (saretuak)
  - Etileno-propilenoa (EPR)
  - Modulu handiko etileno-propilenoa (HEPR) (lan T<sup>a</sup> handiagoa, lodiera txikiagoa, malgutasun handiagoa, hezetasunaren aurrean portaera hobea)
  - Sare-polietilenoa (XLPE)



### Pantailak

#### Materialak

- Kobrezko hari edo sareak
- Aluminiozko zintak

• **Helburua:** eremu elektrikoaren eragina ezabatzea (Faraday-ren kaiola), kableak pantailaren kanporantz sortuko lukeena ezabatuz eta kanpo eremuak pantailaren barnerantz pasatzea galaraziz.

### Geruza erdieroaleak

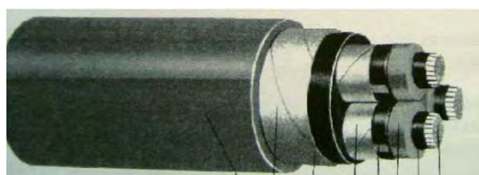
• **Helburua:** aluminiozko zintek eremu elektrikoaren banaketa hobetzen dute, material eroale eta geruza isolatzaileen artean ematen den gradientea gutxituz, eta aire-poltsak galaraziz.

34

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Elementu osagarriak (III)

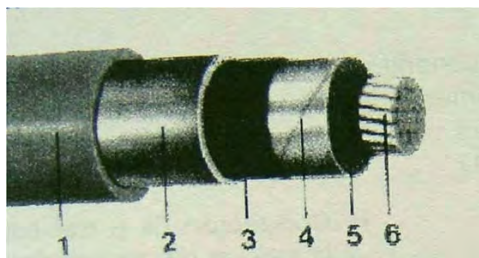
### Armadurak

- **Materialak**
  - Altzairuzko zumitza
  - Berun edo aluminiozko hodia
- **Helburua:** kablearen babes mekanikoa eta OF motakoetan, olio atera ez dadin.



### Estalkiak

- **Materialak**
  - Termoplastikoak:
    - Binil polikloruroa PVC
    - Polietilenoa PE
    - Poliolefinak PO
  - Neoprenoa
  - Betun zinta
- **Helburua:** elementu kimikoek armadura metalikoetan sor dezaketen korrosioaren aurka babestea. Armadura berunezkoa bada, ez da estalkirik behar.



1. PVC geruza
2. Berunezko hodia
3. Paper eroalea
4. Paper buztidun isolatzailea
5. Paper eroalea
6. Kobrezko eroalea

35

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Elementu osagarriak (IV)

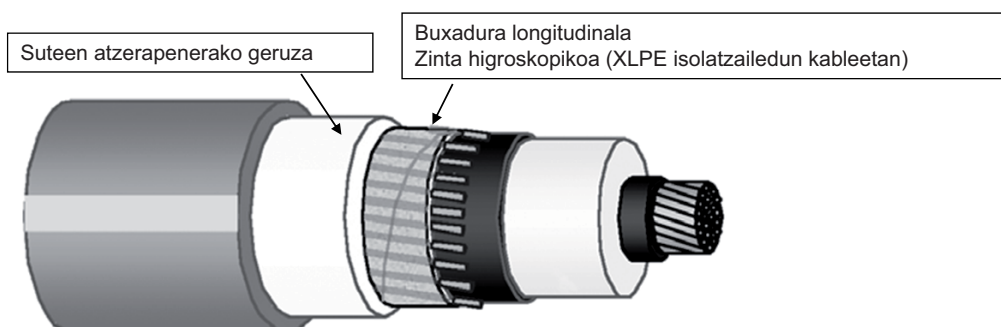
### Geruza gehigarriak

#### Uraren sarrera ekiditeko geruza

- **Materialak:** zinta edo kordoi higroskopikoa edo aluminiozko lamina.
- **Helburua:** eroalean edota pantailan uraren sarrera longitudinala edo erradiala ekiditea.

#### Suaren hedapena ekiditeko geruza

- **Helburua:** suteen hedapenaren aurkako erresistentzia hobetzea.



36



## 1.2 Lurrazpiko lineak. Izendapena

### Konposaketaren arabeko kodetzea

- **Isolatzaileren materiala**
  - D etileno-propilenoa (EPR)
  - HEPR modulu handiko etileno-propilenoa
  - R sare-poli(etileno) (XLPE)
- **Pantaila erdieeroalea izatea:**
  - H pantaila erdieeroalea eta metalikoa
- **Estalkiaren materiala**
  - V binil polikloruroa
  - Z poliolefina sare nahasia
  - Z1 poliolefina termoplastiko nahasketa
- **Uraren sarreraren aurkako babesa**
  - Obturatzeko erradiala
    - Kobrezkoa RC
    - Aluminioko RA
  - Obturatzeko longitudinala
    - Pantailan bakarrik OL
    - Eroalean eta pantailan 2OL
- **Suaren aurkako babesa**
  - Sugarren hedapena ekiditen duenean (S)
  - Suteen hedapena ekiditen duenean (AS)
- **Tentsio izendatuak kV-tan eta marra batez banatuak ( $U_0/U$ )**
  - $U_0$  eroalea eta pantailaren artean.
  - U eroaleen artean.

Adib: RHZ1 –RA+OL (AS) 36/66 kV 1x400 K Al +H25

- **Eroale kopurua**
  - 1: kable polobakarra
  - 3: hiru polodun kablea
- **Eroalearen sekzioa mm<sup>2</sup>-tan**
  - Sekzio gutxiagoko eroalearen bat egongo balitz, / ikurraren ostean adierazten da.
- **Eroalearen itxura edota jasotako tratamendua**
  - K itxura trinko borobila
  - M Milliken eroalea
- **Eroalearen materialaren kodea**
  - Ez bada ezer jartzen, kobrea
  - Al aluminioko
- **Pantailaren ezaugarriak**
  - +H hariak edo T hodi itxurakoa
  - Sekzioa mm<sup>2</sup>-tan.
  - Ez bada ezer esaten kobrea, Al aluminioa bada



37

## 1.2 Lurrazpiko lineak. Instalazioa

### Zuzenean lurperatuta

- Gutxieneko sakonera: 0,6 m espaloien azpian eta 0,8 m galtzaden azpian
- Babes egokia
- Seinaleztapen-zinta

### Hodi barneko kanalizazioa

- Gutxieneko diametroa: 0,14 m
- Kutxatilik tartekatzen dira instalazioa errazteko (40 m-ro)

### Galerietan

- Bisitagarriak
  - Gutxieneko korridorea: 0,9 m · 2 m
  - Kableak eusteko: bridak, mensulak eta erretiluak (lurrera konektatuak)
- Arakagarriak

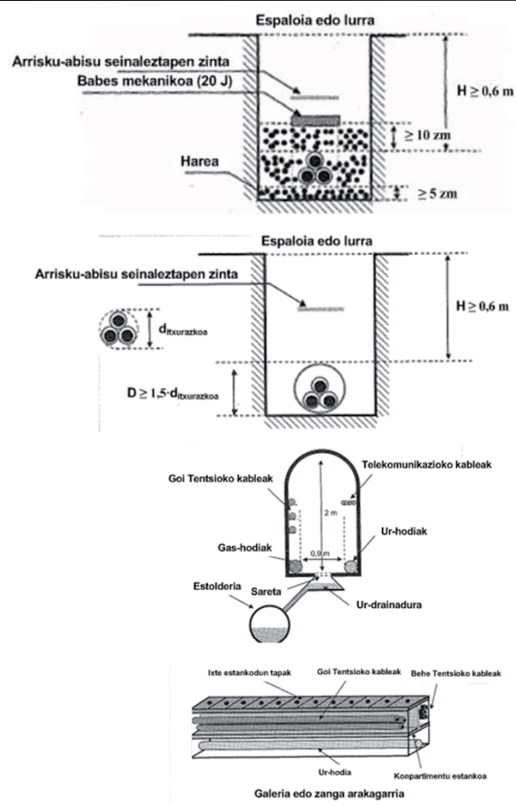
### Atarjea edo kanal ikuskagarrietan

- Sarrera mugatua (kontrolatua) duten kokaguneetan

### Erretilu, euskarri, horma beso edo zuzenean hormetan eutsiak

- Eraikinen barnean

### Itsaspean



38

## 1.3 HVDC (High Voltage Direct Current) (I)

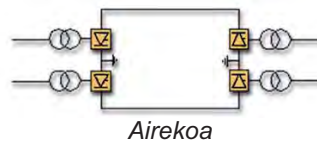
### Aplikazioak

- Aireko lineen bidez, potentzia handiak distantzia oso handietara garraiatzea.
- Lurrazpiko edo urpeko kableen bidez potentzia handiak garraiatzea (distantzia motzetarako ere bai).
- Maiztasun ezberdina duten energia-sistemen lotura (50 Hz eta 60 Hz).

### Adibideak



Lurrazpikoa



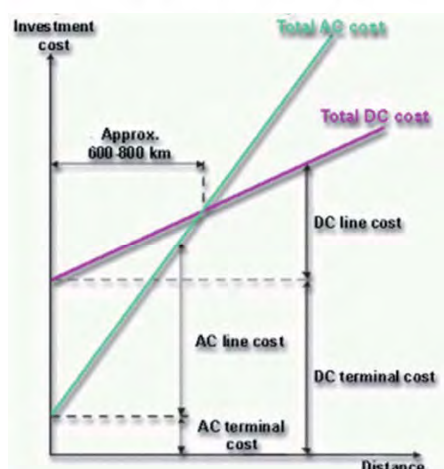
Airekoa

39

## 1.3 HVDC (High Voltage Direct Current) (II)

### Abantailak

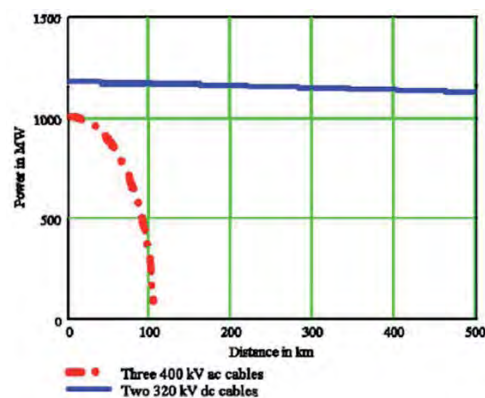
#### 1. Inbertsio-kostu txikiagoak



Urpeko kableen kasuan, ebakidura-puntua 50 km ingurukoa da.

#### 2. Itsasoak zeharkatzeko edo lurrazpiko kableetan

Korrente alternoko garraioan, kableek duten kapazitantzia handia dela eta, garraio distantzia mugatzen duten potentzi erreaktiboak sortzen dira. HVDCren kasuan ez da fenomeno hori gertatzen.



40

## 1.3 HVDC (High Voltage Direct Current) (III)

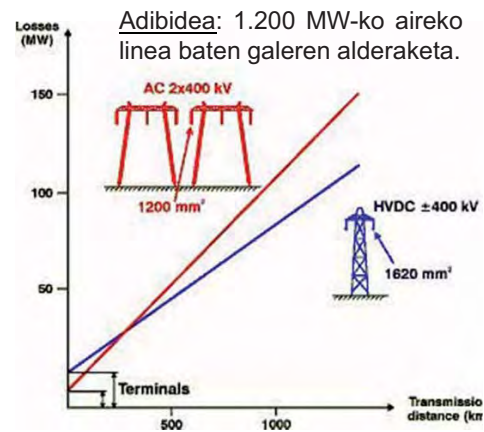
### Abantailak

3. Galera txikiagoak.
4. Interkonexio asinkronoak (50 Hz eta 60 Hz-ko sistemen artean).
5. Potentzia-fluxuaren kontrol hobea.
6. Zirkuitulabur-intentsitateen mugaketa (ez du ematen).
7. Ingurugiroa. Potentzia berdin baten garraiorako, HVDC aireko lineek espazio gutxiago behar dute.

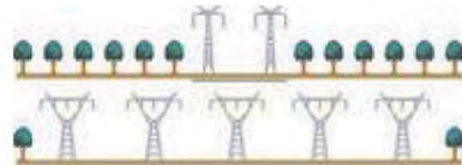
Estatu mailan, gaur egun ez dago HVDC linearik, baina 2 ari dira eraikitzen:

Frantziarekin interkonexio berria: 70 km lurrazpitik, HVDC erabiliz.

Penintsula eta Balear uharteen arteko lotura. Rómulo proiektua: 250 kV<sub>DC</sub>, 237 km-ko luzera eta 1.485 m-ko gehienezko sakonera.



Adibidea: 3.000 MW-ren garraioa.  
HVDC: 500 kV-ako 2 linea.  
HVAC: 500 kV-ako 5 linea.



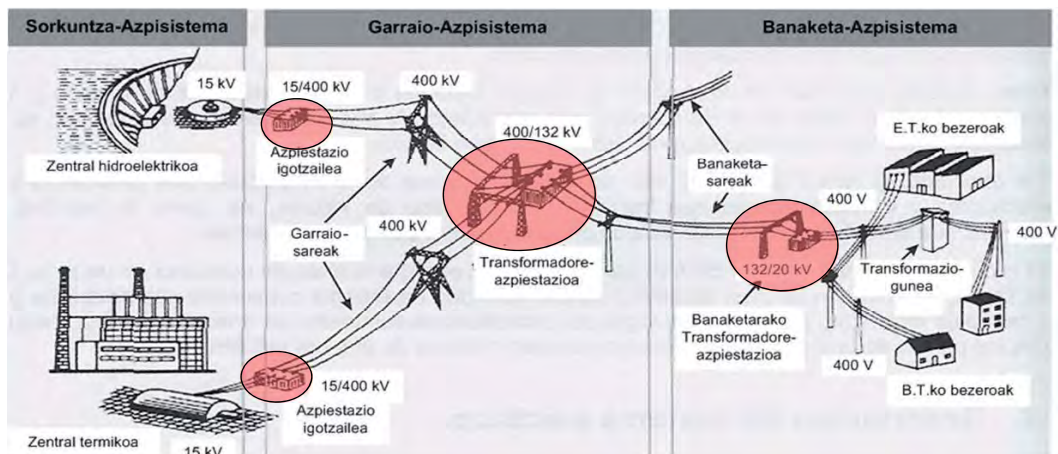
41

## 2 Azpiestazioak. Sarrera (I)

### DEFINIZIOA (MIE-RAT-01 55)

Kokapen berean dauden tresneria elektriko eta eraikinen multzoa, ondorengo funtzioetakoren bat egiteko helburuarekin: tentsioaren aldaketa, frekuentziaren aldaketa, fase-kopuruaren aldaketa, zuzenketa, potentzia-faktorearen zuzenketa eta bi edo bi baino zirkuitu gehiagoren konexioa.

Azpiestazioetan **sistemaren kontrola** burutzen da linea ezberdinak ireki eta itxi, horrela erabiltzaileei energia era egokian banatzeko. Gainera bertan sistema elektrikoa **neurtu, zaindu eta babesten** da.



42



## 2 Azpiestazioak. Sarrera (II)

### FUNTZIOAK

#### 1) Konexioa:

- Sorkuntza-zentralak garraio-sareekin.
- Konpainia elektrikoan arteko eta nazioarteko garraio-sareak: *interkonexio- sareak*.

#### 2) Energia-sistema elektrikoaren ustiapena:

- Maniobrak.
- Industriagune berezietarako energiaren hornikuntza.
- Potentzia erreaktiboaren fluxuaren kontrola:
  - Tentsioa kontrolatu.
  - Galerak txikitu.
- Zirkuitulaburreko potentzia handien txikiagotzea edo kontzentrazioa.

#### 3) Segurtasuna: akatsen detekzioa eta ebazpena.

43

## 2.1 Sailkapena (I)

### Tentsioaren arabera (RD 3.275-1.982)

- Lehenengo kategoria: > 66 kV
- Bigarren kategoria: > 30 kV eta ≤ 66 kV
- Hirugarren kategoria: > 1 kV eta ≤ 30 kV

(RD 223/2.008an kategoria berezi bat aipatzen da ≥ 220 kVeko lineentzat)

### Kokapenaren arabera

- Aterpez kanpokoak (aire zabalekoak)
- Barnekoak

### Funtzioaren arabera

- Transformazio-azpiestazioak
- Maniobra-azpiestazioak

44

## 2.1 Sailkapena (II)

### Aterpez kanpoko azpiestazioak

- Aire zabalean eraikitzen dira.
- Goi-tentsio handiko lineek elikatzen dituzte.



45

## 2.1 Sailkapena (III)

### Barneko azpiestazioak

- Eraikinen barnean kokatzen dira. Posizio bakoitzaren tresneria **banaketa-gelaxka** deituriko ingurakari baten barnean ezartzen da.
- Bigarren mailako edo banaketa-azpiestazioetan erabiltzen dira (ETA 36 kV arte). Zenbat eta tentsioa txikiagoa izan → gelaxken tamaina txikiagoa.
- Isolamendua: airez edo SF<sub>6</sub>z.



Arteche-ren SF<sub>6</sub>-an isolaturiko FLUORPACT gelaxka.



46

## 2.1 Sailkapena (IV)

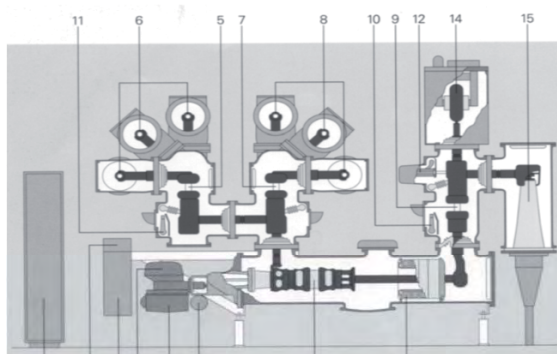
### Azpiestazio blindatuak edo GIS

- Tentsio-maila askotarako aukera: 40 kV – 800 kV, aterpez kanpo edo barnean.
- Presio atmosferikoa baino handiagoan dabilen SF6 gasa duten ingurakari metalikoen barnean kokatzen dira instalazioaren elementu guztiak. Elektrikoki eta mekanikoki konektatzen diren banakako moduluak dira:
  - 40 kV – 72,5 kV: ETko gelaxka arruntak.
  - 72,5 kV – 800 kV: elementu guztiak aluminiozko blindaia hermetikoen barnean.
- Behar den espazioa asko murrizten da → hiriguneetan eta espazioa arazo den tokietan.
- Diseinu-irizpideek faseen arteko banaketa eta konpartimentutan sartzeari agintzen dute.

47

## 2.1 Sailkapena (V)

### Azpiestazio blindatuak edo GIS



#### Barra bikoitzdun GIS gelaxka:

- (1) Etengailua
- (2) (3) (4) Etengailuaren aginte-elementuak
- (5) I barren ebakigailua
- (6) I barrak
- (7) II barren ebakigailua
- (8) II barrak
- (9) Linea-ebakigailua
- (10) (11) (12) Lur-konexio ebakigailua
- (11) Intentsitate-transformadorea
- (12) Tentsio-transformadorea
- (13) Lurrazpiko kable terminala
- (14) Gasaren kontrol-unitatea
- (15) Etengailuaren kontrol-unitatea
- (16) Aginte- eta kontrol-koadroa



ABBren ELK-3 GIS azpiestazioa

48

## 2.2 Diagrama haribakarra

**Diagrama haribakarra:** azpiestazio baten diseinuaren abiapuntua da. Instalazio bateko ekipo trifasikoak linea bakar batekin adierazten dituen eskema grafikoa da. Azpiestazioaren sarrera- eta irteera-lineen arteko loturak adierazten ditu.

### Eskema elektrikoetarako ikurrak (UNE-EN 60.617/IEC 60.617)

	Elementu ateragarria		Ebakigailua		2 hari katudun transformadorea (hari bakarrekoa)		Transformadore trifasikoa, izar-triangelu konexioa (hari bakarrekoa)
	Fusiblea		Bi posiziotako ebakigailua		2 hari katudun transformadorea (hari anitzekoa)		Transformadore trifasikoa, izar-triangelu konexioa (hari anitzekoa)
	Fusible-etengailua		Lurrerako ebakigailua		3 hari katudun transformadorea (hari bakarrekoa)		Hari katuan erdiko hargunea duen transformadorea (hari bakarrekoa)
	Tentsio deskargagailua (surge arrester)		Serbomotor dunebakigailua		3 hari katudun transformadorea (hari anitzekoa)		Hari katuan erdiko hargunea duen transformadorea (hari anitzekoa)
	Etengailua (ANSI funtzioa)		Kontaktorea (pausagunean irekita)		Autotransformadorea (hari bakarrekoa)		Korronte-transformadorea (hari bakarrekoa)
	Etengailua (hari bakarrekoa)		Korronte-transformadorea iri konektatutako babes-erreleak		Autotransformadorea (hari anitzekoa)		Korronte-transformadorea (hari anitzekoa)
	Tresna erregistatzailea		Bihurgailua		Konexioa (eroalea, kablea, linea, barra)		Babes lurra
	Wattmetroa		Artezgailua		Pantailadun eroalea		Zaratarik gabeko lurra
	Tresna adierazlea		Alderanzgailua		Lotura		Makina birakaria
	Bobina		Kondentsadore aldakorra		Terminala		Makina ez-birakaria
	Nukleo magnetikodun bobina		Erresistentzia aldakorra		Lurra		Sorgailu sinkrono trifasikoa (iman iraunkorra)
	Kondentsadorea		Kontaktu mugikordun potentziometroa		Masa		Indukziozko motore trifasikoa
					Ekipotentzialtasuna		Bateria

49

## 2.3 Konfigurazioak (I)

### BARRA SINPLEA

- Zirkuitu guztiak barra bakarrera daude konektatuta.
- Konfiguraziorik errazena eta merkeena da.

#### Abantailak:

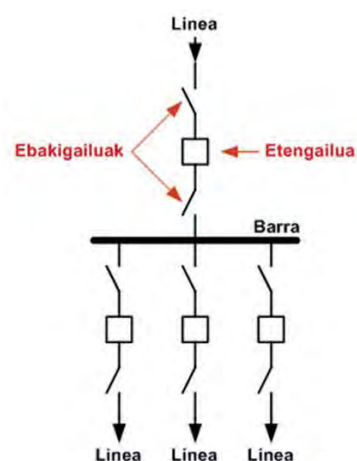
- Kosturik txikiena.
- Ustiapen erraza.

#### Eragozpenak:

- Barran akatsen bat gertatuz gero, azpiestazio osoa zerbitzuz kanpo geratzen da.
- Mantentze-lanak konplexuak dira (tentsioan).
- Barra ezin da hedatu zerbitzuz kanpo utzi gabe.

#### Aplikazioa:

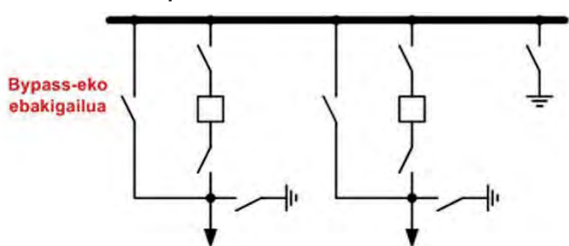
- Zentraletako azpiestazio igotzaileetan, irteera kopurua txikia denean eta elikatzen dituen kargak etengarriak direnean, edo beste azpiestazio batetik elika daitezkenean (sare gurutzatuak).



## 2.3 Konfigurazioak (II)

### BARRA SINPLEA BYPASS-AREKIN

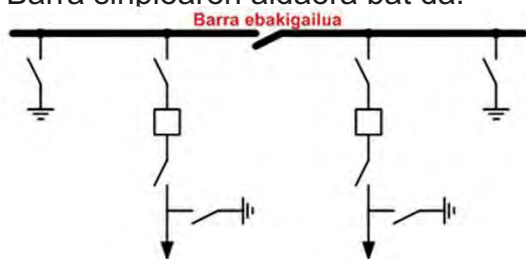
- Barra sinplearen aldaera bat da:



- Bypass-eko ebakigailuak etengailua isolatzen du, mantentze-lanak burutu ahal izateko elikadura eten gabe.
- Bypass-eko ebakigailuaren mantentze-lanak burutzeko barra zerbitzuz kanpo utzi behar da; bestela, lanak tentsiopean burutu.
- Barra sinplea baino garestiagoa da, elementu gehiago baititu.

### BARRA SINPLE EBAKIA

- Barra sinplearen aldaera bat da:

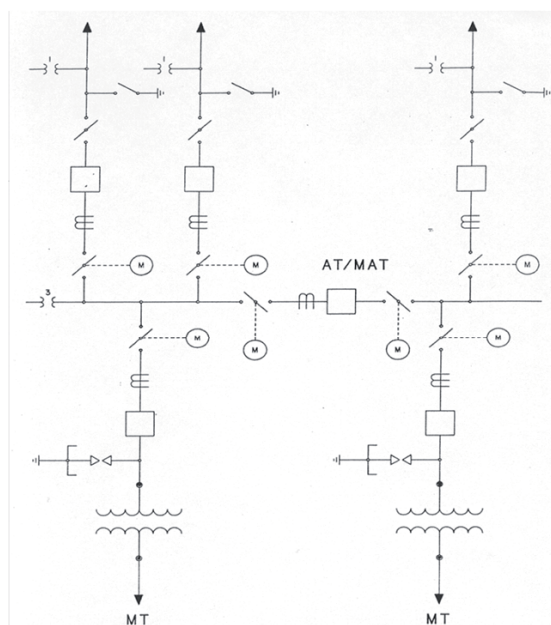


- Transformadore bat baino gehiago elikatzen denean erabiltzen da.
- Barran akatsa → akatsa gertatu den barra-erdia isolatu daiteke, tentsio-zero baten ondoren.
- Elikaduretako bat zerbitzuz kanpo utziz, mantentze-lanak egin daitezke.
- Barra-ebakigailuaren mantentze-lanak burutzeko, barra osoa zerbitzuz kanpo utzi behar da edo tentsiopean burutu.

51

## 2.3 Konfigurazioak (III)

### BARRA SINPLE ETENA



- Barra sinplearen aldaera bat da.
- Barra-etengailu baten bidez eteten da.
- Barran akats bat gertatuz gero, kaltetutako barra-erdia tentsio-zerozik gabe isola daiteke.
- Ebaketako ebakitzailen mantentze-lana errazagoa da, euren artean etengailua baitago.
- Barra sinplea baino fidagarriagoa da, baina garestiagoa.

#### Aplikazioa:

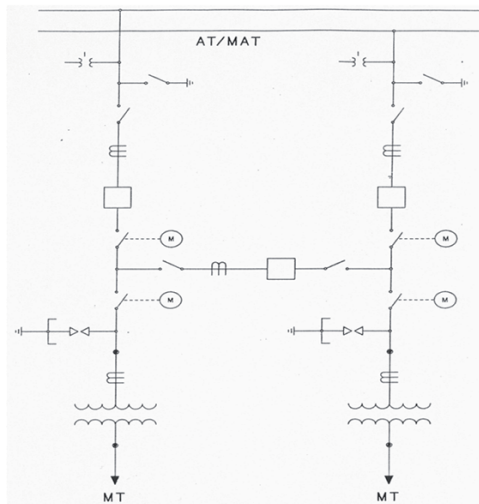
- Zirkuitu bikoitzeko linea bat baino gehiagorekin lotu, bi transformadore edo gehiago izan, eta kargen segregazioa egin nahi denean erabiltzen da.

52



## 2.3 Konfigurazioak (IV)

### BARRA SINPLEA H-an (Adar bikoitza)



▪ Barra sinplearen aldaera berezia da, ebakia baina beste funtzionaltasun batekin.

- Transformadore-posizioetan (normalean bi dira) ez da beharrezkoa etengailurik jartzea, baldintza normaletan akoplamendua irekita egoten baita, eta linea-posizio bakoitzak dagokion transformadore- posizioa elikatzen baitu.

- Barra-erdian akatsa → barra-erdiari dagokion linea-transformadorea galtzen da.

- Linea batean akatsa → dagokion transformadorean zero bat sortzen da akoplamenduko etengailua ixten den arte.

- Konfigurazio malgua eta fidagarria da: hiru etengailu eta konmutazio automatikoko sistema batekin zerbitzuaren jarraitasuna bermatzen du.

- Mantentze-lanak egiteko alde bat (linea-transformadorea) zerbitzuz kanpo utzi behar da.

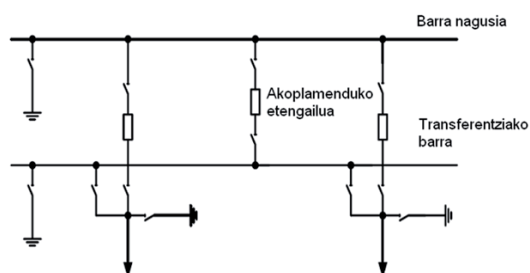
#### Aplikazioa:

▪ Banaketako azpiestazioetan eta industriaguneetan edo eskualdeetako sare txikietan erabiltzen da.

53

## 2.3 Konfigurazioak (V)

### BARRA SINPLEA TRANSFERENTZIAKO BARRAREKIN



▪ Egoera normalean, azpiestazioa barra nagusiaren bidez elikatzen da.

▪ Transferentziako barra etengailuren batek eragitean edo etengailuen mantenua burutu behar denean erabiltzen da. Mantentze-lanak errazten ditu.

▪ Barra nagusietan akatsa → azpiestazioa zerbitzuz kanpo.

▪ Eskema garestiagoa da, tresna gehiago baititu, eta espazio gehiago behar du.

#### Aplikazioa:

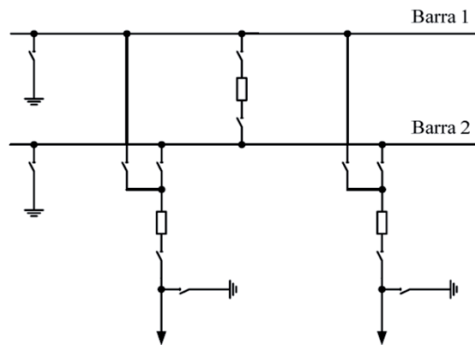
▪ Erdi-Tentsioko sareta-gelaxketan erabiltzen da.

54



## 2.3 Konfigurazioak (VI)

### BARRA BIKOITZA



- Bi barra ditu. Elikadura-lineak eta transformadore-posizioak barra bietara konektatu daitezke.
- Akoplamenduko etengailu batek lotzen ditu barrak biak. Akoplamenduko etengailuan matxura → azpiestazio osoa galtzen da.
- Lotura irekian edo itxian lan egin daiteke. Barra batean matxura egonez gero, beste barrarekin lan egin daiteke, zerbitzua bermatuz.
- Lineako etengailuaren edo transformadoreen matxura → barra berari dagozkion zirkuitu guztiak galtzen dira.
- Etengailuen mantenua → posizioa zerbitzuz kanpo.
- Segurtasuna eta zerbitzuaren jarraipena bermatu nahi direnean, gehien erabiltzen den konfigurazioetako bat da.

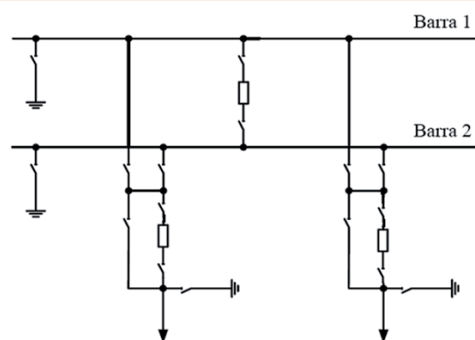
#### Aplikazioa:

- Hainbat linea- eta transformazio-posizio dituen azpiestazioetan erabili ohi da, zerbitzuaren jarraipen ziurra behar denean.

55

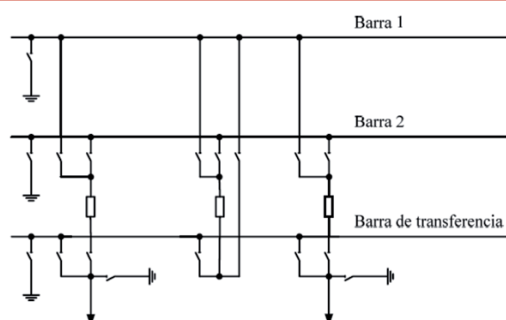
## 2.3 Konfigurazioak (VII)

### BARRA BIKOITZA BYPASS-arekin



- Barra bikoitzaren ezaugarriak beretsuak.
- Etengailuen mantenua → zerbitzuan, ebakigailuekin bypass-ean jarritz.

### BARRA BIKOITZA TRANSFERENTZIAKO BARRAREKIN



- Transferentziako etengailu bakarrarekin edozein posizioen etengailuaren mantenua buru daiteke, posizio bakoitzean bypass-eko ebakigailurik jarri gabe.
- Barran akatsa → lotura-etengailuaren operazioaren ondoren, barra sinplea bihurtzen da transferentziako barraren bidez.
- Tresneria gehiago, beraz, garestiagoa.

56



## 2.3 Konfigurazioak (X)

### BARRA BIKOITZA ETENGAILU BIKOITZA

#### Abantailak:

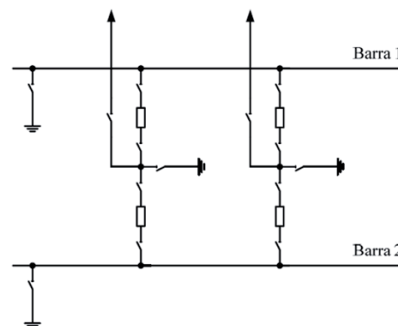
- Zirkuitu bakoitzak bi etengailu ditu.
- Elikadurako bi barretako edozeinetik.
- Etengailuaren mantenua zerbitzua eten gabe.

#### Eragozpenak:

- Garestiena da.

#### Aplikazioa:

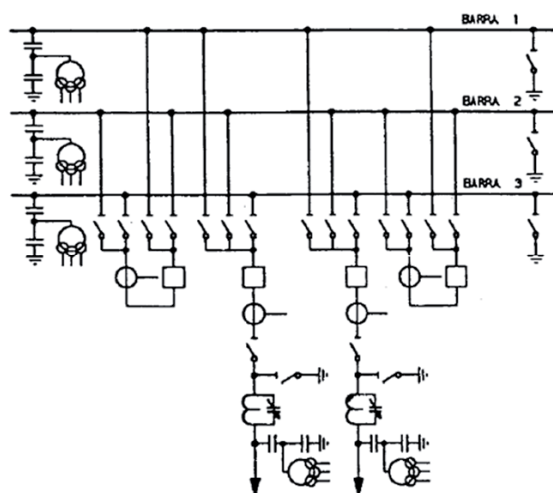
- Azpiestazio garrantzitsuetan, adib. zentral nuklearretan, edo erdi-tentsioan, gurdi-gelaxka blindatuekin.



59

## 2.3 Konfigurazioak (XI)

### BARRA HIRUKOITZA



- Barra bat mantentzeko, gainontzeko barretako edozein jar daiteke zerbitzuz kanpo.
- Posizio bakoitzeko etengailuen mantenua → zerbitzuz kanpo utzi edo by-passeko ebakigailua erabili behar da.
- Konfigurazio garestiagoa da: tresneria bikoiztu behar da eta, diseinu eta mantenu kosteak handiagoak dira.

#### APLIKAZIOA:

- Zirkuitulaburreko potentzia handiak eta irteera asko izan, eta kargak hiru barren artean banatu ditzakegunean erabiltzen da. Tresneria ahalmen gutxiagokoa eta merkeagoa izan ohi da.

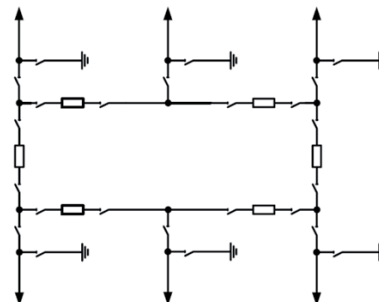
60

## 2.3 Konfigurazioak (XII)

### ERAZTUNA

#### Abantailak:

- Kostua baxua.
- Etengailuaren mantenurako ez da beharrezkoa karga etetea.
- Zirkuitu bakoitzeko etengailu bakarra behar du.
- Zirkuitu bakoitza bi etengailutik elikatzen da.
- Malgutasun handikoa eta oso fidakorra.



#### Eragozpenak:

- Babes-erreleen kontrola eta birkonexioa konplexua da.
- Espazio gehiago behar du.

Posizio bakoitzeko etengailu bana. Ez dago barra nagusirik ezta osagarririk; barrak eraztun bat edo zirkuitu itxi bat osatzen du.

#### Aplikazioa:

- Garraioan erabiltzen dira, GTH/GT lineetan, eta gune garrantzitsuetan, zerbitzu segurtasuna bermatu behar denean.

61

## 2.3 Konfigurazioak (XIII)

### KONFIGURAZIO ERABILIAENAK

Goi-Tentsioan	Erdi-Tentsioan
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Barra sinplea</li> <li>2) Barra bikoitza</li> <li>3) Barra sinplea bypass-arekin</li> <li>4) Etengailua eta erdi</li> <li>5) Eraztuna (ez dira berriak eraikitzen)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Barra sinplea / Barra sinple ebakia</li> <li>2) Barra bikoitza</li> </ol>

62

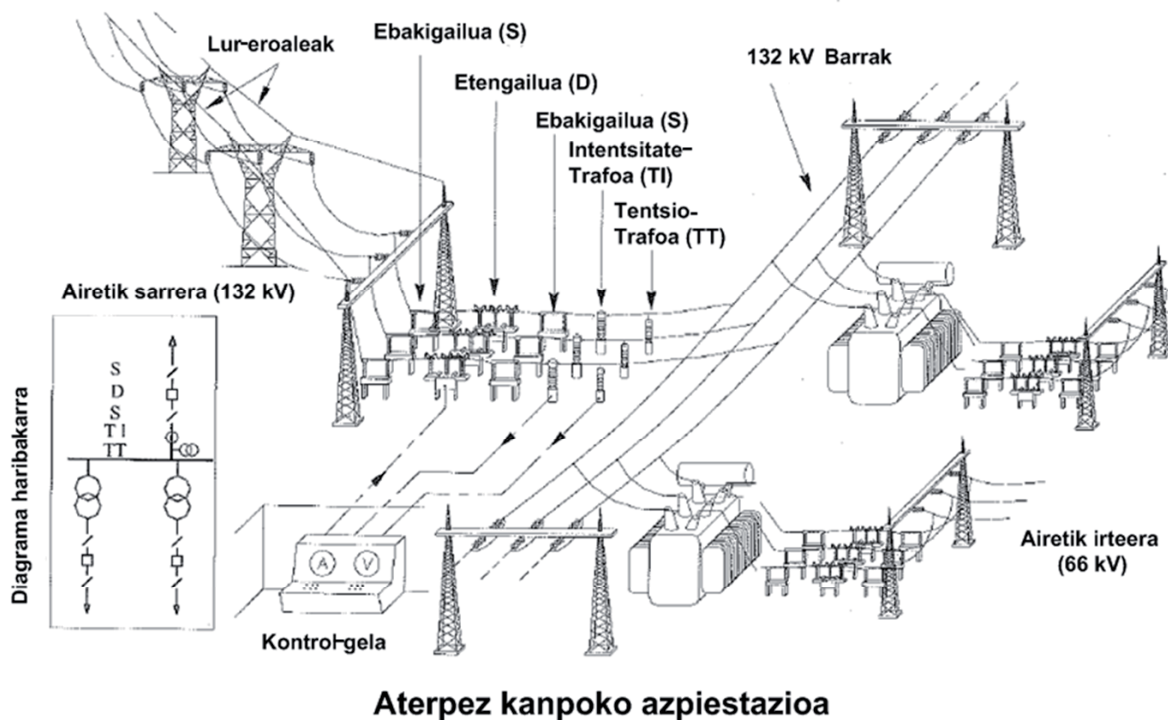
## 2.4 Elementuak. Sarrera (I)

**Azpiestazio batek ondorengo elementuak izan ditzake:**

- Neurketa- eta babes-transformadoreak (IT, TT)
- Potentzia-transformadoreak
- Metalezko egitura
- Barrak
- Zerbitzu osagarrietarako transformadorea
- Bateria-artezgailu ekipoak
- Lur-konexiorako inpedantziak
- Shunt erreaktantiak
- Kondentsadore-bateriak
- Gaintentsioen aurkako babesgailuak
- Blokatze-harilak
- Potentzia-kableak
- Kontrol-kableak
- Babesgailuak (erreleak eta fusibleak)
- Kontrol-ekipoak
- Komunikazio-ekipoak
- Lur-sareak

63

## 2.4 Elementuak. Sarrera (II)



64

## 2.4.1 Maniobra eta mozketarako tresneria (I)

### Definizioa

Energia elektrikoaren konexioa eta deskonexioa burutzen dute, operazio-baldintza izendatuetan zerbitzu jarrai bat bermatuz, maniobrak ahalbidetuz, mantentze-lanak burutzeko zirkuituak isolatuz, eta pertsona zein instalazioen babesa bermatuz.

Ebaketa-ahalmenaren araberako sailkapena:

- Ebakigailuak
- Etengailuak
- Etengailu-ebakigailuak
- Etengailu automatikoak

65

## 2.4.1 Maniobra eta mozketarako tresneria (II)

### Parametroak

- **Ebaketa-ahalmena:** tresnak tentsio izendatuan lan egin, eta bere kontaktuen narriatu gabe, segurtasun osoz moztu dezakeen intentsitatearen balio efikaz maximoa.
- **Konexio-ahalmen izendatua:** etengailu baten kontaktuen ixteko unean segurtasun berme guztiekin eman daitekeen intentsitatearen aldiuneko balio maximoa.
- **Iraupen laburreko intentsitate onargarria ( $I_{k}$ ,  $I_{cw}$ ):** gailuak denbora jakin batean jasan dezakeen intentsitatearen balio efikaz maximoa.
- **Intentsitate limite termikoa ( $I_{th}$ ):** gailuak ikuspuntu termikotik onar dezakeen intentsitate iraunkorraren balio efikaz maximoa da. Balio hau gaindituz gero, gailuan eragindako esfortzu termiko gehigarriak jasanezinak izango dira.
- **Intentsitate limite dinamiko ( $I_{din}$ ):** gailuak ikuspuntu dinamikotik onar dezakeen intentsitate iraunkorraren aldiuneko balio efikaz maximoa da. Balio hau gaindituz gero, gailuan eragindako esfortzu elektrodinamiko gehigarriak jasanezinak izango dira.
- **Maniobra-sekuentzia:** zirkuitulaburreko baldintzetan inongo narriadurarik jasan gabe gailuak egin dezakeen irekiera eta itxiera maniobra-sekuentzia da.

66



## 2.4.1.1 Arku elektrikoa (I)



### **Eldorado (Nevada) azpiestazioa 500 kV**

Linearen baldintza izendatuak: 2.000 A 1.000 MW  
 Arkuaren baldintzak: 33 MVar (100 A)

67

## 2.4.1.1 Arku Elektrikoa (II)

### **Kontaktuak banatzen hasten direnean:**

- Kondukziorako sekzioa txikitzen da.
- Korrante-dentsitatea eta erresistentzia handitzen dira.
- Temperatura izugarri arin handitzen da.
- Kontaktuetan lurrin metalikoak agertzen dira.
- Ingurune isolatzailea deskonposatzen da eta eroale bihurtzen da.
- Gas hauek, termo-ionizazio prozesua dela medio, **plasma** bihurtzen dira.
- Arkuaren nukleoak 5000 °C eta 10.000 °C arteko tenperaturak hartzen ditu.

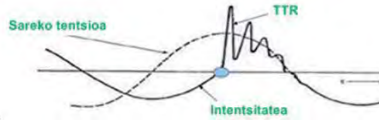
Arku elektrikoak eroale oso mugikorrek dira, aire korronteez eta eremu magnetikoek eraginda oso erraz mugitzen dira. Pieza metalikoetan zebaten dira.

68

## 2.4.1.1 Arku Elektrikoa (III)

### Parametroak:

- **Arkuaren tentsio iraunkorra ( $U_a$ ):** arkuak egonkor dirauen bitartean elektrodoen artean dagoen tentsioa da. Arkuak garatzen duen energia baldintzatzen du.
- **Berreskurapen-tentsio iragankorra (TTR):** intentsitatea zerotik igaro eta, arku naturalki iraungitzen denean, arku berpizteko beharrezkoa den elektrodoen arteko tentsioa da. Maniobra gailuaren irekieraren ondoren agertzen da.  
(Intentsitatea zerotik pasatzen denean  $TTR < U_a$  bada, orduan arku ez da berpiztuko)



### Arku elektrikoaren iraungitzea burutzeko moduak:

- **Arkuaren tentsio iraunkorra ( $U_a$ ) handituz:**
  - Arku azkar luzatuz (BTan eta korrante zuzenean).
  - Arku konprimatuz (presioa handituz).
  - Arku hoztuz.
- **Ingurunearen desionizazio azkarra lortuz:**
  - Ingurunea hoztuz.
  - Ingurunea desionizatuz.
  - Kontaktuen arteko banaketa abiadura azkarrarekin.

69

## 2.4.1.2 Ebakigailuak (I)

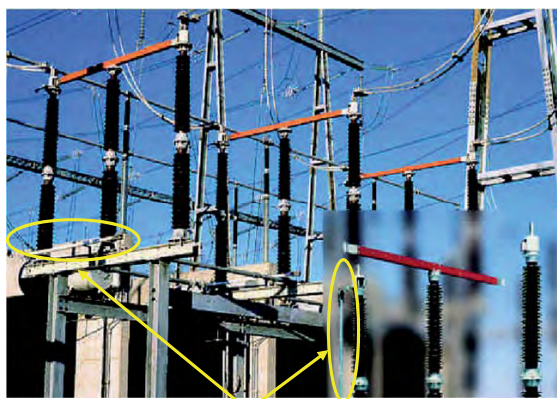
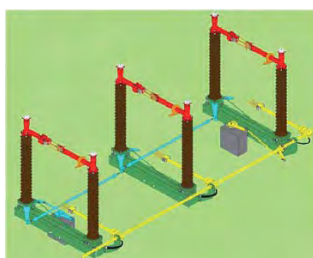
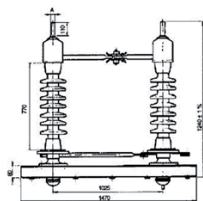
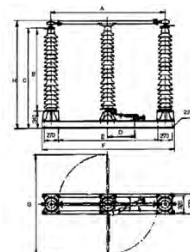
- Ez dute ebaketa-ahalmenik.
- Ezin dute karga-korronterik moztu, beraz, ebaki nahi dituzten zirkuituak kargarik gabe egon behar dira, edo ebakigailuaren borneen arteko diferentzia konstante mantendu behar da irekitze-maniobra burutzerakoan.
- Euren ebaketa ikusgaia da. Zirkuituak tentsiorik gabe daudela eta beraz, arriskurik gabe ukitu daitezkeela bermatzeko erabiltzen dira.
- Askotan lur-konexiorako hortzak eta katigamendu bat izaten dituzte.
- Euren jokabidea geldoa da (esku-eragite edo urrutiko agintea).
- Etengailu batekin seriean instalatzen dira:  
Ebakigailua-Etengailua-Ebakigailua
- Maniobra-sekuentzia:
  - Irekiera: 1. Etengailua 2. Ebakigailua
  - Itxiera: 1. Ebakigailua 2. Etengailua
  - Hainbat linea: Deskonexioa: tentsio txikietatik handietara.  
Konexioa: tentsio handietatik txikietara.

70

## 2.4.1.2 Ebakigailuak (II)

### Goi-tentsiorako ebakigailuak (>30 kV):

- Zutabe birakorreko ebakigailuak
- Zutabe zentral birakorra (45 kV-etik 400 kV-era).
- Bi zutabetakoak (<110 kV).



Lur-konexiorako hortzak (kontuz maniohra faltsuekin eta elkarloturekin)

71

## 2.4.1.2 Ebakigailuak (III)

### Goi-tentsiorako ebakigailuak (>30 kV):

- Pantografo erakoak:
- Gurutzatuta dauden edo garaiera ezberdina duten linea eta barren arteko konexioa egiteko.
- Espazio gutxien hartzen dutenak dira.
- 132 eta 400 kV tarteko zerbitzu-tentsioak (800 – 1600 A)

1. Goiko atala
2. Mekanismoa
3. Euskarri isolatzailea
4. Zutabe birakaria
5. Kontaktua
6. Trapezioa
7. Beheko konexioa
8. Akoplamendu-tutua
9. Agintea
10. Euskarria

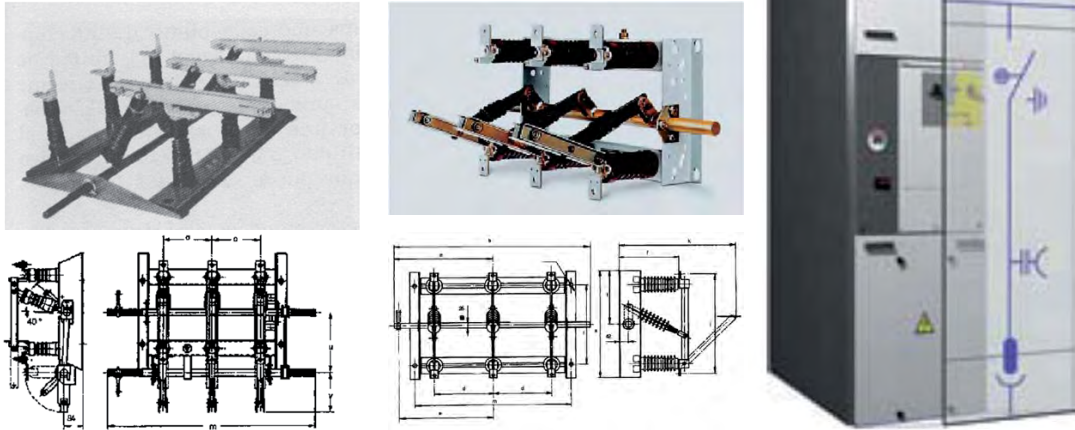


72

## 2.4.1.2 Ebakigailuak (IV)

### Erdi-tentsiorako ebakigailuak:

- Egitura metaliko zurruna.
- Portzelanazko bi isolagailu.
- Kontaktu finko bat eta bestea mugikorra.
  - Hortz birakorrekoak
  - Hortz labainkorrekoak



73

## 2.4.1.2 Ebakigailuak (V)

### Agintea:

- **Pertika** bidezko agintea.
- **Distantziarako aginte mekanikoa:**
  - Biela-biradera.
  - Ardatz eta transmisioa.
  - Katea eta pinoia.
- **Serbomotore** bidezko agintea:
  - Erreduktorez hornituriko motore elektrikoa.
  - Motore-ponpa taldea eta transmisio hidraulikoa.
  - Motore-konpresore taldea eta transmisio pneumatikoa.

74



## 2.4.1.3 Etengailuak (I)

- **Ebaketa-ahalmena** dutenez, arku elektrikoa iraungitzeko gai dira: karga izendatuko intentsitateak, gainkargak eta zirkuitulaburrak ireki eta itxi ditzakete.
- Korrante alferrikoan, ahalik eta energia gutxien xahutzeko, **korrantea zerotik igarotzen den unean** mozten saiatu behar gara.
- Intentsitateen ebaketa beti gertatzen da ahalik eta azkarren iraungi behar den arku elektriko baten bitartez.
- Ingurune dielektrikoak zirkuitua irekitzerakoan etengailuaren kontaktuen artean agertzen den arku elektrikoa iraungitzen du, eta kontaktuen artean eta kontaktu eta lurraren artean beharrezkoa den isolamendua ematen du.
- Irekitze-agindua eskuz edo maniobra eta babeserako erreleuen bitartez eman daiteke.
- Maniobra-sekuentzia:
  - 1. Fasea: kontaktuen banaketa eta arkuaren pizketa.
  - 2. Fasea: arku elektrikoaren iraungipena.
  - 3. Fasea: kontaktuen arteko ingurunearen sendatze dielektrikoa lehen-eratzeko tentsioari aurre egiteko eta honela arkuaren berpiztea saihestu ahal izateko.

75

## 2.4.1.3 Etengailuak (II)



### Iraungitze-ganberen kokapenaren arabeko sailkapena:

- **Tanga hila**: lurrera konektaturiko ontzia da. Ontzia eta iraungitze-ganberen artean ingurune isolatzaile bat egoten da (olio bolumen handia).
- **Tanga biziduna**: zutabe isolatzaileen gainean dagoen ontzia da. Zutabe horiek lurrarekiko potentzialerako isolatuta daude (SF<sub>6</sub>a erabiliz).

76

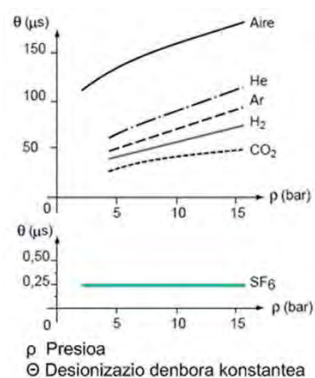


## 2.4.1.3 Etengailuak (III)

### Arkuaren iraungitzea:

- Lortu beharrekoa:
  - Ingurunearen desionizazio azkarra.
  - Arkuaren tentsioa handitzea.
- Ebaketa-teknikak arkuaren agente su-itzaltzailearen arabera sailkatuta:
  - Ebaketa **AIREAN**.
  - Ebaketa **OLIOTAN**.
  - Ebaketa **SUFRE HEXAFLUORUROAN**.
  - Ebaketa **HUTSEAN**.
  - Ebaketa **ESTATIKOA** edo **ERDIEROALE** bidezkoa.

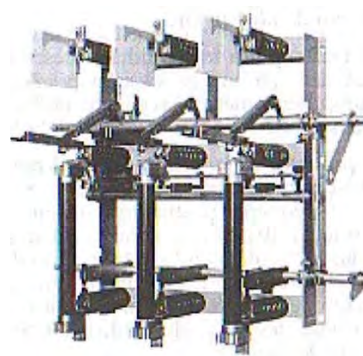
TENTSIO IZENDATUAK ETA ETENGAILU-MOTAK									
EBAKETA-TEKNIKA	TENTSIOTAK [kV]								
	0	1	3	12	24	36	72.5	245	765
Airea (bere horretan dirau)	x	x	x	x	x				
Olioak (erabilerak behera egin du)		x	x	x	x	x	x	x	
Aire konprimatua (erabilerak behera egin du oso arin)			x	x	x	x	x	x	
SF <sub>6</sub> (erabilerak gora egin du oso arin)		x	x	x	x	x	x	x	x
Hutsa (erabilerak gora egin du)		x	x	x	x				
Erdieroaleak (zehaztugabe)	IKERKUNTZA								
Ideala (utopikoa)	EZ DAGO								



77

## 2.4.1.3 Etengailuak (IV)

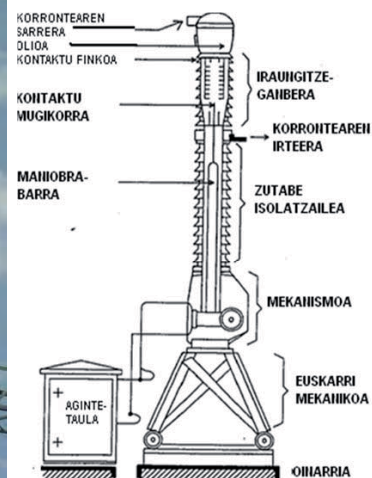
### Ebaketa airean



78

## 2.4.1.3 Etengailuak (V)

### Ebaketa oliotan

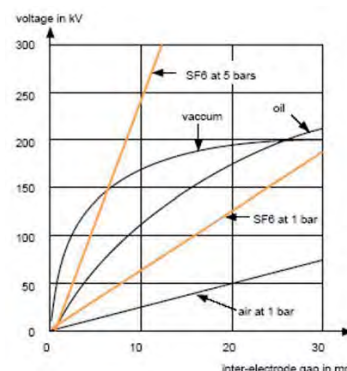
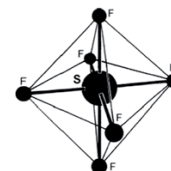


79

## 2.4.1.3 Etengailuak (VI)

### Ebaketa SF<sub>6</sub>an

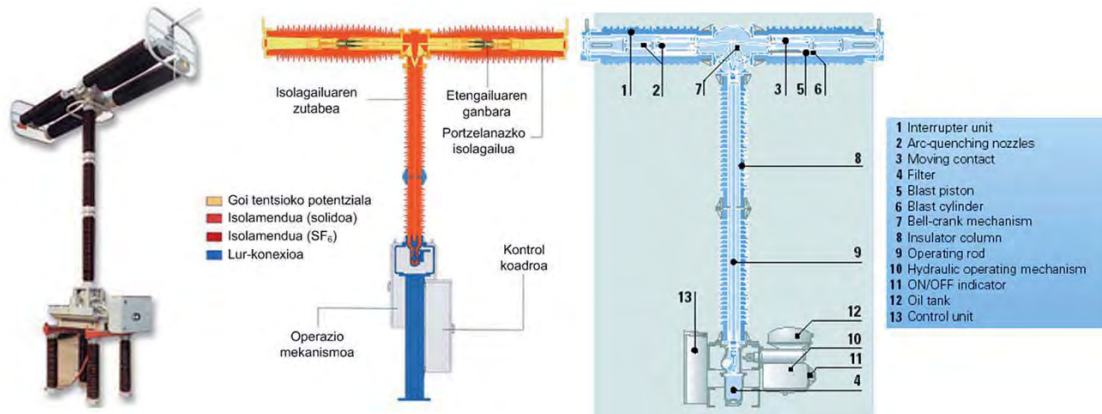
- Sufre hexafluoruroa: lotura kobalenteak dituen oktaedroa.
- Naturan ez dagoen gas sintetikoa da.
- Egurats tenperaturan: astuna, usaingabea, koloregabea, ez sukoia eta ez toxikoa.
- Oso konposatu egonkorra da, ez du beste inongo materialik erasotzen 500°C-ko tenperaturaren azpitik. Goragoko tenperaturan deskonposatu egiten da.
- Gas hau beroaren eroalea da baina ez elektrizitatearena (gas dielektrikoa):
  - Beroa transmititzeko koefizientea: airearena baino 1,6 aldiz handiagoa (1 atm) eta 2,5 aldiz handiagoa (2 atm).
  - Zurruntasun dielektrikoa: airearena baino 3 aldiz handiagoa (1 atm).



80

## 2.4.1.3 Etengailuak (VII)

### Ebaketa SF<sub>6</sub>an



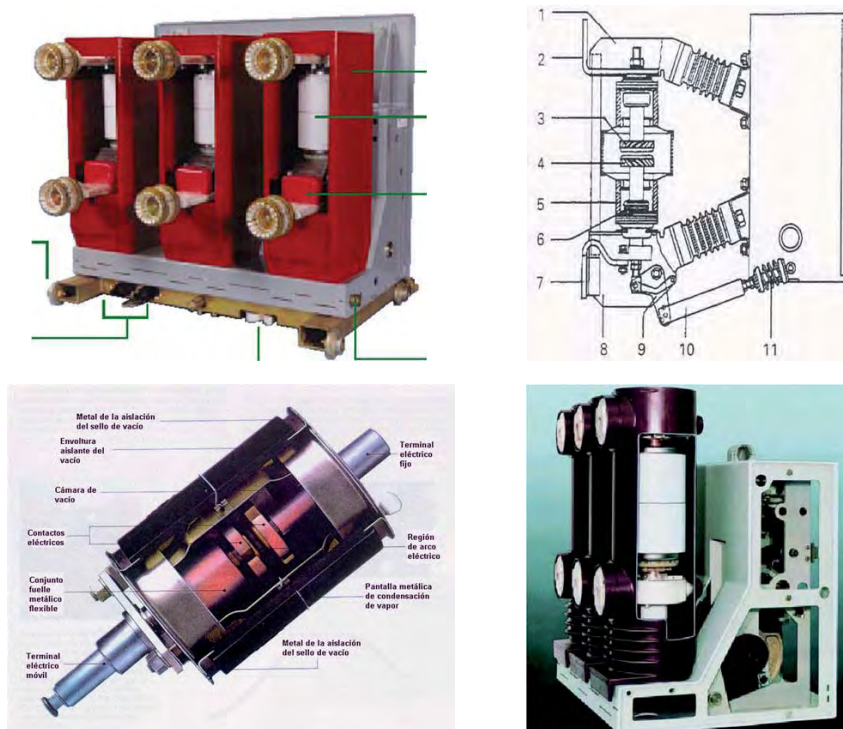
Bi iraingitze-ganbera dituen tanga biziduneko etengailua.  
 $U_n=362 - 550 \text{ kV}$ ,  $I_n=4.000 \text{ A}$  eta ebaketa-ahalmena=  $50 - 63 \text{ kA}$ .



Tentsio izendatuak:  $12 - 17,5 - 24 \text{ kV}$   
 Intentsitate izendatuak:  $630 - 800 - 1250 \text{ A}$   
 Ebaketa-ahalmenak:  $12,5 - 16 - 20 \text{ kA}$

## 2.4.1.3 Etengailuak (VIII)

### Ebaketa hutsean



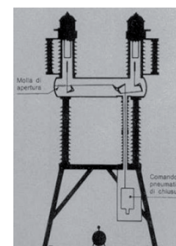
## 2.4.1.3 Etengailuak (IX)

### Eragite-mekanismoak

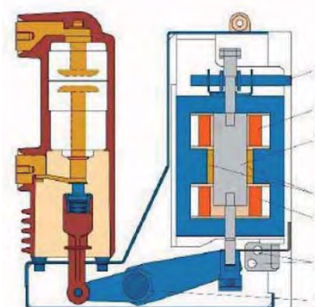
- Energia pilatzen duten eragingailuak.
- Aire konprimatu bidezko eragingailuak.
- Presiopeko likidoen bidezko eragingailuak.
- Eragingailu magnetikoak.



Malgukia kargatzeko eskuzko eragitea



Presiopeko airea erabiliz eragitea



Haril bidezko eragingailua

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Biela                 | 5. Pistoi magnetikoa           |
| 2. Hurbiltasun sentsorea | 6. Irekitze harila             |
| 3. Ixte harila           | 7. Eskuzko emergentzi-irekiera |
| 4. Iman iraunkorrak      |                                |

83

## 2.4.2 Neurketa- eta babes-transformadoreak

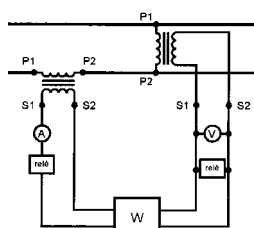
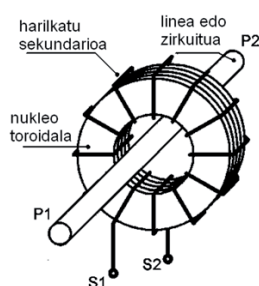
### Funtzioa

Instalazioko intentsitate eta tentsioak babes- eta neurketa-tresnerientzat egokiak diren balioetara moldatzen dituzte, goi-tentsioko zirkuituen eta babes- eta neurketa-zirkuituen artean isolamendu galbanikoa ezarriz.

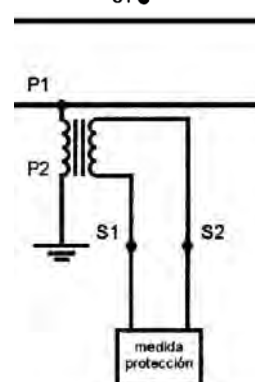
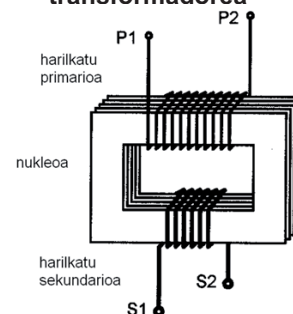
▪ **Intentsitate-transformadorea:** sekundarioan primarioan baino askoz espira gehiago dituen transformadorea da. Primarioa askotan sareko eroalea izaten da. Nukleoa toroidala da, sekundarioa uniformeki banatua dagoelarik sakabanatze fluxua minimizatzeko. Sekundarioa seriean konektatzen da amperemetro batekin edo neurketa-tresneriaren zirkuitu amperemetrikoekin.

▪ **Tentsio-transformadorea:** transformadore erreduktore bat da, primarioa neurtu beharreko tentsioarekin paraleloan konektatzen delarik, eta sekundarioa voltmetro bati edo neurketa-tresneriaren zirkuitu voltmetrikoari. Nukleoa errektangeluarra izaten da, eta sekundarioak nukleo berean harilkatzen dira.

### Intentsitate-transformadorea



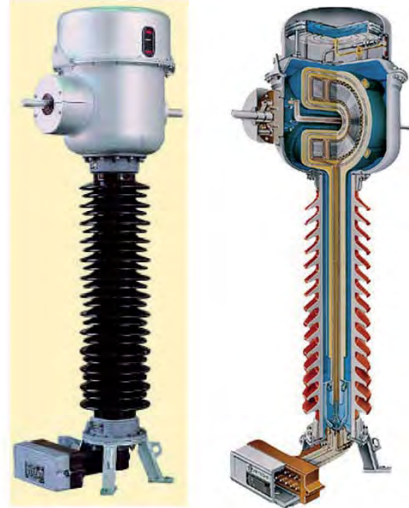
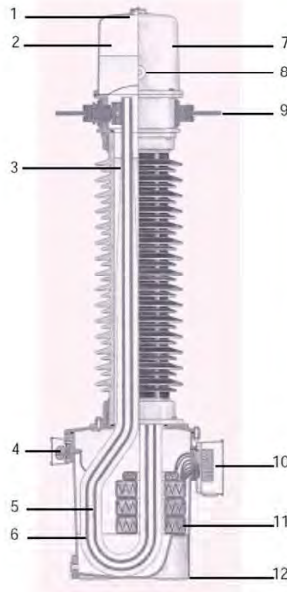
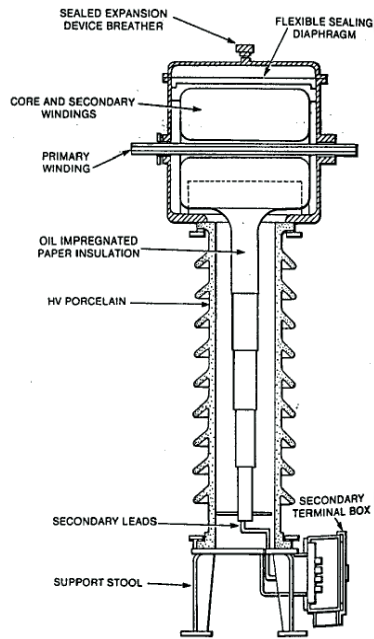
### Tentsio-transformadorea





## 2.4.2.1 Intentsitate-transformadoreak (I)

### Kanpokoak



1. Oil filling unit
2. Gas cushion
3. Quartz filling
4. Capacitive voltage tap
5. Primary conductor
6. Paper insulation
7. Expansion vessel
8. Oil sight glass
9. Primary terminal
10. Secondary terminal box
11. Cores/secondary windings
12. Earth terminal

## 2.4.2.1 Intentsitate-transformadoreak (II)

### Barnekoak



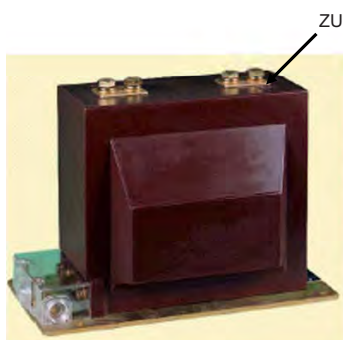
LEIHO MOTA



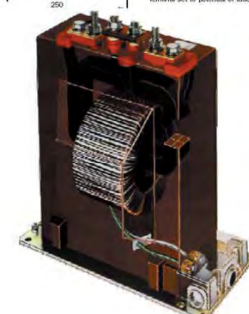
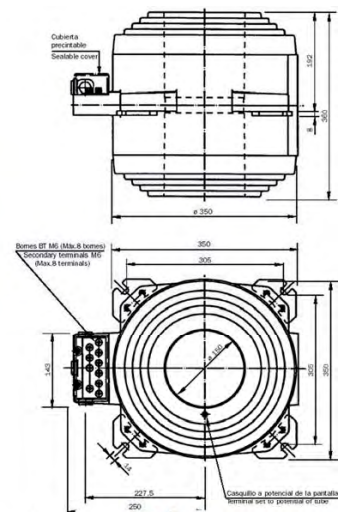
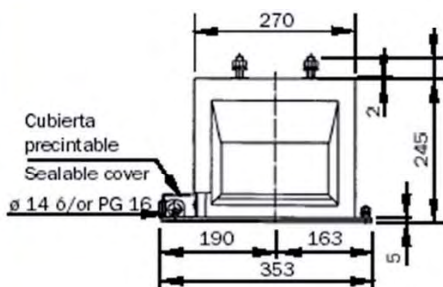
BARRA PRIMARIODUN HORMA-ZORRO MOTA



HORMA-ZORRO MOTA



ZUTOIN MOTAKOIA





## 2.4.2.1 Intentsitate transformadoreak (III)

### Intentsitate-transformadoreen muntaketa



1 NUKLEOAN  
BIGUNGARRIA JARRI



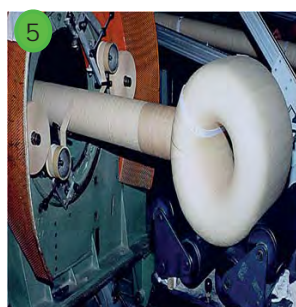
2 SEKUNDARIOA  
HARILKATU



3 HARILA + PAKTEA  
ZINTAZTATU



4 KAXAN SARTU



5 BOLA+ ADARRA  
ZINTAZTATU



6 PRIMARIOA  
HARILKATU



7 PORTZELANA  
MUNTATU



8 BUKAERAKO  
MUNTAKETA

87

## 2.4.2.1 Intentsitate transformadoreak (IV)

### Ezaugarriak (IEC 60.044-1)

- **Transformazio-erlazioa:** intentsitatea murrizten den erlazioa da.

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2 \Rightarrow N_1/N_2 = I_2/I_1$$

- Teorikoki, sekundarioan primarioaren intentsitatearen moduluarekin proportzionala den intentsitatea lortzen da eta fase berdinarekin.

- Intentsitate normalizatuak:

- Intentsitate primarioak: 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75 eta beraien multiplo eta azpimultiploak.
- Intentsitate sekundarioak: 1 A eta 5 A.

- Errealitatean: errore bat dago bai moduluan zein fasean:

- Erlazio-errorea: 
$$\varepsilon_i(\%) = \frac{K_n \cdot I_s - I_p}{I_p} \times 100$$

$$\Sigma_C(\%) = \frac{100}{I_p} \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (K_n \cdot i_s - i_p)^2 \cdot dt}$$

$K_n$ : transformazio-erlazio izendatua

$I_s$ : sekundarioko intentsitate erreala

$I_p$ : primarioko intentsitate erreala
- Fasearen errorea:

- Aplikazioaren arabera sailkapena:

- **Neurketarako intentsitate-transformadoreak:** neurgailuentzat. Zerbitzu-baldintza izendatuetan zehatzak izan behar dira.
- **Babeserako intentsitate-transformadoreak:** babes-erreleak elikatzeko. Zehaztasun egokia bermatu behar dute intentsitate izendatuak baino zenbait aldiz handiagoak diren intentsitateetarako.

88

## 2.4.2.1 Intentsitate transformadoreak (V)

### Ezaugarriak (IEC 60.044-1)

#### ■ Zehaztasun-klasea:

- **Neurketarako intentsitate-transformadoreetan:** erlazio errorea adierazten du, primarioko intentsitate izendatuarekiko %an adierazia, zehaztasun kargaren %25a eta %100aren artean.

CLASE DE PRECISIÓN	ERROR DE RELACIÓN EN % PARA LOS VALORES DE INTENSIDAD EXPRESADOS EN % DE LA INTENSIDAD NOMINAL $\pm \delta_1$ %				ERROR DE FASE PARA LOS VALORES DE LA INTENSIDAD EXPRESADOS EN % DE LA INTENSIDAD NOMINAL $\pm \delta_2$ %							
					Minutos				Centirradiares			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.45	0.24	0.15	0.15
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9
1	3.0	1.5	1.0	1.0	180	90	60	60	5.4	2.7	1.8	1.8

- **Babeserako intentsitate-transformadoreetan:** zehaztasun-kargarako eta zehaztasun-intentsitate izendatuaren mugarako errore konposatuaren goiko muga adierazten du.

CLASE DE PRECISIÓN	CLASES DE PRECISIÓN NORMALES DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD PARA PROTECCIÓN			
	ERROR DE RELACIÓN PARA LA INTENSIDAD NOMINAL $\pm \delta_1$ %	ERROR DE FASE PARA LA INTENSIDAD NOMINAL $\delta_2$		ERROR COMPUESTO PARA LA INTENSIDAD LÍMITE DE PRECISIÓN $\Sigma C$ %
		Minutos	Centirradiares	
5P	$\pm 1$	$\pm 60$	$\pm 1,8$	5
10P	$\pm 3$	----	----	10

- **Intentsitate izendatuaren muga:** errore konposatua ez dela gaindituko bermatzen duen intentsitate primarioaren baliorik handiena, transformadorea zehaztasun kargarekin dagoenean.
- **Zehaztasun-potentzia (VA):** 2,5 – 5 – 10 – 15 – 30 eta goragoko balioak eta 0,8ko potentzia-faktorearekin. Transformadoreak sekundarioari ematen dion potentziaren balioa intentsitate sekundario izendatua, zehaztasun-kargara konektatuta dagoenean.

89

## 2.4.2.1 Intentsitate transformadoreak (VI)

### Plakak

#### Ezaugarriak

ARTECHE	
CURRENT TRANSFORMER	
TYPE	ACI-12 CE
NUMBER	0100124/5
RATIO	400/5 - 1 - 5
I <sub>pn</sub>	400
TERM	P1 - P2
I <sub>sn</sub>	5 1 5
TERM	1S1-1S2 2S1-2S2 3S1-3S2
VA	10 10 15
CL	0.5 10P10 10P10
EXT%	120 120 120
SF	50 Hz
KV	7.2/20/60
I <sub>th</sub>	32 KA 1 S I <sub>dyn</sub> 80 KA
MADE IN SPAIN	

#### Konexioak



Adibidea : 100/5 15VA 5P20

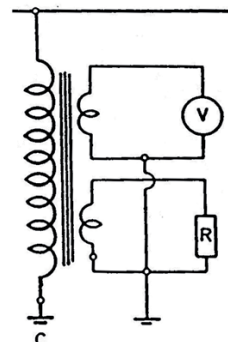
Intentsitate izendatu primarioaren 20 aldiz handiagoko intentsitateetarako, hots, 2.000 A, errore konposatua %5ekoa baino txikiagoa dela adierazten du.

90

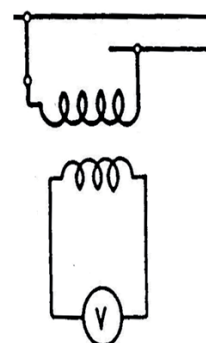
## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (I)

### Konexio motak

▪ **V mota:** fase eta lurraren artean konektatzen da. Primarioko terminaletako bat lurrera konektatua dago, baretik edo kanpoaldetik, eta sekundario bakoitzeko borneetako bat ere bai. Lurrarekiko neurtzen da tentsioa.



▪ **U mota:** bi faseen artean konektatzen da, eta polo biak tentsio konposaturako isolatuak daude. Garestiagoak dira, eta potentzi txikiko sistemen neurketetan erabiltzen dira.



91

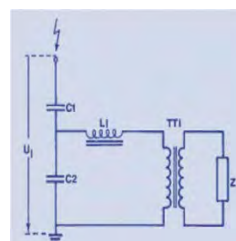
## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (II)

### Sailkapena

▪ **Tentsio-transformadore inдукtiboak (IEC 60.044-2):** nukleo magnetiko berean kokaturiko harilkatu primario bat eta harilkatu sekundario batez daude osatuta.

▪ **Tentsio-transformadore kapazitiboak (IEC 60.044-5):** banatzaile kapazitibo bat duten tentsio-transformadoreak dira. Seriean konektaturiko portzelanazko isolagailu hutsen batzuen barnean sartzen diren kondentsadore multzo batez daude osatuta, horrela bitarteko tentsio bat lortzeko. Bitarteko tentsio-puntu horretan tentsio-transformadore inдукtibo bat jartzen da inдукtantzia baten bitartez, horrela banatzailearen erreaktantzia kapazitiboa konpensatzeko. Transformadoreak 1, 2 edo 3 sekundario izan ditzake. 220 kV edo gehiagoko tentsioetan erabiltzen dira.

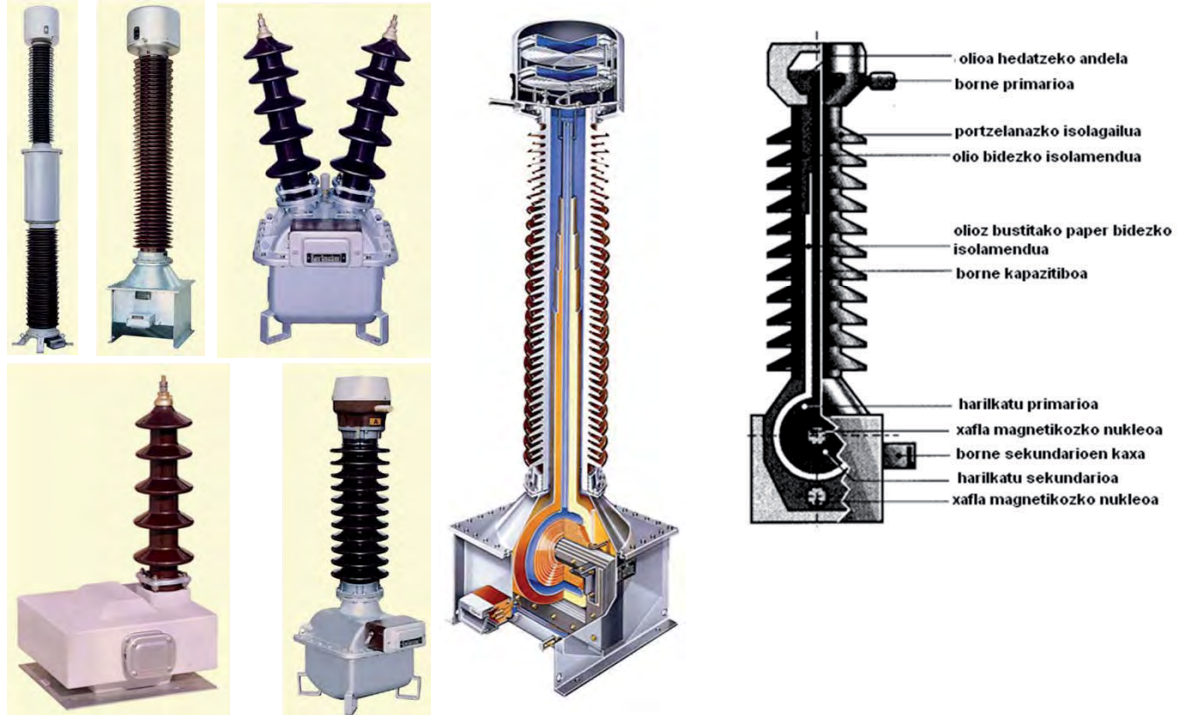
Tentsio-transformadore kapazitiboen erregimen iraunkorreko erantzuna ez da inдукtibo batena bezain azkarra. Beraz, ez dira erabiltzen babesgailuek tentsio-transformadoreen erantzun azkarra behar dutenean.



92

## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (III)

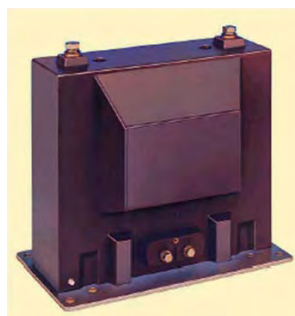
### Kanpokoak



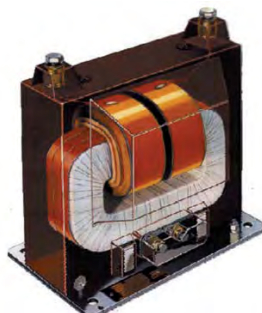
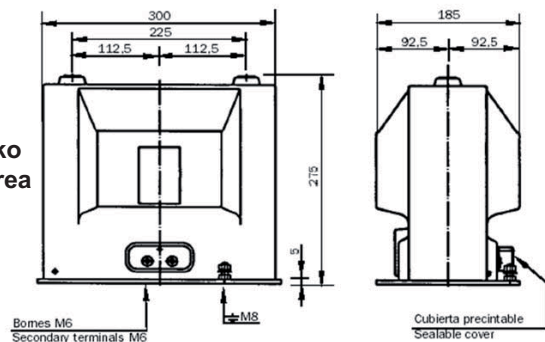
93

## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (IV)

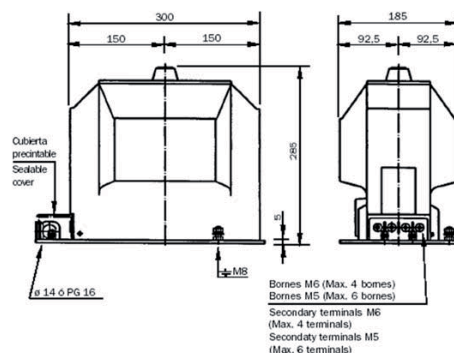
### Barnekoak



Fase-fase konexiorako tentsio-transformadorea



Fase-lur konexiorako tentsio-transformadorea



94



## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (V)

### Ezaugarriak

■ Teorikoki, sekundarioan primarioaren tentsioaren moduluaren proportzionala den tentsioa lortzen da eta fase berdinarekin.

■ Tentsio normalizatuak:

- Tentsio primarioak: 110, 220, 385, 440, 2200, 3300, 5500, 6600, 11000, 13200, 16500, 22000, 27500, 33000, 44000, 55000, 66000, 110000, 132000, 220000, 396000 V (fase-fase).
- Tentsio sekundarioak: 110 V fase-fase eta  $110/\sqrt{3}$  fase-lurra.

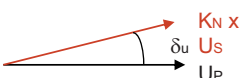
■ Errealitatean: errorea dago bai moduluan zein fasean

- Erlazio-errorea: 
$$\varepsilon_u (\%) = \frac{K_n \cdot U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

$K_n$ : transformazio erlazio izendatua

$U_s$ : sekundarioko tentsio erreala

$U_p$ : primarioko tentsio erreala

- Fasearen errorea: 

■ Aplikazioaren araberako sailkapena:

- Neurketarako tentsio-transformadoreak: neurgailuetarako.
- Babeserako tentsio-transformadoreak: babes-erreleak elikatzeko.

95

## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (VI)

■ Zehaztasun-klasea:

- Neurketarako tentsio-transformadoreetan: zehaztasun-kargaren %25a eta %100aren arteko karga batekin tentsio izendatuaren %80a eta %120aren artean mantendu behar dute zehaztasuna.

CLASES DE PRECISIÓN EN LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA		
CLASE DE PRECISIÓN	ERROR DE RELACIÓN ±%	DEFASE ±MIN
0.1	0.1	5
0.2	0.2	10
0.5	0.5	20
1	1.0	40
3	3.0	No especificado

Erlazio errorearen limitea tentsio primario izendatuaren ehunekotan adierazita, transformadorea zehaztasun-kargarekin dagoenean.

- Babeserako tentsio-transformadoreetan: neurketarako sekundario berdina erabil dezakete. Horregatik, IEC arauak babeserako TTei neurketarako TT bezala zehaztasun-klase bat izatea eskatzen die. Erroreek ezin dituzte gairitu taulako balioa tentsio izendatuaren %5arekin eta balio izendatuaren eta tentsio-faktorearen (1,2, 1,5 edo 1,9) biderketarekin, zehaztasun kargaren %25a eta %100aren arteko karga batekin.

CLASES DE PRECISIÓN EN LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN		
CLASE DE PRECISIÓN	ERROR DE RELACIÓN ±%	DEFASE ±MIN
3P	3.0	120
5P	6.0	240

Errore maximoa tentsio izendatuaren %5ean, ehunekotan adierazita.

- Zehaztasun-potentzia (VA): 10 – 15 – 25 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 400 – 500) potentzia balioak 0,8ko potentzia-faktorearekin. Transformadoreak sekundarioari ematen dion potentziaren balioa tentsio sekundario izendatuan, zehaztasun-kargara konektatuta dagoenean.

96



## 2.4.2.2 Tentsio transformadoreak (VII)

### Ezaugarri plaka

ARTECHE	
VOLTAGE TRANSFORMER	
TYPE	UEN-36 CE
NUMBER	0102296/3
RATIO	33000/V $\sqrt{3}$ / 110/V $\sqrt{3}$ -110/3
Upn	33000/V $\sqrt{3}$
TERM	A-N
Usn	110/V $\sqrt{3}$ 110/3
TERM	a-n    da-dn
VA	100    60
CL	1    3P
RVF	1.9Un/8h    150 Hz
KV	36/70/170
THERMAL CAP Un	VA
MADE IN SPAIN	



97

## 2.4.3 Beste elementuak (I)

### Potentzia-transformadorea edo autotransformadorea

- Tentsioaren aldaketa burutzen dute.
- **Autotransformadorea:** transformadore mota berezi bat da. Fase bakoitzerako haril bakarra du, primarioaren eta sekundarioaren funtzioak aldi berean burutzuz. Merkeagoa da, eta galera txikiagoak ditu, baina zirkuitulabur-intentsitate handiagoak ditu.
- Normalean, sare trifasiko batera konektaturiko potentzia-transformadore eta autotransformadoreak makina trifasiko motakoak dira; hiru monofasikoz osaturikoak ere onartzen dira.
- Tentsioaren erregulazioa kargan burutzeko gailu bat izaten dute, horrela erregulazioa zerbitzua eten gabe burutzeko. Batzuetan, erreguladore hori hutsean erabili behar da, beraz erregulazioa egin nahi bada, zerbitzua eten beharko da.
- Potentzia handiekin, transformadore baten matxurak alboan dagoen beste bat kalte ez dezan (adibidez, olioaren proiektzioaren ondorioz), dimentsio eta erresistentzia mekaniko egokiko barrera bat jartzen da beraien artean.



98

## 2.4.3 Beste elementuak (II)

### Metalezko egitura eta euskarriak

- Oinarrizko elementuak dira, batez ere aterpez kanpoko instalazioetan. Euskarriek tresneriaren muntaia ahalbidetzen dute, eta metalezko egiturak barra-jokoen instalazioa ahalbidetzen dute. Sareta erakoak izan daitezke (zaharrak), arima betekoak edo tutu erakoak (gaur egun gehien erabiltzen direnak). Jasan behar izango dituzten esfortzuetarako dimentsionatu behar dira.

### Barrak

- Lineetatik azpiestaziora doazen intentsitate guztiak jasotzen dituen elementu eroalea da.
- Barrak kable edo tutu erakoak izan daitezke, kobrezkoak edo aluminiozkoak. Tutu erakoak jasan behar izango dituzten esfortzuetarako kalkulatu behar dira.



99

## 2.4.3 Beste elementuak (III)

### Potentzia-kableak

- Askotan, batez ere barneko azpiestazioetan, ez dira eroale biluziak erabiltzen, kable isolatuak baizik, bai lineetarako zein ekipo elektriko ezberdinen arteko konexioetarako.



### Kontrol-kableak

- Babesgailuetatik kontrolagailuetara seinaleak eta aginduak bidali eta jasotzeko erabiltzen dira (tentsio eta intentsitateen balioak, etengailuen ireki eta ixteko aginduak, transformadoreen erreguladoreentzako aginduak,...). GTHetan eta batez ere neurketarako kableen kasuan, kableek pantaila bat eraman behar dute interferentziak ekiditeko.



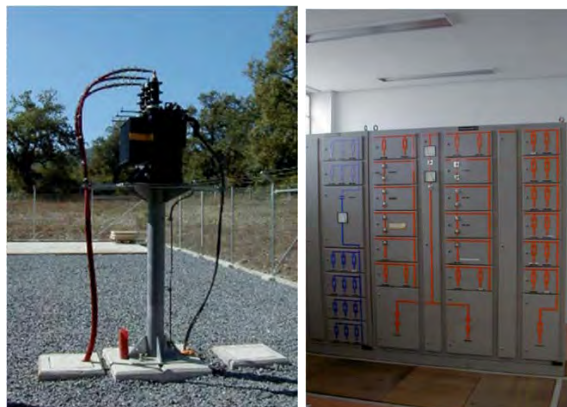
100



## 2.4.3 Beste elementuak (IV)

### Zerbitzu osagarrietarako trafoa

- Azpiestazioaren ET edo GT mailara konektatuz, BTko elikadura bat ateratzen da azpiestazioko zirkuitu osagarriak elikatzeko: argiak, lapurren aurkako babes-sistemak, suteen aurkako sistemak, aireztapena, arteztzailea, ekipoen aginteen monitorizazioa,...



### Kondentsadore-bateria

- Potentzia erreaktiboaren zirkulazioa konpentsatzeko erabiltzen dira (potentzia-faktorearen zuzenketa). Azpiestazioetan ezarri ohi dira potentzia-transformadoreei eskatzen duten potentzi erreaktiboa emateko.



101

## 2.4.3 Beste elementuak (V)

### Gaintentsio-deskargagailuak

- Potentzia-transformadoreen borneen ondoan (bai primarioan zein sekundarioan) eta GTko lineetan kokatzen diren gailuak dira. Helburua tximistek, maniobrek edo bestelako fenomenoek sorturiko gaintentsio iragankorrak deskargatzea da.
- Tximisten aurka babesteko, azpiestazioaren gaintetik eta azpiestazioa inguratuz, tximistak jasotzeko eroale metaliko bat jartzen da.



### Lur-konexio sistema

- Lur-konexio sistema azpiestazio bateko elementu garrantzitsuenetakoa da. Bere helburu nagusia fase-lur akats baten ondorioz sortzen diren urrats- eta kontaktu-tentsioak balio maximo onargarrien azpitik mantentzea da.

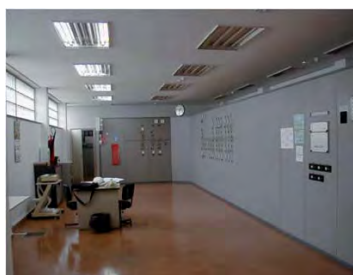


102

## 2.4.3 Beste elementuak (VI)

### Kontrol-sistema

- Kontrol-sistema, aldiunero azpiestazioko ekipo garrantzitsuenen egoera zein den jakitea ahalbidetzen duten ekipo multzoa da (kliskagailuak, seinaleztapen lanparak, erreleak,...), informazio horrekin gero ekipoak maniobratzeko.



### Babes-sistema

- Erreleek osatzen dute, posizio bakoitzaren tentsio eta intentsitatez elikatuz, etengailuen desarra agintzen dute akatsen bat detektatzen dutenean. Aspaldi, elementu elektromekanikoetan oinarrituta zeuden, baina gaur egun kontrol- eta babes-sistema bateratu batean bilakatu dira, eta kontrol eta babes-unitate lokalez (UCP) eta unitate zentral batez (UCS) daude osatuta.



103

## 2.4.3 Beste elementuak (VII)

### Shut erreaktantziak

- Hutsean dauden linea luzeetako tentsioa kontrolatzen dute.

### Lur-konexiorako inpedantziak

- Bere funtzioa fase-lur zirkuitulaburren balioak mugatzea da. Transformadoreen neutroen eta lurraren artean konektatzen dira.



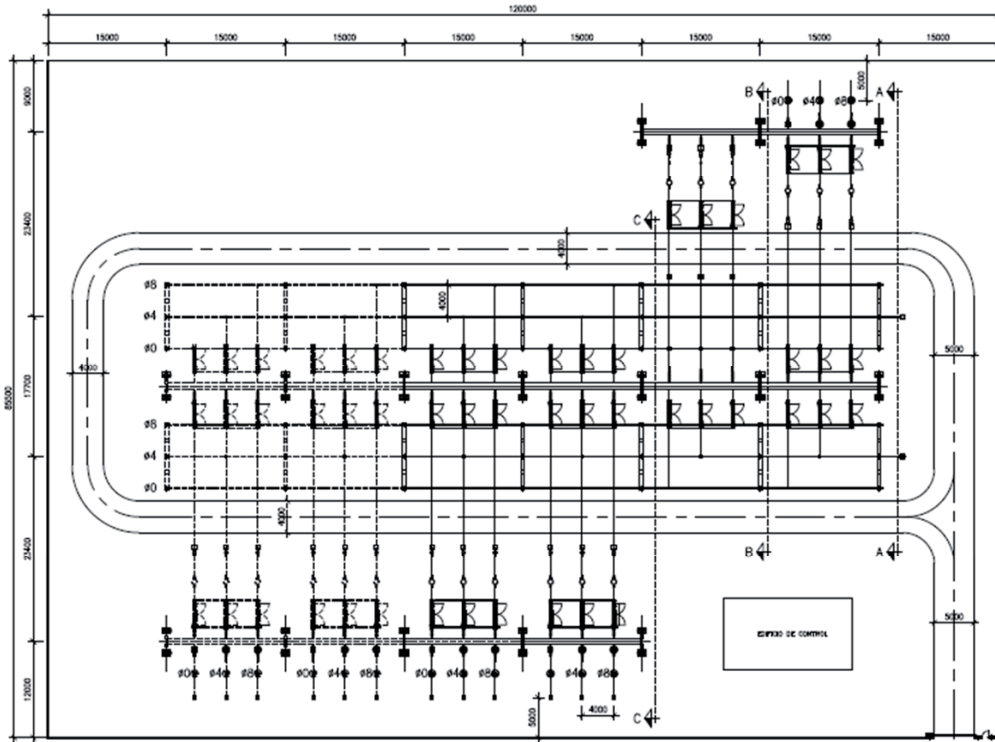
### Komunikazio-sistema

- Azpiestazioak euren artean lotzeko edo sistemaren kontrol sistema zentralerako bulegoarekin lotzeko erabiltzen da.

104

## 2.5 Elementuen kokapena (I)

### 220 kV-eko aterpez kanpoko azpiestazio baten planoak



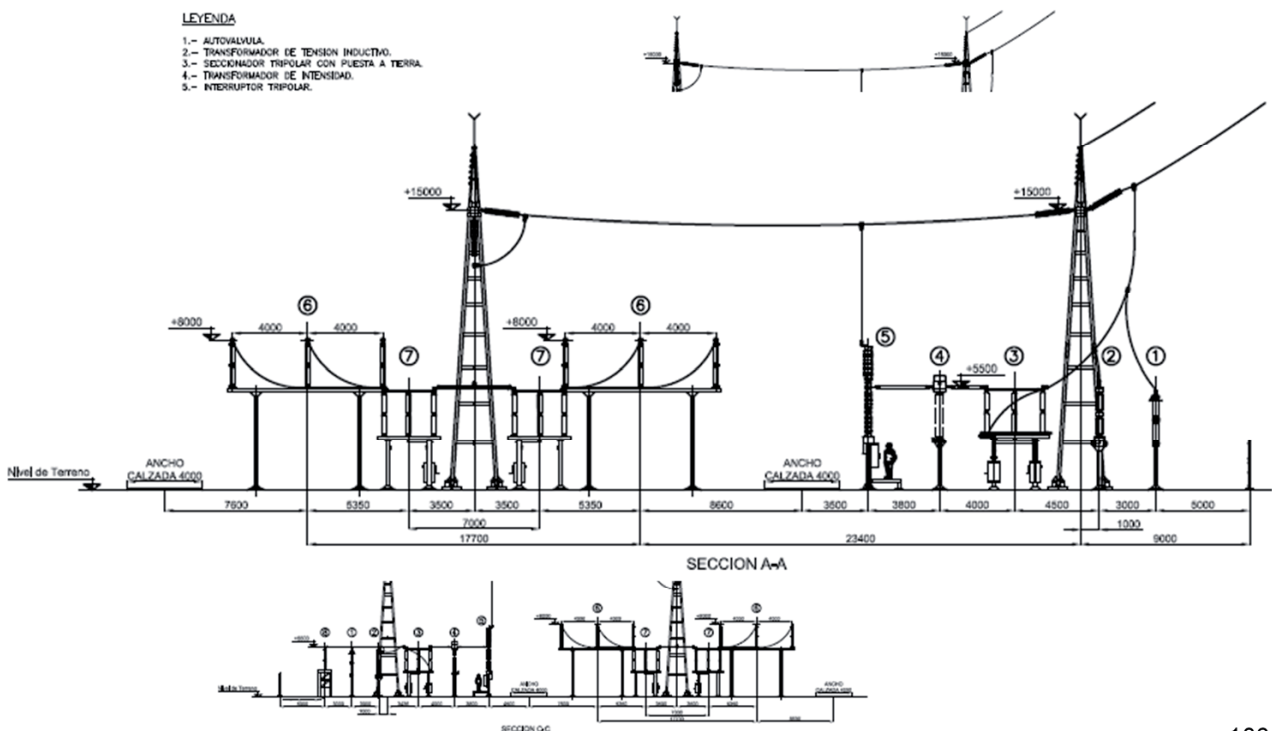
105

## 2.5 Elementuen kokapena (II)

### 220 kV-eko aterpez kanpoko azpiestazio baten planoak

**LEYENDA**

- 1.- AUTOVALVULA.
- 2.- TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO.
- 3.- SICCIONADOR TRIPOLAR CON PUESTA A TIERRA.
- 4.- TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD.
- 5.- INTERRUPTOR TRIPOLAR.

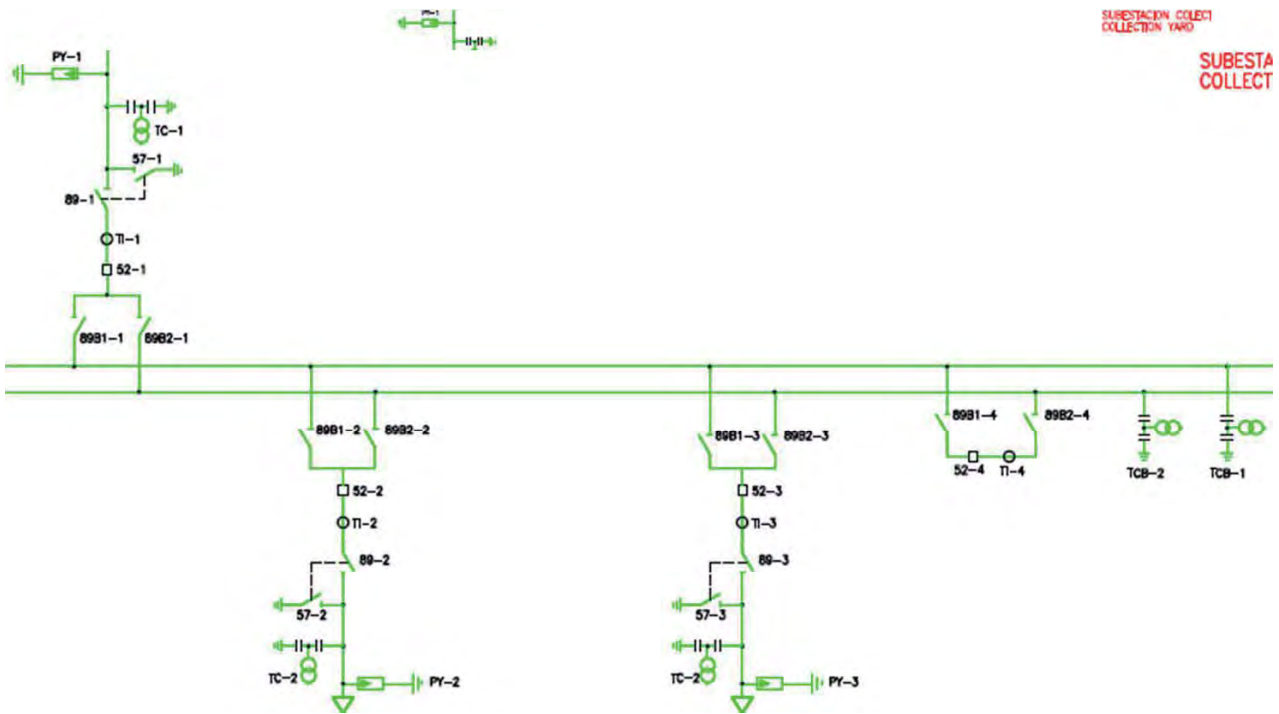


106



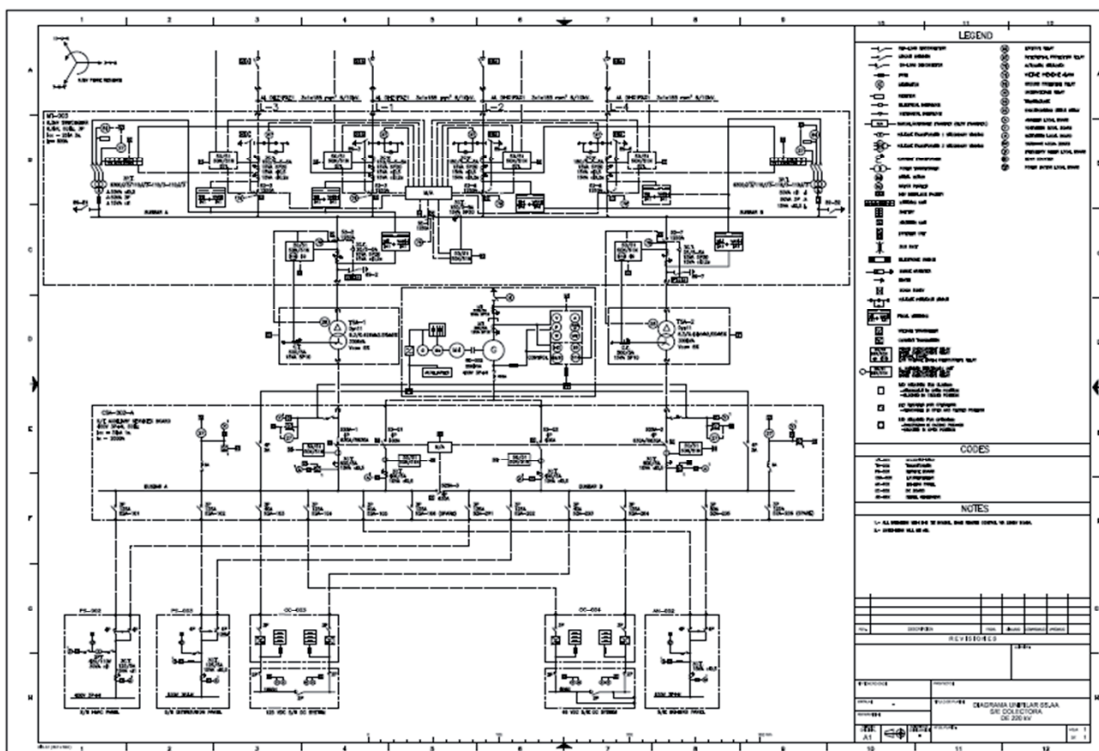
## 2.5 Elementuen kokapena (III)

### 220 kV-eko aterpez kanpoko azpiestazio baten planoak



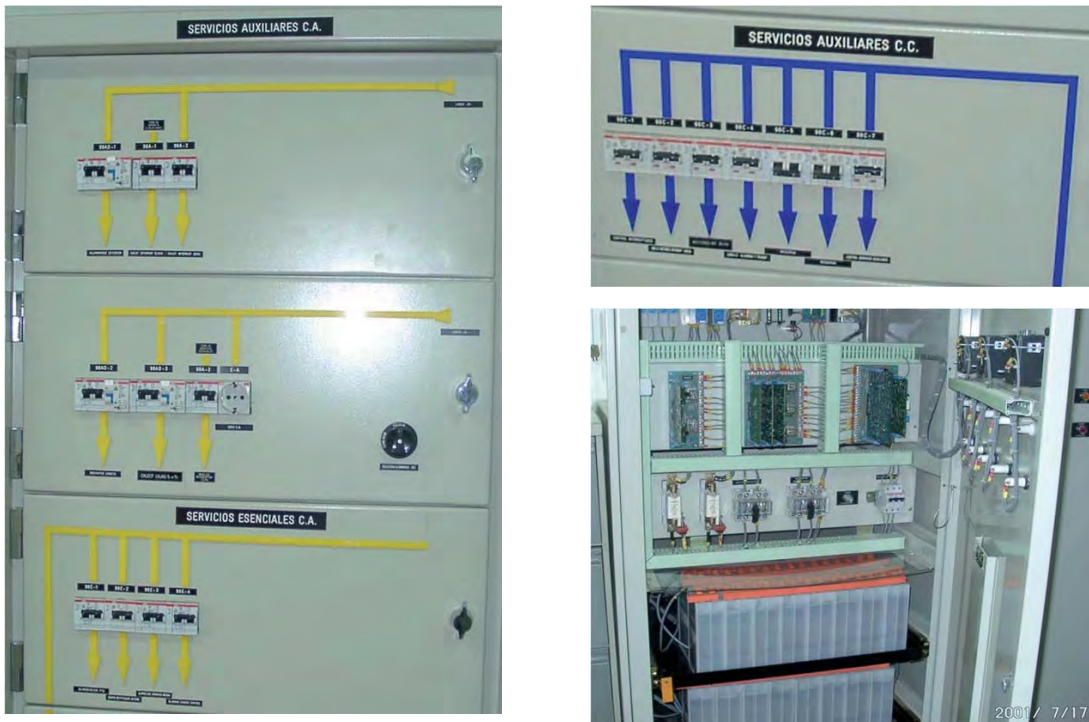
## 2.5 Elementuen kokapena (IV)

### 220 kV-eko aterpez kanpoko azpiestazio baten planoak





## 2.6 Zerbitzu osagarriak (III)

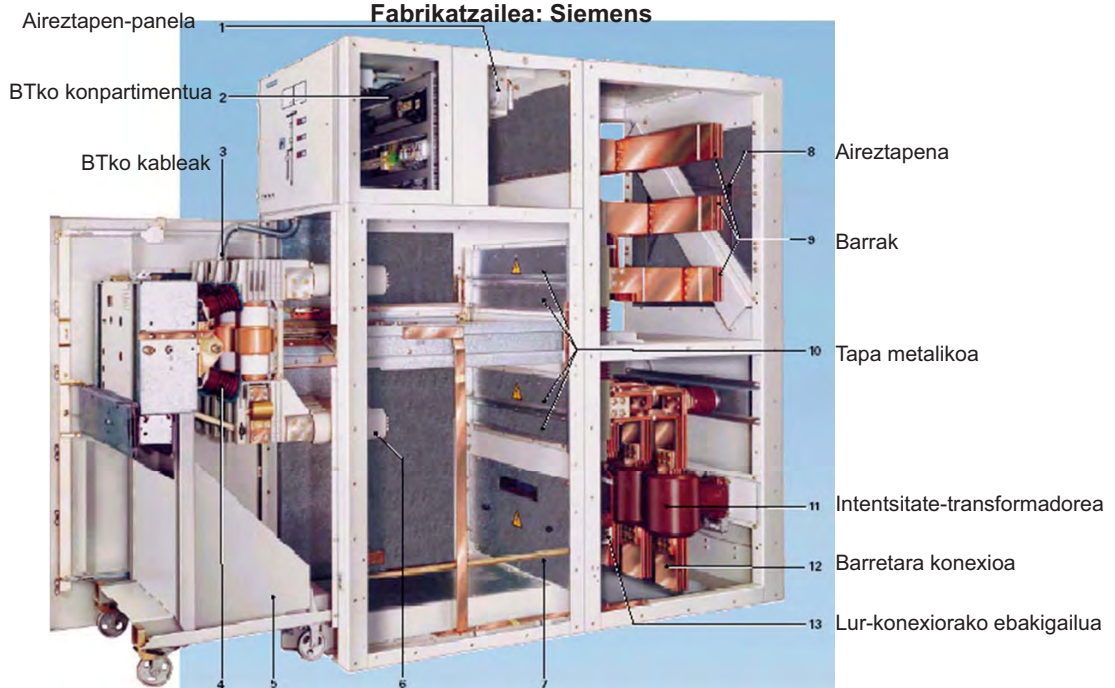


111

## 2.7 Barneko azpiestazioak (I)

**17,5kV / 5.000A / 63kA-eko etengailu ateragarria duen gelaxka**

Etengailuak airea erabiltzen du isolatzaile gisa  
**Fabrikatzailea: Siemens**



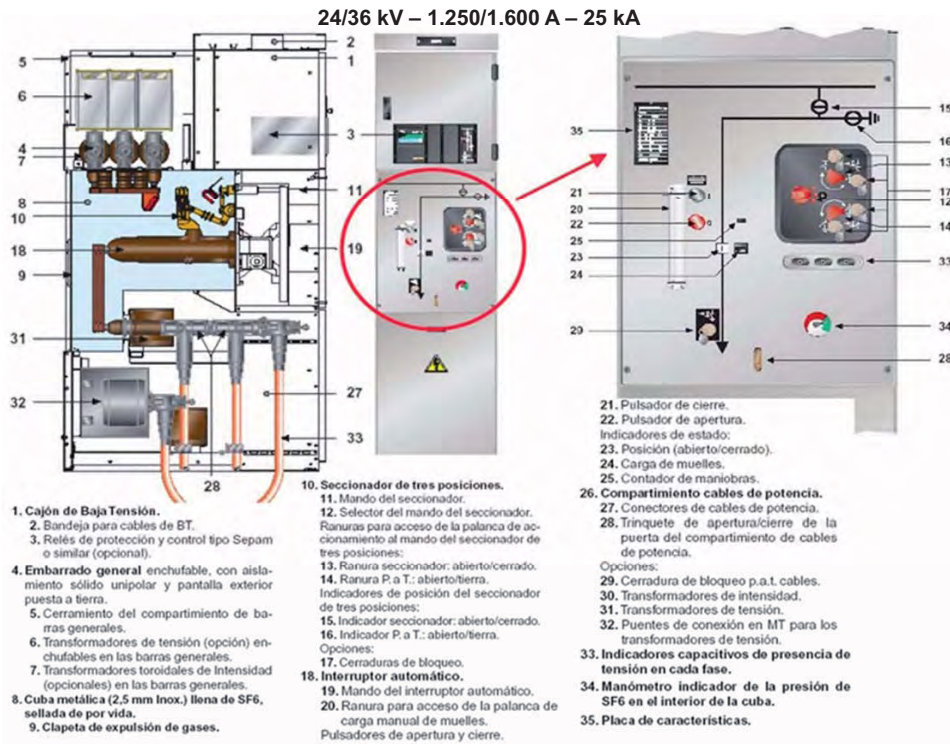
Ateragarria den hutseko etengailua    4    Gurdia    5    Konektorea    6    Kableen konexio konpartimentuaren ingurakari metalikoa

112



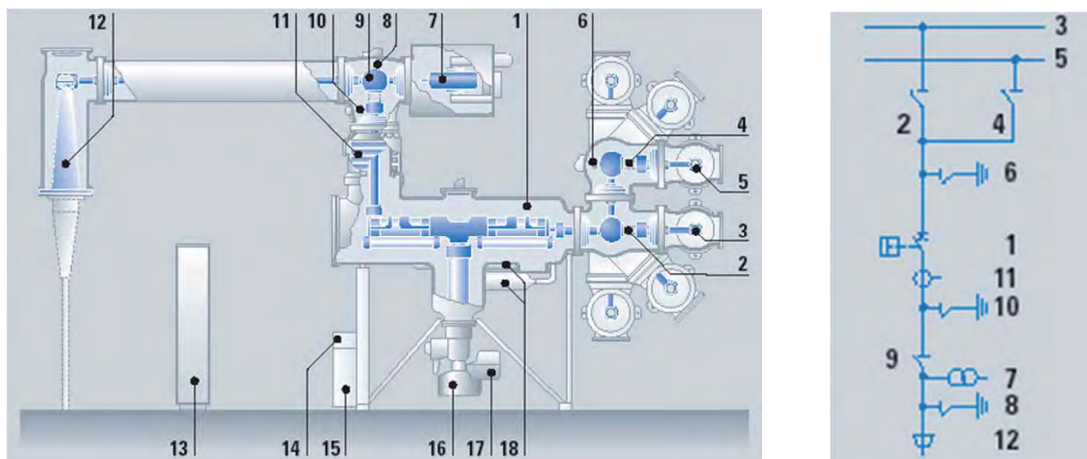
## 2.7 Barneko azpiestazioak (II)

### SF6an isolaturiko gelaxka blindatua (MESA)



## 2.7 Barneko azpiestazioak (III)

### Azpiestazio blindatuak (GIS) (Tentsioa 550 kV arte)



- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1 Circuit-breaker             | 10 Grounding switch                              |
| 2 Busbar disconnector I       | 11 Current transformer                           |
| 3 Busbar I                    | 12 Cable sealing end                             |
| 4 Busbar disconnector II      | 13 Local control cubicle                         |
| 5 Busbar II                   | 14 Gas monitoring unit (as part of control unit) |
| 6 Grounding switch            | 15 Circuit-breaker control unit                  |
| 7 Voltage transformer         | 16 Electrohydraulic operating unit               |
| 8 Make-proof grounding switch | 17 Oil tank                                      |
| 9 Cable disconnector          | 18 Hydraulic storage cylinder                    |



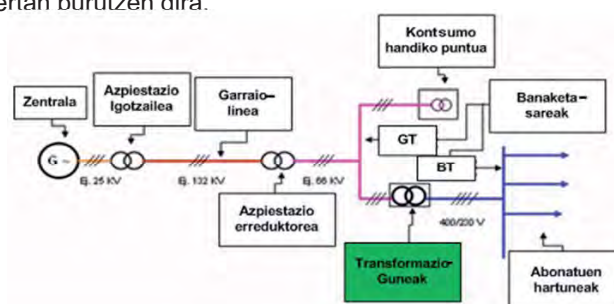
## 3 Transformazioguneak (I)

### Definizioa

Nagusiki transformadoreek, tresneriak eta obra zibilak osatzen duten instalazioak dira. Energia elektrikoaren banaketa sareetako erdi-tentsioa (10 kV, 15 kV, 20 kV edo 30 kV) banaketa- edo erabilera-sareen behe-tentsiora (230 V, 400 V) jaisten dute, eraikinak eta industriaguneak elikatu ahal izateko.

### Ezaugarriak

- Energia-banaketa azken maila dira.
- Transformazioguneetan ekonomiak eta tamainak garrantzia handia dute.
- Beharrezko babes-sistemak sinpleagoak dira.
- Bezeroarenak direnean:
  - Puntu hauetan banatzen da konpainiaren sarea eta abonatuarena.
  - Abonatuak kobratzeko neurketak bertan burutzen dira.

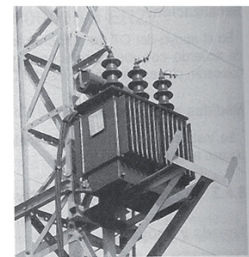


115

## 3.1 Sailkapena

### ▪ Kokapenaren arabera:

- Aterpez kanpokoak
- Barnekoak
  - Gainazalekoak
  - Erdi lurperatuak
  - Lurperatuak



### ▪ Hartunearen arabera:

- Aireko linea
- Lurrazpiko kablea

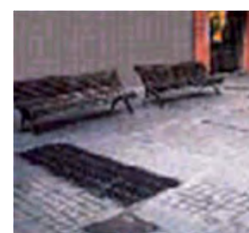


### ▪ Jabetzaren arabera:

- Konpainiakoak
- Bezeroarenak

### ▪ ETko sarerako konexioaren arabera:

- Antenan
- Eratzunean
- Deribazio bikoitzeko eratzunean



116



## 3.1.1 Zutoin gaineko aterpez kanpokoak (I)

### Aplikazioa

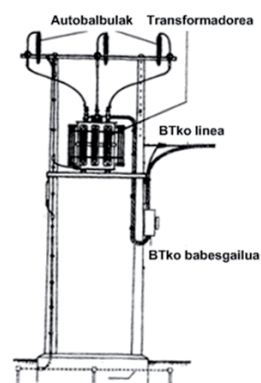
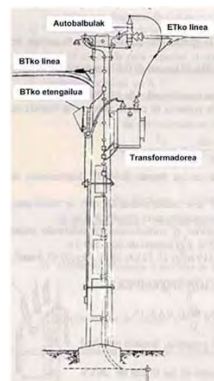
- Ekonomiko bideragarriak ez diren tokietan jartzen dira:
  - Lurzoruaren prezioarengatik
  - Babes-eraikinaren prezioarengatik

### Ezaugarriak

- 30 kV arteko aireko lineen bidez elikatzen dira.
- 60 kVA arteko transformadoreak izaten dira.

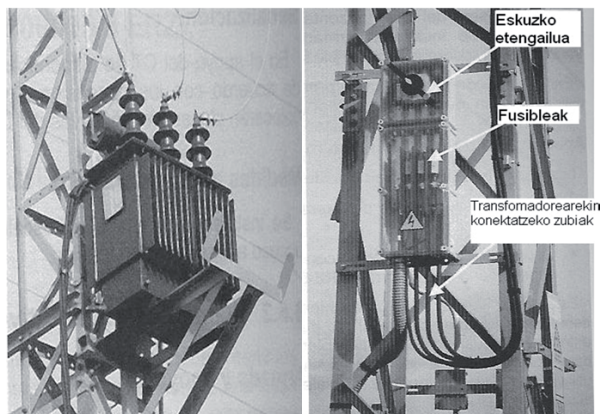
### Diseinurako faktoreak

- Klima (bereziki maniobra eta mozketarako tresnerien maniobrak ekidin ditzaketen izozteak).
- Haizea (euskarrien kalkulu mekanikoa burutzeko).
- Atmosferaren kutsadura-maila eta kutsatzaileen mota (dielektrikoen degradazioa aurreikusteko).



117

## 3.1.1 Aterpez kanpokoak (II)



118

### 3.1.1 Aterpez kanpokoak (III)



119

### 3.1.2 Barnekoak (I)

#### Definizioa

Tresneria eraikin baten barnean duten transformazioguneak dira, sistema elektrikoaren elementuak fenomeno atmosferikoetatik babestua geratzen direlarik.

#### Erabileraren araberako sailkapena

- Erabilera eskusibokoak:
  - Obrakoak
  - Aurrefabrikatuak
- Elkarbanatutakoak (beste funtzio batzuetarako prestatuta)

#### Kokapenaren araberako sailkapena

- Gainazalekoak
- Erdi-lurperatuak
- Lurrazpikoak

120

## 3.1.2 Barnekoak (II)

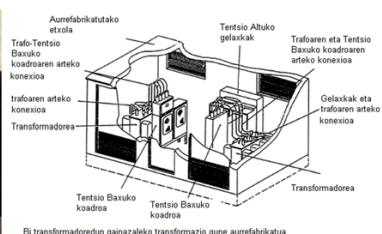
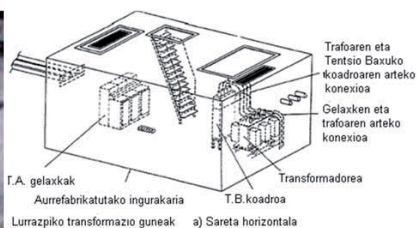
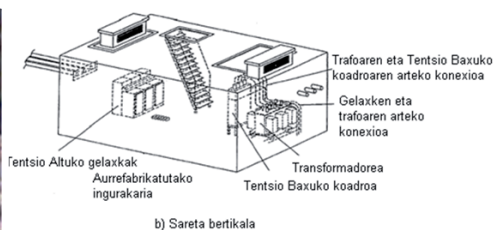
### TG Aurrefabrikatuen ezaugarriak

- Eragile atmosferikoei aurre egiteko iraunkortasuna eta erresistentzia, baita giro gazi eta korrosiboetan ere.
- Aurrezte orokorra:
  - Espazio gutxiago okupatzen du
  - Beharrezko obra zibila sinpleagoa da
  - Muntaketa eta desmuntaketa azkarra
  - Dimentsio txikiko kamioien gainean garraia daitezke
- Banako eraikuntza bakoitzak berezko ezaugarriak bermatzen ditu:
  - Serieko eraikuntza-sistema
  - Eredu saiakuntzak eta homologazioak
  - Kalitatearen kontrola
- Edozein eskema zein konposiziotara moldatzen dira.
- Instalazioa handitzeko aukera.
- Eragiketa eta maniobren segurtasuna: tentsiopean dauden atalak beti geratzen dira halabeharrezko kontaktuetatik kanpo.
- Osoki berreskuratzeko gaitasuna.
- Estetika uniforme.



121

## 3.1.2 Barnekoak (III)



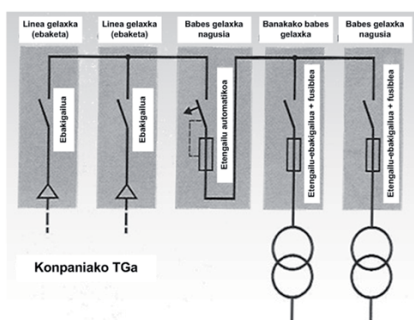
122



### 3.1.3 Jabetzaren arabera

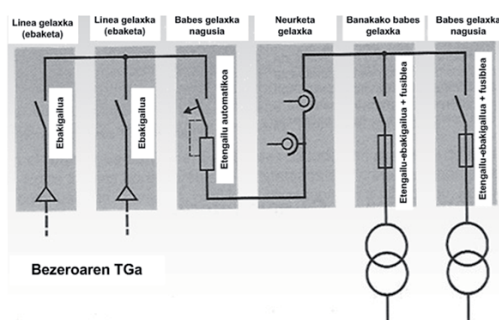
#### Konpainiako TGak (sare publikoa)

- Energia saltzen duen konpainiaren jabetza dira.
- Gune horietatik BTKo banaketa sareak abiatzen dira bezero ezberdinetara.
- Ez dute neurketa-tresneriarik.



#### Bezeroen TGak

- Bezeroaren jabetza dira.
- Kasu batzuetan, TGaren mantentze-lanak energia saltzen duen enpresak egiten ditu eta denbora bat iragan ondoren, bere jabetza izatera pasatzen dira.
- BTKo beste bezeroekiko independenteak dira.
- Kontsumitu den energia neurtzeko tresneria dute:
  - BTan: potentzia gutxi
  - ETan: potentzia handiagoak

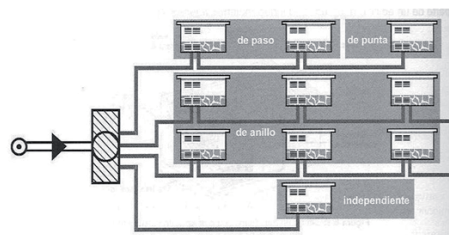


123

### 3.1.4 Konexioaren arabera (I)

#### Antena erakoak

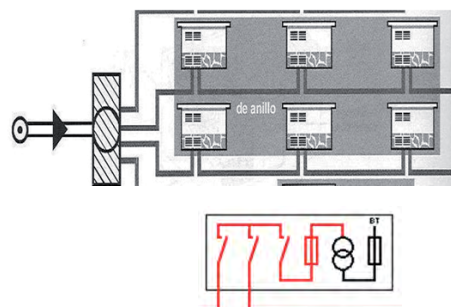
- **Puntako TGak:** elikadura linea bakarra dute. Sare nagusitik deribazioan daude konektatuta edo adar baten bukaeran kokatzen dira.
- **Pasabideko TGak:** adar ezberdinen artean jartzen dira. Sarrerako linea bat dute eta beste TG batera doan irteera linea bat.
- **TG independenteak:** bezero bakar batentzat.



Antenan elikaturiko TGA

#### Eratzun erakoak

- Transformazio-gune bakoitzean 3 etengailu kokatzen dira: sarrerakoa, irteerakoa eta azken etengailu bat mantentze-lanak burutzeko, transformaziogunea eratzunetik isolatzeko.
- Irteerako etengailua beste TG batera konektatzen da, horrela jarraituz, ETko linea elikatzen duen azpiestazio erreduktorea bueltatu arte.



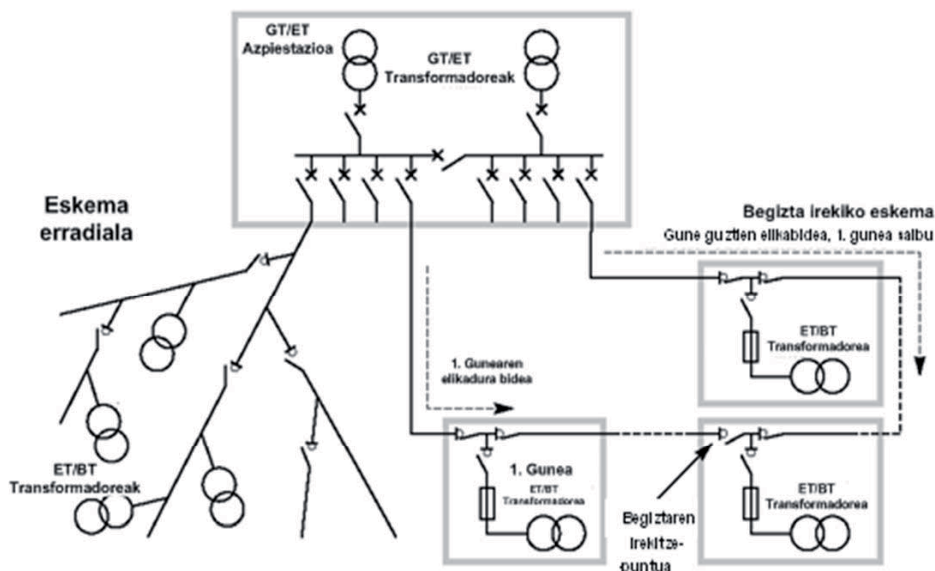
Eratzunean elikaturiko TGA

124

## 3.1.4 Konexioaren arabera (II)

### Deribazio bikoitzeko eraztunean

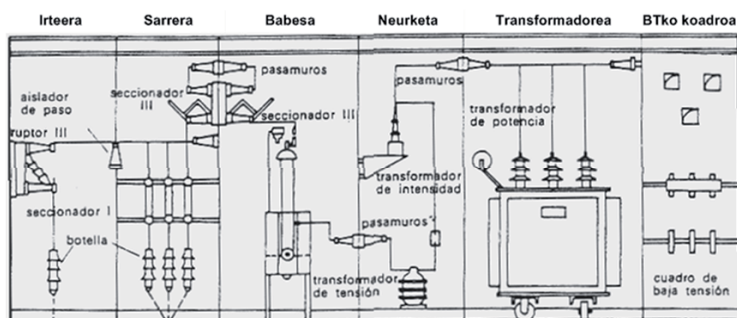
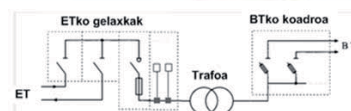
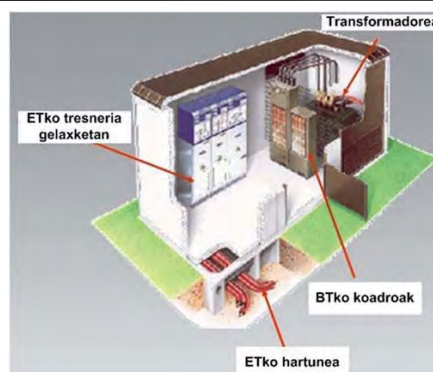
Aurrekoaren aldaera bat, baina eraztuna erdi-tentsioko linea ezberdin biren bitartez ixten da. Horrela, elikadura-linea batean arazoren bat dagoen kasuetan, hornidura elektrikoa ez da etengo.



125

## 3.2 Elementuak (I)

- **Hartunea:** airetik, lurrazpitik edo mixtoa.
- **Eraikina** (barneko TGen kasuan): obra zibilekoa edo aurrefabrikatua.
- **ETko gelaxkak:** ETko maniobra eta mozketarako tresneria eta babesgailuak.
- **ET/BT transformadorea.**
- **ETko neurketa-tresneria** (bezeroen TGetan)
- **BT koadro nagusia:** BTko maniobra eta mozketarako tresneria eta babesgailuak.
- **Elementu osagarriak:** isolagailu kapazitiboak tentsio-presentzia lanparekin, seinalizatpenerako kontaktuak, aginteen monitorizazioak, katigamenduak,...



126



## 3.2 Elementuak (II)

---

- **Lurrerako konexioa:** babeseko eta zerbitzuko lurrerako konexioa bereiz daitezke.
- **Suteen aurkako babesa.**
- **Gaintentsioen aurkako babesa:** zink oxidozko tximistorratza.
  - Lurrazpiko konexioa: ez du tximistorratzik behar.
  - Aireko konexioa: aireko lineako konexio puntuan kokatu behar da tximistorratza.
  - Konexio mistoa: lurrazpiko kablea eta aireko linearen arteko konexioan kokatu behar da tximistorratza, zutoinean. Zutoinaren eta TGaren artean 25 m. baino gehiago badago, TGan beste tximistorratz bat kokatu behar da.
- **Aireztapena:** transformadorean sortutako beroa ebakutzeko. Konbekziozko aireztapen naturalez (lokalaren goialdean eta behealdean kokatutako irekidurak) edo aireztapen bortxatuz (erauzgailua) buru daiteke.

127

## 3.2 Elementuak (III)

---

### Gelaxkak

Barrunbe metalikoen barruan muntatuta eta elkarren artean konektatuta dauden ETko tresna multzoa.

Gelaxka motak:

- **Lineako gelaxka:** TGan sartzen diren eraztun-sareko linea bakoitzeko gelaxka bat egongo da.
- **Erremonteko gelaxka:** aireko linea bat lurrazpiko linea batetik edo alderantziz elikatzen duen gelaxka.
- **Babes-gelaxka:** transformadore bakoitzeko babes-gelaxka bat egongo da, transformadorearen aurretik baina ahalik eta hurbilen. Puntan elikatutako TG batera zuzentzen den irteera bakoitzeko ere babes-gelaxka bat egongo da.
- **BTko irteeren gelaxka:** transformadore bakoitzeko mota honetako gelaxka bat edo bi egongo dira. BTko neurketa-tresnak ere bertan ezar daitezke.

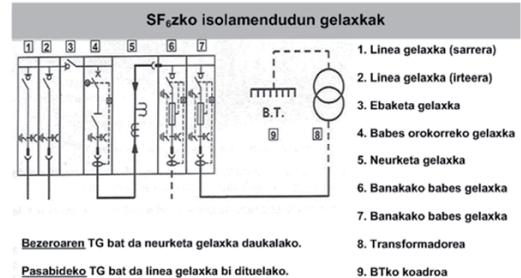
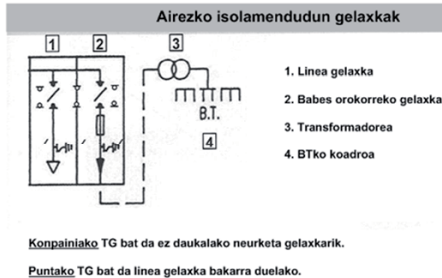
128

## 3.2 Elementuak (IV)

### Gelaxkak

#### Isolamenduaren araberako sailkapena

- Airezko isolamendudun gelaxkak
- SF<sub>6</sub>zko isolamendudun gelaxkak



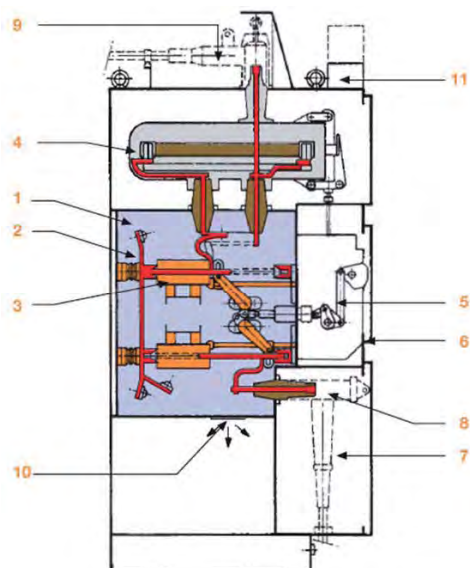
#### Erabileraren araberako sailkapena

- Lehen mailako banaketako gelaxkak: garraio-enpresak, industria handiak, etab.
- Bigarren mailako banaketako gelaxkak: transformazioguneak, industria txikiak.

129

## 3.2 Elementuak (V)

### SF<sub>6</sub>zko isolamendudun gelaxka



- 1 SF6z betetako altzairu erdoilgaitzezko upel itxia
- 2 Kobre elektrolitikoazko barrak
- 3 Hiru posizioko etengailu-sekzionadore autoneumatikoak
- 4 CF motako MESA fusibleentzako fusible euskarria (DIN)
- 5 Arinteentzako konpartimentua
- 6 Eragingailuen panela eta sinoptikoa
- 7 Lineako konektoreen konpartimentua
- 8 Torlojuz lotu daitezkeen lineako konektoreak (L)
- 9 Ahokatu daitezkeen babesezko konektoreak (P)
- 10 Segurtasuneko klappeta (barne arkua)
- 11 TBko konpartimentua

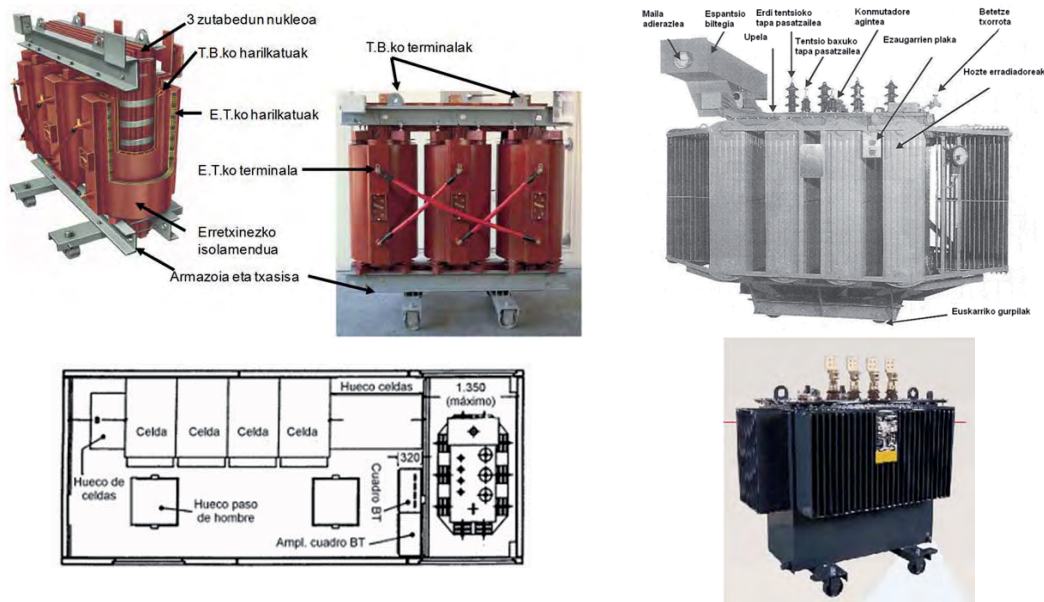
130

## 3.2 Elementuak (VI)

### Banaketa-transformadorea

Gaur egun banaketa-transformadoreen eraikuntzan ondorengo bi aukera konstruktibo daude:

- Olio mineralean murgildutako transformadoreak.
- Erretxina bidezko isolamendu solidodun transformadoreak (transformadore lehorrak).



131

## 3.2 Elementuak (VII)

### Neurketarako tresneria

Batez ere bezeroaren TGetan ezinbestekoa da bezeroak kontsumituriko energia kantitatea neurtzea. Funtzio hori ETko neurketa tresneriak burutzen du. Neurketa hori zuzenean ETan burutzea ezinezkoa izango litzateke. Arazo hau konpontzeko, ETko linearen eta neurketa-tresneriaren artean intentsitate- eta tentsio-transformadoreak tartekatzen dira. Normalean konpainia banatzaileek banaketa-sare bat jartzera behartzen dute neurketa-tresneriaren eta beste elementu guztien artean, oztopo fisiko gisa, horrela konpainiakoak ez diren pertsonak neurgailuak uki ez ditzaten.



Neurketa-gelaxka



Neurketa-gelaxka baten barnealdea

132

## 3.2 Elementuak (VIII)

### BTko koadroa

- Transformadorearen sekundariotik datorren BTko zirkuitua hartu eta banako zirkuitu ezberdinetara banatzen du.
- **Eraikuntza:** gaur egun banaketa-koadro modularrak erabiltzen dira, normalean fabrika bertan muntatuta.
- **Kokapena:** TGaren kanpoaldean zein barnealdean egon ohi da.

### Modulu orokorrak:

- **Barra orokorrak:** 3 fase eta neutroa.
- **Irteera laguntzaileak:** zerbitzu osagarriak, transformadorearen gaitenperaturen aurkako babesa eta argiztapena.
- Erabilera orokorreko korrontearen hartunea.

### Sare publikoko moduluak:

- **BTko irteerak:** fusible ebakitzzaileek babesten dituzte.

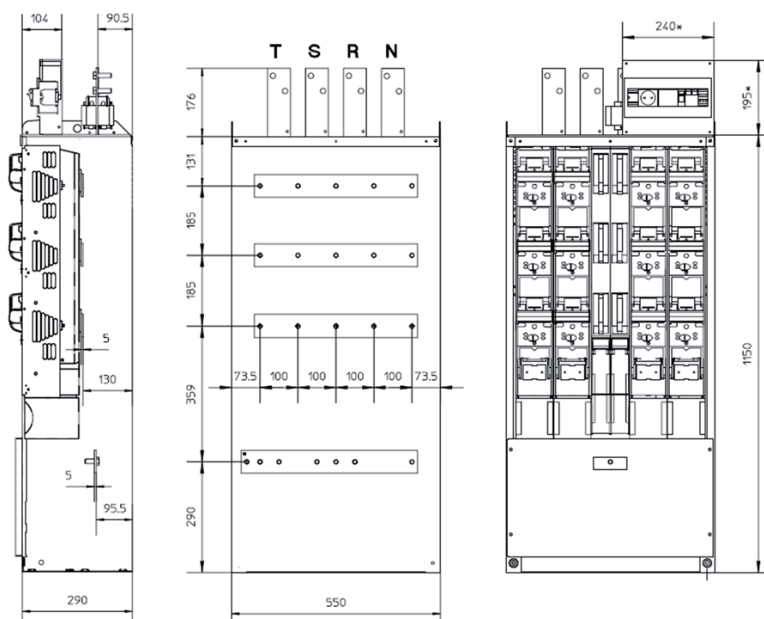
### Bezero TGko moduluak:

- **BTko irteerak:** etengailuek babesten dituzte. Tripolarrak edo bipolarrak izan daitezke.
- Neurketa-tresneria.
- Transformadore bakoitzaren irteeran etengailu automatikoa.

133

## 3.2 Elementuak (IX)

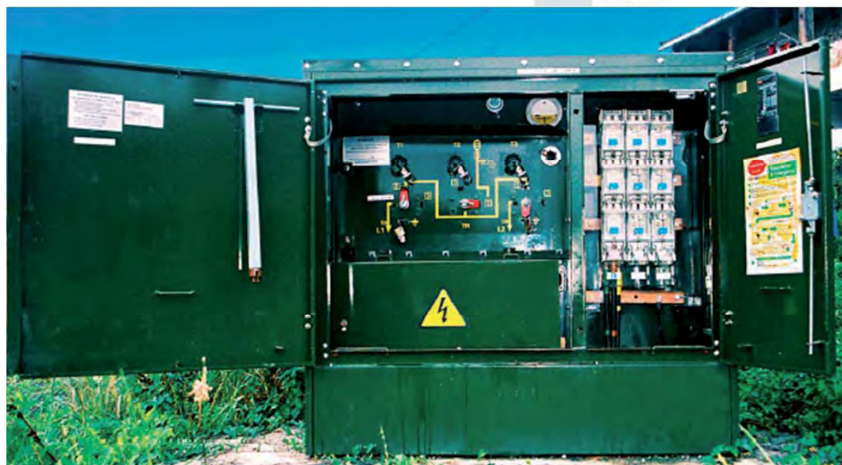
### BTko koadroa



134

### 3.3 Transformaziogune integratuak

- Fabrian seriean diseinatu eta eraikitzen dira. Ingurakari metaliko baten barnean sartzen dira transformadorea, ETko tresneria, interkonexioak (kableak, barrak,...), BTko tresneria eta elementu osagarriak. Elementuak ez dira, ordea, funtzionalki independenteak.



135

### 3.4 Diagrama haribakarra (I)

TG baten adierazpen grafikoa diagrama haribakar baten bidez egiten da.

**Ikur elektrikoak (IEC 60.617)**

#### Maniobra eta mozketarako tresneria

	Etengailu automatikoa (disjuntorea)		Ebakigailua
	Fusiblea		Etengailua
	Fusiledun-etengailua		Etengailu-ebakigailua
	Perkutoredun fusiblea		Irekiera automatikodun etengailu-ebakigailua
	Kontaktorea		Erruptorea

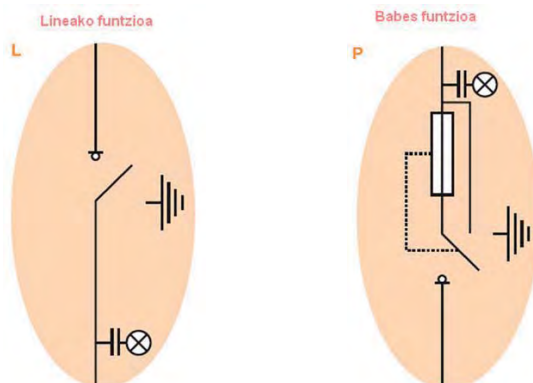
136



## 3.4 Diagrama haribakarra (II)

Oinarrizko gelaxkak bi dira:

- **Lineako gelaxka:** transformazio-guneetako sarrerako edo irteerako lineak maniobratzen ditu etengailu-ebakitzzailearen bidez.
- **Babes-gelaxka:** transformadoreak babesten dituzte etengailu-fusible konbinatu edo elkartuekin.

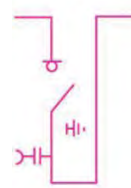
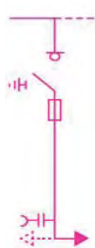
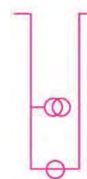


137

## 3.4 Diagrama haribakarra (III)



Lineako sarrera

Etengailudun gelaxka  
barratik irteera albotik eta ezkerretikEtengailudun gelaxka  
barratik irteera goitik eta ezkerretikLineako sarrera neurketa-  
transformadoreekinEtengailu-fusible elkartudun  
gelaxka, irteera barretatikTentsio- eta intentsitate-neurketa, sarrera eta  
irteera barretatik, goitik eta albotik

138

### 3.4 Diagrama haribakarra (IV)



Tentsioaren neurketa barretan



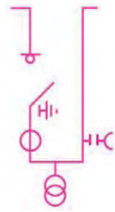
Babes orokorreko etengailua babes orokorra, irteera behetik eta ezkerretik



Etengailu automatikoa, transformadorearen edo lineako irteeraren babesa, tentsio- eta intentsitate-transformadoreekin



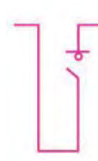
Ebakidura



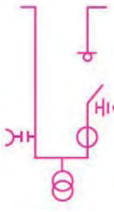
Barren erremontea



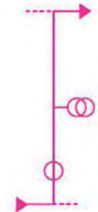
Ebakidura eta erremontea



Etengailua eta erremontea



Barretako pasagunea

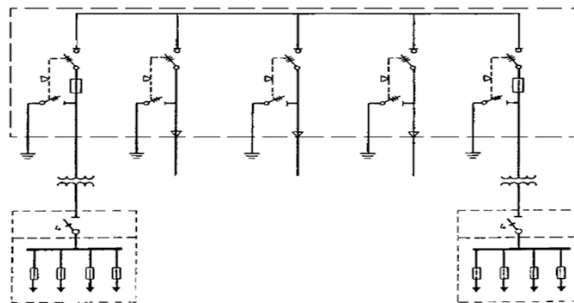


Neurketa, sarera behetik eta irteera barretatik, albotik eta goitik

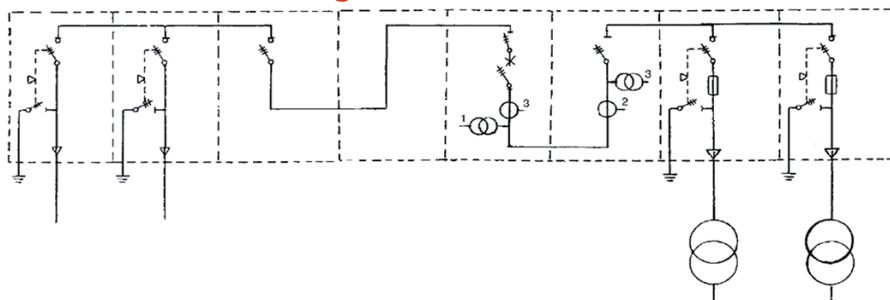
### 3.4 Diagrama haribakarra (V)

Transformaziogunearen motaren arabera:

- Sare publikoko transformaziogunea:



- Bezeroen transformaziogunea:



## Gehigarria. UNE 21.302-441 Definizioak (I)

- **Konexiorako tresneria (*switchgear*):** konektagailuei eta gailu horiekin konbinaturiko aginte, neurketa, babes eta erregulazio gailuei aplikatzen zaien definizioa. Era berean, aurreko tresneriaren eta konexio, elementu osagarri, ingurakari eta euskarrien multzoari ere aplikatzen zaio.
- **Konexiorako tresneria multzoa (*assembly of switchgear*):** konexio tresneriaren konbinaketa, guztiz muntatua, barne interkonexio elektriko eta mekaniko guztiekin.
- **Ingurakari barneko konexiorako tresneria multzoa (*enclosed assembly of switchgear*):** albo bakoitzean, ganean eta behean horma bat duen multzoa, babes-maila bat bermatuz.
- **Konexiorako gailua (*switching device*):** zirkuitu elektriko baten eta batzuetan intentsitatea ezarri edo eteteko helburua duen gailua.
- **Ebakigailua (*disconnector*):** segurtasun arrazoiengatik, irekitako posizioan aurretik zehaztutako ebakitze-distantzia bat bermatzen duen konexiorako gailu mekanikoa.
- **Etengailua (*switch*):** zirkuituaren baldintza izendatuetan eta zehaztutako zerbitzuko gainkarga baldintzetan intentsitateak ezarri, jasan eta eten, eta denbora jakin batez zirkuitulaburreko intentsitateak jasateko gai den konexiorako gailu mekanikoa. Oharra: zirkuitulaburreko intentsitateak ezartzeko gai izan daiteke baina ez eteteko.

141

## Gehigarria. UNE 21.302-441 Definizioak (II)

- **Lur konexiorako ebakigailua (*earthing switch*):** zirkuitu baten zati bat lurrera konektatzeko erabiltzen den konexiorako gailu mekanikoa. Zehaztutako denbora jakin batez zirkuitulaburreko intentsitateak jasateko gai da, baina ez dago zirkuituaren baldintza izendatuetako intentsitateak era iraunkorrean jasateko prestatuta.
- **Etengailu-ebakigailua (*switch-disconnector*):** irekitako posizioan aurretik zehaztutako ebakitze distantzia bat bermatzen duen etengailua.
- **Etengailu automatikoa (*circuit-breaker*):** zirkuituaren baldintza izendatuetan eta zehaztutako zerbitzuko gainkarga baldintzetan intentsitateak ezarri, jasan eta eten, eta denbora jakin batez zirkuitulabur intentsitateak jasan eta eteteko gai den konexiorako gailu mekanikoa.
- **Fusiblea (*fuse*):** instalaturik dagoen zirkuituaren irekiera helburua duen konexio gailua da. Intentsitateak denbora jakin batez balio bat gainditzen duenean fusioa gertatzen da, zirkuitua irekiz.

142

## 3. GAIA. BEHE-TENTSIOKO INSTALAZIOAK

### Aurkibidea

1. Sarrera
2. Etxebizitzetarako instalazio elektrikoa
  - 2.1. Hartunea
  - 2.2. Loturako instalazioak
  - 2.3. Potentzia kontrolatzeko etengailua
  - 2.4. Aginte- eta babes- tresneria
  - 2.5. Barneko instalazioa
3. BTko kableen kalkulua eta dimentsionamendua
  - 3.1. Irizpide termikoa
  - 3.2. Tentsio erorketa maximoaren irizpidea
  - 3.3. Irizpideen konbinaketa

1

## 1. Sarrera (I)

### Definizioa (BTko araudiaren arabera)

Behe-tentsioko instalazioak korrante alfernoan 1.000 V eta korrante jarraian 1.500 V-eko tentsioak gaitzen ez dituzten instalazioak dira.

### Motak:

- Nagusiki etxebizitzetarako diren eraikinak.
- Bulegoetarako eraikinak edo eraikin komertzialak.
- Industria espezifikoko bateko eraikinak.
- Industriagune bateko eraikinak.



2



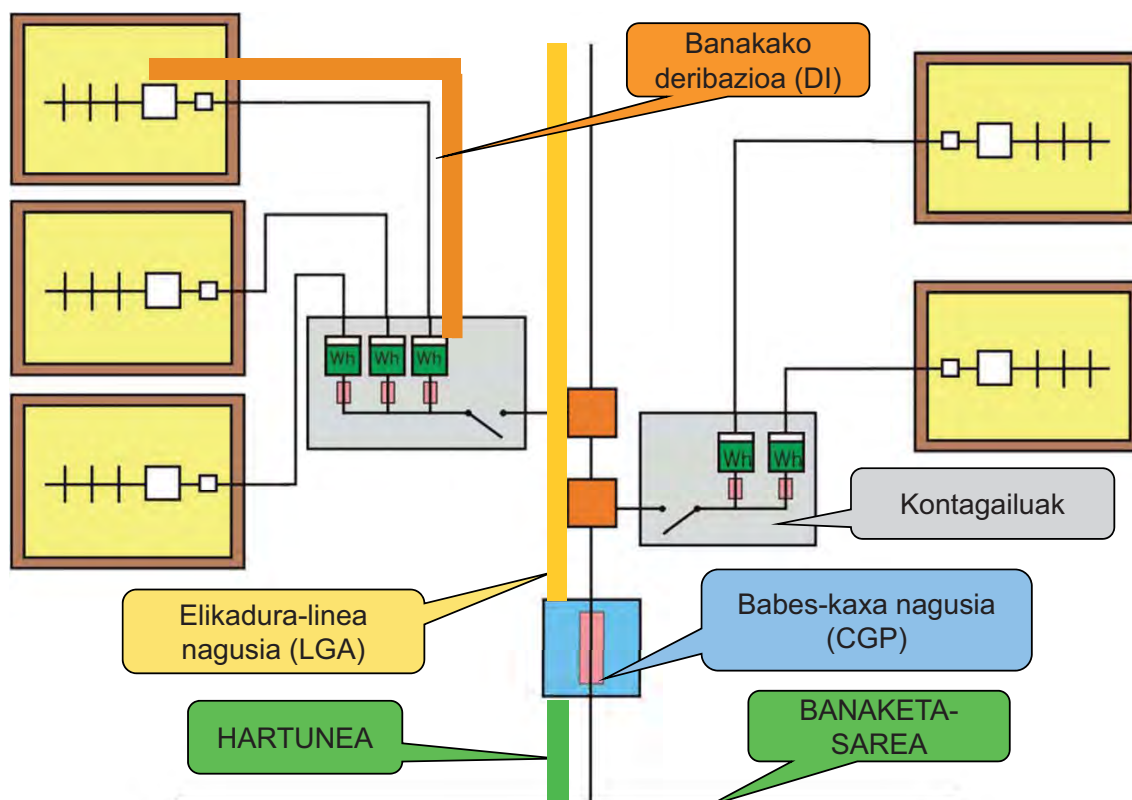
## 1. Sarrera (II)

### Kargen aurreikuspena: (ITC-BT-10)

- Etxebizitzak ez dituen eraikin bateko karga totala:
  - Eraikin komertzial edo bulegotakoak:
    - Aldi bereko koef=1, 100 W/m<sup>2</sup>, minimoa 3.450 W.
  - Industriak:
    - Aldi bereko koef=1, 125 W/m<sup>2</sup>, minimoa 10.350 W.
- Nagusiki etxebizitzetaz osaturiko eraikin bateko karga totala:
  - Etxebizitza guztien karga:
    - Kop · eskari maximoa · aldi bereko koef (1. taula).
  - Eraikinaren zerbitzu orokorrak:
    - Igogailuak, argiztapena, aire girotua, berokuntza,... ( $\Sigma P_{ni}$  eta taulak)
  - Lonjak eta bulegoak:
    - Aldi bereko koef=1, 100 W/m<sup>2</sup>, minimoa 3.450 W.
  - Garajeak:
    - Aldi bereko koef=1, minimoa 3.450 W eta aireztapenaren funtzioan (10 W/m<sup>2</sup> aireztapen naturalerako eta 20 W/m<sup>2</sup> aireztapen beharturako).
- Etxebizitza bakoitzaren karga:
  - Oinarrizko elektrifikazioa (ohizkoa): gutxienez 5.750 W.
  - Elektrifikazio altua (aparailu elektriko gehiago, berogailu elektrikoak, aire girotua, azalera erabilgarria > 160 m<sup>2</sup>): gutxienez 9.200 W.

3

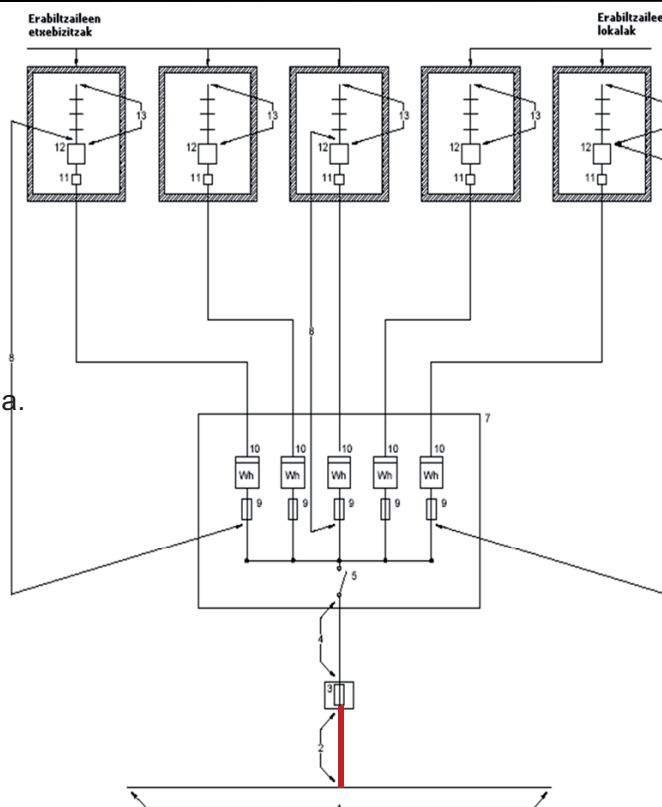
## 2. Etxebizitzetako instalazioa. Eskema



4

## 2.1 Hartunea (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-**Hartunea.**
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elkadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



5

## 2.1 Hartunea (II)

### Definizioa: (ITC-BT-11)

Babes-kaxa nagusia, nagusiak edo unitate funtzional baliokidea elikatzen duen banaketa-sare publikoaren instalazioaren zatia.

### Motak:

- Airekoak (ITC-BT-06)
- Lurrazpikoak (ITC-BT-07)
- Mistoak

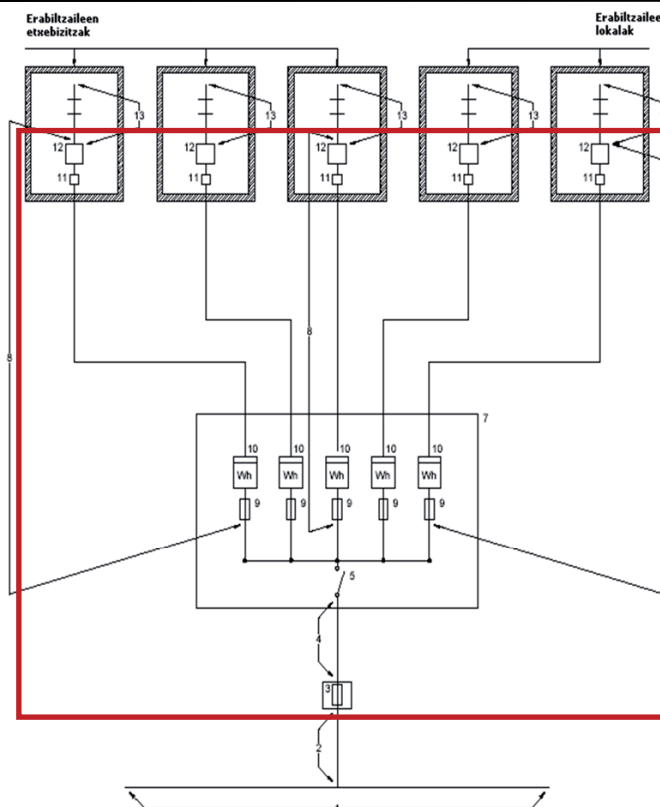
### Instalazioa:

- Kanalizazioaren luzera ahalik eta motzen.
- Konexio egokiak.
- Babes-kaxa nagusira eroale isolatuekin heldu behar da, lurzoru publikoetatik.
- Orokorrean, eraikin edo finka bakoitzean hartune bakarra egongo da, hornidura osagarrietan ez ezik.

6

## 2.2 Loturako instalazioak

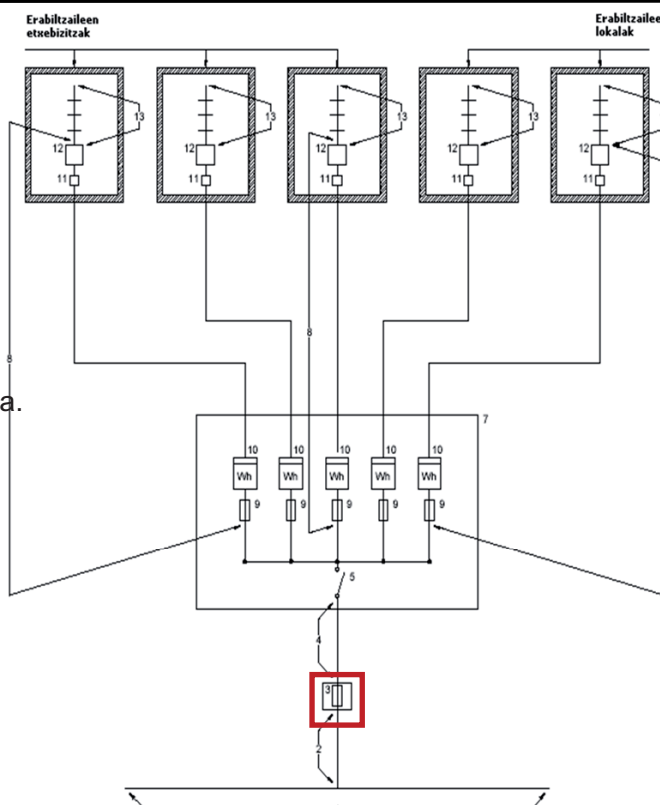
- Babes-kaxa orokorra (CGP)
- Elikadura-linea nagusia (LGA)
- Kontagailuen zentralizazioa (CC)
- Banakako deribazioa (DI)
- Potentzia kontrolatzeko etengailua (ICP)



7

### 2.2.1 Babes-kaxa nagusia (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-**Babes-kaxa nagusia.**
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



8

## 2.2.1 Babes-kaxa nagusia (II)

### Definizioa: (ITC-BT-13)

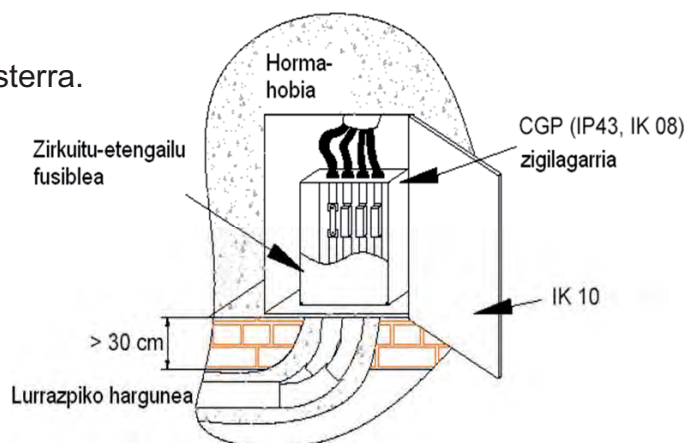
Elikadura-linea nagusien babeseko elementuak gordetzen dituen kaxa da.

### Kokapena:

Eraikinen fatxadetan, sarrera libre eta iraunkorreko lekuetan.

### Materiala:

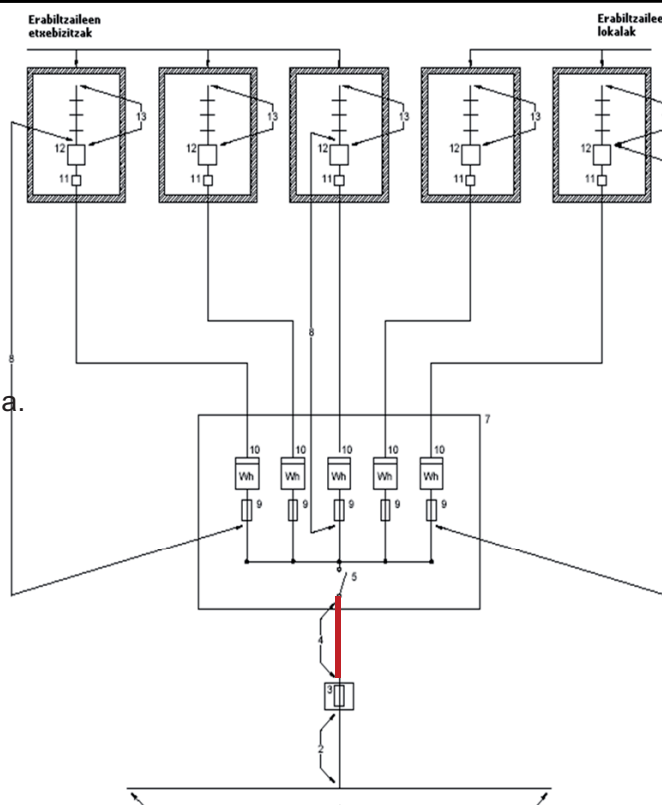
Beira zuntzez indarturiko poliesterra.



9

## 2.2.2 Elikadura-linea nagusia (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-**Elikadura-linea nagusia.**
- 5.-Maniabrako etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



10



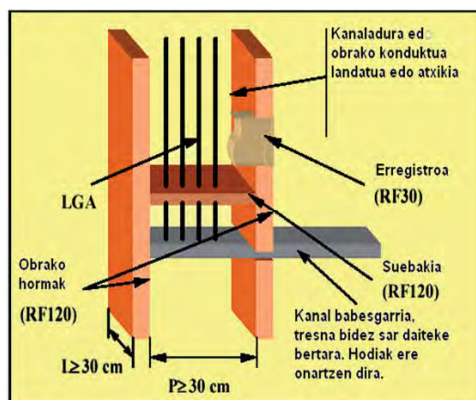
## 2.2.2 Elikadura-linea nagusia (II)

### Definizioa: (ITC-BT-14)

Babes-kaxa nagusia eraikinaren kontagailuen zentralizazioarekin lotzen duen linea. Ez da egoten etxebizitza familiabakarretan.

### Eroaleak instalatzeko aukerak:

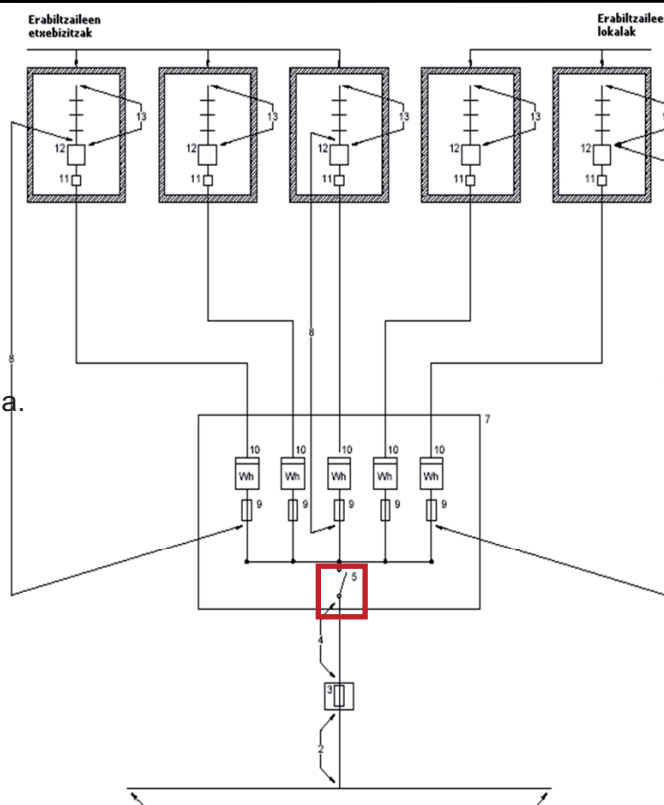
- Eroale isolatuak hodi landatuetan (empotrados).
- Eroale isolatuak lurpean sartutako hodietan.
- Eroale isolatuak gainazalean muntatuta dauden hodietan.
- Eroale isolatuak kanal babesgarrietan.
- Kanalizazio aurrefabrikatuak.
- Eroale isolatuak obrako konduktu itxietan.



11

## 2.2.3 Maniobrarako etengailu nagusia (I)

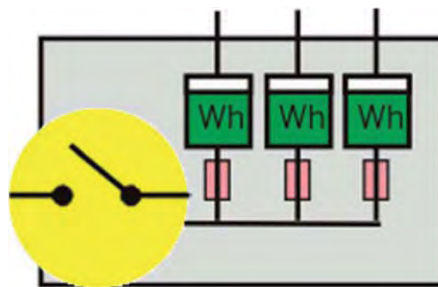
- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-**Maniobrarako etengailu nagusia.**
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



12

## 2.2.3 Maniobrarako etengailu nagusia (II)

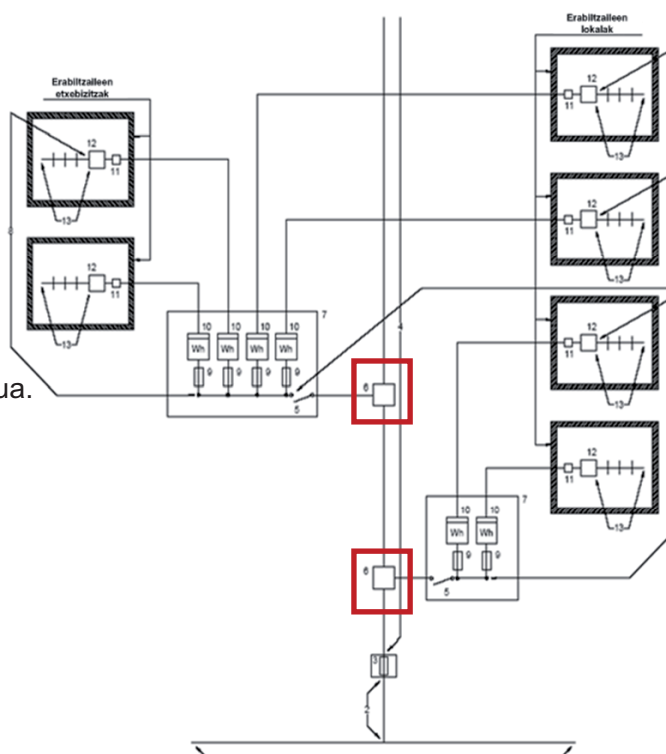
- 2 kontagailu baino gehiago daudenean derrigorrezkoa.
- Ebaketa omnipolarra izan behar da eta etengailuak ez du neutroa faseak baino arinago ireki behar.
- Kargan irekitzeko gaitasuna izan behar du.
- Kalibrea:
  - Karga-aurreikuspena  $\leq 90 \text{ kW} \rightarrow 160 \text{ A}$
  - Karga-aurreikuspena  $150 \text{ kW arte} \rightarrow 250 \text{ A}$



13

## 2.2.4 Deribazio-kaxa

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrarako etengailu nagusia.
- 6.-**Deribazio-kaxa.**
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.

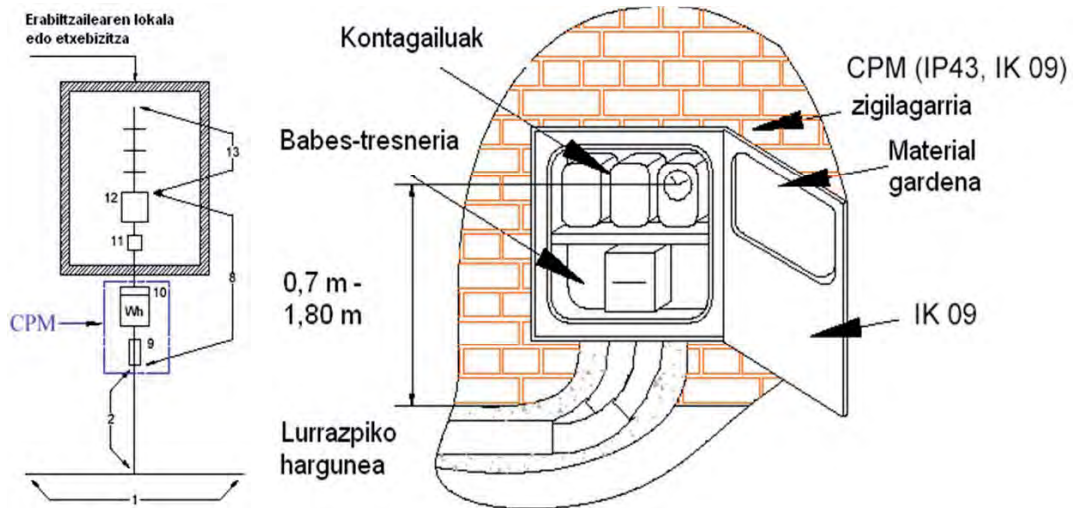


14

## 2.2.5 Kontagailuak (I)

### Banakako kontagailuen kokapena:

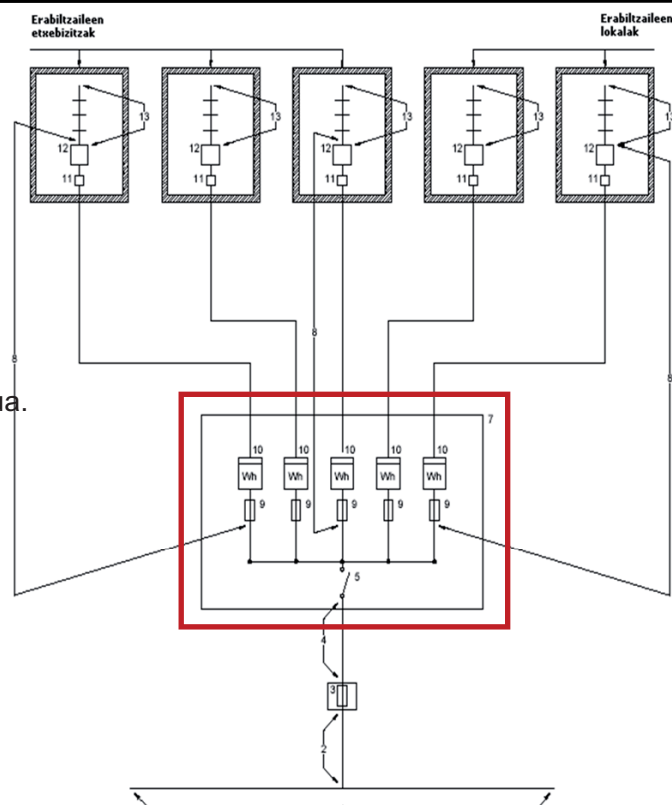
- Hartune bakarretik erabiltzaile bat edo bi badaude: babes- eta neurketa-kaxa (CPM) (ITC-BT-13).
- Industria hornidurak enpresa banatzaileak finkatzen ditu.



15

## 2.2.6 Kontagailuen zentralizazioa (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-**Kontagailuen zentralizazioa.**
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



16

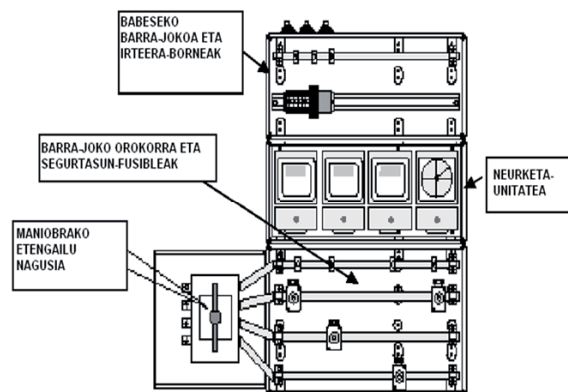
## 2.2.6 Kontagailuen zentralizazioa (II)

### Helburua: (ITC-BT-16)

Banakako deribazioen neurketa-, maniobra-, kontrol- eta babes-tresneriaren kokagunea.

### Unitate funtzionalak:

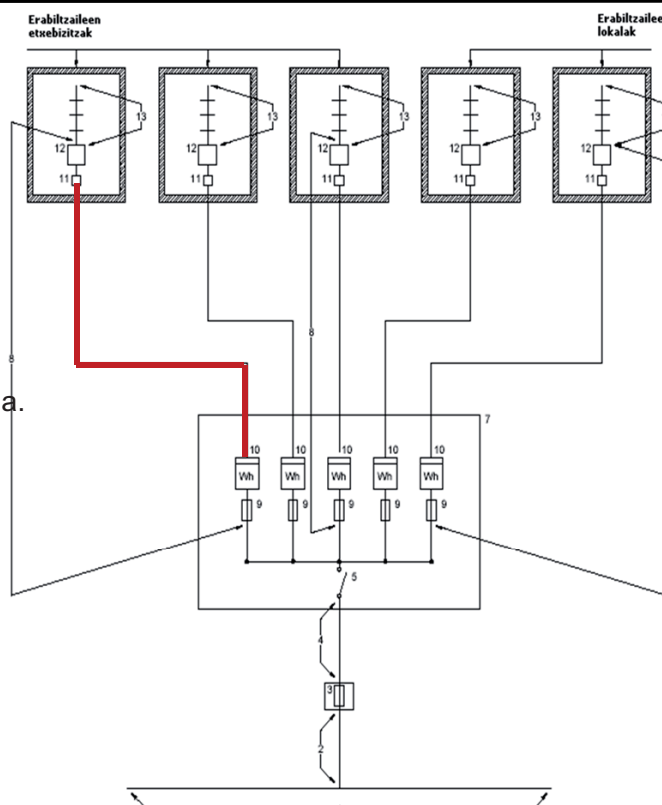
- Maniobraketo etengailu nagusia.
- Barra-joko nagusia eta segurtasun-fusibleak.
- Neurketa: kontagailuak, orduko etengailuak eta/edo aginte-tresneria.
- Agintea (aukerakoa).
- Babeseko barra-jokoa eta irteera-borneak.
- Telekomunikazioak (aukerakoa).



17

## 2.2.7 Banakako deribazioa (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobraketo etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-**Banakako deribazioa.**
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



18



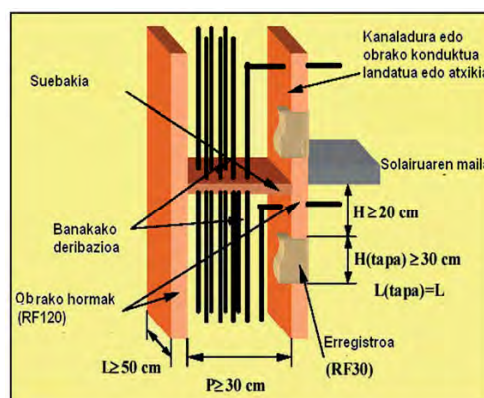
## 2.2.7 Banakako deribazioa (II)

### Definizioa: (ITC-BT-15)

Barra orokorretik etxebizitzan barnean dagoen potentzia kontrolatzeko etengailurarte (ICP) doazen lineak.

### Deribazioak instalatzeko aukerak:

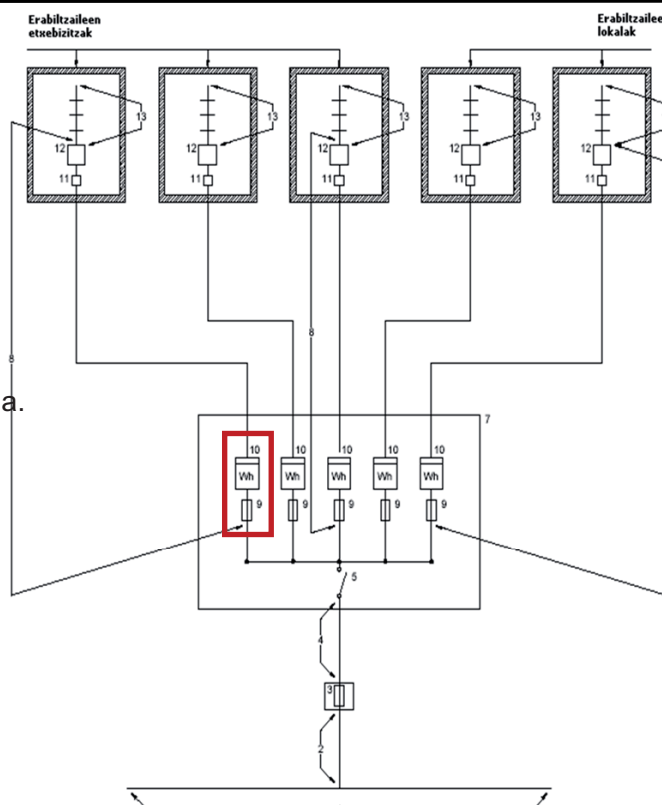
- Babeseko barra-jokoa eta irteera-borneak.
- Telekomunikazioak (aukerakoa).
- Eroale isolatuak hodi landatuetan
- Eroale isolatuak lurpean sartutako hodietan
- Eroale isolatuak gainazalean muntatuta dauden hodietan
- Eroale isolatuak kanal babesgarrietan
- Kanalazio aurrefabrikatuak
- Eroale isolatuak obrako konduktu itxietan



19

## 2.2.8 Fusiblea eta kontagailua

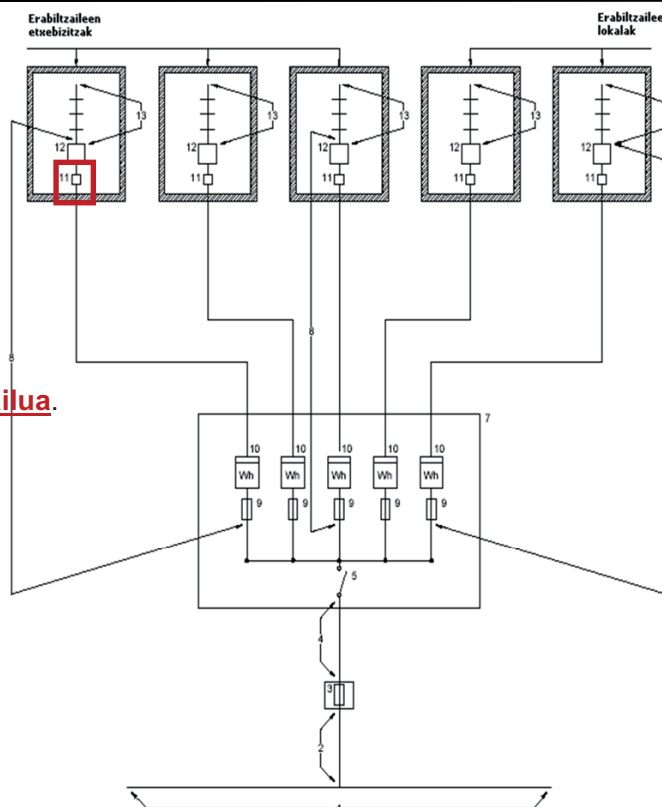
- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elikadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-**Segurtasun-fusiblea.**
- 10.-**Kontagailua.**
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



20

## 2.3 Potentzia kontrolatzeko etengailua (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elkadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-**Potentzia kontrolatzeko etengailua.**
- 12.-Aginte- eta babes- tresneria.
- 13.-Barneko instalazioa.



21

## 2.3 Potentzia kontrolatzeko etengailua (II)

### Funtzioa: (ITC-BT-17)

Kontsumitutako potentzia kontratuan dagoenaren azpitik dagoela kontrolatzen duen tresna. Horretarako, intentsitatea kontrolatzen du. Etengailu automatiko bat da, eta ez babesgailua.

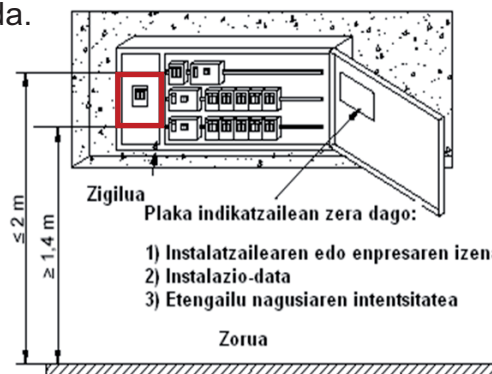
### Instalazioa:

- Babes- eta aginte-koadro nagusiaren aurretik.
- Banakako deribazioaren sarreratik ahalik eta hurbilen.
- Eroale aktiboa bakarrik konektatzen da.
- Zigiludun kaxa baten barnean kokatzen da.

### Motak:

Birkonexioko ICP etengailua:

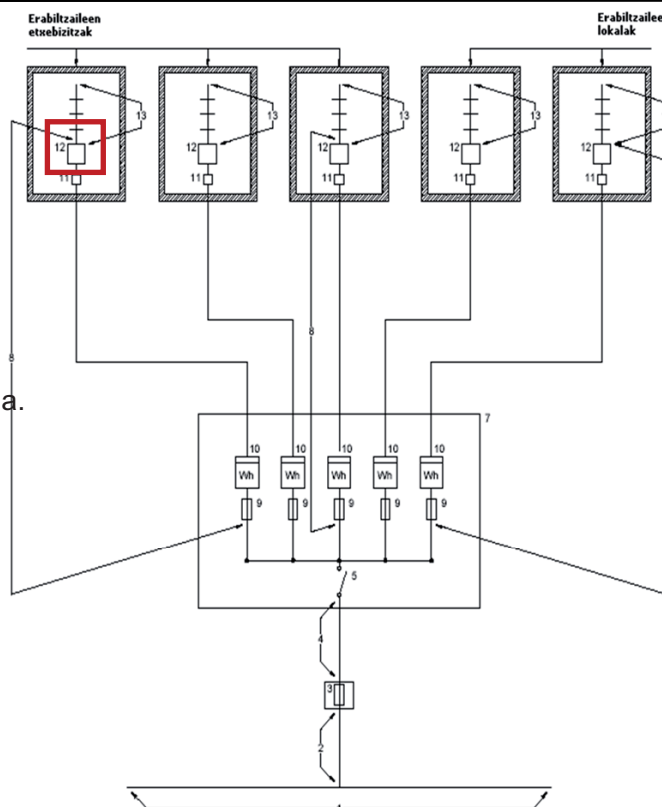
- Eskuzkoa
- Automatikoa
- Urruneko



22

## 2.4 Aginte- eta babes- tresneria (I)

- 1.-Banaketa-sarea.
- 2.-Hartunea.
- 3.-Babes-kaxa nagusia.
- 4.-Elkadura-linea nagusia.
- 5.-Maniobrazio etengailu nagusia.
- 6.-Deribazio-kaxa.
- 7.-Kontagailuen zentralizazioa.
- 8.-Banakako deribazioa.
- 9.-Segurtasun-fusiblea.
- 10.-Kontagailua.
- 11.-Potentzia kontrolatzeko etengailua.
- 12.-**Aginte- eta babes- tresneria.**
- 13.-Barneko instalazioa.



23

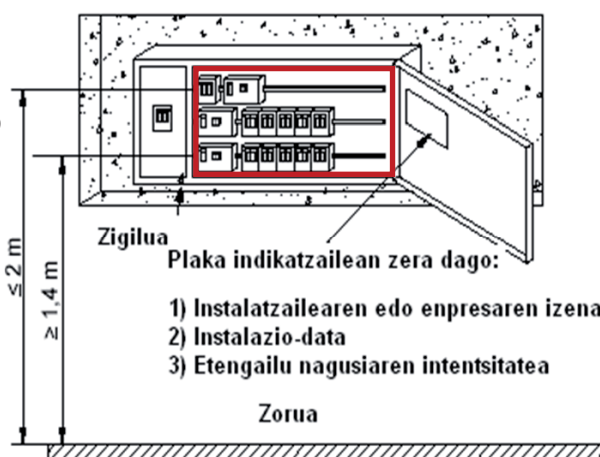
## 2.4 Aginte- eta babes- tresneria (II)

### Funtzioa: (ITC-BT-17)

Babes- eta banaketa-tresneria gordetzen ditu.

### Instalazioa:

- ICParen atzean eta etxebizitzako sarreratik ahalik eta hurbilen.
- Etxebizitzetan 1,4 m-tik 2 m-rako altueran instalatu behar da.
- Material ez-sukoizko kaxa.



### Elementuak:

- Etengailu automatiko orokorra (IGA) (etendura-ahalmen minimoa 4,5 kA)
- Etengailu diferentziala (ID) (ITC-BT-24)
- Etengailu automatiko txikiak (PIA)
- Gaintentsioen aurkako babes-tresneria (ITC-BT-23), beharrezkoa denean.

24







## 2.5 Barneko instalazioa (V)

### Sekzioak eta erabilera-puntuak: (ITC-BT-25) (I)

Kokapena	Zirkuitua	Mekanismoa	Etengailu automatikoa	Eroaleen gutxieneko sekzioa (mm <sup>2</sup> )	Gutxieneko kopurua	Oharrak
Sarrera	C1	Txirrinaren pultsadorea	10 A	1,5	1	
Atondoa	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	2,5	1 1	
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	1	
Egongela	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1 1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	3	6 m <sup>2</sup> -ko bana (gorantz borobildu)
	C8	Berogailurako puntua	25 A	6	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C9	Aire giroturako puntua	25 A	6	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
Logelak	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1 1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	3	6 m <sup>2</sup> -ko bana (gorantz borobildu)
	C8	Berogailurako puntua	25 A	6	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C9	Aire giroturako puntua	25 A	6	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
Komunak	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C5	16 A 2p+T entxufea				
	C8	Berogailurako puntua	25 A	6	1	

29

## 2.5 Barneko instalazioa (VI)

### Sekzioak eta erabilera-puntuak: (ITC-BT-25) (II)

Kokapena	Zirkuitua	Mekanismoa	Etengailu automatikoa	Eroaleen gutxieneko sekzioa (mm <sup>2</sup> )	Gutxieneko kopurua	Oharrak
Pasilloak	C1	Argiztapenerako puntua. 10 A-ko eteng./konmutad.	10 A	1,5	1 1	5m-ro bana, sarrera bakoitzeko bana
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	1	5 m arte (2 L>5 m denean)
	C8	Berogailurako puntua	25 A	6	1	
Sukaldea	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	2	Erauzgailua eta hozkailua
	C3	25 A 2p+T entxufea	25 A	6	2	Plaka eta labea
	C4	16 A 2p+T entxufea	20 A	4	3	Ikuzgailua, ontzi-ikuzgailua eta termoa
	C5	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	3	Lan gunearen gainean
	C8	Berogailurako puntua	25 A	6	1	
	C10	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	1	Lehorgailua
Terrazak eta jantzigelak	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
Garaje familiarak	C1	Argiztapenerako puntua 10 A-ko etengailua	10 A	1,5	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)
	C2	16 A 2p+T entxufea	16 A	2,5	1	10 m <sup>2</sup> arte (2 azalera handiagoa denean)

30

## 3. BTko kableen kalkuluak

Eroaleen gutxieneko sekzio minimoa kalkulatzeko, zera hartu behar da kontuan:

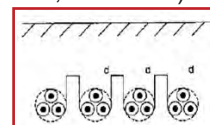
- **Eroalearen berotzea:** irizpide honek eroaletik igaro daitekeen korrante-intentsitate maximoa zehazten du. *Irizpide termikoa.*
- **Tentsio-erorketa maximo onargarria:** tentsio-erorketa ahal den neurrian gutxitu behar da, hargailuek erabilera-tentsioaren erorketarik jasan ez dezaten, egoki funtzionatzeko tentsio izendatura elikatuta egon behar baitute. *Tentsio-erorketa maximoaren irizpidea.*
- **Eroaleak zirkuitulaburreko intentsitatea jasateko ahalmena:** zirkuitulaburreko korrontearen intentsitatea mugatu egin behar da, balio oso altuak hartuz gero, eroale berotzen baita eta muturreko esfortzu elektrodinamikoak sortzen baitira. Transformaziorik gabe dauden behe-tentsioko instalazioetan ez da irizpide hau kontuan hartzen, zirkuitulaburreko korrontearen intentsitatea arriskutsua izatera iritsi baino lehen babesgailuek eragiten dute-eta.

31

### 3.1 Irizpide termikoa (I)

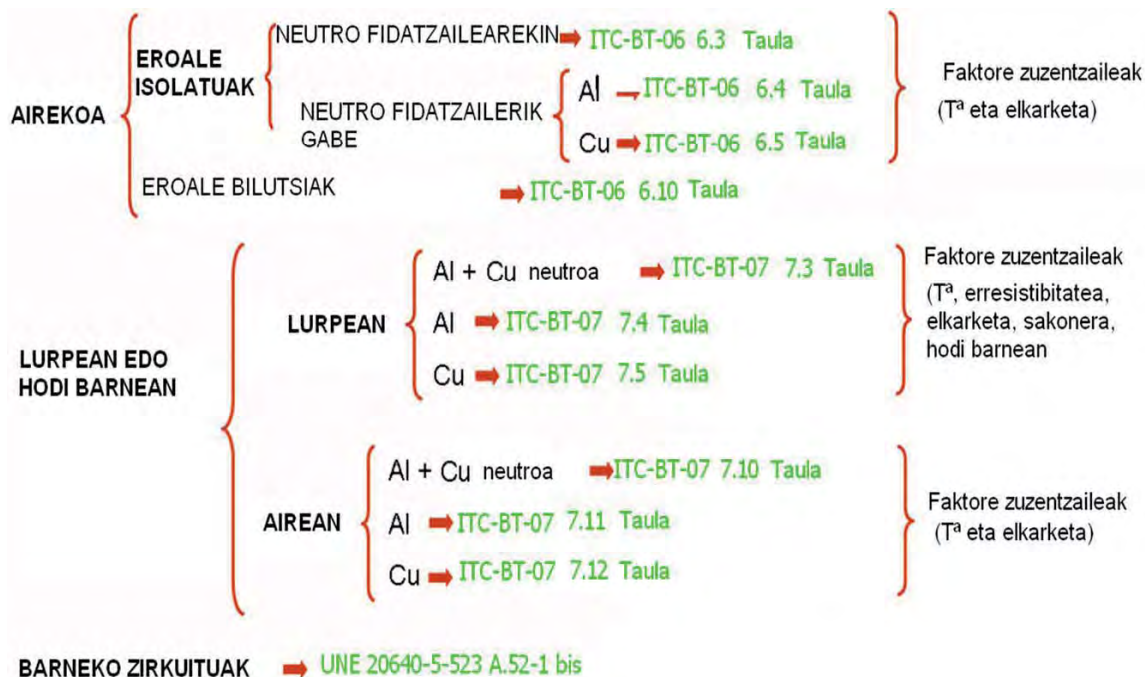
#### Kalkulurako jarraitu beharreko pausuak:

- Lineak faseko garraiatu behar duen korrontearen intentsitate maximoa kalkulatu.
- Sare mota, eroale mota eta linearen instalazio mota zehaztu: dagozkien tauletara jo, eta eroalearen sekzioa aukeratu. Eroale horren intentsitate maximo onargarria  $I_{max}$  baino handiagoa izan behar da.
  - Aireko sareak:
    - XLPE-z isolatuta dauden sortako eroaleak.
    - Eroale bilutsiak.
  - Lurpeko sareak:
    - Zuzenean lurperatutako kableak.
    - Zangan hodian barnean lurperatutako kableak (edo parekoa).
    - Airean instalatutako kableak (galerietan, zangetan, bidepeko erretenetan, kanaletan)
  - Barneko zirkuituak: ondorengo sailkapen orokorra egin daiteke:
    - Horma isolatuetan landatutakoko hodietan dauden eroale isolatuak.
    - Hodietan dauden eroale isolatuak.
    - Hormaren gainean dauden kable eroaleanitzak.
    - Aire zabalean daude kable eroaleanitzak.
    - Elkarrekin kontaktuan edo banatuta dauden polobakarreko eroaleak.
  - **Zuzenketa-faktoreak** ere kontuan izan behar dira (temperatura, sakonera, instalazioa...)



32

## 3.1 Irizpide termikoa (II)



33

## 3.1 Irizpide termikoa (III)

### Aireko sareak:

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitate maximoa [A]
1 x 25 Al/54,6 Alm	110
1 x 50 Al/54,6 Alm	165
3 x 25 Al/54,6 Alm	100
3 x 50 Al/54,6 Alm	150
3 x 95 Al/54,6 Alm	230
3 x 150 Al/80 Alm	305

6.3. Taula. Intentsitate maximo onargarria anperetan (40°C-ko giro temperaturan)

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitate maximoa [A]	
	Fatxadetan ezarria	Altzairuzko fidatzaileaz tenkatua
2 x 10 Cu	77	85
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

6.5. Taula. Intentsitate maximo onargarria anperetan (40°C-ko giro temperaturan)

Sekzio bakoitzeko eroale kopurua [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitate maximoa [A]	
	Fatxadetan ezarria	Altzairuzko fidatzaileaz tenkatua
2 x 16 Al	73	2 x 16 Al
2 x 25 Al	101	2 x 25 Al
4 x 16 Al	67	4 x 16 Al
4 x 25 Al	90	4 x 25 Al
4 x 50 Al	133	4 x 50 Al
3 x 95/50 Al	207	3 x 95/50 Al
3 x 150/95 Al	277	3 x 150/95 Al

6.4. Taula. Intentsitate maximo onargarria anperetan (40°C-ko giro temperaturan)

Sekzio izendatua [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitate dentsitatea [A/mm <sup>2</sup> ]	
	Kobrea	Aluminioa
10	8,75	--
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	--	2,90
150	--	2,70

6.10. Taula. Airetik doazen eroale biluzien intentsitate dentsitatea A/mm<sup>2</sup>-tan.

34

## 3.1 Irizpide termikoa (IV)

### Lurpeko sareak edo lurperatuta dauden hodien barnekoak:

KABLEAK	Eroaleen sekzio izendatua [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitatea [A]
3 x 50 Al + 16 Cu	50	160
3 x 95 Al + 30 Cu	95	235
3 x 150 Al + 50 Cu	150	305
3 x 240 Al + 80 Cu	240	395

7.3. Taula. Intentsitate maximo onargarria anperetan, lau polodun kableentzat, aluminiozko eroaleez eta kobrezko neutroz osatuak, lurpeko instalazio batean (zerbitzu iraunkorrean).

SEKZIO IZENDATUA [mm <sup>2</sup> ]	Kable polobakar hirukotea (1)(2)			Hiru edo lau polodun kablea (3)		
	ISOLATZAILER MOTA					
	NLPE	EPR	PVC	NLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

7.4. Taula. Intentsitate maximo onargarria, anperetan, aluminiozko eroaleez, osaturiko kablea eta lurpeko instalazio baterako (zerbitzu iraunkorra).

SEKZIO IZENDATUA [mm <sup>2</sup> ]	Kable polobakar hirukotea (1)(2)			Hiru edo lau polodun kablea (3)		
	ISOLATZAILER MOTA					
	NLPE	EPR	PVC	NLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	325	325	290	310	305	265
120	380	372	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

7.5. Taula. Intentsitate maximo onargarria, anperetan, kobrezko eroaleez, osaturiko kablea eta lurpeko instalazio baterako (zerbitzu iraunkorra).

35

## 3.1 Irizpide termikoa (V)

### Lurpeko sareak edo kanpoan dauden hodien barnekoak:

Kableak	Eroaleen sekzio izendatuak [mm <sup>2</sup> ]	Intentsitatea [A]
3 x 50 Al + 16 Cu	50	125
3 x 95 Al + 30 Cu	95	195
3 x 150 Al + 50 Cu	150	260
3 x 240 Al + 80 Cu	240	360

7.10. Taula. Intentsitate maximo onargarria, anperetan, zerbitzu iraunkorrean, aluminiozko eroaleez, osaturikolan polodun kableentzat, neutroa kobrezkoa izanik, galeria aireztatuetan kokaturiko aire instalazioetan.

SEKZIO IZENDATUA [mm <sup>2</sup> ]	Hiru kable polobakar (1)			Kable trifasiko bat		
	ISOLATZAILER MOTA					
	NLPE	EPR	PVC	NLPE	EPR	PVC
16	67	65	55	64	63	51
25	93	90	75	85	82	68
35	115	110	90	105	100	82
50	140	135	115	130	125	100
70	180	175	145	165	155	130
95	220	215	180	205	195	160
120	260	255	215	235	225	185
150	300	290	245	275	260	215
185	350	345	285	315	300	245
240	420	400	340	370	360	290
300	480	465	390	425	405	335
400	550	545	455	505	475	385
500	645	625	520	-	-	-
630	740	715	600	-	-	-

7.11. Taula. Intentsitate maximo onargarria, anperetan, zerbitzu iraunkorrean, aluminiozko eroaleez, osaturiko kableentzat, galeria aireztatuetan eta 40°C-ko giro temperaturan.

SEKZIO IZENDATUA [mm <sup>2</sup> ]	Hiru kable polobakar (1)			Kable trifasiko bat		
	ISOLATZAILER MOTA					
	NLPE	EPR	PVC	NLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	200	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	449	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

7.12. Taula. Intentsitate maximo onargarria, anperetan, zerbitzu iraunkorrean, kobrezko eroaleez, osaturiko kableentzat, galeria aireztatuetan eta 40°C-ko giro temperaturan.

36



# 3.1 Irizpide termikoa (VI)

## Barneko zirkuituak

A.52-1 bis taula  
Intentsitate maximo onargarriak anperetan  
(40°C-ko giro temperatura airean)

Kargaturiko eroale kopurua eta isolamendu mota													
52-B1 tasako instalazio metodoa													
A1	PVC3	PVC2	PVC2	XLPB3	XLPB2								
A2	PVC3	PVC2		XLPB3	XLPB2								
B1				PVC3	PVC2		XLPB3		XLPB2				
B2				PVC3	PVC2		XLPB3	XLPB2					
C							PVC3	PVC2	XLPB3	XLPB2			
E								PVC3	PVC2	XLPB3	XLPB2	XLPB2	
F									PVC3	PVC2	XLPB3	XLPB2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sektorea Kobrea													
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	-
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	-
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	-
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	-
95	-	-	-	-	190	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	-	234	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminioa													
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	-
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	-
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	-
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	-
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	-
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	-
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	-
185	-	-	-	212	225	256	259	281	301	316	359	388	-
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	-

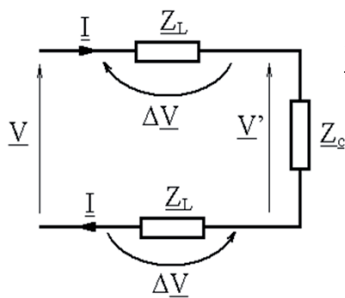
52-B1 taula

Erreferentziako instalazioa		Erreferentziako instalazioa	
1	2	1	2
	A1 Eroale isolatutak termikoki isolatzailea den horman dagoen konduktuan		D Kable eroaleanitzaren lurpeko konduktuetan
	A2 Kable eroaleanitzaren termikoki isolatzailea den horman		E Kable eroaleanitzaren aire zabalean Hormara distantzia kablearen diametroa 0,3 aldiz baino handiagoa
	B1 Eroale isolatutak zuzeko horma baten gainean dagoen konduktuan		F Polo bakarrek kableak kontaktuan eta aire zabalean Hormara distantzia kablearen diametroa baino handiagoa
	B2 Kable eroaleanitzaren zuzeko horma baten gainean dagoen konduktuan		G Polo bakarrek kable tartekatutak aire zabalean Kableen arteko distantzia minimoa kablearen diametroa
	C Polo bakarrek kableak zuzeko horma baten gainean		

37

# 3.2 Tentsio-erorketa maximoaren irizpidea

## Tentsio-erorketa linea monofasikoetan:



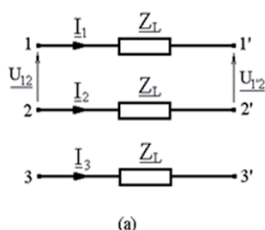
$$\underline{V} = \underline{V}' + 2 \cdot \underline{Z}_L \cdot \underline{I} \Rightarrow u = V - V' \approx 2 \cdot R_L \cdot I \cdot \cos\phi_C = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi_C}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot V}$$

- Instalazioak kontsumitutako potentzia aktibo monofasikoa  $P = V \cdot I \cdot \cos\phi_C$  inguru da.
- Momentu elektrikoa:  $M \equiv P \cdot L$

Beraz: 
$$u_{1F} = \frac{2 \cdot M}{\gamma \cdot S \cdot V} \Leftrightarrow S = \frac{2 \cdot M}{\gamma \cdot u_{1F} \cdot V}$$

SEKZIO NORMALIZATUA

## Tentsio-erorketa linea trifasikoetan:



(a) Zirkuitu trifasiko orekatua eta simetrikoa

(b) Zirkuitu baliokide monofasikoa

$$u_{3F} = \frac{M}{\gamma \cdot S \cdot U} \Leftrightarrow S = \frac{M}{\gamma \cdot u_{3F} \cdot U}$$

SEKZIO NORMALIZATUA

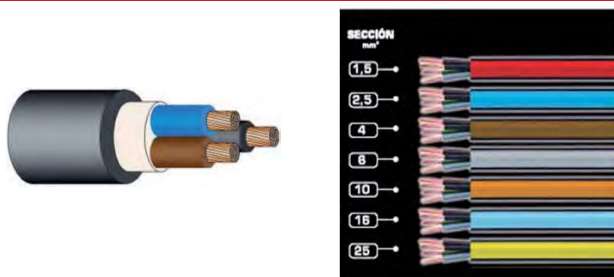
38



## 3.3 Irizpideen konbinaketa

- Linea luzeetan **tentsio-erorketaren irizpidea** murriztaileagoa izan ohi da. Goi- edo erdi-tensioko kable isolatuen kanalizazioetan oso gutxitan erabiltzen da; behe-tentsioko instalazioetan, aldiz, kanalizazioek hamar metro baino gehiago dituztenean, oso erabakigarria da.
- Luzeegiak ez diren eta eskari handia duten lineetan murriztaileagoa izan ohi da **irizpide termikoa**.

**Irizpide orokorra behe-tentsioko lineetan:** irizpide biekini kalkuluak egin, eta sekzio bien artean handiena hartu behar da. Ondoren, azken sekzio horren balio berdina edo handiagoa daukan sekzio normalizatua aukeratu behar da.



# 4. GAIA. LINEEN PARAMETROAK ETA EREDUAK

## Aurkibidea

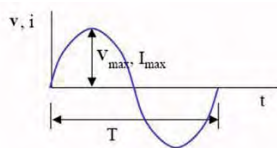
1. Oinarriak
2. Aireko lineen parametro elektrikoak
3. Lurrazpiko lineen parametro elektrikoak
4. Garraio-lineen ereduak.
5. Garraio-linea baten funtzionamendua

1

## 1. Oinarriak (I)

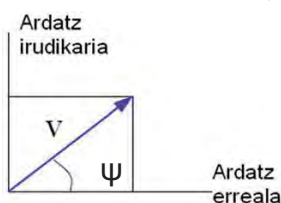
### Fasoreak

Tentsio sinusoidal batek edo maiztasun konstanteko korrante batek bi parametro adierazgarri ditu: balio maximoa eta fasearen angelua.



- Periodoa :  $T$  (segundos)
- Frekuentzia :  $f$  (Hz=1/segundo)  $f=1/T$
- Aldiuneko balioa :  $v, i$
- Balio maximoa :  $V_{\max}, I_{\max}$

- Balio efikaza :  $V, I$       $V = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$       $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$



$$v(t) = V_{\max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi)$$

Tentsioaren rms adierazpen fasoriala hiru erataraz idatz daiteke:

$$V = V e^{j\psi} = V \angle \psi = V \cos \psi + j V \sin \psi$$

↓	↓	↓
esponentziala	polarra	errektangeluarra
$x_1 = X_1 \sqrt{2} \cos(\omega t + \psi_1)$		$\underline{X}_1 = X_1 \angle \psi_1 = a_1 + j b_1$
$x_2 = X_2 \sqrt{2} \cos(\omega t + \psi_2)$		$\underline{X}_2 = X_2 \angle \psi_2 = a_2 + j b_2$
$x_3 = X_3 \sqrt{2} \cos(\omega t + \psi_3)$		$\underline{X}_3 = X_3 \angle \psi_3 = a_3 + j b_3$

- Batuketa      $\underline{X}_1 + \underline{X}_2 - \underline{X}_3 = (a_1 + a_2 - a_3) + j(b_1 + b_2 - b_3) = a + j b = X \angle \psi$
- Biderketa      $\underline{X} = \underline{X}_1 \cdot \underline{X}_2 = X_1 X_2 \angle \psi_1 + \psi_2 = X \angle \psi$
- Zatidura      $\underline{X} = \frac{\underline{X}_1}{\underline{X}_2} = X_1 / X_2 \angle \psi_1 - \psi_2 = X \angle \psi$

2

# 1. Oinarriak (II)

## Potentzia (I)

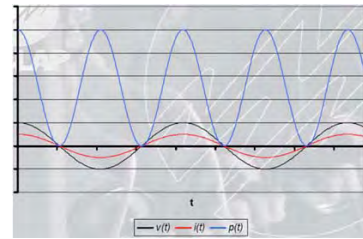
- Karga erresistiboa:



$$v(t) = V_{\max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi)$$

$$i_R(t) = I_{R_{\max}} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi) \quad I_{R_{\max}} = \frac{V_{\max}}{R}$$

$$p_R(t) = V \cdot I_R \cdot [1 + \cos(2 \cdot (\omega \cdot t + \psi))]$$



- Karga induktiboa:

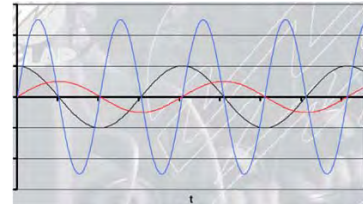


$$i_L(t) = I_{L_{\max}} \cos(\omega \cdot t + \psi - 90^\circ)$$

$$I_{L_{\max}} = \frac{V_{\max}}{X_L}$$

$$X_L = \omega \cdot L$$

$$p_L(t) = V \cdot I_L \cdot \sin[2(\omega \cdot t + \psi)]$$



- Karga kapazitiboa:

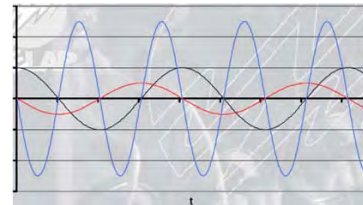


$$i_C(t) = I_{C_{\max}} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi + 90^\circ)$$

$$I_{C_{\max}} = \frac{V_{\max}}{X_C}$$

$$X_C = -\frac{1}{\omega \cdot C}$$

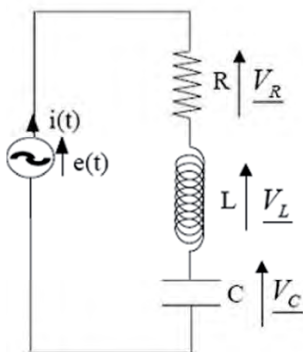
$$p_C(t) = -V \cdot I_C \cdot \sin[2(\omega \cdot t + \psi)]$$



3

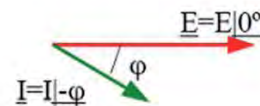
# 1. Oinarriak (III)

## Potentzia (II)



$$e(t) = E\sqrt{2} \cos(\omega t)$$

$$i(t) = I\sqrt{2} \cos(\omega t - \varphi)$$



Iturriak emandako aldiuneko potentzia:

$$p(t) = e(t)i(t) = E\sqrt{2} \cos(\omega t) \cdot I\sqrt{2} \cos(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = EI [\cos(2\omega t - \varphi) + \cos(\varphi)] = \underbrace{EI \cos \varphi}_{\text{Potentzia aktiboa}} + \underbrace{EI \cos(2\omega t - \varphi)}_{\text{Potentzia fluktuatzailea}}$$

$$p(t) = EI \cos \varphi + EI [\cos 2\omega t \cdot \cos \varphi + \sin 2\omega t \cdot \sin \varphi]$$

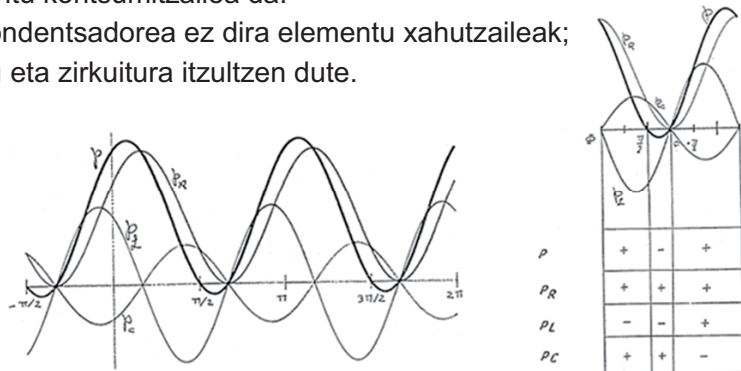
$$p(t) = \underbrace{EI \cos \varphi [1 + \cos 2\omega t]}_{\text{Aldiuneko potentzia aktiboa}} + \underbrace{EI \sin \varphi \cdot \sin 2\omega t}_{\text{Aldiuneko potentzia erreaktiboa}}$$

4

# 1. Oinarriak (IV)

## Potentzia (III)

- Aldiuneko potentzia aktiboa beti da positiboa eta iturritik zirkuitura noranzko bakarrean transmititzen den energiarekin lotuta dago.
- Aldiuneko potentzia erreaktiboen batez besteko balioa nulua da eta iturriaren eta zirkuituaren arteko energia-elkartrukearekin lotuta dago.
- Zirkuituan lortzen den efektu erabilgarri bakarra potentzia aktiboarena da. Potentzia erreaktiboa ez du efektu erabilgarririk sortzen, iturriaren eta zirkuituaren artean elkartrukatu baino ez du egiten.
- Zirkuituaren elementu bakoitzak kontsumitutako aldiuneko potentzia:
  - Erresistentzia elementu kontsumitzailea da.
  - Autoindukzioa eta kondentsadorea ez dira elementu xahutzaileak; aldiz, energia metatu eta zirkuitura itzultzen dute.



5

# 1. Oinarriak (V)

## Potentzia (IV)

Iturriak emandako potentzia

S: Itxurazko potentzia (VA)  $S = EI = \sqrt{P^2 + Q^2}$  **Potentzia-faktorea**

P: Potentzia aktiboa (W)  $P = S \cos \varphi = EI \cos \varphi$

Q: Potentzia erreaktiboa (VAR)  $Q = S \sin \varphi = EI \sin \varphi$

$\underline{S}$ : Itxurazko potentzia konplexua (VA)  $\underline{S} = P + jQ = S|\varphi = \underline{E} \cdot \underline{I}^*$

Zirkuituko elementu batek kontsumitutako potentzia

$$P = VI \cos \varphi = I \cdot Z \cdot I \cos \varphi = I \cdot \cancel{X} \cdot I \cdot \frac{R}{\cancel{X}} = RI^2 = V \cdot \frac{V}{Z} \cdot \frac{R}{Z} = \frac{V^2 R}{R^2 + X^2}$$

$$Q = VI \sin \varphi = XI^2 = \frac{V^2 X}{R^2 + X^2}$$

$$\underline{S} = S|\varphi = P + jQ = V \cdot I|\varphi = \underline{V} \cdot \underline{I}^*$$

$$S = V \cdot I = I^2 Z = \frac{V^2}{Z}$$

Zirkuituari emandako potentzia kargen xurgatutako potentzien baturaren bestekoa da

$$P_g = \sum P_i$$

$$Q_g = \sum Q_i$$

$$S_g = \sqrt{P_g^2 + Q_g^2} \neq \sum S_i$$

6

## 1. Oinarriak (VI)

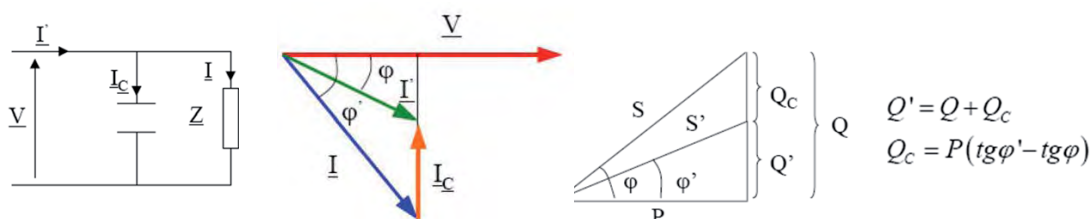
### Kargaren konbentzioa:

Korrontea elementuaren mutur positibotik sartzen da:

- $P > 0$  bada  $\rightarrow$  potentzia aktibo positiboa xurgatzen du.
- $Q > 0$  bada  $\rightarrow$  potentzia erreaktibo positiboa xurgatzen du (induktiboa).
- $P < 0$  bada  $\rightarrow$  potentzia aktibo positiboa ematen du.
- $Q < 0$  bada  $\rightarrow$  potentzia aktibo positiboa ematen du (kapazitiboa).

### Potentzia-faktorearen zuzenketa:

Eraginkortasuna eta tentsioaren erregulazioa hobetzeko  $\cos\phi$  handiekin lan egitea komeni du  $\rightarrow$  kondentsadoreak paraleloan konektatzen dira.



7

## 2. Aireko lineen parametro elektrikoak (I)

Linea elektrikoek portaera fisikoa adierazten duten eredu matematikoak dira.

- Energia-galerak:
  - Eroaleetan: Erresistentzia R
  - Isolagailuetan: Konduktantzia G
- Energia-pilaketa:
  - Eremu elektriko gisa: Kapazitantzia C
  - Eremu magnetiko gisa: Induktantzia L

Balio kilometrikoak erabili ohi dira:  $R_k$ ,  $G_k$ ,  $C_k$ ,  $L_k$ .

8



## 2.1 Induktantzia (I)

### Faraday-ren legea

Eroale bat eremu magnetiko aldakor baten barnean dagoenean, eroalean tentsio induzitua edo indar elektroeragilea induzitzen da (i.e.e.).

$$e = - \frac{d(N \cdot \Phi)}{dt}$$

e tentsio induzitua  
 $\Phi$  eroalean eragiten duen fluxua  
 N fluxuak eroalea inguratzen duen aldia

Eroale batetik igarotzen den korrontearen intentsitateak eremu magnetiko bat sortzen du; intentsitatea denborarekin aldakorra bada, eremua ere aldakorra izango da.

Eroale batetik korrante alternoa igarotzen bada, eremu magnetiko aldakorra sortuz, eremu horren ondorioz sortutako fluxu aldakorrak eroalea ebakitzen du, eroalean tentsio induzitua (i.e.e.) eraginez. **Autoindukzioa** deritzogu:

$$e = -L \cdot \frac{di}{dt} \implies L = \frac{d(N \cdot \Phi)}{di}$$

Fluxuaren aldaketa intentsitatearen aldaketarekiko lineala bada (saturazio magnetikorik ez dagoela suposatuz), aireko lineen kasuan:

$$L = \frac{N \cdot \Phi}{i} \quad \text{Unitatea S.I.: Henri H [Wb/A]}$$

9

## 2.1 Induktantzia (II)

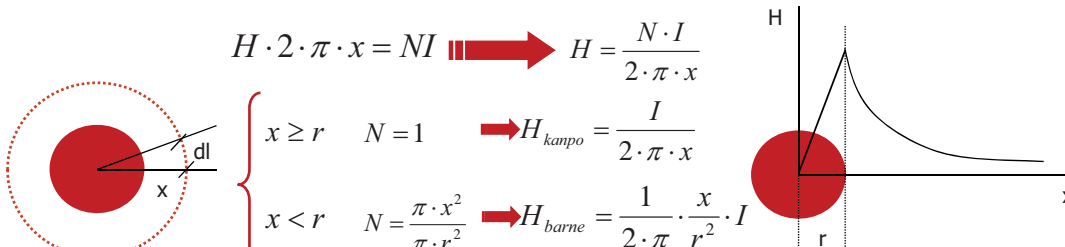
### Fluxu osoaren kalkulua:

$$N \cdot \Phi = \iint N \cdot B \cdot ds = \iint N \cdot \mu \cdot H \cdot ds = \iint N \cdot \mu \cdot f(I) \cdot ds = \psi(I)$$

H: eremu magnetikoaren intentsitatea.  
 B: fluxu magnetikoaren dentsitatea.

▪ Ampere-ren legea:  $\oint H \cdot dl = N \cdot I$

- Luzera infinituko eroale zilindriko baten fluxu-loturak:



$$H \cdot 2 \cdot \pi \cdot x = NI \implies H = \frac{N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot x}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x \geq r \quad N = 1 \implies H_{kanpo} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot x} \\ x < r \quad N = \frac{\pi \cdot x^2}{\pi \cdot r^2} \implies H_{barne} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{x}{r^2} \cdot I \end{array} \right.$$

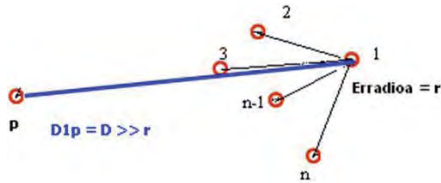
Indukzio magnetikoa  $\implies$

$$\left\{ \begin{array}{l} x \geq r \quad B_{kanpo} = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot x} \\ x < r \quad B_{barne} = \mu_{barne} \cdot \mu_0 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{x}{r^2} \cdot I \quad \mu_{barne} = 1 \quad (\text{eroaleen materialak ez-ferromagnetikoak dira}) \end{array} \right.$$

10

## 2.1 Induktantzia (III)

**Multzo batean dagoen eroale baten fluxua:** (n eroale zilindriko paralelo)



**Fluxu osoa:**

$$(N \cdot \Phi)_{osoa,1} = \Phi_{11} + \Phi_{21} + \dots + \Phi_{n1} = f_1(I_1) + f_2(I_2) + \dots + f_n(I_n)$$

non  $\Phi_{n1}$ : n eroaleak sortutako eta 1 eroalean eragiten duen fluxua da.

- 1 eroaleri lotutako fluxua:

$$\left. \begin{aligned} N \cdot \Phi_{kanp,1} &= \int_r^D N \cdot B_{kanp} \cdot dx = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_1 \cdot \ln\left(\frac{D}{r}\right) \\ N \cdot \Phi_{barne,1} &= \int_0^r N \cdot B_{barne} \cdot dx = \frac{\mu_{barne}}{8 \cdot \pi} \cdot \mu_0 \cdot I_1 \end{aligned} \right\} \rightarrow (N \cdot \Phi)_{osoa,1} = \frac{\mu_{barne} \cdot \mu_0}{8 \cdot \pi} \cdot I_1 + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_1 \cdot \ln\left(\frac{D}{r}\right)$$

- n eroaleari lotutako fluxua eta 1 eroalean eragiten duena:

$$(N \cdot \Phi)_{ext,n,1} = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_n \cdot \ln\left(\frac{D}{D_{1n}}\right) \quad D_{1n} = n \text{ eroaletik } 1 \text{ eroalerainoko distantzia}$$

- 1 eroalean eragiten duen fluxu osoa:

$$(N \cdot \Phi)_{osoa} = \frac{\mu_{barne} \cdot \mu_0}{8 \cdot \pi} \cdot I_1 + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_1 \cdot \ln\left(\frac{D}{r}\right) + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_2 \cdot \ln\left(\frac{D}{D_{12}}\right) + \dots + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_n \cdot \ln\left(\frac{D}{D_{1n}}\right)$$

11

## 2.1 Induktantzia (IV)

Eragiketak eginez, eta Kirchoff-en 1. legea aplikatuz ( $\sum I_i = 0$ ):

$$(N \cdot \Phi)_{osoa} = \frac{\mu_{barne} \cdot \mu_0}{8 \cdot \pi} \cdot I_1 + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_1 \cdot \ln\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{D_{12}}\right) + \dots + \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot I_n \cdot \ln\left(\frac{1}{D_{1n}}\right)$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ denez:}$$

$$(N \cdot \Phi)_{osoa} = \left[ \left[ \frac{\mu_{barne}}{2} + 2 \cdot \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \cdot \ln\left(\frac{1}{D_{12}}\right) + \dots + 2 \cdot I_n \cdot \ln\left(\frac{1}{D_{1n}}\right) \right] \cdot 10^{-7} \quad (1. \text{ ekuazioa})$$

**n eroalez osatutako lineako eroale baten eragiten duen fluxu osoa**

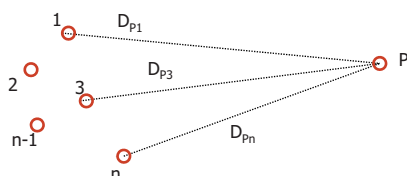
( $I_2, I_3, \dots, I_n$   $I_1$  intentsitatearen arabera jarri behar dira. Konfigurazioaren arabera aldatzen da)

12

## 2.1 Induktantzia (V)

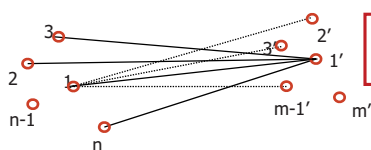
### GMD (geometric mean distance):

P puntu batetik n puntu-sorta baterainoko GMDa, puntu bakoitzetik P puntura dagoen distantzien batez besteko geometrikoa da.



$$GMD = \sqrt[n]{D_{P1} \cdot D_{P2} \cdot \dots \cdot D_{Pn}}$$

- n puntuen sortatik m puntuen sortarainoko **GMDa**:



$$GMD = \sqrt[n \cdot m]{(D_{11'} \cdot D_{12'} \cdot \dots \cdot D_{1m'}) \cdot (D_{21'} \cdot D_{22'} \cdot \dots \cdot D_{2m'}) \cdot \dots \cdot (D_{n1'} \cdot D_{n2'} \cdot \dots \cdot D_{nm'})}$$

- Bi gainazalen arteko **GMDa** kalkulatzeko, gainazal bakoitza berdinak diren elementu kopuru baten banatzen da, m gainazaletako baterako eta n besterako eta elementu horiekin GMDa kalkulatzeko da.

13

## 2.1 Induktantzia (VI)

### GMR (geometric mean radius):

Gainazal baten elementu infinitesimal pareen arteko distantzien batez besteko geometrikoa da (gainazal baten GMD balioa berekiko).

Induktantzia kalkulatzeko, eroalearen baliokidea den beste eroale huts baten erradioa da ( $GMR_1$ ).

- Ohizko gainazal geometrikoen GMR balioak:

— Eroale solidoa (zirkulua):	$GMR = r \cdot e^{-1/4}$
— Eroale hutsa (zirkunferentzia):	$GMR = r$
— Plaka errektularra:	$GMR = 0,2235 \cdot (a+b)$

Edo fabrikatzaileen datuak.

- GMRa kalkulatzeko eroale guztiak hartu behar dira kontuan:
  - Eroale konposatuak
  - Eroale anitzak (sortan)
  - Eroaleak paraleloan (zirkuitu anitza)

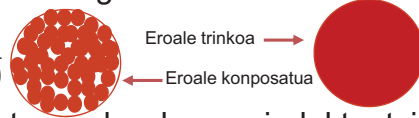
14

## 2.1 Induktantzia (VII)

### GMR (geometric mean radius):

- **Eroale konposatuak** hainbat alabrez osatuta daude (malgutasun gehiago). Alanbre bakarreko eroaleei hariak deritzegu eta alanbre anitzeko eroaleei, kableak.

$$GMR = n \cdot \sqrt[n]{(GMR_1 D_{12} \dots D_{1n})(D_{21} GMR_2 \dots D_{2n}) \dots (D_{n1} D_{n2} \dots GMR_n)}$$

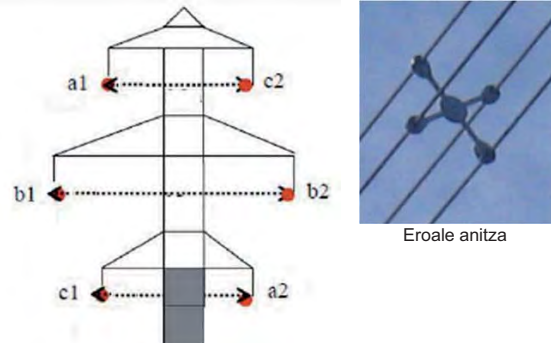


GMR balioa eroale motaren arabera aldatzen da, beraz induktantzia kalkulatzeko kontuan hartu behar da. Eroale normalizatuentzat, balio tabulatuak daude.

- **Eroale anitzetan** fase bakoitzeko kablea paraleloan dauden eta zurrunki lotuta dauden 2 kablez edo gehiagor ordezkatzen da → koroa efektuaren ondoriozko galera gutxiago.

- **Eroaleak paraleloan: zirkuitu bikoitza**

$$GMR_A = \sqrt[2]{GMR_{a1} \cdot D_{a1a2}}$$



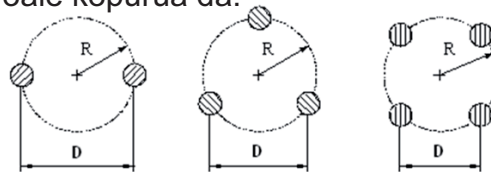
15

## 2.1 Induktantzia (VIII)

### Eroale anitzak:

- Fase bakoitzeko sortan dauden n eroale kopurua da:

- n=2 bada, linea duplexa
- n=3 bada, linea triplexa
- n=4 bada, linea kuadruplexa



- **GMD** kalkulatzeko, eroale anitza eroale bakar kontsideratzen da (eroaleen arteko distantzia txikia da faseen arteko distantziarekiko).

- **GMR** kalkulatzeko, eroale guztiak hartu behar dira kontuan:

$$GMR_{Sorta\ duplex} = \sqrt[2]{GMR \cdot D}$$

$$GMR_{Sorta\ triplex} = \sqrt[3]{GMR \cdot D \cdot D}$$

$$GMR_{Sorta\ kuadruplex} = \sqrt[4]{GMR \cdot D \cdot D \cdot \sqrt{2} D}$$

$$D = 2 R \text{ duplexa.}$$

$$D = \sqrt{3} R \text{ triplexa.}$$

$$D = \sqrt{2} R \text{ kuadruplexa.}$$

16

## 2.1 Induktantzia (IX)

### Linea monofasikoak:

1. ekuaziotik

$$(N\Phi)_{osoa_a} = \frac{\mu_{r_{barne}} \mu_0}{8\pi} I_a + \frac{\mu_0}{2\pi} I_a \ln\left(\frac{1}{r_a}\right) + \frac{\mu_0}{2\pi} I_b \ln\left(\frac{1}{D_{ab}}\right)$$



$$I_a = -I_b$$

$$(N\Phi)_{osoa_a} = \frac{\mu_{r_{barne}} \mu_0}{8\pi} I_a + \frac{\mu_0}{2\pi} I_a \ln\left(\frac{D_{ab}}{r_a}\right) \rightarrow L_{ka} = \frac{\mu_{r_{barne}} \mu_0}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_{ab}}{r_a}\right)$$

$$L_{kb} = \frac{\mu_{r_{barne}} \mu_0}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_{ba}}{r_b}\right)$$

$r_a = r_b = r$   
 $D_{ab} = D_{ba} = D$

$$L_{ka} = L_{kb} = \frac{\mu_{r_{barne}} \mu_0}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D}{r}\right) \xrightarrow{\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}} L_{ka} = L_{kb} = \left[ \frac{\mu_{r_{barne}}}{2} + 2 \ln\left(\frac{D}{r}\right) \right] \cdot 10^{-7} \xrightarrow{\mu_{r_{int}} = 1}$$

$$L_{ka} = L_{kb} = 2 \cdot 10^{-7} \left[ \frac{1}{4} + \ln\left(\frac{D}{r}\right) \right] \xrightarrow{GMR = e^{-1/4} r} L_{ka} = L_{kb} = 2 \cdot 10^{-7} \ln\left(\frac{GMD}{GMR}\right)$$

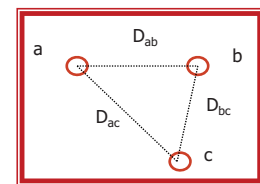
$GMD = D$

17

## 2.1 Induktantzia (X)

### Linea trifasikoak:

Banaketa asimetrikoa bada, hau da, hiru faseen arteko banaketa ez bada simetrikoa, fase bakoitzean eragiten duen fluxua ezberdina izango da eta tentsio-erorketak ere ezberdinak izango dira. Sistema hartzailearen aldean desorekatuko da ondorioz. Hiru faseetan eragiten duen fluxua berdina izan dadin, **faseen arteko trasposizioak** egiten dira.



$$N\Phi_1 = \frac{N\Phi_1^{1\text{tarte}} \cdot L/3 + N\Phi_1^{2\text{tarte}} \cdot L/3 + N\Phi_1^{3\text{tarte}} \cdot L/3}{L}$$

$$N\Phi_1^{1\text{tarte}} = \left[ \frac{\mu_{r_{barne}}}{2} + 2 \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] I_1 + 2I_2 \ln\left(\frac{1}{D_{ab}}\right) + 2I_3 \ln\left(\frac{1}{D_{ac}}\right) \cdot 10^{-7}$$

$$N\Phi_1^{2\text{tarte}} = \left[ \frac{\mu_{r_{barne}}}{2} + 2 \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] I_1 + 2I_2 \ln\left(\frac{1}{D_{bc}}\right) + 2I_3 \ln\left(\frac{1}{D_{ba}}\right) \cdot 10^{-7}$$

$$N\Phi_1^{3\text{tarte}} = \left[ \frac{\mu_{r_{barne}}}{2} + 2 \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] I_1 + 2I_2 \ln\left(\frac{1}{D_{ca}}\right) + 2I_3 \ln\left(\frac{1}{D_{cb}}\right) \cdot 10^{-7}$$

$$N\Phi_1 = \left[ \left[ \frac{\mu_{r_{int}}}{2} + 2 \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] I_1 + \frac{2}{3} (I_2 + I_3) \ln\left(\frac{1}{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}\right) \right] \cdot 10^{-7}$$

$I_2 + I_3 = -I_1$   
 $\mu_{r_{int}} = 1$

$$N\Phi_1 = 2 \cdot 10^{-7} I_1 \ln\left(\frac{\sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}}{e^{-1/4} r}\right)$$

$$L_{k1} = 2 \cdot 10^{-7} \ln\left(\frac{\sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}}{e^{-1/4} r}\right) = 2 \cdot 10^{-7} \ln\left(\frac{\sqrt[3]{GMD_{ab} GMD_{bc} GMD_{ca}}}{GMR}\right)$$

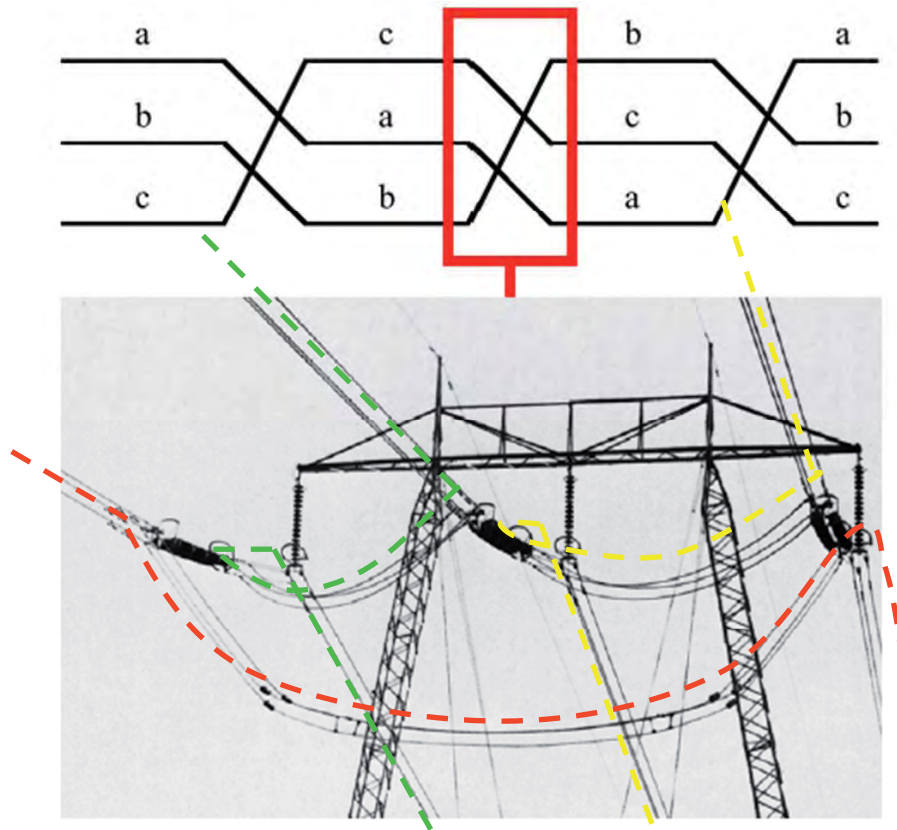
(faseak eroale bakarrez osatuta egon behar, paraleloan dauden hainbat eroalez osatuta badaude, GMR balioa hiru faseen GMR baliokidearen bestekoa izango da)

$$L_{k1} = 2 \cdot 10^{-7} \ln\left(\frac{GMD_{baliokidea}}{GMR}\right)$$

18



## 2.1 Induktantzia (XI)

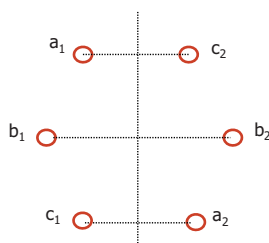


19

## 2.1 Induktantzia (XII)

**Paraleloan dauden zirkuitu anitzak:** (fase bakoitzeko bi eroale paraleloan dituen linea trifasikoa)

- Fase bereko eroaleak erdiko puntu batekiko elkarrekiko simetrikoak direla suposatzen da. Gainera, eroale guztiak r erradiokoak eta material berdinekoak direla suposatzen da.



Konfigurazioa simetrikoa dela eta, fase bereko bi eroaleren artean ez da trasposizioarik egin behar, fase bereko eroaleetan eragiten duen fluxua berdina baita:

$$\begin{aligned} I_1' &= I_1'' = I_1/2 \\ I_2' &= I_2'' = I_2/2 \\ I_3' &= I_3'' = I_3/2 \end{aligned}$$

Hala ere, faseen arteko trasposizioak beharrezkoak dira, sisteman tentsio orekatuak eta galeren gutxitzea lortzeko.

$$L_{k1} = 2 \cdot 10^{-7} \ln \left( \frac{GMD_{baliokidea}}{GMR_{baliokidea}} \right) \rightarrow \begin{cases} GMD_{baliokidea} = \sqrt[3]{GMD_{ab} GMD_{bc} GMD_{ca}} & \begin{cases} GMD_{ab} = \sqrt[4]{D_{a1b1} D_{a1b2} D_{a2b1} D_{a2b2}} \\ GMD_{bc} = \sqrt[4]{D_{b1c1} D_{b1c2} D_{b2c1} D_{b2c2}} \\ GMD_{ca} = \sqrt[4]{D_{c1a1} D_{c1a2} D_{c2a1} D_{c2a2}} \end{cases} \\ GMR_{baliokidea} = \sqrt[3]{GMR_a GMR_b GMR_c} & \begin{cases} GMR_a = \sqrt[4]{GMR_{a1} D_{a1a2} GMR_{a2} D_{a2a1}} \\ GMR_b = \sqrt[4]{GMR_{b1} D_{b1b2} GMR_{b2} D_{b2b1}} \\ GMR_c = \sqrt[4]{GMR_{c1} D_{c1c2} GMR_{c2} D_{c2c1}} \end{cases} \end{cases}$$

20

## 2.2 Erresistentzia (I)

### Definizioa:

$$R = \frac{\text{potentzia} - \text{galera}}{|I|^2} \quad \text{Erresistentzia-eraginkorra}$$

(Potentzia-galeren arrazoi nagusia da)

### Korronte zuzeneko erresistentzia:

$$R_o = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

$\rho$  eroalearen erresistibitatea.  
 $A$  zeharkako sekzioaren azalera.  
 $L$  luzera.

Faktore zuzentzaileak:

- **Temperatura:** erresistentzia 20 °C-tara jakinik:  $R(t) = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$   
( $\alpha$  erresistibitatearen dilatazio-koefizientea)
- **Beste batzuk:** eroale bihurrituak, zimurtasuna, ezpurutasunak...

### Korronte alternoko erresistentzia:

$$R_{ca} = R_{cc} \cdot (1 + K)$$

K korronte alternoko erresistentzian eragiten duten faktoreen batuta, eroale motaren arabera.

21

## 2.2 Erresistentzia (II)

Aireko eroaleen korronte alternoko erresistentzian (eroale heterogeneoak) eragiten duten faktoreak:

- **Korrontearen efektua:** arimako fluxu magnetiko alfernoak histeresia eta korronte-galerak sor ditzake ariman → ez-burdinazko harietako geruzetan korrontearen dentsitatea birbanatzen da.
- **Maiztasunaren efektua (skin efektua):** efektua nabarmena da, ez-burdinazko sekzioko korrontearen banaketa erradiala eta arimako potentzia-galera frekuentziaren arabera aldatzen baitira. Korrontea eroalearen kanpoko geruzetara bultzatzen da. Efektu hau eroale heterogeneoetan eroale homogeneoetan (lurrazpikoak) baino garrantzitsuagoa da.
- **Arimako galerak:** korronte-galerak eta histeresi-galerak eroalearen temperatura igo arazten dute → Rdc handitzen da.
- **Transformadore-efektua:** altzairuzko arimaren magnetizazioa dela-eta, arimatik gertu dauden harietan korronteak induzitzen dira → erdiko geruzetan korrontearen dentsitatea handitzen da.

22

## 2.2 Erresistentzia (III)

### Kalkulua:

Orokorrean, eroalearen erresistentziaren balio kilometrikoa hartzen da, korrante zuzenean eta 20° C-tara:

- Fabrikatzaileak emandako balioa
- Arauetatik ateratako balioa: UNE-EN 50.182 eta UNE 21.018

Tabla F.28  
Características de los conductores de aluminio utilizados en España – Tipo AL1

Código	Código antiguo	Sección mm <sup>2</sup>	Nº de alambres	Diámetro		Masa por unidad de longitud kg/km	Resistencia a la tracción asignada kN	Resistencia en c.c. Ω/km
				Alambre	Conductor			
				mm	mm			
28-AL1	L 28	27,8	7	2,25	6,75	76,1	5,01	1,026 8
43-AL1	L 40	43,1	7	2,80	8,40	117,8	7,33	0,663 0
55-AL1	L 56	54,6	7	3,15	9,45	149,1	9,00	0,523 9
76-AL1	L 80	75,5	19	2,25	11,3	207,6	13,60	0,380 4
117-AL1	L 110	117,0	19	2,80	14,0	321,5	19,89	0,245 6
148-AL1	L 145	148,1	19	3,15	15,8	407,0	24,43	0,194 1
188-AL1	L 180	188,1	19	3,55	17,8	516,9	30,09	0,152 8
279-AL1	L 280	279,3	37	3,10	21,7	770,2	46,08	0,103 3
381-AL1	L 400	381,0	61	2,82	25,4	1 054,1	64,77	0,075 9
454-AL1	L 450	454,5	61	3,08	27,7	1 257,5	74,99	0,063 7
547-AL1	L 550	547,3	61	3,38	30,4	1 514,4	90,31	0,052 9
638-AL1	L 630	638,3	61	3,65	32,9	1 766,0	102,12	0,045 3

NOTA – La dirección de cableado de la capa externa es "a derecha" (Z).

Azpieroale kopurua (sortan dauden eroaleak) eta zirkuitu kopurua kontuan hartu behar dira:

$$R_k = \frac{R_{eroalea}}{n_{azpieroalak} \cdot n_{zirkuituak}} (\Omega / km)$$

23

## 2.3 Kapazitatea (I)

### Definizioa:

Bi eroaleren arteko kapazitatea potentzial-diferentzial unitateko karga da:  $C = \frac{Q}{V}$

- Bedi unitate-luzerako (1 m) eta q kargako eroalea.
- Gauss-en teorema: eremu elektriko batean, gainazal geometriko itxia kontsideratzen bada, gainazal hori zeharkatzen duen fluxu elektriko osoa, barneko karga elektrikoa zati ingurunearen permisibitatea da.

$$\iint E \cdot ds = E(2 \cdot \pi \cdot r \cdot 1) = \frac{q}{\epsilon} \rightarrow E = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r} = -\frac{dV}{dr}$$

- Eroaleran erdigunetik  $r_1$  eta  $r_2$  distantziara dauden puntuen arteko potentzial-diferentzia:

$$V_1 - V_2 = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

- R erradioko eroale baten gainazalaren eta D distantziara dagoen puntu baten arteko potentzial-diferentzia:

$$V_{eroalea, puntu} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D}{r}\right) \quad \text{Airea: } \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r = \epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$$


24

## 2.3 Kapazitatea (II)

### Linea monofasikoa:

Bedi bi hariko linea bat. Eroaleak D distantziara banatuta daude.

Potentzial-diferentzia kalkulatzeko, gainjartze-printzipioa erabiltzen da. Horretarako, eroale bakoitzaren ondorioz agertutako potentzial-diferentzia aztertzen da:



$$\left. \begin{aligned} V_{ab} &= \frac{q_a}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D}{r_a}\right) \\ V_{ba} &= \frac{q_b}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D}{r_b}\right) \end{aligned} \right\} V_{ab, \text{guztizkoa}} = \frac{q_a}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D}{r_a}\right) + \frac{q_b}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{r_b}{D}\right)$$

$$\left. \begin{aligned} r_a &= r_b = r \\ q_a &= -q_b = q \end{aligned} \right\} V_{ab, \text{guztizkoa}} = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D^2}{r^2}\right)$$

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow C = \frac{\pi \cdot \epsilon}{\ln\left(\frac{D}{r}\right)}$$

Permitibitatea:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} (F / m)$$

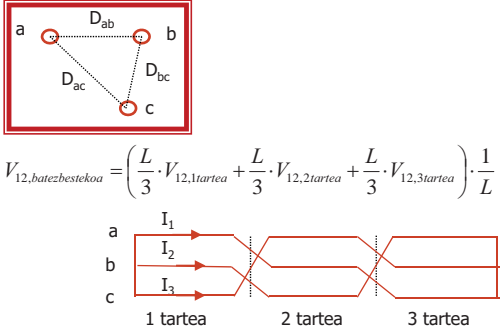
$$\epsilon_r = 1(\text{airea})$$

25

## 2.3 Kapazitatea (III)

### Linea trifasikoa:

Bedi faseko eroale bat daukan sistema trifasikoa, banaketa asimetrikoduna. Eroaleak erradio eta material berdinekoak dira. Beharrezko transposizio guztiak egin direla suposatzen da.



$$\left. \begin{aligned} V_{12,1\text{tartea}} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \left[ q_1 \cdot \ln\left(\frac{D_{ab}}{r}\right) + q_2 \cdot \ln\left(\frac{r}{D_{ab}}\right) + q_3 \cdot \ln\left(\frac{D_{cb}}{D_{ac}}\right) \right] \\ V_{12,2\text{tartea}} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \left[ q_1 \cdot \ln\left(\frac{D_{bc}}{r}\right) + q_2 \cdot \ln\left(\frac{r}{D_{bc}}\right) + q_3 \cdot \ln\left(\frac{D_{ac}}{D_{ba}}\right) \right] \\ V_{12,3\text{tartea}} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \left[ q_1 \cdot \ln\left(\frac{D_{ca}}{r}\right) + q_2 \cdot \ln\left(\frac{r}{D_{ca}}\right) + q_3 \cdot \ln\left(\frac{D_{ba}}{D_{cb}}\right) \right] \end{aligned} \right\} V_{12, \text{batezbestekoa}} = \left( \frac{L}{3} \cdot V_{12,1\text{tartea}} + \frac{L}{3} \cdot V_{12,2\text{tartea}} + \frac{L}{3} \cdot V_{12,3\text{tartea}} \right) \cdot \frac{1}{L}$$

$$\left. \begin{aligned} V_{12, \text{batezbestekoa}} &= \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot \epsilon} \left[ q_1 \left( \ln \frac{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}{r^3} \right) + q_2 \left( \ln \frac{r^3}{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}} \right) \right] \\ V_{13, \text{batezbestekoa}} &= \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot \epsilon} \left[ q_1 \left( \ln \frac{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}{r^3} \right) + q_3 \left( \ln \frac{r^3}{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}} \right) \right] \end{aligned} \right\} q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$V_{12, \text{batezbestekoa}} + V_{13, \text{batezbestekoa}} = \frac{3 \cdot q_1}{6 \cdot \pi \cdot \epsilon} \ln\left(\frac{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}{r^3}\right)$$

$$V_{12, \text{batezbestekoa}} + V_{13, \text{batezbestekoa}} = 3 \cdot V_{1n, \text{batezbestekoa}}$$

$$V_{1n, \text{batezbestekoa}} = \frac{q_1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln\left(\frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}}{r}\right) = \frac{q_1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln\left(\frac{GMD_{\text{baliokidea}}}{GMR_{\text{zirkunf}}}\right)$$

$$C_{1n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon}{\ln\left(\frac{GMD_{\text{baliokidea}}}{GMR_{\text{zirkunf}}}\right)}$$

$GMR_{\text{zirkunf}}$  izanik kapazitantzia kalkulatzeko erabiltako GMR baliokidea.

26

## 2.4 Konduktantzia (I)

### Definizioa:

Eroaleen artean sor daitezkeen potentzia aktiboaren galerak konduktantziaren bidez (**G**) adierazten dira. Linea bateko isolamenduaren erresistentziaren alderantzizkoari konduktantzia esan ohi zaio:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

**Isolagailuetako galeren** ondorioz sortzen da. **Koroa-efektuaren** ondorioz ere galera analogoak sortzen dira.

Linea baten konduktantzia:

$$G = \frac{\text{Galerak}}{V^2}$$

Unitatea nazioarteko sisteman Siemens (S) da.

27

## 2.4 Konduktantzia (II)

### Isolagailuetako galerak:

Isolagailuen galerak aireko lineetan bakarrik hartzen dira kontuan.

Eroaleak airearen bidez daude euren artean eta zorutik isolatuta. Baina eroalearen eta dorrearen artean bestelako isolamendua behar da → isolagailu-kateak:

- Isolatzeko ahalmen handia.
- Isolagailuak zikin badaude, ihes-korrante txikiak sor daitezke.
- Gune hezeetan, non euria edo elurra maiz gertatzen den, galera handiagoak egoten dira. Adibidea:
  - 1-3 W-eko galerak inguru lehorretan.
  - 5-20 W-eko galerak inguru hezeetan.
- Ura + zikintasuna → eroankortasuna.

Galerak ekiditeko, isolagailu onak erabili behar dira. Tentsio-maila, klimatologia eta kutsaduraren arabera aukeratzen dira: isolagailuen itxura, elementu kopurua eta materiala.



28



## 2.4 Konduktantzia (III)

### Koroa efektua:

Eroaleetan potentzia-galerarik handiena sortzen duen efektua da. Aireko lineetan sortzen da, eta zenbat eta linearen tentsioa handiagoa izan, efektua orduan eta nabarmenagoa da.

Eremu elektrikoak balio jakin bat gainditzen duenean, lineatik airera iheskorronte zuzenak gertatzen dira,. Orduan, eroaletik airean zehar ateratzen den korrontea agertzen da, eta eroalearen inguruan koroa itxurako argitasuna sortzen da.

Formula esperimentalen bidez kalkulatu da: Peek-en formulak.

- Galerak.
- Zein tentsiotik aurrera agertzen den efektua.

Kalkulu askotan ez da efektu hau kontuan hartzen.

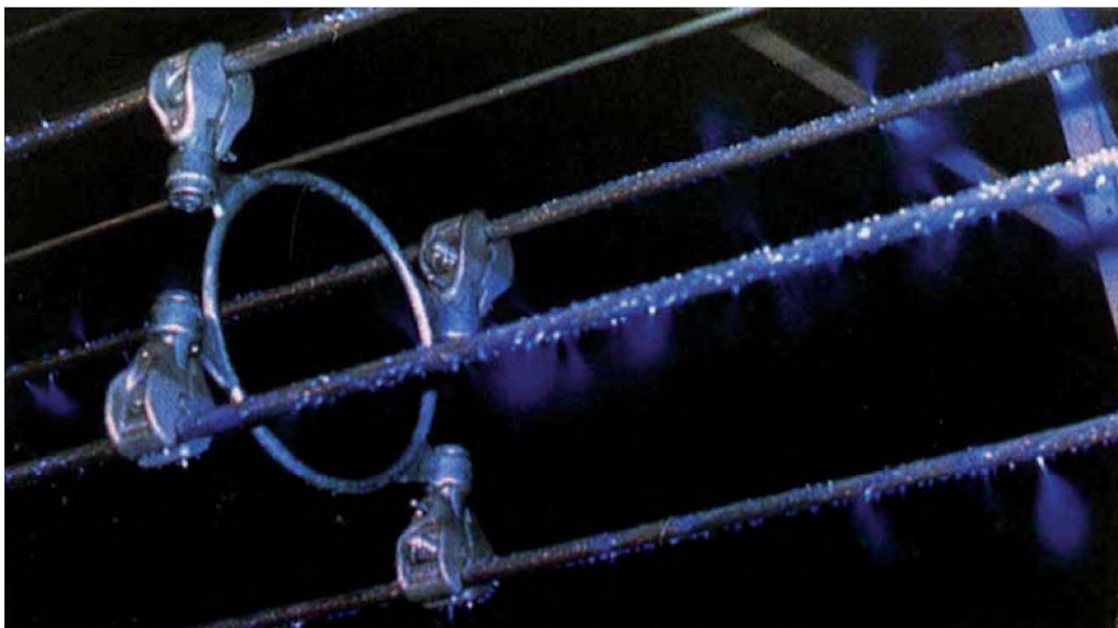
Konponbideak:

- Eroaleen erradioak handitzea: eroale dilatatuak.
- Eroale anitzak.

29

## 2.4 Konduktantzia (IV)

### Koroa efektua:



30

## Aireko lineen parametroen laburpena

### Induktantzia:

$$L_k \left[ \frac{H}{km} \right] = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left( \frac{GMD_{baliokidea}}{GMR} \right)$$

### Erreaktantzia induktiboa:

$$X_k \left[ \frac{\Omega}{km} \right] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

### Konduktantzia:

$$G_k \left[ \frac{S}{km} \right] = \frac{Galerak}{V^2}$$

(Normalean G=0 hartzen da.)

### Kapazitatea:

$$C_k \left[ \frac{F}{km} \right] = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon}{\ln \left( \frac{GMD_{baliokidea}}{GMR_{zirkunf}} \right)}$$

### Suszeptantzia:

$$B_k \left[ \frac{S}{km} \right] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_k$$



31

## 3. Lurrazpiko lineen parametroak (I)

### Erresistentzia:

Kable isolatuen bereizitasunak hurrengoak dira:

- **Eroale homogenoak** dira.
- **Gertutasun-efektua:** efektu horren ondorioak nabarmenak izateko, eroaleak elkarregandik gertu egon behar dira. Aireko eroaleetan, ez dira horren gertu egoten eta mesprezatu egiten dira, baina lurrazpiko kabletan eragina izango du, eroaleen arteko distantziak txikiagoak direlako.
- **Pantailetan galerak daude**, ihes-korronteen ondorioz.

Korronte alternoko erresistentzia  $R_{CA} = R_{CC} \cdot [1 + K_s + K_p]$  da,  $K_s$  skin efektuaren zuzenketa faktorea izanik eta  $K_p$  gertutasun efektuarena. (Zuzenketa faktoreen formulak IEC 60.287/UNE 21.144 arauetan daude).

### Induktantzia:

- Aireko eroaleetan baino txikiagoa da, faseen arteko distantziak txikiagoak direlako (beraz GMD balioa ere txikiagoa baita).
- Kalkulua zailagoa da, lurpeko lineen egituraren permitibitate ezberdineko inguruneak daudelako. Fabrikatzaileek eman ohi dituzte balioak.
- Pantailetak ihes-korronteen ondorioz, linearen erreaktantzia induktiboaren balioa aldatu egiten da.

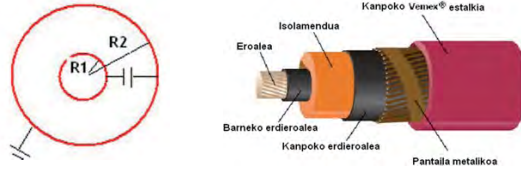
32

### 3. Lurrazpiko lineen parametroak (II)

#### Kapazitatea:

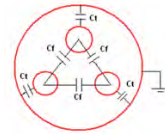
Kontuan hartu behar da kablea polo bakarrekoa edo tripolarra den, zein materialez egindakoa den eta isolamenduaren lodiera.

- **Banakako pantailadun polo bakarrekoko kableak eta kable tripolarrak:** kablea kondentsadore zilindriko bat bezalakoa da, eroalea eta pantaila metalikoa (lurrera konektatuta) armadura metalikoak izanik, eta dielektrikoa, kablearen isolamendua.



$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

- **Hiru faseentzako pantaila bakarra daukaten kable tripolarrak:** eremua ez da erradiala eta kapazitatearen kalkulua konplexuagoa da, neurri zuzenetatik atera daitekeen arren. Konfigurazioa simetrikoa bada, faseen artean hiru kapazitate berdin daude eta beste hiru, faseen eta pantailaren artean.



Kapazitatearen balioa aireko lineetan baino handiagoa da:

- Eroaleen arteko banaketa aireko lineetan baino askoz txikiagoa baita.
- Isolatzaileen iragazkortasun erlatiboa 2,5-8 aldiz handiagoa baita.

PVC:	$\varepsilon_r = 8$
EPR:	$\varepsilon_r = 3$
XLPE:	$\varepsilon_r = 2,5$

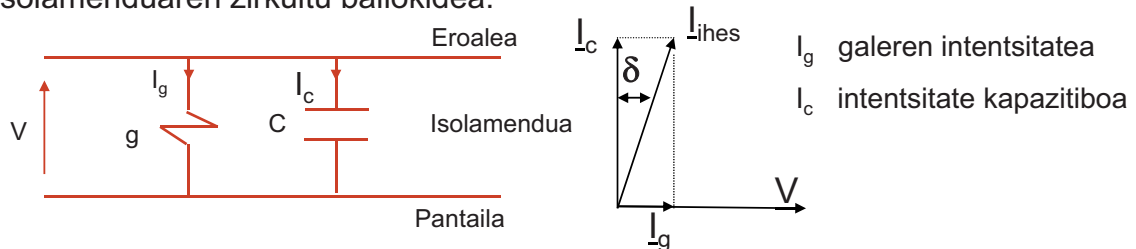
33

### 3. Lurrazpiko lineen parametroak (III)

#### Konduktantzia:

Lurpeko kable baten isolamenduaren erresistentzia definituta dago, eta ez da inguruko baldintzen arabera aldatzen. Ihes-korronteak material isolatzailearen barnean erradialki sortzen dira.

Isolamenduaren zirkuitu baliokidea:



$$Galerak = V \cdot I_g = V \cdot I_c \cdot \operatorname{tg} \delta = V \cdot \varpi \cdot C \cdot V \cdot \operatorname{tg} \delta = V^2 \varpi \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta \Rightarrow G = \frac{Galerak}{V^2} = \varpi \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Galera hauen balioa adierazteko ohizko era **galera-angeluaren** tangentearen ( $\operatorname{tg} \delta$ ) bidez da.

PVC	$\operatorname{tg} \delta = 0,1$
EPR	$\operatorname{tg} \delta = 0,04$
XLPE	$\operatorname{tg} \delta = 0,008$

34

## Lurrazpiko lineen parametroen laburpena

### Induktantzia:

$$L_k \left[ \frac{H}{km} \right] = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left( \frac{GMD_{baliokidea}}{GMR} \right)$$

### Erreaktantzia induktiboa:

$$X_k \left[ \frac{\Omega}{km} \right] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

### Kapazitatea:

$$C_k \left[ \frac{F}{km} \right] = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon}{\ln \left( \frac{R_2}{R_1} \right)}$$

### Suszeptantzia:

$$B_k \left[ \frac{S}{km} \right] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_k$$

### Konduktantzia:

$$G_k \left[ \frac{S}{km} \right] = \frac{Galerak}{V^2} = \varpi \cdot C_k \cdot \operatorname{tg} \delta = B_k \cdot \operatorname{tg} \delta$$



35

## 4. Garraio-lineen ereduak (I)

### Sarrera:

- Ondoren, linearen edozein puntutan tentsioak, intentsitateak eta potentziak daukan balioa kalkulatzeko adierazpenak aurkezten dira. Horretarako, parametro elektriko bidez linea adierazteko erabiltzen diren ereduak definituko dira.
- Lineen tentsioen balio izendatuak faseen arteko tentsio edo tentsio konposatu bezala eman ohi dira.
- Erregimen egonkorrean dauden korrante alternoko sistema elektrikoetan, matematikoki eremu konplexuan lan egiten da.
- Garraio-lineetan, luzera dela-eta, transmisioa ez da bat-batekoa. Magnitude elektrikoak denboraren eta posizioaren arabera aldatzen dira.

36

## 4. Garraio-lineen ereduak (II)

### Parametroak:

Bi ikuspegi erabil daitezke:

- Puntu batean konzentratuta:
  - Linearen dimentsioak arbuiazen dira.
  - Hedapen-denbora arbuiazen da.
- Linearen luzeran zehar banatuta
  - Linearen dimentsioak kontuan hartzen dira.
  - Hedapen-denbora kontuan hartzen da.

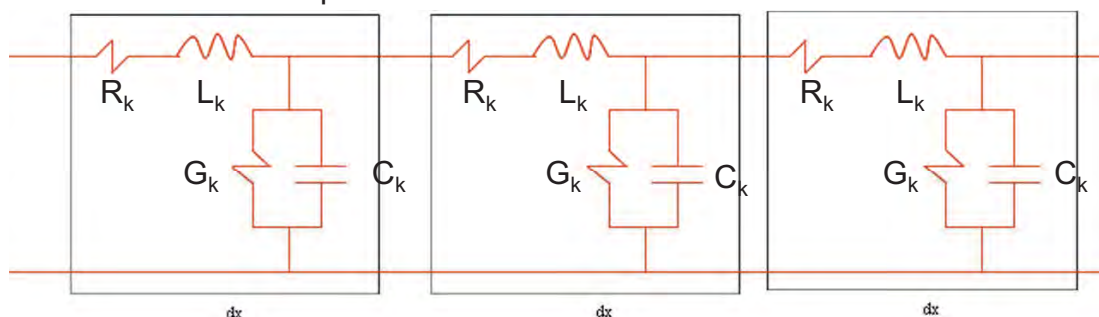
Linea bateko  $R_k$ ,  $L_k$ ,  $G_k$ ,  $C_k$  konstante kilometrikoetatik abiatuta:

- Erreaktantzia kilometrikoa:  $X_k [\Omega/\text{km}] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_k$
- Suszeptantzia kilometrikoa:  $B_k [\Omega/\text{km}] = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_k$
- Inpedantzia kilometrikoa:  $Z_k [\Omega/\text{km}] = R_k + j X_k$
- Admitantzia kilometrikoa:  $Y_k [\Omega/\text{km}] = G_k + j B_k$

37

### 4.1 Parametro banatuen ereduak (I)

$dx$  luzerako elementu diferentzialetan banatzen da linea. Elementu diferentzial hauetariko bakoitzean parametro kontzentratuak kontsidera daitezke:



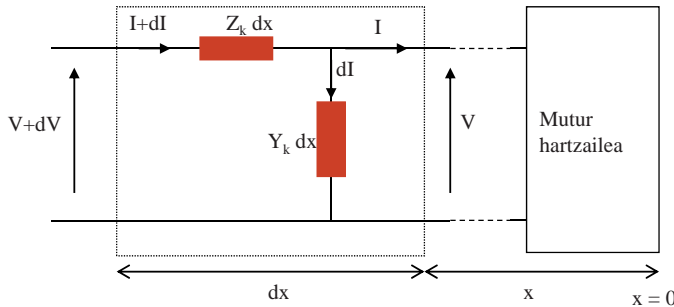
Linea trifasiko orekatuak adierazteko, zirkuitu monofasiko baliokideak erabiltzen dira. Sistema trifasikoaren fase bat adierazten da sistemaren neutroarekiko. Horrela, fasearen berezko inpedantziak, eta fasearen eta neutroaren arteko inpedantziak erabiltzen dira.

38



## 4.1 Parametro banatuen eredu (II)

Mutur hartzailetik x distantziara dagoen dx luzerako elementu diferentzial bat hartzen da.



**Kirchoff-en intentsitateen legea korapilaoan:**

$$I + dl - I - Y_k \cdot dx \cdot V = 0 \rightarrow \frac{dI}{dx} = Y_k \cdot V$$

**Sareko tentsioen Kirchoff-en legea :**

$$V + dV - V - Z_k \cdot dx \cdot (I + dl) = 0 \rightarrow \frac{dV}{dx} = -Z_k \cdot I$$

x-rekiko deribatuz:

Ekuazio diferentzialen ebazpena:

$$\frac{d^2 I}{dx^2} = Y_k \frac{dV}{dx} = Y_k Z_k I \rightarrow I = K_1 e^{x\sqrt{Z_k Y_k}} - K_2 e^{-x\sqrt{Z_k Y_k}}$$

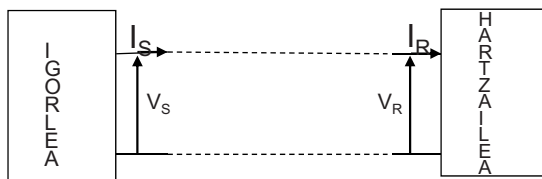
$$\frac{d^2 V}{dx^2} = -Z_k \frac{dI}{dx} = -Z_k Y_k V \rightarrow V = \sqrt{\frac{Z_k}{Y_k}} [K_1 e^{x\sqrt{Z_k Y_k}} + K_2 e^{-x\sqrt{Z_k Y_k}}]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 \text{ eta } K_2: \text{ integrazio-konstanteak} \\ \theta = \sqrt{Z_k Y_k} = \sqrt{(R_k + j\omega \cdot L_k)(G_k + j\omega \cdot C_k)} \\ z_c = \sqrt{\frac{Z_k}{Y_k}} = \sqrt{\frac{R_k + j\omega \cdot L_k}{G_k + j\omega \cdot C_k}} \end{array} \right.$$

$\Theta = \sqrt{ZY}$	<b>Linearen hedapen-konstantea</b>
$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$	<b>Linearen inpendatzia adierazgarria</b>

## 4.1 Parametro banatuen eredu (III)

$K_1$  eta  $K_2$  kalkulatzeko, ingur-baldintzak aplikatzen dira linearen mutur hartzailean:



$x = 0 :$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = V_R \\ I = I_R \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K_1 = \frac{V_R + z_c I_R}{2} \\ K_2 = \frac{V_R - z_c I_R}{2} \end{array} \right. \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V = \frac{V_R + z_c \cdot I_R}{2} \cdot e^{\theta \cdot x} + \frac{V_R - z_c \cdot I_R}{2} \cdot e^{-\theta \cdot x} \\ I = \frac{V_R + z_c \cdot I_R}{2 \cdot z_c} \cdot e^{\theta \cdot x} - \frac{V_R - z_c \cdot I_R}{2 \cdot z_c} \cdot e^{-\theta \cdot x} \end{array} \right.$$

**Linearen funtzionamenduko ekuazioak erregimen iraunkorrean**

$$\theta = \alpha + j\beta \left\{ \begin{array}{l} \alpha \text{ atenuazio- edo moteltze- konstantea} \\ \beta \text{ fase konstantea} \end{array} \right.$$

Mutur hartzailetik x distantziara dagoen lineako puntu batean adierazpen trigonometriko hiperbolikoak erabiliz:

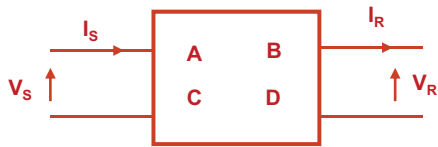
$$\left. \begin{array}{l} \cosh(\theta x) = \frac{e^{\theta x} + e^{-\theta x}}{2} \\ \sinh(\theta x) = \frac{e^{\theta x} - e^{-\theta x}}{2} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V = V_R \cdot \text{Cosh}(\theta \cdot x) + I_R \cdot z_c \cdot \text{Sinh}(\theta \cdot x) \\ I = \frac{V_R}{z_c} \cdot \text{Sinh}(\theta \cdot x) + I_R \cdot \text{Cosh}(\theta \cdot x) \end{array} \right.$$

## 4.1 Parametro banatuen eredia (IV)

### Konstante lagungarriak

$x = L$  (linearen luzera) bada:

$$\left. \begin{aligned} V_S &= A \cdot V_R + B \cdot I_R \\ I_S &= C \cdot V_R + D \cdot I_R \end{aligned} \right\} \text{A, B, C eta D linearen konstante lagungarriak izanik:}$$



$$\begin{aligned} A &= \cosh(L \cdot \theta) \\ B &= z_c \cdot \sinh(L \cdot \theta) \\ C &= \frac{1}{z_c} \cdot \sinh(L \cdot \theta) \\ D &= \cosh(L \cdot \theta) \end{aligned}$$

Konstanteen arteko erlazioak:

$$\begin{aligned} A &= D \\ A^2 - B \cdot C &= 1 \end{aligned}$$

Linea koadripolo bat bada, mutur bateko erregimena jakinik beste muturreko erregimena kalkula daiteke.

Linearen konstanteak lortzeko:

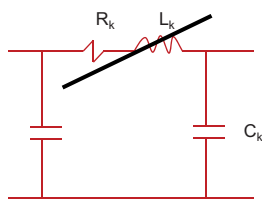
- **Kalkulua parametro kilometrikoekin:** linearen proiekturako beharrezkoa.
- **Entseguak:** ustiapenerako beharrezkoa da, linea eraikiaren balio errealak jakitea interesatzen baita.

41

## 4.1 Parametro banatuen eredia (V)

### Konstante lagungarrien kalkulurako entseguak:

- **Hutseko entsegua:** mutur hartzailea kargarik gabe uztean datza,  $I_R = 0$ :



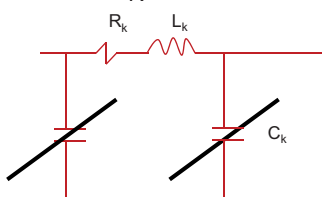
$$\left. \begin{aligned} V_S &= A \cdot V_R \\ I_S &= C \cdot V_R \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_S}{I_S} = \frac{A}{C} = \frac{U_0 / \sqrt{3}}{I_0} \angle -\varphi_0$$

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0 \Rightarrow \varphi_0$$

Izaera kapazitiboa



- **Zirkuitulaburreko entsegua:** mutur hartzailea zirkuitulaburrean uztean datza  $V_R = 0$ :



$$\left. \begin{aligned} V_S &= B \cdot I_R \\ I_S &= D \cdot I_R \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_S}{I_S} = \frac{B}{D} = \frac{U_{cc} / \sqrt{3}}{I_{cc}} \angle +\varphi_{cc}$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot I_{cc} \cdot \cos \varphi_{cc} \Rightarrow \varphi_{cc}$$

Izaera induktiboa



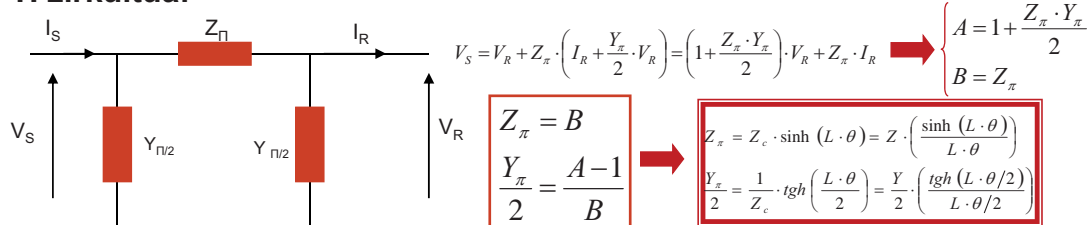
42

## 4.2 Linea luzeen ( $L > 240$ km) zirkuitu baliokidea

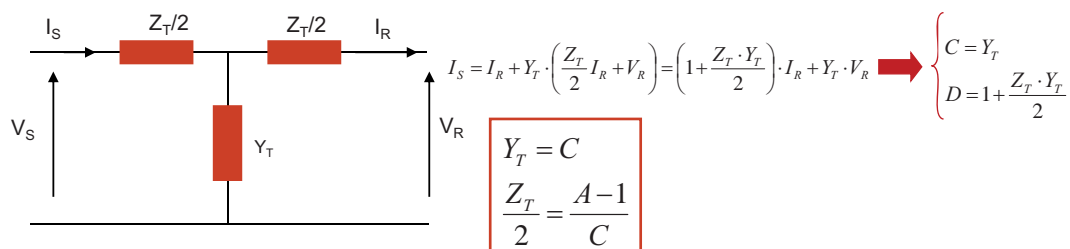
Garraio-lineetan A,B,C, eta D parametro berberak dituen zirkuitu baliokidea aurkitu nahi da.

Hurrengo konfigurazioak erabil daitezke:

### ▪ $\pi$ zirkuitua:



### ▪ T zirkuitua:

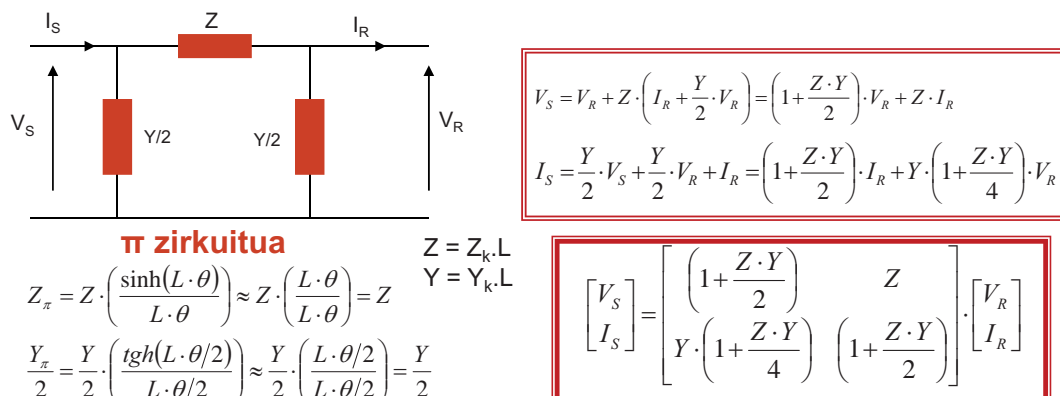


43

## 4.3 Luzera ertaineko lineen zirkuitu baliokidea

Luzera ertaineko lineetan ( $80 < L < 240$  Km)  $\pi$  eta T ereduak erabiltzen dira,  $Z_\pi$ ,  $Y_\pi/2$  eta  $Z_T$ ,  $Y_T$  linearen guztizko inpedantzia eta admitantziaren Z eta Y balioekin ordezkatuz ( $L \cdot \theta \ll 1$ ). **Eredu sinplifikatuak** dira.

Linea adierazteko, guztizko inpedantzia seriea eta admitantzia paraleloa erabiltzen dira. Admitantzia bi parte berdinetan banatu, eta linearen mutur bakoitza adierazten du.

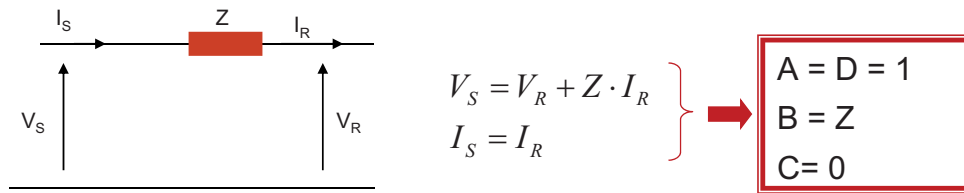


Linea zenbat eta luzeagoa izan, linearen guztizko inpedantzia eta admitantziaren balioetatik kalkulatuako  **$\pi$  sinplifikatuaren ereduaren** eta linea errearen arteko ezberdintasuna orduan eta handiagoa da.

44

## 4.4 Linea laburren zirkuitu baliokidea

Luzera motzeko lineen kasuan,  $L < 80$  Km, paraleloan dagoen admitantzia arbuaiatu daiteke, eta linearen guztizko inpedantzia seriea bakarrik hartzen da kontuan.



45

## Lineen eredu en laburpena

$$V_S = A \cdot V_R + B \cdot I_R \quad I_S = C \cdot V_R + D \cdot I_R$$

	A	B	C	D
<b>Kuadripoloa (zehatza)</b>	$\cosh(L \cdot \theta)$	$z_c \cdot \sinh(L \cdot \theta)$	$\frac{1}{z_c} \cdot \sinh(L \cdot \theta)$	A
<b>Linea luzea (<math>\pi</math> eredu)</b>	$1 + \frac{Z_\pi \cdot Y_\pi}{2}$	$Z_\pi$	$Y_\pi \cdot \left(1 + \frac{Z_\pi \cdot Y_\pi}{4}\right)$	A
<b>Linea ertaina (<math>\pi</math> sinplifikatua)</b>	$1 + \frac{Z \cdot Y}{2}$	Z	$Y \cdot \left(1 + \frac{Z \cdot Y}{4}\right)$	A
<b>Linea laburra</b>	1	Z	0	A

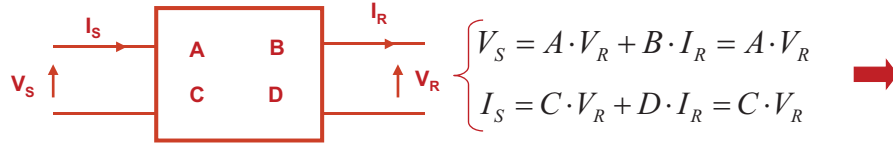
$$Z_\pi = z_c \cdot \sinh(L \cdot \theta) = z_c \cdot \left( \frac{\sinh(L \cdot \theta)}{L \cdot \theta} \right)$$

$$\frac{Y_\pi}{2} = \frac{1}{z_c} \operatorname{tgh}\left(\frac{L \cdot \theta}{2}\right) = \frac{Y}{2} \cdot \left( \frac{\operatorname{tgh}(L \cdot \theta/2)}{L \cdot \theta/2} \right)$$

46

## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (I)

Hutsean dagoen linea:  $I_R = 0$



Linearen muturretako tentsioen arteko erlazioa (L = linearen luzera):

$$\frac{V_S}{V_R} = A = \cosh(L \cdot \theta) \approx 1 + \frac{(L \cdot \theta)^2}{2!} + \dots = 1 + \frac{Z \cdot Y}{2} = 1 + \frac{(R_k + j \cdot \omega \cdot L_k) \cdot L \cdot (G_k + j \cdot \omega \cdot C_k) \cdot L}{2}$$

$$\begin{matrix} R_k = 0 \\ G_k = 0 \end{matrix} \Rightarrow \frac{V_S}{V_R} = 1 - \frac{\omega^2 \cdot L_k \cdot C_k \cdot L^2}{2} \quad \text{Ferranti efektua}$$

$$\frac{I_S}{V_S} = \frac{C}{A} = \frac{1/z_c \cdot \sinh(L \cdot \theta)}{V_S/V_R} = \frac{1}{z_c} \cdot \left[ L \cdot \theta + \frac{(L \cdot \theta)^3}{3!} + \dots \right] = \frac{Y \cdot \left(1 + \frac{Z \cdot Y}{6}\right)}{V_S/V_R} \xrightarrow{\frac{Z \cdot Y}{2} = \frac{V_S - V_R}{V_R}} I_S = Y \cdot \left(1 + \frac{V_S - V_R}{3 \cdot V_R}\right) \cdot V_R = Y \cdot \left(\frac{2 \cdot V_R + V_S}{3}\right)$$

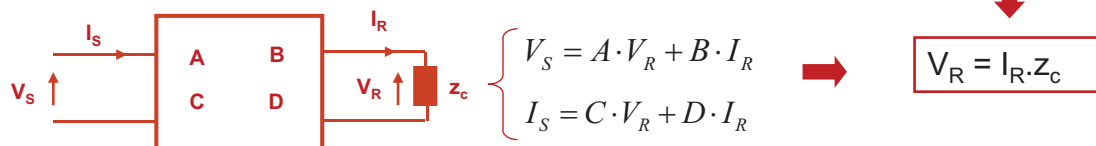
Linea osoak C·L kapazitateko kondentsadore batek bezala jokatzen du.

$$j \cdot \omega \cdot C \cdot L \cdot \frac{2 \cdot V_R + V_S}{3}$$

47

## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (II)

**Inpedantzia adierazgarriaren** besteko balioa daukan inpedantzia batekin ixten den linea:



$$\begin{matrix} V = V_R \cdot \cosh(\theta \cdot x) + I_R \cdot z_c \cdot \sinh(\theta \cdot x) = z_c \cdot I_R (\cosh(\theta \cdot x) + \sinh(\theta \cdot x)) \\ I = \frac{V_R}{z_c} \cdot \sinh(\theta \cdot x) + I_R \cdot \cosh(\theta \cdot x) = I_R \cdot (\sinh(\theta \cdot x) + \cosh(\theta \cdot x)) \end{matrix} \left. \begin{matrix} R_k = 0 \\ G_k = 0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \frac{V}{I} = z_c = \frac{V_R}{I_R} = \frac{V_S}{I_S}$$

Linearen edozein puntutan tentsioaren eta intentsitatearen arteko erlazioak balio berbera dauka ( $z_c$ ).

Kargari emandako potentziari **potentzia adierazgarria** edo naturala deritzogu:

$$\Rightarrow S_c = P_c = 3 \cdot V_R \cdot I_R = 3 \cdot \frac{V_R^2}{z_c} = \frac{U_R^2}{z_c}$$

48

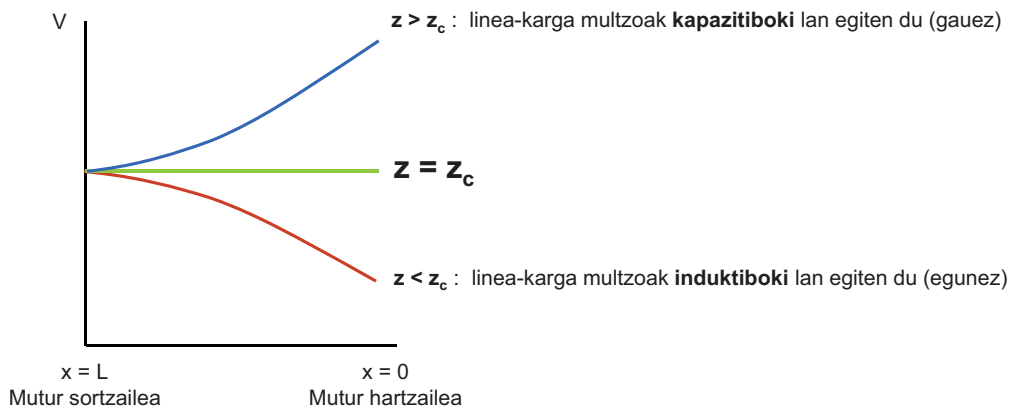


## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (III)

Praktikan, lineak ez daude inpedantzia adierazgarriekin kargatuta. Alderantziz, potentzia adierazgarriaren frakzio batetik multiplo bateraino aldatuko da karga.

Linea ideala dela suposatuz, galerarik gabe,  $R_k = 0$ ,  $G_k = 0$ ,  $\alpha = 0$  izango dira eta  $z_c$  soilki erresistiboa. Mutur hartzailean  $z$  balioko karga erresistibo hutsa jartzen bada:

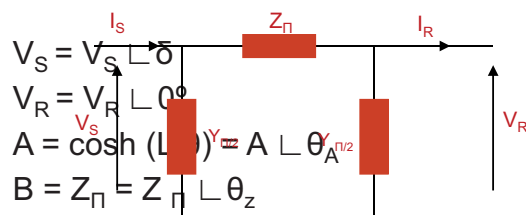
$$V = \frac{V_R + z_c \cdot I_R}{2} \cdot e^{j\beta \cdot x} + \frac{V_R - z_c \cdot I_R}{2} \cdot e^{-j\beta \cdot x} = V_R \cdot \cos(\beta \cdot x) + j \cdot \frac{V_R}{z} \cdot z_c \cdot \sin(\beta \cdot x) \rightarrow |V| = V_R \cdot \sqrt{1 + \sin^2(\beta \cdot x) \cdot \left[ \left( \frac{z_c}{z} \right)^2 - 1 \right]}$$



49

## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (IV)

Tentsio-potentzia erlazioa: ( $\Pi$  zirkuitua)



$$I_R = \frac{V_S - A \cdot V_R}{B} = \frac{V_S \cdot e^{j\delta} - A \cdot V_S \cdot e^{j\theta_A}}{Z_\pi \cdot e^{j\theta_z}}$$

$$S_R = P_R + j \cdot Q_R = V_R \cdot I_R^* = \frac{V_R \cdot V_S}{z'} \cdot e^{j(\theta_z - \delta)} - \frac{A \cdot V_R^2}{Z_\pi} \cdot e^{j(\theta_z - \theta_A)}$$

$$\begin{cases} \hat{P}_R = \text{Re}(S_R) = \frac{V_R \cdot V_S}{Z_\pi} \cdot \cos(\theta_z - \delta) - \frac{A \cdot V_R^2}{Z_\pi} \cdot \cos(\theta_z - \theta_A) \\ \hat{Q}_R = \text{Im}(S_R) = \frac{V_R \cdot V_S}{Z_\pi} \cdot \sin(\theta_z - \delta) - \frac{A \cdot V_R^2}{Z_\pi} \cdot \sin(\theta_z - \theta_A) \end{cases}$$

$$A = 1, \theta_A = 0^\circ, B = Z_\pi = j \cdot X_L, \theta_z = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{V_R \cdot V_S}{X_L} \cdot \cos(90 - \delta) - \frac{A \cdot V_S^2}{X_L} \cdot \cos(90) = \frac{V_R \cdot V_S}{X_L} \cdot \sin \delta \\ Q_R &= \frac{V_R \cdot V_S}{X_L} \cdot \sin \delta - \frac{V_S^2}{X_L} = \frac{V_R}{X_L} \cdot (V_S - V_R) \end{aligned}$$

50

## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (V)

### Anpazitatea:

Kable batek korrontea garraiatzeko daukan ahalmena da. Amperetan ematen da. Kabletik igarotzen den korrontea anpazitatea baino txikiagoa izan behar da, kablea ez gainkargatzeko. Intentsitate maximo onargarria edo *thermal rating delakoa da. IEEE Std 738-2006.*

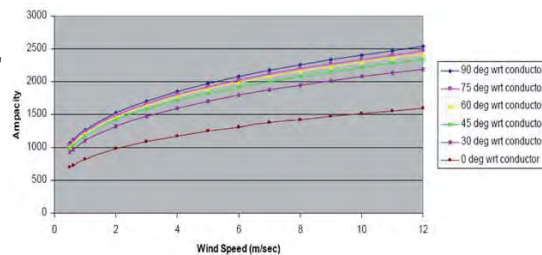
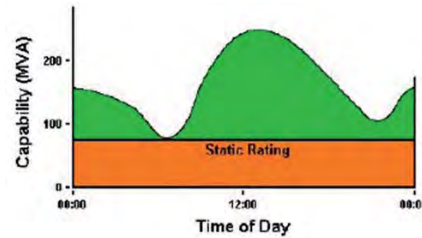
Anpazitatearen balioa hurrengo faktoreen arabera aldatzen da:

- Eroalea: diametroa, materiala...
- Inguruko faktoreak: eguzki-erradiazioa, haizea...

$$I = \sqrt{\frac{P_r + P_c - P_s}{R_{ac}}}$$

non:

- $P_r$ : bero-galera erradiazioz
- $P_c$ : bero-galera konbektzioz
- $P_s$ : erradiazioz hartutako beroa
- $R_{ac}$ : eroalearen AC erresistentzia



ACSR eroale baten anpazitatea haizearen abiaduraren eta eraso-angeluaren arabera

51

## 5. Garraio-lineen funtzionamendua (VI)

### Anpazitatea: RLATak dioena

#### 4.2 Capacidad de la corriente en los conductores

Se adoptará el sistema de cálculo conveniente entre los expuestos y se seguirán los condicionamientos exigidos para el mejor funcionamiento de la línea

##### 4.2.1 Densidad admisible

Las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasarán los valores señalados en la tabla 11.

##### 4.2.2 Intensidades de los conductores

Se admitirán como alternativa de cálculo, en el caso de realizarse en el proyecto el estudio de la temperatura alcanzada por los conductores, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de la carga de la línea, valores diferentes a los obtenidos mediante la opción indicada en el apartado 4.2.1.

##### 4.2.2.1 Intensidad máxima admisible

Se realizará, mediante un sistema de cálculo contrastado y conforme a la normativa vigente, el estudio de la intensidad máxima admisible que puede circular por los conductores de la línea. Este estudio se documentará en el proyecto, indicándose, si procede, las condiciones climatológicas consideradas en los cálculos y en el diseño.

95	4,0b	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Los valores de la tabla anterior se refieren a materiales cuyas resistividades a 20 °C son las siguientes: Cobre 0,017241 Ω·mm<sup>2</sup>/m, Aluminio duro 0,028264 Ω·mm<sup>2</sup>/m, Aleación de aluminio 0,03250 Ω·mm<sup>2</sup>/m. Para el acero galvanizado se puede considerar una resistividad de 0,192 Ω·mm<sup>2</sup>/m y, para el acero recubierto de aluminio, de 0,0848 Ω·mm<sup>2</sup>/m.

Para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción que según la composición será: 0,916 para la composición 30+7; 0,937 para las composiciones 6+1 y 26+7; 0,95 para la composición 54+7; y 0,97 para la composición 45+7. El valor resultante se aplicará para la sección total del conductor.

Para los cables de aleación de aluminio-acero se procederá de forma análoga partiendo de la densidad de corriente correspondiente a la aleación de aluminio, empleándose los mismos coeficientes de reducción en función de la composición.

Para conductores de otra naturaleza, la densidad máxima admisible se obtendrá multiplicando la fijada en la tabla para la misma sección de cobre por un coeficiente igual a:

$$\sqrt{\frac{1724}{\rho}}$$

siendo  $\rho$  la resistividad a 20 °C del conductor de que se trata, expresada en microhmios · centímetro.

NOTA: Se permitirán otros valores de densidad de corriente siempre que correspondan con valores actualizados publicados en las normas EN y CEI aplicables.

52

# 5. GAIA. KARGA-FLUXUAK

## Aurkibidea

1. Sarrera
2. Sare-eredua. Admitantzien matrizea
3. Karga-fluxuen ekuazioak
4. Korapiloen sailkapena
5. Karga-fluxuaren ebazpena
6. Banaketa ekonomikoa

1

## 1. Sarrera

### Karga-fluxua

Erregimen iraunkorrean eta egoera orekatuan dagoen energia elektrikoaren garraio- edo banaketa-sistema bat aztertzeko erabiltzen den tresna bat da. Sistemaren egoerari dagozkion neurriak hartuko dira ondorioz, bai ustiapen aldetik (jadanik existitzen den sistema baten ekintzak simulatzen dira), zein planifikazio aldetik (gerora begira egindako hedapen-planen simulazioa).



Eskari jakin bat betetzeko egon daitezkeen sorkuntza-aukera guztien artean bakarra izango da energiaren sorkuntza-kostu minimoaren baldintza betetzen duena. Sorkuntza-aukerak honako faktore hauen menpe daude:

- Sistemako zentralen sorkuntza-kostua.
- Sistemaren topologia.
- Murrizketa teknikoak.



2

## 2. Sare-eredua. Admitantzien matrizea (I)

Sistema elektriko erreal baten karga-fluxua aztertzeko, prozedura sistematiko bat jarraitzea beharrezko gertatzen da, korapilo kopuru handia dela eta. Lehendabizi, sistemaren **sare-eredua** formulatu behar da:

### Hipotesiak

- Kargak ezagunak eta konstanteak direla suposatzen da.
- Linea motza adierazteko, serie-impedantzia erabiltzen da.
- Linea luzea adierazteko,  $\pi$  eredia erabiltzen da.
- Kargak sorgailu negatibotzat jotzen dira.
- Sorgailu eta kargen potentziak busetan edo korapiloetan kontzentratzen dira.
- Korapilo bakoitzeko potentzia-iturri baliokideak zirkuluen bidez adierazten dira.
- i korapiloko iturri baliokideak i korronea sartzen du korapiloan.
- Iturri guztiak daude beti lur-korapilo komun batera konektatuta.

### Potentziak

- i korapiloan sartzen den potentzia konplexua:
- Sorgailuek hornitutako potentzia konplexua:
- Kargek hartutako potentzia konplexua:
- i korapiloan sartutako potentzia aktiboa eta erreaktiboa:

$$S_i = S_{Si} + S_{Ei}$$

$$S_{Si} = P_{Si} + j \cdot Q_{Si}$$

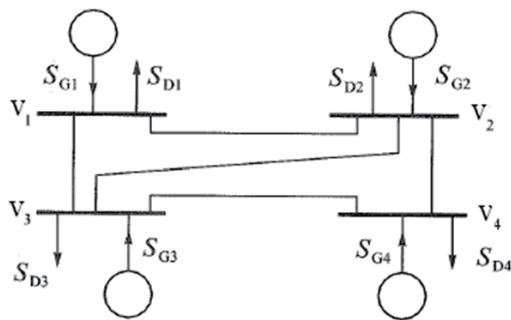
$$S_{Ei} = P_{Ei} + j \cdot Q_{Ei}$$

$$P_i = P_{Si} - P_{Ei}$$

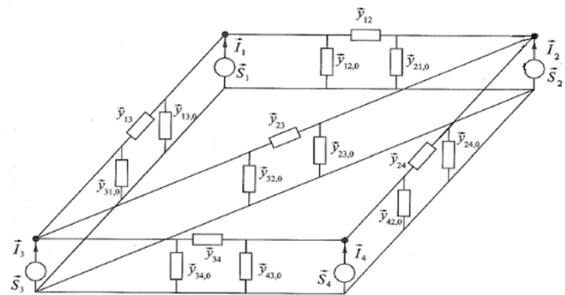
$$Q_i = Q_{Si} - Q_{Ei}$$

3

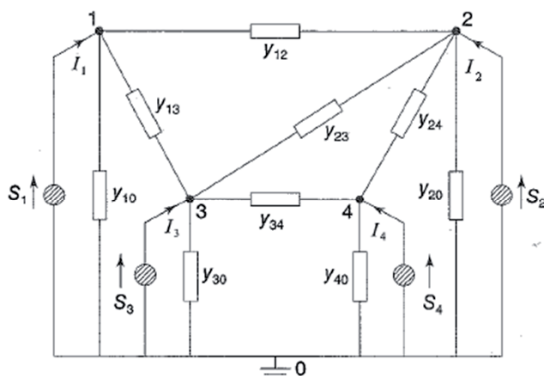
## 2. Sare-eredua. Admitantzien matrizea (II)



Hari bakarreko eskema.



Zirkuitu baliokidea.



Potentzia-sarea kontzentratuta eta berrirudikatuta.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$

$Y_{ii}$  : i korapiloaren **admitantzia propioa** (i korapilo horri zuzenean lotutako admitantzia guztien batura algebrakoa).

$Y_{ij}$  : i eta j korapiloen arteko **elkarrekiko admitantzia** (i eta j korapiloen artean konektatutako admitantzia guztien batura negatiboa).  $Y_{ij} = Y_{ji}$

4





## 4. Korapiloen sailkapena

i korapilo bakoitzari lotuta, 2 ekuazio eta 4 magnitude elektriko ( $|V_i|$ ,  $\theta_i$ ,  $P_i$  y  $Q_i$ ) daude.

A priori bi magnitude elektriko jakin ohi dira:

- **Karga-korapiloa edo PQ korapiloa:** korapilo hauetan energia aktiboa zein erreaktiboaren kontsumoa jakiten dira eta sorkuntzarik ez dago edo finkoa da. Eskaria konektatuta daukaten korapiloak (%85).
- **Sorkuntza-korapiloa edo PV korapiloa:** korapilo hauetan potentzia aktiboa eta tentsioaren modulua jakiten dira. Sorkuntza konektatuta daukaten korapiloak.
- **Konpentsazio- korapiloa (korapilo oszilatzailea edo Slack):** korapilo hauetan tentsioaren modulua eta fase-angelua jakiten dira.

$$\sum_{i=1}^n P_{Si} = \sum_{i=1}^n P_{Ei} + P_{Galerak}$$

Potentzia aktiboko galerak ezin daitezke aurretiaz jakin, hortaz  $P_i$  guztiak ezin dira datu izan.  $P_i$  bakarria utzi behar da aldagai ezezagun bezala.  $P_{Ei}$  potentziak, ordea, ezagunak dira aurretiaz, eta beraz, sorgailuren bat potentzia aktiborik izendatu gabe utzi behar da. 1 korapiloa slack korapiloa da. Sorgailu garrantzitsu bat izan ohi da.

7

## Eranskina: Unitateko balioak (pu)

Unitateko balioak magnitude nagusien eskala-aldaketa bat baino ez dira:

- Tentsioa (V)
- Korrontea (I)
- Potentzia (S)
- Inpedantzia (Z)

Magnitude horiek ez dira independenteak:

$$S = V \cdot I$$

$$V = Z \cdot I$$

→ { 4 magnitude  
2 erlazio

Orohar, S eta V aukeraten dira oinarriko balio bezala:  $S_{oinarri}$   $V_{oinarri}$

Gainontzeko oinarriko magnitudeak aurrekoen arabera adierazten dira:

$$I_{oinarri} = \frac{S_{oinarri}}{V_{oinarri}}$$

$$Z_{oinarri} = \frac{V_{oinarri}}{I_{oinarri}} = \frac{V_{oinarri}^2}{S_{oinarri}}$$

X magnitudea unitate fisikotan ematen bada (V,  $\Omega$ , kA), x unitateko baliotan:

**Adibidea:**

$$x = \frac{X}{X_{oinarri}} (pu)$$

$V_{oinarri} = 150$  kV eta  $S_{oinarri} = 100$  MVA aukeratuz,  $Z = 10$   $\Omega$  unitatetan adierazita:

$$z = \frac{Z}{Z_{oinarri}} = \frac{Z}{\frac{V_{oinarri}^2}{S_{oinarri}}} = \frac{10}{150^2/100} = 0.0444(pu)$$

8

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (I)

Karga-fluxuen ekuazioak, ekuazio algebraiko ez-linealak direnez, teknika numeriko iteratiboen bidez ebatzi behar dira.

### Gauss–Seidel metodoa:

- Korapilo guztiak, slack-a izan ezik, PQ badira:
  - Admitantzien matrizea eraiki behar da.
  - Bus-tentsioen kalkulu iteratiboa ( $V_i$ ,  $i = 2, 3, \dots, n$ ). Hasierako balio-multzo bat suposatzen da ( $V_i = 1 \angle 0^\circ$ ):

$$V_i = \frac{1}{Y_{ii}} \cdot \left[ \frac{P_i - j \cdot Q_i}{(V_i^{(0)})^*} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (Y_{ik} \cdot V_k) \right] \quad i = 2, 3, \dots, n$$

Prozesuak aurrera jarraitzen du, bukaerako baldintza bat betetzen den arte.

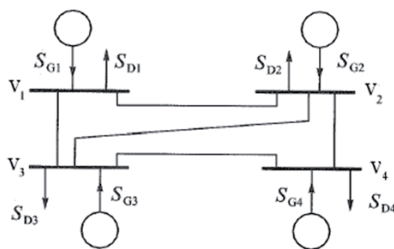
- Erreferentziako bus-potentiaren kalkulua.
- Potentzia-fluxuen kalkulua sarearen linea ezberdinetan.
- PQ eta PV korapiloak egonez gero:
  - Sorgailuen korapiloentzat,  $Q_i$  potentzia errektiboak tentsioen funtzio esplizituak dira. Beraz, iterazio bakoitzaren bukaeran kalkula daitezke:

$$Q_i^{(r+1)} = -\text{Im} \left\{ (V_i^{(r)})^* \sum_{k=1}^{i-1} Y_{ik} V_k^{(r+1)} + (V_i^{(r)})^* \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k^{(r)} \right\} \quad \delta_i^{(r+1)} = \angle V_i^{(r+1)} = \angle \left\{ \frac{1}{Y_{ii}} \left[ \frac{P_i - j Q_i^{(r+1)}}{(V_i^{(r)})^*} - \sum_{k=1}^{i-1} Y_{ik} V_k^{(r+1)} - \sum_{k=i+1}^n Y_{ik} V_k^{(r)} \right] \right\}$$

9

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (II)

### Gauss–Seidel metodoa. 1. kasua:



Lineetako serie-impedantziak		
Linea	R (u.)	X (u.)
1-2	0,05	0,15
1-3	0,10	0,30
2-3	0,15	0,45
2-4	0,10	0,30
3-4	0,05	0,15

Korapiloa	$P_i$ (u.)	$Q_i$ (u.)	$V_i$ (u.)	Korapilo mota
1	--	--	$1,04 \angle 0^\circ$	Slack
2	0,5	-0,2	--	PQ
3	-1	0,5	--	PQ
4	0,3	-0,1	--	PQ

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 3 - j9 & -2 + j6 & -1 + j3 & 0 \\ -2 + j6 & 3,666 - j11 & -0,666 + j2 & -1 + j3 \\ -1 + j3 & -0,666 + j2 & 3,666 - j11 & -2 + j6 \\ 0 & -1 + j3 & -2 + j6 & 3 - j9 \end{bmatrix}$$

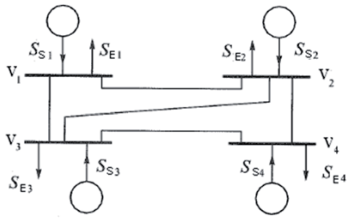
Hiru korapiloentzat hasierako tentsioa suposatzen da:  $V_2^{(0)} = V_3^{(0)} = V_4^{(0)} = 1 + j0 = 1 \angle 0^\circ$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_2^1 = \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{P_2 - jQ_2}{(V_2^{(0)})^*} - Y_{21}V_1 - Y_{23}V_3^0 - Y_{24}V_4^0 \right] = 1,019 + j0,046u \\ V_3^1 = \frac{1}{Y_{33}} \left[ \frac{P_3 - jQ_3}{(V_3^{(0)})^*} - Y_{31}V_1 - Y_{32}V_2^1 - Y_{34}V_4^0 \right] = 1,028 + j0,087u \\ V_4^1 = \frac{1}{Y_{44}} \left[ \frac{P_4 - jQ_4}{(V_4^{(0)})^*} - Y_{41}V_1 - Y_{42}V_2^1 - Y_{43}V_3^1 \right] = 1,025 + j0,0093u \end{array} \right. \quad \left. \begin{array}{l} \text{Tentsioak eta angeluak} \\ \text{lehenengo iterazioaren} \\ \text{bukaeran} \end{array} \right\}$$

10

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (III)

### Gauss–Seidel metodoa. 2. kasua:



Korapilota	P <sub>i</sub> (u.)	Q <sub>i</sub> (u.)	V <sub>i</sub> (u.)	Korapilo mota
1	--	--	1,04  _0°	Slack
2	0,5	--	1,04  _ -	PV
3	-1	0,5	--	PQ
4	0,3	-0,1	--	PQ

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} 3 - j9 & -2 + j6 & -1 + j3 & 0 \\ -2 + j6 & 3.666 - j11 & -0.666 + j2 & -1 + j3 \\ -1 + j3 & -0.666 + j2 & 3.666 - j11 & -2 + j6 \\ 0 & -1 + j3 & -2 + j6 & 3 - j9 \end{bmatrix} \quad \delta_2^0 = 0 \rightarrow V_2^{(0)} = 1.04 + j0$$

$$\left\{ \begin{aligned} Q_2^1 &= -\text{Im}\{(V_2^0)^* Y_{21} V_1 + (V_2^0)^* [Y_{22} V_2^0 + Y_{23} V_3^0 + Y_{24} V_4^0]\} = -\text{Im}\{-0.0693 - j0.2079\} = 0.2079u \\ \delta_2^{(1)} &= \angle \left\{ \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{P_2 - jQ_2^{(1)}}{(V_2^{(0)})^*} - Y_{21} V_1 - Y_{23} V_3^{(0)} - Y_{24} V_4^{(0)} \right] \right\} = \angle(1.0512 + j0.0339) = 1.84658^\circ \\ V_2^1 &= 1.04 (\cos \delta_2^{(1)} + j \sin \delta_2^{(1)}) = 1.03946 + j0.03351 \\ V_3^1 &= \frac{1}{Y_{33}} \left[ \frac{P_3 - jQ_3}{(V_3^{(0)})^*} - Y_{31} V_1 - Y_{32} V_2^1 - Y_{34} V_4^0 \right] = 1.0317 - j0.08937 \\ V_4^1 &= \frac{1}{Y_{44}} \left[ \frac{P_4 - jQ_4}{(V_4^{(0)})^*} - Y_{41} V_1 - Y_{42} V_2^1 - Y_{43} V_3^1 \right] = 0.9985 - j0.0031 \end{aligned} \right.$$

11

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (IV)

### Newton-Raphson metodoa:

- Azkarrago funtzionatzen du eta kasu gehienetan konbergentea da.
- Ordenagailuak memoria handia behar du.
  - Admitantzien matrizea eraiki behar da.
  - Ekuazio dimentsio bakar baten ebazpena  $f(x) = 0$  adierazpenak ematen du.
  - $x^{(0)}$  hasierako estimazioa bada, eta  $\Delta x^{(0)}$  ebazpen zuzenarekiko desbiderapen txikia:  $f(x^{(0)} + \Delta x^{(0)}) = 0$
  - Taylor-en seriean garatuz:  $f(x^{(0)}) + \left[ \left( \frac{df}{dx} \right)^{(0)} \Delta x^{(0)} + \frac{1}{2!} \left( \frac{d^2 f}{dx^2} \right)^{(0)} (\Delta x^{(0)})^2 + \dots \right] = 0$
  - Maila goreneko gaiak arbuitzen badira, eta matritzialki birformatuz:

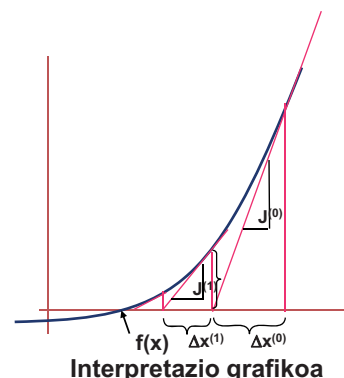
$$-J^{(0)} \Delta x^{(0)} = f^{(0)}$$

J deribatu partzialen matrizea da edo matritze **jakobitarra**.

- Hasierako estimazioari  $\Delta x^{(0)}$  batzen bazaio, bigarren hurbilketa lortuko da:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(0)}$$

- Iterazioek aurrera jarraitzen dute, aurrez zehaztutako doitasuna lortu arte.



12

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (V)

### Newton-Raphson metodoa. Karga-fluxuen analisiari aplikazioa:

$$\mathbf{x} = [\boldsymbol{\delta} | \mathbf{U}]^T = [\delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n | U_{m+1}, U_{m+2}, \dots, U_n]^T$$

$$[\Delta \mathbf{P}(\mathbf{x}) | \Delta \mathbf{Q}(\mathbf{x})]^T = [\Delta P_2, \dots, \Delta P_n | \Delta Q_{m+1}, \Delta Q_{m+2}, \dots, \Delta Q_n]^T = 0$$

$$\Delta P_i(\mathbf{x}) = P_i^{\text{esp}} - P_i(\mathbf{x}) = P_i^{\text{esp}} - U_i \sum_{k=1}^n U_k Y_{ik} \cos(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \quad i = 2, \dots, n$$

$$\Delta Q_i(\mathbf{x}) = Q_i^{\text{esp}} - Q_i(\mathbf{x}) = Q_i^{\text{esp}} - U_i \sum_{k=1}^n U_k Y_{ik} \sin(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \quad i = m+1, \dots, n$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2(\mathbf{x})}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2(\mathbf{x})}{\partial \delta_n} & U_{m+1} \frac{\partial P_2(\mathbf{x})}{\partial U_{m+1}} & \dots & U_n \frac{\partial P_2(\mathbf{x})}{\partial U_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n(\mathbf{x})}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n(\mathbf{x})}{\partial \delta_n} & U_{m+1} \frac{\partial P_n(\mathbf{x})}{\partial U_{m+1}} & \dots & U_n \frac{\partial P_n(\mathbf{x})}{\partial U_n} \\ \hline \frac{\partial Q_{m+1}(\mathbf{x})}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_{m+1}(\mathbf{x})}{\partial \delta_n} & U_{m+1} \frac{\partial Q_{m+1}(\mathbf{x})}{\partial U_{m+1}} & \dots & U_n \frac{\partial Q_{m+1}(\mathbf{x})}{\partial U_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n(\mathbf{x})}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n(\mathbf{x})}{\partial \delta_n} & U_{m+1} \frac{\partial Q_n(\mathbf{x})}{\partial U_{m+1}} & \dots & U_n \frac{\partial Q_n(\mathbf{x})}{\partial U_n} \end{bmatrix}^{(r)} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_n \\ \Delta U_{m+1}/U_{m+1} \\ \vdots \\ \Delta U_n/U_n \end{bmatrix}^{(r)} = \begin{bmatrix} \Delta P_2(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ \Delta P_n(\mathbf{x}) \\ \Delta Q_{m+1}(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ \Delta Q_n(\mathbf{x}) \end{bmatrix}^{(r)}$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{J1} & \mathbf{J2} \\ \mathbf{J3} & \mathbf{J4} \end{pmatrix}^{(r)} \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta \mathbf{U}/\mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r)} = \begin{pmatrix} \Delta \mathbf{P}(\mathbf{x}) \\ \Delta \mathbf{Q}(\mathbf{x}) \end{pmatrix}^{(r)}$$

13

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (VI)

### Newton-Raphson metodoa . Karga-fluxuen analisiari aplikazioa:

- Jakobitarraren gaiak:

$$k \neq i \quad \begin{aligned} J1_{ik} &= J4_{ik} = U_i U_k Y_{ik} \sin(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \\ J2_{ik} &= -J3_{ik} = U_i U_k Y_{ik} \cos(\delta_{ik} - \gamma_{ik}) \end{aligned}$$

$$k = i \quad \begin{aligned} J1_{ii} &= -Q_i(\mathbf{x}) - U_i^2 Y_{ii} \sin \gamma_{ii} & J2_{ii} &= P_i(\mathbf{x}) + U_i^2 Y_{ii} \cos \gamma_{ii} \\ J3_{ii} &= P_i(\mathbf{x}) - U_i^2 Y_{ii} \cos \gamma_{ii} & J4_{ii} &= Q_i(\mathbf{x}) - U_i^2 Y_{ii} \sin \gamma_{ii} \end{aligned}$$

- Pausoak:

$$1 \quad \delta_i^{(0)} = 0, U_i^{(0)} = 1 \quad (\text{profil laua})$$

$$2 \quad [\Delta \mathbf{P}(\mathbf{x}) | \Delta \mathbf{Q}(\mathbf{x})]^T \mathbf{x}^{(r)} \text{-entzat}$$

$$3 \quad \mathbf{J}^{(r)}$$

$$4 \quad \text{Ebatzi} \quad \begin{pmatrix} \mathbf{J1} & \mathbf{J2} \\ \mathbf{J3} & \mathbf{J4} \end{pmatrix}^{(r)} \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta \mathbf{U}/\mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r)} = \begin{pmatrix} \Delta \mathbf{P}(\mathbf{x}) \\ \Delta \mathbf{Q}(\mathbf{x}) \end{pmatrix}^{(r)} \Rightarrow \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta \mathbf{U}/\mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r)}$$

$$5 \quad \begin{pmatrix} \boldsymbol{\delta} \\ \mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r+1)} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{\delta} \\ \mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r)} + \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \Delta \mathbf{U} \end{pmatrix}^{(r)}$$

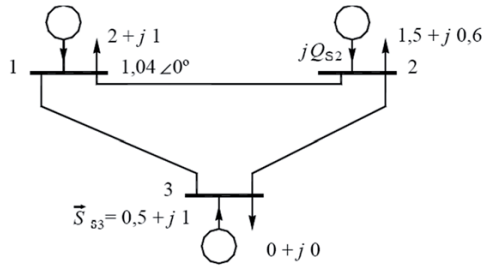
Bukatu  $\max_i |\Delta P_i(\mathbf{x}^{(r)})| \leq \varepsilon$  denean

$\max_i |\Delta Q_i(\mathbf{x}^{(r)})| \leq \varepsilon$   $\varepsilon$  : aurrez finkatutako balioa

14

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (VII)

### Newton-Raphson metodoa . Adibidea:



Hiru lineetako bakoitzak  $0.02 + j0.08$  u. serie-impedantzia dauka eta guztizko paralelo-admitantzia  $j0.02$  u. da:

Korapiloa	$P_E$ (pu)	$Q_E$ (pu)	$P_S$ (pu)	$Q_S$ (pu)	Tentsioa (u.)
1	2	1	-	-	$\bar{U}_1 = 1.04 \angle 0^\circ$ (Oszilatzailea)
2	1.5	0.6	0	-	$U_2 = 1.04$ (PV)
3	0	0	0.5	1	(PQ)

#### Datuak:

$$U_1^{esp} = 1.04$$

$$U_2^{esp} = 1.04$$

$$\delta_1^{esp} = 0$$

$$P_2^{esp} = P_{S2}^{esp} - P_{E2}^{esp} = 0 - 1.5 = -1.5$$

$$P_3^{esp} = P_{S3}^{esp} - P_{E3}^{esp} = 0.5 - 0 = 0.5$$

$$Q_3^{esp} = Q_{S3}^{esp} - Q_{E3}^{esp} = 1 - 0 = 1$$

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} 5.88 - j23.51 & -2.94 + j11.76 & -2.94 + j11.76 \\ -2.94 + j11.76 & 5.88 - j23.51 & -2.94 + j11.76 \\ -2.94 + j11.76 & -2.94 + j11.76 & 5.88 - j23.51 \end{bmatrix}$$

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} 24.2342 \angle -75.9523^\circ & 12.1268 \angle 104.0362^\circ & 12.1268 \angle 104.0362^\circ \\ 12.1268 \angle 104.0362^\circ & 24.2342 \angle -75.9523^\circ & 12.1268 \angle 104.0362^\circ \\ 12.1268 \angle 104.0362^\circ & 12.1268 \angle 104.0362^\circ & 24.2342 \angle -75.9523^\circ \end{bmatrix}$$

Iterazio bakoitzean ebatzi beharreko ekuazio-sistema:

$$\begin{bmatrix} J1_{22} & J1_{23} & J2_{23} \\ J1_{32} & J1_{33} & J2_{33} \\ J3_{32} & J3_{33} & J4_{33} \end{bmatrix}^{(r)} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta U_3 / U_3 \end{bmatrix}^{(r)} = \begin{bmatrix} \Delta P_2(x) \\ \Delta P_3(x) \\ \Delta Q_3(x) \end{bmatrix}^{(r)}$$

15

## 5. Karga-fluxuen ebazpena (VIII)

### Newton-Raphson metodoa . Adibidea:

■ Hasierako balioak:  $x^{(0)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(0)} \\ \delta_3^{(0)} \\ U_3^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

■ Funtzioen balioak  $x^{(0)}$ -entzat:

$$\Delta P_2(x) \equiv P_2^{esp} - (U_2 U_1 Y_{21} \cos(\gamma_{21} + \delta_1 - \delta_2) + U_2^2 Y_{22} \cos \gamma_{22} + U_2 U_3 Y_{23} \cos(\gamma_{23} + \delta_3 - \delta_2))$$

$$\Delta P_3(x) \equiv P_3^{esp} - (U_3 U_1 Y_{31} \cos(\gamma_{31} + \delta_1 - \delta_3) + U_3 U_2 Y_{32} \cos(\gamma_{32} + \delta_2 - \delta_3) + U_3^2 Y_{33} \cos \gamma_{33})$$

$$\Delta Q_3(x) \equiv Q_3^{esp} - (-U_3 U_1 Y_{31} \sin(\gamma_{31} + \delta_1 - \delta_3) - U_3 U_2 Y_{32} \sin(\gamma_{32} + \delta_2 - \delta_3) - U_3^2 Y_{33} \sin \gamma_{33})$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2(x) \\ \Delta P_3(x) \\ \Delta Q_3(x) \end{bmatrix}^{(0)} = \begin{bmatrix} -1.5 - 0.1224 \\ 0.5 - (-0.2353) \\ 1 - (-0.9612) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.6224 \\ 0.7353 \\ 1.9612 \end{bmatrix}$$

■ Jakobitarra  $x^{(0)}$ -entzat:  $J^{(0)} = \begin{bmatrix} 24.9600 & -12.2353 & -3.0588 \\ -12.2353 & 24.4706 & 5.6471 \\ 3.0588 & -6.1176 & 22.5482 \end{bmatrix}$

■  $\Delta x^{(0)}$ -en balioa (balio angeluarrak erradianetan):

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \Delta \delta_3 \\ \Delta U_3 / U_3 \end{bmatrix}^{(0)} = \begin{bmatrix} 24.9600 & -12.2353 & -3.0588 \\ -12.2353 & 24.4706 & 5.6471 \\ 3.0588 & -6.1176 & 22.5482 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -1.6224 \\ 0.7353 \\ 1.9612 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0655 \\ -0.0233 \\ 0.0895 \end{bmatrix}$$

■  $x^{(1)}$ -en kalkulua:  $\begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ U_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(0)} \\ \delta_3^{(0)} \\ U_3^{(0)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(0)} \\ \Delta \delta_3^{(0)} \\ \Delta U_3^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0655 \\ -0.0233 \\ 1.0895 \end{bmatrix}$

16



## 5. Karga-fluxuen ebazpena (IX)

### Newton-Raphson metodoa . Adibidea:

- $x^{(1)}$ -etik aurrera 2. pausetik 5.enera errepikatzen dira. Bukaerako baldintza 3. iterazioan betetzen da:

$$x^{(3)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(3)} \\ \delta_3^{(3)} \\ U_3^{(3)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0655 \\ -0.0243 \\ 1.082 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} U_1 = 1.04 \angle 0 \\ U_2 = 1.04 \angle -0.0655 \\ U_3 = 1.082 \angle -0.0243 \end{cases}$$

- $P_1$  eta  $Q_1$  kalkulatu dira azken balioekin:

$$P_1 = U_1^2 Y_{11} \cos \gamma_{11} + U_1 U_2 Y_{12} \cos(\gamma_{12} + \delta_2 - \delta_1) + U_1 U_3 Y_{13} \cos(\gamma_{13} + \delta_3 - \delta_1) = 1.031$$

$$Q_1 = -U_1^2 Y_{11} \sin \gamma_{11} - U_1 U_2 Y_{12} \sin(\gamma_{12} + \delta_2 - \delta_1) - U_1 U_3 Y_{13} \sin(\gamma_{13} + \delta_3 - \delta_1) = -0.791$$

- Potentzia-fluxuak kalkulatu dira:  $S_{ik} = U_i I_{ik}^* = U_i [(U_i - U_k) y_{ik} + U_i y_{ik0}]^*$

$$S_{12} = 0.840 - j0.192$$

$$S_{21} = -0.826 + j0.225$$

$$S_{13} = 0.192 - j0.599$$

$$S_{31} = -0.185 + j0.605$$

$$S_{23} = -0.674 - j0.375$$

$$S_{23} = -0.685 - j0.395$$

17

## 6. Banaketa ekonomikoa (I)

### Sarrera:

- Banaketa ekonomikoa kalkulatzeko sistemako guztizko sorkuntza-kostua minimizatzean datan optimizazio-problema ebatzi behar da.
- Energia elektrikoa sortzen duen zentral baten funtzionamenduko guztizko kostuaren barne, erregaiaren kostua, eskulana eta mantentze-zerbitzua sartzen dira.
- $i$  sorgailu baten kostuaren adierazpena:

$$C_i = A + B \cdot P_i + C \cdot P_i^2 \text{ non } P_i \text{ sorgailuak hornitutako potentzia trifasikoa den.}$$

- Guztizko kostua:

$$C_T = \sum_{i=1}^l C_i \text{ } l \text{ guztizko sorgailu kopurua izanik.}$$

- Sistemaren galerak arbuiatzen badira, hau da, sorgailu guztiak eta eskaria bus berera konektatuta daudela kontsideratuko balitz, problemaren ebazpen hurbildu bat lortuko litzateke.

18

## 6. Banaketa ekonomikoa (II)

### Murrizketarik gabeko banaketa ekonomikoa:

- Problemaren ebazpena lortzeko sorgailuen guztizko kostua minimizatu behar da, sortutako potentzia eskatutako potentziaren bestekoa izanik:

$$\min \left\{ K_T = \sum_{i=1}^l K_i \right\} / \sum P_{Si} = P_E$$

- Problema hori ebazteko Lagrange-en biderkagailuak erabiliko dira.

- Hurrengo adierazpena minimizatu behar da:  $L = C_T + \lambda(P_D - \sum P_{Gi})$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \rightarrow P_E - \sum P_{Si} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_{Si}} = 0 \rightarrow \frac{\partial K_T}{\partial P_{Si}} - \lambda = 0 \rightarrow \boxed{\lambda = \frac{\partial K_T}{\partial P_{Si}} = \frac{dK_T}{dP_{Si}}} \quad \text{Sorgailu bakoitzaren kostu inkrementala.}$$

Ebazpena lortzeko sorgailu guztien kostu inkrementalak berdinak izan behar dira.

19

## 6. Banaketa ekonomikoa (III)

### Murrizketarik gabeko banaketa ekonomikoa. Adibidea:

Bi sorgailuren funtzionamenduko kostu-kurbak hurrengokoak dira:

$$K_1(P_{S1}) = 900 + 45P_{S1} + 0,01P_{S1}^2$$

$$K_2(P_{S2}) = 2500 + 43P_{S2} + 0,003P_{S2}^2$$

Guztira hornitu beharreko karga  $P_E = P_{E1} + P_{E2} = 700$  MW da. Banaketa ekonomikoaren erregelaren bidez, kalkula itzazu  $P_{G1}$  eta  $P_{G2}$ .

$$KI_1 = \frac{dK_1}{dP_{S1}} = 45 + 0,02 \cdot P_{S1}$$

$$KI_2 = \frac{dK_2}{dP_{S2}} = 43 + 0,006 \cdot P_{S2}$$

$$\left. \begin{array}{l} KI_1 = KI_2 \\ P_{S1} + P_{S2} = P_E \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_{S1} = 84,6 \text{ MW} \\ P_{S2} = 615,4 \text{ MW} \\ KI_1 = KI_2 = 46,69 \frac{\text{€}}{\text{ordu} \cdot \text{MW}} \end{array} \right.$$

20

## 6. Banaketa ekonomikoa (IV)

### Murrizketak:

- Zentralek ezin dute nahi adina potentzia sortu, funtzionamenduko muga maximo eta minimoak baitituzte.
- Beraz, sorkuntzako guztizko kostua minimizatu behar da, baina gainerako murrizketa batzuk errespetatuz:

$$\min \left\{ K_T = \sum_{i=1}^l K_i \right\} \quad / \quad \begin{cases} \sum P_{Si} = P_E \\ P_{Si_{\min}} \leq P_{Si} \leq P_{Si_{\max}} \end{cases}$$

- Ondorioz, banaketa ekonomikoaren ebazpena aldatzen da: Unitate batek edo gehiagok mugako balioak hartzen badituzte, unitate horiek mugetan mantendu eta gainontzekoek  $\lambda$  operazio-kostu inkrementalarekin lan egingo dute. Guneke operazio-kostu inkrementala euren mugetan ez dauden unitateen amankomuneko  $\lambda$  izango da.
- $\lambda$  kalkulatzeko prozedura iteratiboa ondorengoa izango da: Hasierako  $\lambda$  balioa aukeratu, sorgailu guztiek kostu inkrementala berberarekin lan egiten dutelarik eta guztiak mugen barne daudelarik.  $\lambda$  balioaren aukera ez bada eskaria betetzeko adinakoa,  $\lambda$  doitu beharko da (murrizketarik kontsideratzen ez den kasuetan bezalaxe). Prozesu horretan sorkuntza-unitate batek mugetako bat harrapatzen badu, muga horretan unitateak sortu beharreko potentzia finkatu eta gainontzeko unitateekin  $\lambda$  doitzen jarraituko beharko da.

21

## 6. Banaketa ekonomikoa (V)

### Galerak:

- Errealitatean, sistemaren galerak ez dira nuluak izango.
- Banaketa ekonomikoaren funtzioa ondorengo adierazpenen minimizazioa da:

$$\min \left\{ K_T = \sum_{i=1}^l K_i \right\} \quad / \quad \sum P_{Si} = P_E + P_{Galerak}$$

$$\min L = \sum K_i + \lambda (P_E + P_{Galerak} - \sum P_{Si})$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 = P_E + P_{Galerak} - \sum P_{Si} \\ \frac{\partial L}{\partial P_{Si}} = \frac{dK_i}{dP_{Si}} - \lambda + \lambda \frac{\partial P_{Galerak}}{\partial P_{Si}} = 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{\frac{dK_i}{dP_{Si}}}{1 - \frac{\partial P_{Galerak}}{\partial P_{Si}}} \Rightarrow \boxed{L_i = \frac{1}{1 - \frac{\partial P_{Galerak}}{\partial P_{Si}}}}$$

Penalizazio-faktorea

Unitate sortzaile bakoitzaren kostu inkrementalaren eta penalizazio-faktorearen arteko biderkadurak balio berbera hartu behar du unitate sortzaile guztien kasuan.

22

## 6. Banaketa ekonomikoa (VI)

### Galerak. Adibidea:

Sorgailuetan mugarik ez duen sistema bat kontsideratzen da. Honako hau suposatuko da:

$$K_{I_1} = 0.007P_{S_1} + 4.1 \text{ UM/MWh}$$

$$K_{I_2} = 0.007P_{S_2} + 4.1 \text{ UM/MWh}$$

$$P_G = 0.001(P_{S_2} - 50)^2 \text{ MW}$$



Kalkula ezazu zentral bakoitzeko sorkuntza banaketa ekonomikorako eta garraio-linearen potentzia-galera.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial P_G}{\partial P_{S_2}} &= 0.002(P_{S_2}) - 50 = 0.002P_{S_2} - 0.1 \\ L_1 &= 1 \\ L_2 &= \frac{1}{1.1 - 0.002P_{S_2}} \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} L_1 \frac{dK_1}{dP_{S_1}} &= 0.007P_{S_1} + 4.1 = \lambda \\ L_2 \frac{dK_2}{dP_{S_2}} &= \frac{1}{1.1 - 0.002P_{S_2}} (0.007P_{S_1} + 4.1) = \lambda \end{aligned} \right\}$$

$$\sum P_S = \sum P_E + P_G \quad \longrightarrow \quad P_{S_1} + P_{S_2} = 350 + 0.001(P_{S_2} - 50)^2$$

$$\lambda = 5 \quad \longrightarrow \quad P_{S_1} = 128.6 \text{ MW}; P_{S_2} = 82.4 \text{ MW}; P_G = 1 \text{ MW} \quad (P_{S_1} + P_{S_2} - P_G < P_E)$$

$$\lambda = 5.694 \quad \longrightarrow \quad P_{S_1} = 227.72 \text{ MW}; P_{S_2} = 117.65 \text{ MW}; P_G = 4.58 \text{ MW}$$

$$P_{S_1} + P_{S_2} - P_G = 349.9 \text{ MW}$$

## 6. GAIA. AKATSAK

---

### Aurkibidea

1. Sarrera
2. Unitateko balioak
3. Osagai simetrikoak
4. Sekuentzia-zirkuituak
5. Sekuentzia-sareak
6. Osagai simetrikoen aplikazioa
  - Akats trifasikoa
  - Akats monofasikoa
  - Akats bifasikoa
  - Lurrerako akats bifasikoa
7. IEC 60.909:2.000 araua

1

### 1. Sarrera (I)

---

#### Definizioak

- **Akatsa:** sistema elektrikoaren akatsak edo operazio-modu okerrak.
- **Zirkuitulaburrak:** sisteman tentsio ezberdineran dauden bi puntu edo gehiago ezustean inpedantzia txiki baten bidez konektatzea.
- **Akats seriea:** adibidez, fase bat edo bi irekitzean gertatzen diren inpedantzia-desoreken ondorioz gertatzen dira.

Ez dira ohizkoak, baina gertatzen direnean, segundu hamarren batzuk iraun arren, ondorioak larriak dira.

Instalazio elektrikoaren babes-arauen arabera, ez dira soilik zerbitzuko kargen ondorioko korrante eta tentsioak kontuan hartu behar, baita zirkuitulaburrek sortutako gainkargen ondoriokoak ere.

**Ondorioak:** gainkarga termikoak eta esfortzu elektrodinamiko handiak sortzen dituzte, baita tentsio-aldaketak ere.

Zirkuituko puntu jakin baten zirkuitulaburreko korrante maximoak eta minimoak jakitea oso garrantzitsua da (sareen etengailuak eta babesgailuak dimentsionatzeko).

2



## 1. Sarrera (II)

### Akats bihur daitezkeen egoerak:

- Hiru faseak lurrera erortzean goi-tentsioko dorre bat suntsitzean.
- Fase-eroale bat edo biren apurketa izotzaren kargaren ondorioz beste faseetara edo lurzorura erortzen delako.
- Objektu bat linearen gainean erortzea, bi edo hiru fase zirkuitulaburrean utziz.
- Fase-eroale bat edo biren eta lurzorua arteko kontaktua, zuhaitz bat linearen gainean erortzean.
- Linearen gainean tximista erortzea.
- Bi fase-eroaleren arteko kontaktua haizearen ondorioz.
- Lurrazpiko kable baten zulaketa.

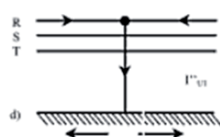
### Zirkuitulaburretan eragina duten parametroak:

- Zirkuitulabur mota
- Zirkuitulabur-iturriak (sorgailuak, motoreak eta sarea).
- Aurreko karga-egoera.
- Zirkuitulaburraren iraupena: babesgailuen doikuntzen araberakoa izango da.
- Sarearen topologia.
- Tresneria eta kargak.
- Zirkuitulaburra sortzen den aldiunea, tentsioarekiko (desfasea): zirkuitulaburrak hartuko duen balio maximoa.
- Zirkuitulaburreko korrontearen egoera: sorgailuetatik hurbil/urrun.

3

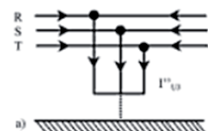
## 1. Sarrera (III)

### Zirkuitulabur motak:

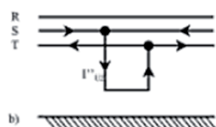


- **Akats monofasikoa (asimetrikoa):** fase baten eta lurraren artean zirkuitulaburra gertatzen da. Zuhaitz bat fase baten gainera erortzean, edo haizearen ondorioz erortzean, izotzaren ondorioz, etab, gerta daitezke. Akatsen %70 dira.

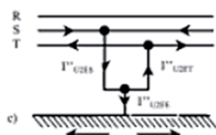
Lur-konexio sistema dimentsionatzeko kalkulatzeko dira.



- **Akats trifasikoa (simetrikoa):** hiru faseen arteko zirkuitulaburrari deritzogu. Linearen gainean objektuak erortzean gerta daitezke. Akatsen %5 inguru dira. Baina zirkuitulaburreko intentsitaterik handienak sortzen dituzte. Sistema orekatua: fase guztietan eragina berbera da.



- **Akats bifasikoa (asimetrikoa):** linearen bi fase ezberdinen arteko kontaktua gertatzean. Haizearen ondorioz, txorien talka, kableak apurtzean, etab. Gerta daitezke. Akatsen %15 dira.



- **Lurrerako akats bifasikoa (asimetrikoa):** monofasikoen arrazoi berberen ondorioz sortzen dira, baina bi fase daude tartean. Akatsen %10 dira.

4

# 1. Sarrera (IV)

## Kalkulu-metodoa

Edozein instalazio dimentsionatzerakoan, sistemaren portaera ikertu behar da akats-erregimenean, zer-nolako efektuak dituen ikusi eta babestu ahal izateko.

### ▪ Zirkuituen teoriako metodo klasikoak:

- Akats simetrikoak: zirkuitu monofasiko baliokidea, korapilo eta sareen aplikazioa.
- Akats asimetrikoak: sistema trifasikoa, korapilo eta sareen aplikazioa.
- Ebazteko astuna eta zaila den ariketa.

### ▪ Osagai simetrikoen metodoa:

- pu balioetara sinplifikatu.
- Sekuentzia-sareak egin.
- Sekuentzia-sareak akats-puntura murriztu.
- Sekuentzia-sareen konexioa akatsaren arabera.
- Osagai simetrikoak akats-puntuan kalkulatu.
- Tentsioa eta korronea akats-puntuan kalkulatu.

5

# 2. Unitateko balioak (p.u.)

## Magnitude nagusien eskala-aldaketa burutzean datzate

- S eta V oinarriko balioetat aukeratuz gero,  $S_{oinarri}$ ,  $V_{oinarri}$  (izendatuak):

$$I_{oinarriF} = \frac{S_{oinarriF}}{V_{oinarri}} \quad Z_{oinarriF} = \frac{V_{oinarri}}{I_{oinarriF}} = \frac{V_{oinarri}^2}{S_{oinarriF}}$$

$$S = 3 \cdot V \cdot I$$

$$S_F = V \cdot I$$

$$V = Z \cdot I$$

$$U = \sqrt{3} \cdot V$$

- S eta U oinarriko balioetat aukeratuz gero,  $S_{oinarri}$ ,  $U_{oinarri}$  (izendatuak):

$$I_{oinarri} = \frac{S_{oinarri}}{\sqrt{3} \cdot U_{oinarri}} \quad Z_{oinarri} = \frac{U_{oinarri}}{\sqrt{3} \cdot I_{oinarri}} = \frac{U_{oinarri}^2}{S_{oinarri}}$$

- X magnitude bat unitate fisikoetan emanik (V,  $\Omega$ , kA), x unitateko adierazteko:

$$x = \frac{X}{X_{oinarri}} \text{ (pu)}$$

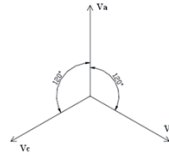
- Oinarri ezberdinekiko adierazitako balioak egonez gero, oinarri-aldaketa egin behar da:

$$\left. \begin{array}{l} I'_B, Z'_B, U'_B, S'_B \rightarrow z'_{pu} = \frac{Z}{Z'_B} = Z \frac{S'_B}{(U'_B)^2} \\ I''_B, Z''_B, U''_B, S''_B \rightarrow z''_{pu} = \frac{Z}{Z''_B} = Z \frac{S''_B}{(U''_B)^2} \end{array} \right\} \rightarrow z''_{pu} = z'_{pu} \frac{S''_B (U'_B)^2}{S'_B (U''_B)^2}$$

6

### 3. Osagai simetrikoak (I)

Sistema trifasiko orekatu batean, hiru faseen tentsio eta intentsitateek modulu berbera dute eta 120° desfasetuta daude.



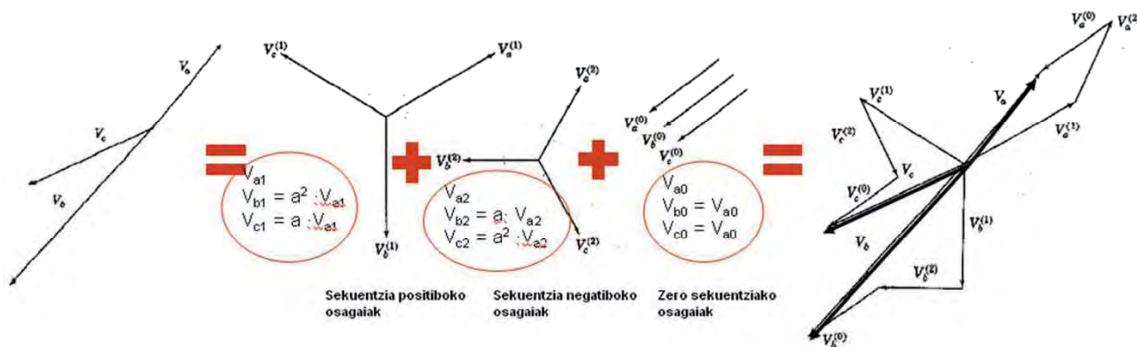
Akats bat sortzean, tentsio eta intentsitateek sistema desorekatu bat sortzen dute.

Fasore-sistema desorekatu bat hiru sistema orekatutan bana daiteke, hots, sekuentzia positibo edo zuzena, sekuentzia negatiboa edo alderantzizkoa, eta zero sekuentzia edo sekuentzia homopolarra:

- **Sekuentzia positibo edo zuzeneko osagaiak** magnitude bereko hiru fasore dira, 120°-ko desfasea dute, eta faseen sekuentzia hasierako sistemakoaren berbera da.
- **Sekuentzia negatibo edo alderantzizko osagaiak** magnitude bereko hiru fasore berdin dira, 120°-ko desfase dute, baina faseen sekuentzia hasierako fasoreen alderantzizkoa da.
- **Zero sekuentzia edo sekuentzia homopolarreko osagaiak** magnitude bereko hiru fasore dira, angelu-desfasea 0° izanik.

7

### 3. Osagai simetrikoak (II)



$$\left. \begin{aligned} V_a &= V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \\ V_b &= V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} = V_{a0} + a^2 \cdot V_{a1} + a \cdot V_{a2} \\ V_c &= V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} = V_{a0} + a \cdot V_{a1} + a^2 \cdot V_{a2} \end{aligned} \right\} a = 1 \angle 120^\circ \iff \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

$$V_{abc} = A \cdot V_{012}$$

Hasierako fasoreen bektorea

Osagai simetrikoen bektorea

$$V_{012} = A^{-1} \cdot V_{abc} \iff \begin{pmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} \iff \begin{cases} V_0 = \frac{1}{3} \cdot (V_a + V_b + V_c) \\ V_1 = \frac{1}{3} \cdot (V_a + a \cdot V_b + a^2 \cdot V_c) \\ V_2 = \frac{1}{3} \cdot (V_a + a^2 \cdot V_b + a \cdot V_c) \end{cases}$$

8

### 3. Osagai simetrikoak (III)

Osagai simetrikoen eraldaketa korranteetan ere aplika daiteke:

$$I_{abc} = A \cdot I_{012}$$

Faseko korronteak hurrengokoak dira:

$$\begin{aligned} I_a &= I_0 + I_1 + I_2 \\ I_b &= I_0 + a^2 \cdot I_1 + a \cdot I_2 \\ I_c &= I_0 + a \cdot I_1 + a^2 \cdot I_2 \end{aligned}$$

Sekuentziako korronteak hurrengokoak dira:

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1}{3} \cdot (I_a + I_b + I_c) \\ I_1 &= \frac{1}{3} \cdot (I_a + a \cdot I_b + a^2 \cdot I_c) \\ I_2 &= \frac{1}{3} \cdot (I_a + a^2 \cdot I_b + a \cdot I_c) \end{aligned} \quad \longleftrightarrow \quad \begin{pmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix}$$

Y konexiodun sistema trifasiko batean, neutroko  $I_n$  korrontea lineako korronteen batura da:  $I_n = I_a + I_b + I_c$

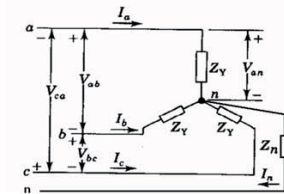
Neutroko korrontea zero sekuentziako korrontea hiru aldiz da

$$I_n = 3 \cdot I_0$$

9

### 4. Sekuentzia-zirkuituak (I). Zirkuituak izarrean

Sekuentzia zuzeneko, alderantzizko eta homopolarreko kitzikapenen aurrean elementu bakoitzak duen portaeraren arabera, hiru eredu erabiltzen dira.



$$\begin{aligned} I_n &= I_a + I_b + I_c = (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) + (I_{b0} + I_{b1} + I_{b2}) + (I_{c0} + I_{c1} + I_{c2}) = \\ &= (I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}) + (I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2}) + (I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2}) = 3I_{a0} \end{aligned}$$

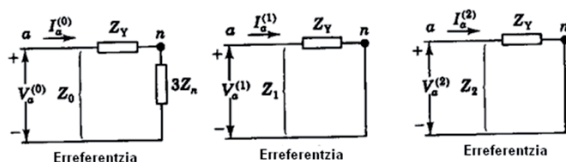
Osagai homopolarra egoteko, lurrerako konexioa existitu behar da. Konexio-impedantzia  $Z_n$  bada:

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_n \\ V_n \\ V_n \end{pmatrix} = Z_Y \begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} + 3I_{a0} Z_n \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \xrightarrow{\text{Osagai simetrikoetan eraldatuz}} \quad \begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = Z_Y \begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} + 3I_{a0} Z_n \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Sekuentziako ekuazioak banatuta daude:

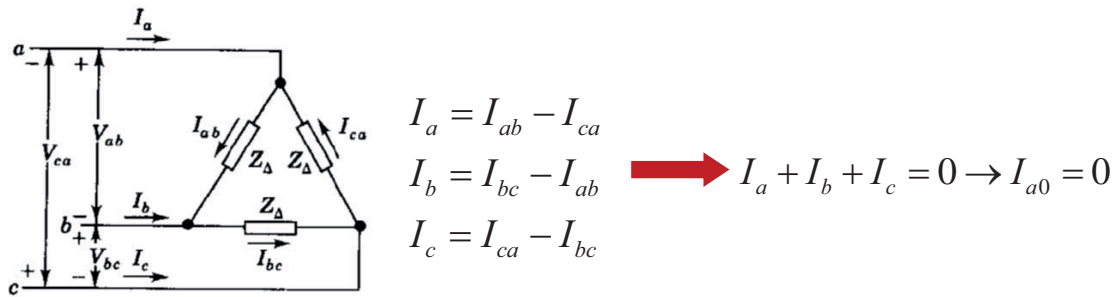
- Sekuentzia positiboko intentsitateak igarotzean, sekuentzia positiboko tentsio-erorketak bakarrik sortzen dira.
- Sekuentzia negatiboko intentsitateak igarotzean, sekuentzia negatiboko tentsio-erorketak bakarrik sortzen dira.
- Sekuentzia homopolarreko intentsitateak igarotzean, sekuentzia homopolarreko tentsio-erorketak bakarrik sortzen dira.

Sistema desorekatua hiru sekuentzia-sistema bezala kontsidera daitezke, sistema bakoitzean monofasiko baliokidea aplikatuz.

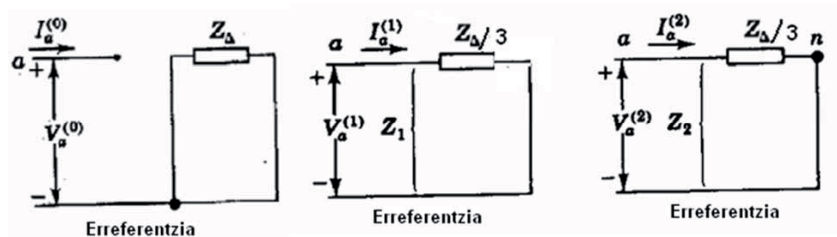


10

## 4. Sekuentzia-zirkuituak (II). Zirkuituak triangeluan



- Lineako intentsitateetan ezin da osagai homopolarrrik egon.
- Bai triangelu barnean.



11

## 4. Sekuentzia-zirkuituak (III)

### Lineak

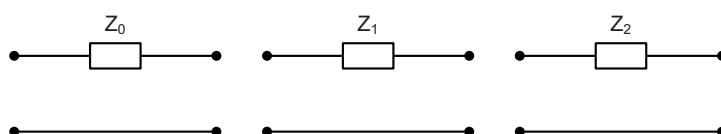
Garraio-lineek **sekuentzia positibo** zein **negatiboko** korronteak igarotzean, inpedantziaren eta admitantziaren **balio berberak** dituzte,  $Z_1=Z_2$  eta  $Y_1=Y_2$  (elementu estatikoa).

**Sekuentzia homopolarreko** intentsitateen zirkulaziorako:

- $Z_0$  handiagoa da.  $Z_1$  balioa 3-4 aldiz.
- $Y_0$  txikiagoa da.

Sekuentziako inpedantzia eta admitantzien balioa konfigurazioaren menpe dago: faseko eroale kopurua, faseen arteko distantzia, etab.

Normalean, zirkuitulaburreko kalkuluetan hutseko adarra (C, G) ez da kontuan hartzen  $\rightarrow$  Linea motzaren eredua.



Zirkuitulaburrak kalkulatzeko erabiltzen diren garraio-lineen eredua sekuentzia bakoitzarentzat.

12

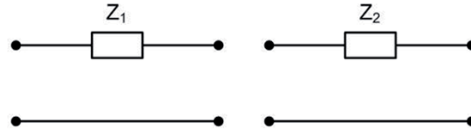


## 4. Sekuentzia-zirkuituak (IV)

### Transformadoreak

**Sekuentzia positibo** zein **negatiboko** korranteak igarotzean, transformadoreak inpedantziaren (elementu estatikoa) balio berbera dauka: transformadorearen zirkuitulaburreko inpedantzia ( $Z_1 = Z_2 = Z_T$ ).

Zirkuitulaburren kalkulurako hutseko adarra ez da kontuan hartzen, beraz:



**Sekuentzia homopolarreko** korranteen zirkulazioa transformadorearen harilkatuen konexioaren menpe egongo da, eta beraz, sekuentzia homopolarreko inpedantziaren balioa ondorengoa izango da:

- $Z_0 = \infty$  ez badago zirkulaziorik.
- $Z_0 = Z_T + 3 \cdot Z_N + 3 \cdot Z_n$  zirkulazioa egonez gero.
- Neutroa lurrera konektatuta dagoenean, izarrean konektatutako harilkatuetatik korrante homopolarrak igarotzen dira, itzulerako bidea ematen baitio korronteari.
- Triangeluan konektatuta dauden harilkatuen kanpoko lineetatik ezin da korrante homopolarrak igaro, ez baita itzulerako biderik existitzen. Triangeluko adarretatik igaro daiteke.

13

## 4. Sekuentzia-zirkuituak (V)

### Transformadoreak

KASUA	IKURRAK	KONEXIO-DIAGRAMAK	ZERO SEKUENTZIAKO ZIRK. BALIOKIDEAK
1			
2			
3			
4			
5			

14

## 4. Sekuentzia-zirkuituak (VI)

### Makina birakariak

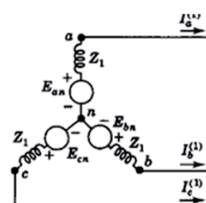
Inpendantzia sekuentziako intentsitateen biraketa-noranzkoaren menpekoa da:

- **Zuzeneko sekuentzia:** sistema trifasiko orekatu batean dagoen makina adierazten du.
- **Alderantzizko sekuentzia:** sekuentzia negatiboko intentsitateek estatorrean alderantzizko noranzkoan biratzen duten indar magnetoeragileak sortzen dituzte → errotoretik estatorrera igarotzen den fluxua gutxitzen da, haril moteltzailean eta eremuko harilean korrante induzituak sortzen baitira.

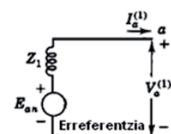
$$Z_2 \neq Z_1$$

- **Sekuentzia homopolarra:** burdinartean ez da indar magnetoeragilerik sortzen, ez dago induzituaren erreakziorik (soilik sakabanatze-erreaktantzia dago).

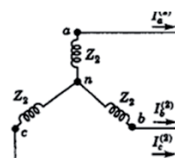
$$Z_0 < Z_1 \text{ eta } Z_2$$



Sekuentzia positiboko korrantearen ibilbidea



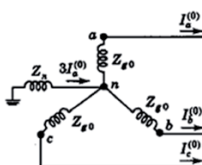
Sekuentzia positiboko sarea



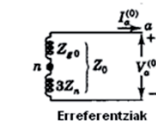
Sekuentzia negatiboko korrantearen ibilbidea



Sekuentzia negatiboko sarea



Zero sekuentziako korrantearen ibilbidea



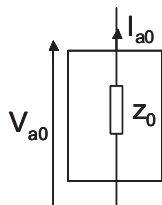
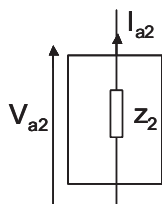
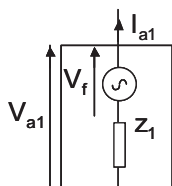
Erreferentziak Zero sekuentziako sarea

15

## 5. Sekuentzia-sareak

Sistemako elementu bakoitzaren sekuentzia-zirkuituetatik sistemaren sekuentzia-sareak eraikitzen dira, topologia aintzat hartuz.

Sistemaren sekuentzia-sareek sekuentzia bakoitzaren intentsitatearen ibilbidea erakusten dute sistema errealeko fase baten:



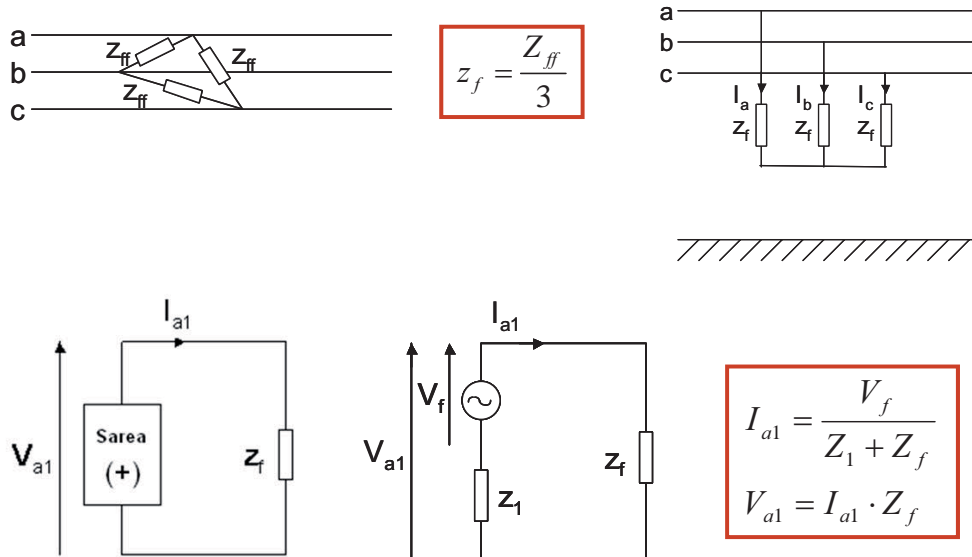
- **Sekuentzia positiboko sarea:** egoera orekatuan dagoen sistema adierazten du (monofasiko baliokidea).
- **Sekuentzia negatiboko sarea:** sekuentzia-sare positiboko iturriak kendu behar dira, eta  $Z_1$  balioak  $Z_2$  balioekin ordezkatu.
- **Sekuentzia homopolarreko sarea:** sekuentzia negatiboko sarearen antzerakoa da, baina  $Z_2$  balioak  $Z_0$  balioekin ordezkatu behar dira.

16

## 6. Osagai simetrikoen aplikazioa (I)

### Akats trifasikoak

Sistema orekatua  $\longrightarrow$  Sekuentzia zuzeneko sarea bakarrik.

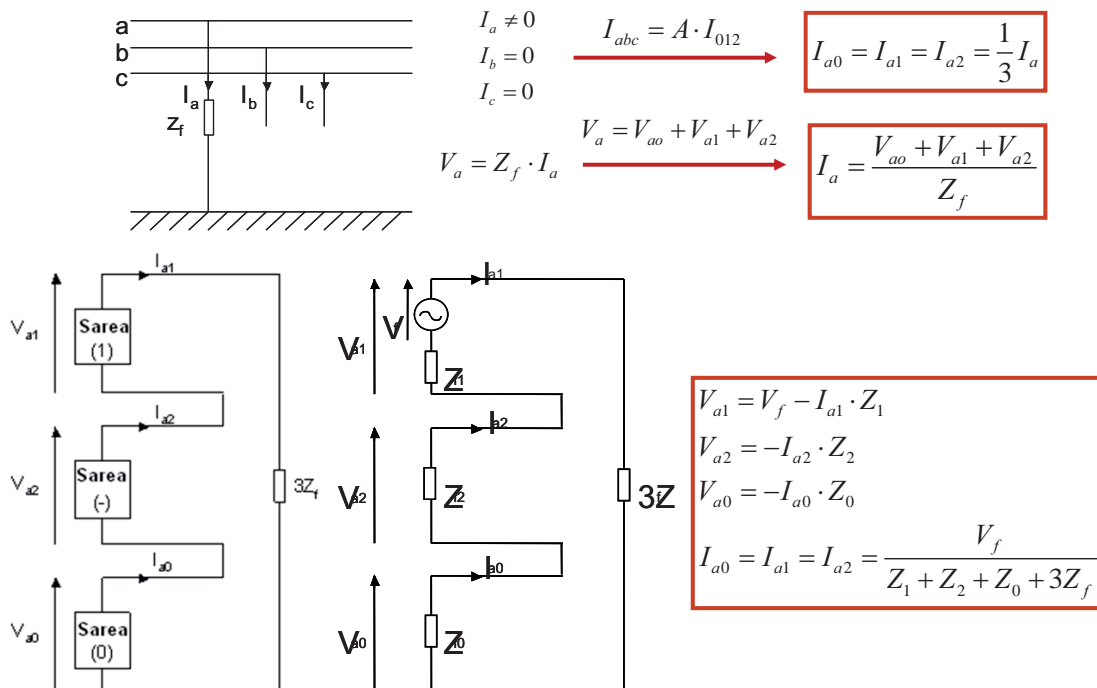


17

## 6. Osagai simetrikoen aplikazioa (II)

### Akats monofasikoak

Sistema desorekatua: Hiru sareak existitzen dira eta seriean konektatzen dira.

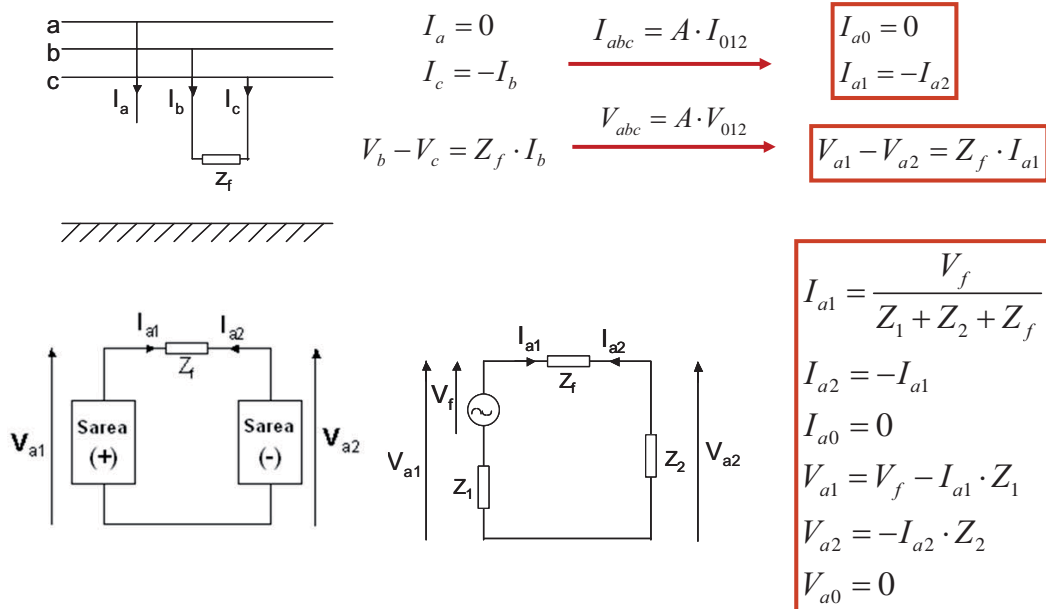


18

## 6. Osagai simetrikoen aplikazioa (III)

### Akats bifasikoak

**Sistema desorekatua:** sare zuzena eta alderantzikoa bakarrik. Paraleloan konektatzen dira.

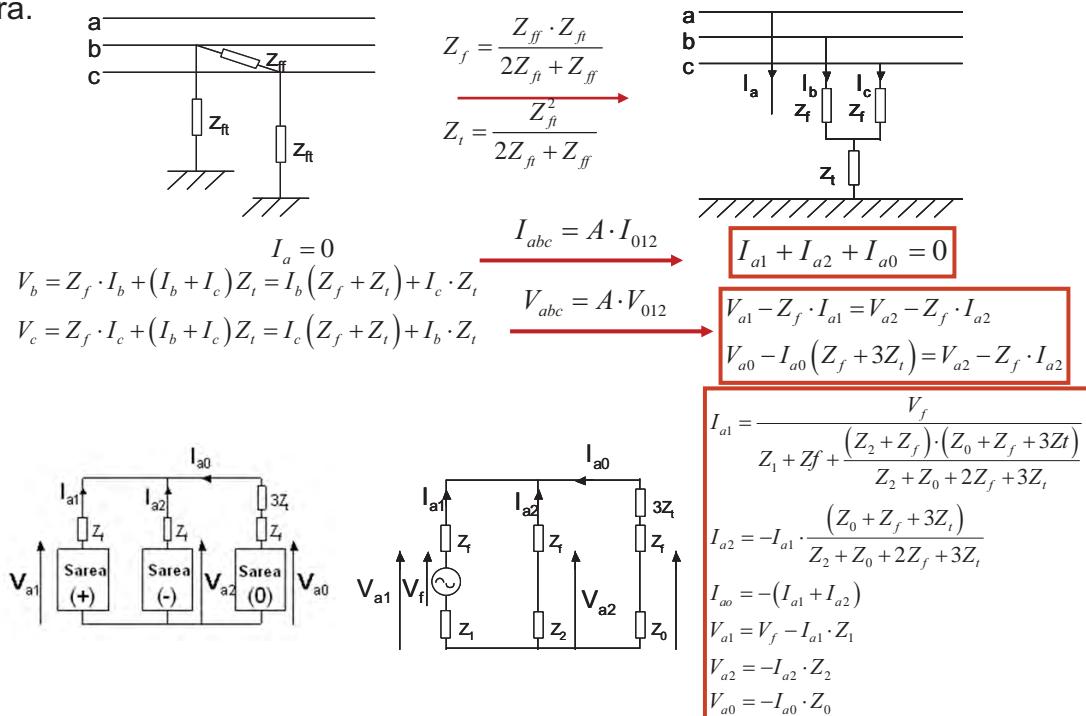


19

## 6. Osagai simetrikoen aplikazioa (IV)

### Akats lurrerako bifasikoak

**Sistema desorekatua:** Hiru sareak existitzen dira. Paraleloan konektatzen dira.



20

## 7. IEC 60.909:2.001 araua (I)

---

### Sarrera

IEC 60.909:2.001 (UNE-EN 60.909:2.002) arauak zirkuitulaburreko korronteak kalkulatzeko metodo estandarizatua deskribatzen du.

- **Aplikazio-esparrua:** 50 Hz eta 60 Hz-eko korronte alferno trifasikoko sistemak dira, 550 kV arteko tentsioetaraino.
- **Helburua:** zehaztasun onargarria duten emaitzak lortzeko prozedura orokor, praktiko eta zehatza.
- **Abantailak:**
  - Inpedantzia baliokideak kalkulatzeko, tresnen datu izendatuak eta topologia jakin behar dira.
  - Diseinu-faserako zein jadanik ustiatzen dauden sistemetan erabil daiteke.
- Eskuz kalkula daiteke, baina automatikoki kalkulatu duten programak ere badaude.

### Kalkulu metodoa

Zirkuitulaburra gertatu den puntuan tentsio iturri baliokide bat sartu eta sarearen inpedantzia baliokidea erabili (**Thevenin-en baliokideak**). Metodo honekin batera **gainezarpena** eta **sekuentzia-sare baliokideak** erabiltzen dira.

21

## 7. IEC 60.909:2.001 araua (II)

---

### Hipotesiak

- Zirkuitulaburraren iraupenean ez da ematen zirkuitulabur motaren aldaketarik.
- Zirkuitulaburraren iraupenean sarean ez da aldaketarik ematen.
- Transformadoreen inpedantzia, konexio aldagailuen toma nagusiari dagokiona da.
- Arkuen erresistentziak mesprezatzen dira.
- Lineen kapazitateak, admitantziak eta karga ez birakorrak mesprezatzen dira, sistema homopolarrekoak salbu.

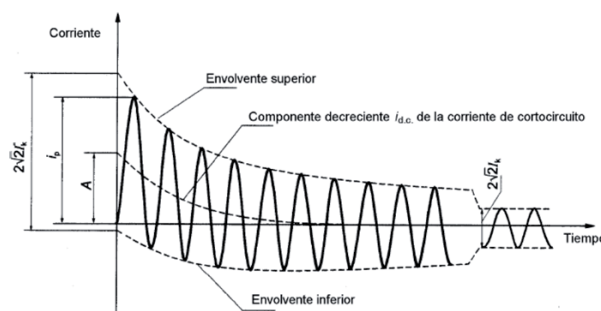
Nahiz eta aurreko hipotesiak ez diren zehatz-mehatz betetzen, beraien aplikazioak zehaztasun maila onagarridun emaitzak ematen ditu.

22

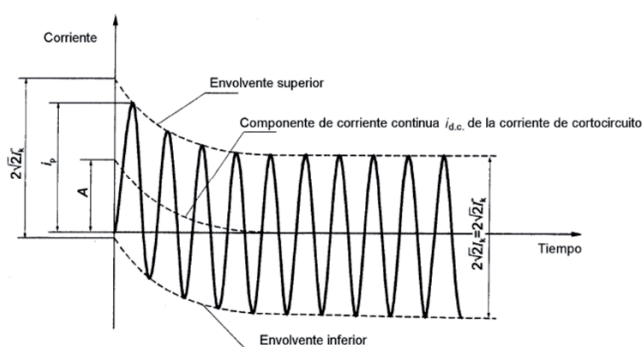


## 7. IEC 60.909:2.001 araua (III)

### Sorgailuetatik hurbil gertatzen den zirkuitulaburra



### Sorgailuetatik urrun gertatzen den zirkuitulaburra



23

## 7. IEC 60.909:2.001 araua (IV)

### Definizioak

- **Zirkuitulabur-intentsitate aurreikusia:** zirkuitulaburra, elikaduran aldaketarik egin gabe inpedantzia mesprezagarria lukeen konexio ideal batengatik ordezkaturako balitz agertuko litzatekeen intentsitatea.
- **Hasierako zirkuitulabur-intentsitate simetrikoa  $I_k''$ :** zirkuitulabur-intentsitate aurrekusiaren osagai simetrikoaren balio efikaza, zirkuitulaburra gertatzen den aldiunean.
- **Zirkuitulabur-intentsitatearen osagai beherakorra (ez periodikoa)  $i_{dc}$ :** zirkuitulabur-intentsitate beherakor baten goiko eta beheko ingurutzailleen batz besteko balioa, hasierako aldiunetik zero egiten den arte. Sare ez mailatuen kasurako, ondorengo ekuazioaren bitartez kalkula daiteke:

$$i_{dc} = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot t \cdot \frac{R}{X}}$$

- **Zirkuitulabur-intentsitatearen gandor balioa  $i_p$ :** zirkuitulabur-intentsitate aurrekusiaren aldiuneko balio maximoa. Balio hau, zirkuitulaburra gertatzen den aldiunearen menpe dago. Sare ez gurutzatuen kasurako, ondorengo ekuazioaren bitartez kalkula daiteke.

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \text{ non } \kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}}$$

24

## 7. IEC 60.909:2.001 araua (V)

### Definizioak

- **Ebaketako zirkuitulabur-intentsitate simetrikoa,  $I_b$ :** aurreikusitako zirkuitulabur-intentsitatearen ziklo integral baten balio efikaza, etengailuaren lehen poloaren kontaktuak banatzen hasten diren aldiunean.
- **Zirkuitulabur-intentsitate iraunkorra  $I_k$ :** fenomeno iragankorrak desagertzen direnean gelditzen den zirkuitulabur-intentsitatearen balio efikaza.
- **Zirkuitulabur-intentsitate termiko baliokidea  $I_{th}$ :** zirkuitulabur-intentsitate errearen efektu termiko eta iraupen berdinak dituen intentsitate baten balioa. Ondorengo ekuazioen bidez kalkula daiteke:

$$\int_0^{T_k} i^2 \cdot dt = I_k^2 \cdot (m + n) \cdot T_k = I_{th}^2 \cdot T_k \Rightarrow I_{th} = I_k \cdot \sqrt{m + n}$$

25

## 7. IEC 60.909:2.001 araua (VI)

Orokorrean, zirkuitulaburreko bi korrante kalkulatzen dira:

- **Zirkuitulaburreko korrante maximoa:** tresneriaren ezaugarri izendatuak aukeratzeko ( $i_p$  eta  $I_{th}$ ).

#### Kalkulu-hipotesiak:

- Tentsio izendatuari  $c_{max}$  faktorea aplikatzen zaio (1,05 behe-tentsioan eta 1,10 goi-tentsioan).
- Zirkuitulaburreko korranterik handiena sortzen duen konfigurazioa (elikadura-iturriak).
- $Z_{cc}$  minimoa.
- Motoreak kontuan hartu behar dira.
- Linea eta kableen  $R_L$  erresistentzien kalkulurako 20 °C-ko temperatura hartu behar da.

- **Zirkuitulaburreko korrante minimoa:** babesgailuak doitzeko ( $I_b$ ).

#### Kalkulu-hipotesiak:

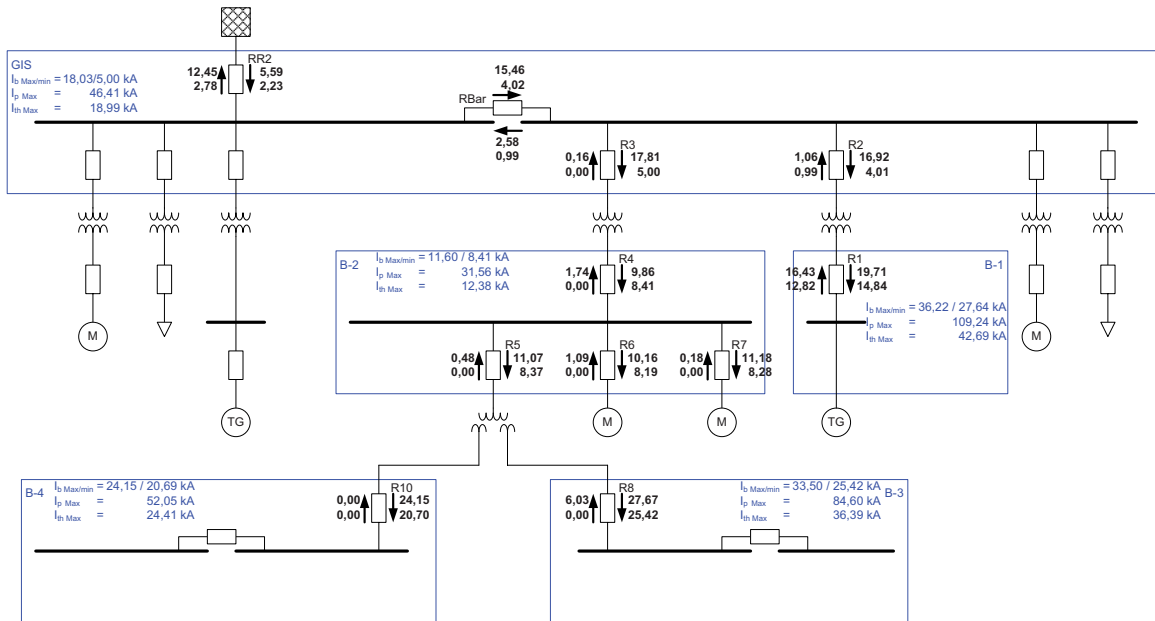
- Tentsio izendatuari  $c_{max}$  faktorea aplikatzen zaio (0,95 behe-tentsioan eta 1,00 goi-tentsioan).
- Zirkuitulaburreko korranterik txikiena sortzen duen konfigurazioa (elikadura-iturriak).
- $Z_{cc}$  maximoa.
- Motoreak ez dira kontuan hartu behar.
- Linea eta kableen  $R_L$  erresistentzien kalkulurako temperatura maximoa hartu behar da.

26



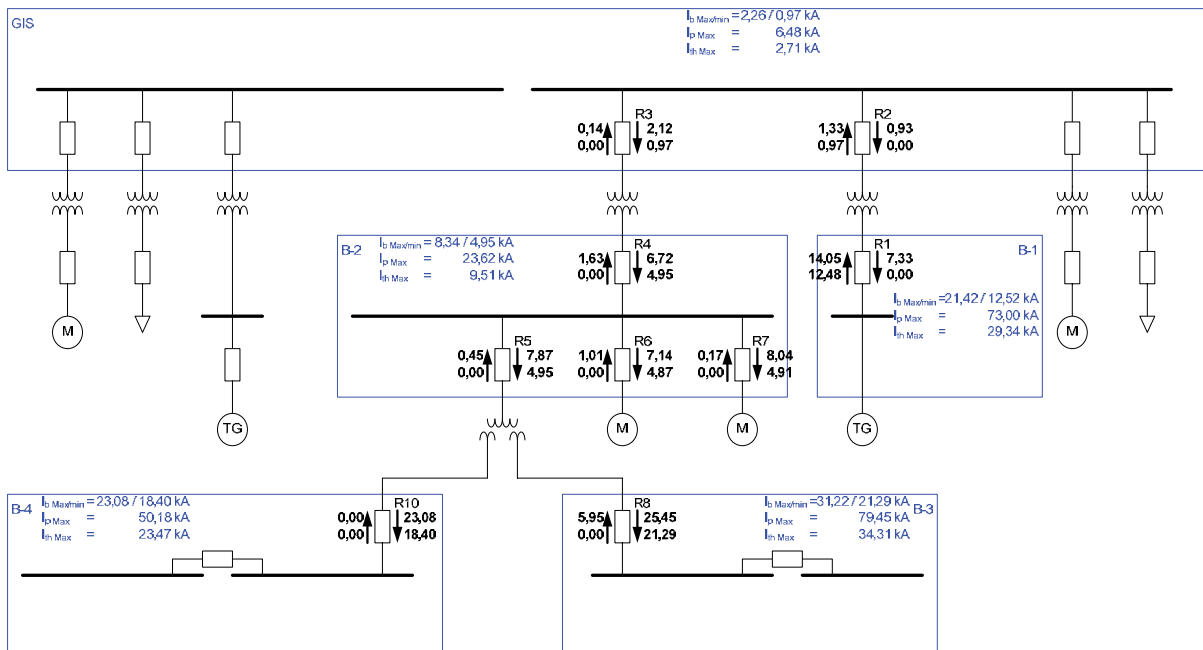
# Eranskina. Adibidea (III)

## 2. konfigurazioa. Sare minimoa



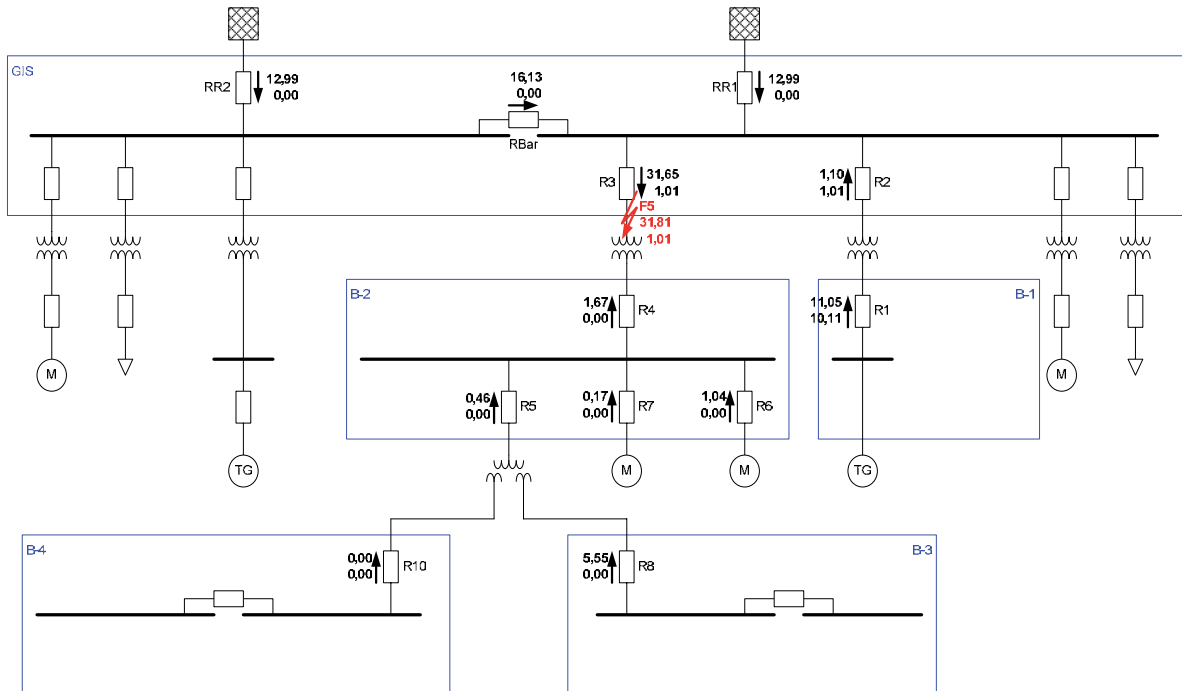
# Eranskina. Adibidea (IV)

## 3. konfigurazioa. Irlan (sararik gabe) eta GIS akoplamendua irekia



## Eranskina. Adibidea (V)

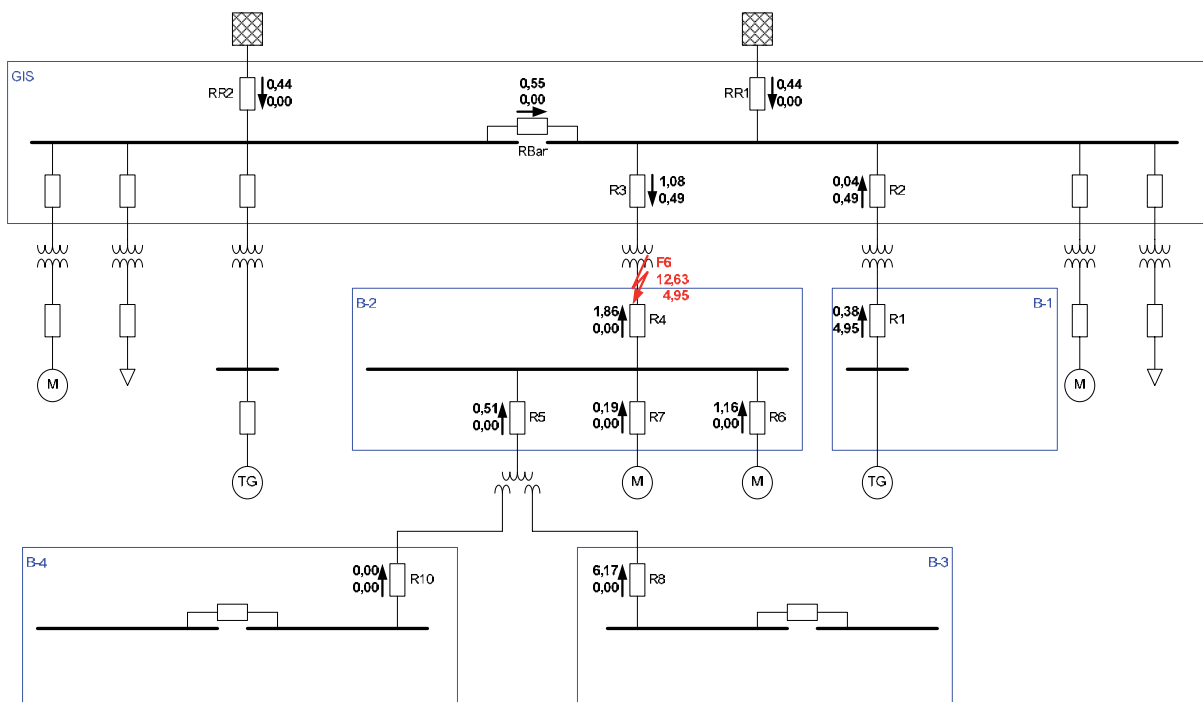
### F5 akatsa (transformadorearen primarioan)



31

## Eranskina. Adibidea (VI)

### F6 akatsa (transformadorearen sekundarioan)

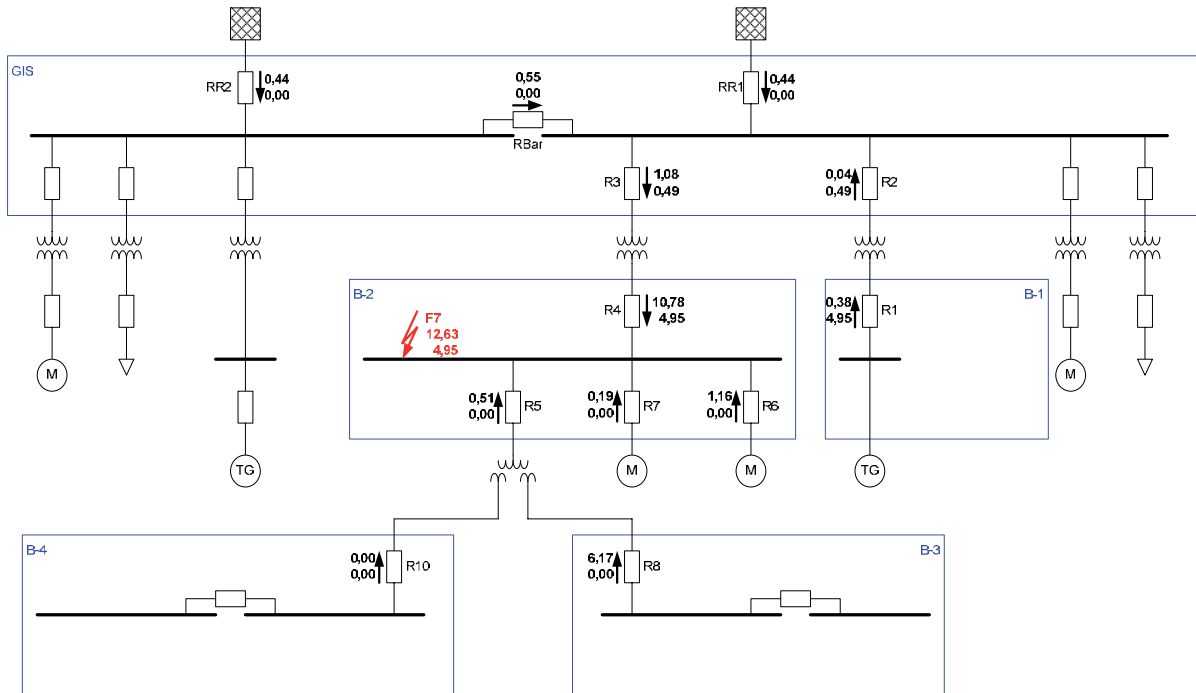


32



# Eranskina. Adibidea (VII)

## F7 akatsa (B-2 barran)



## 7. GAIA. BABESGAILUAK

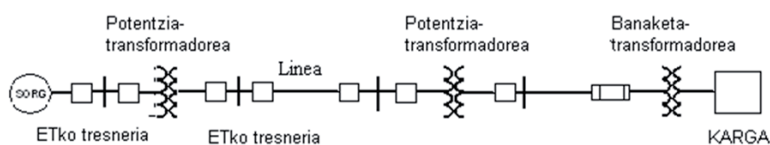
### Aurkibidea

1. Sarrera
2. Fusibleak
3. Babes-sistemak
4. Babes-sistemaren egitura
5. Babes-funtzioak
6. Babesgailuen sailkapena
7. Babesgailuen koordinazioa eta doikuntza
8. Behe-tentsioko babesgailuak

1

### 1. Sarrera

- Gaur eguneko energia-sistema elektrikoek eskakizun zorrotzak bete behar dituzte, aldi oro erabiltzaileak etengabe hornitzeko prest egon behar baitira.
- Energia-sistema elektrikoak momentuko energia-eskaria eta etorkizunean erabiltzaileek behar izango duten energiaren zenbatespena betetzeko adina energia sortu, garraiatu eta azken erabiltzaileei banatzeko gai izan behar dira.



- Energia-hornidura katean burutzen da, sorkuntzatik kontsumorarte. Kate horretan arazorik egonez gero, hornidura eten beharko litzateke.

→ hainbat energia-lotura behar dira.

2

# 1. Sarrera

---

- Zentraletan eta sare elektrikoetan ager daitezkeen perturbazioak:
  - Makina eta kableen isolatzaileetan zulaketak, zahartzearen, korrosioaren edo beroketaren ondorioz.
  - Deskarga atmosferikoak eta barneko gaintentsioak.
  - Animalien ondorioz: arratoiek jandako kableak, barren arteko zirkuitulaburrak katuen ondorioz, txoriek aireko lineetan sortutako zirkuitulaburrak.
  - Aireko lineen gainean zuhaitzak erortzea.
  - Giza faktoreak, okerreko maniobrak adibidez.
  - Lineetan gehiegizko karga badago konektatuta, sorgailu eta transformadoreak baldintza estuetan lan egitera behartuta egongo dira.
  - Ezorduko lurrerako konexioak, lurzoruaren hezetasuna dela-eta.

3

# 1. Sarrera

---

- Perturbazio guztiak 5 talde nagusitan sailka ditzakegu:
  - **Zirkuitulaburrak:** fase ezberdineko eroale bi edo gehiagoren arteko konexio zuzena. Zirkuitu elektrikoa zeharkatzen duen korrontearen intentsitatea aparte igotzen da. Makinetan eta linea elektrikoetan ondorio latzak dituzte: linea elektrikoak hondatzen dira eroaleak urtzean, eta makina elektrikoak ere guztiz suntsi daitezke.
  - **Gainkargak:** zirkuituak diseinuko korronte-intentsitatea baino intentsitate handiagoekin lan egiten du. Ezohizko beroketak sortzen dituzte, eta luzarora isolamenduetan zulaketak eta zirkuitulaburrak.
  - **Korronte-itzulerak:** korronte jarraiko zirkuituetan sortzen da, zirkuituko korronte-intentsitatea balio negatiboetaraino jaisten denean. Ondorioz, korrontearen noranzkoa alderantzikatu egiten da. Makina honda daiteke.
  - **Azpitentsioak:** zentraleko tentsioa tentsio izendatua baino txikiagoa da. Sarera konektatutako kargak ezin du potentzia gutxitu, eta tentsioa aurreikusitakoa baino txikiagoa denez, efektua orekatzeko, intentsitatea handiagoa xurgatzen du. Ondorioz, gaintentsitatea sortzen da.
  - **Gaintentsioak:** zentraleko tentsioa tentsio izendatua baino handiagoa da. Isolatzaileetan zulaketa-arriskua egongo da, langileentzako arrisku elektrikoa, ...

4

# 1. Sarrera

---

## Akats baten ondorioak:

- Energia-sistemaren magnitudeak euren ohizko funtzionamendutarteetatik ateratzen dira.
- Sistemaren hainbat atalek desoreka egoeran lan egiten dute ⇒ **ARRISKUTSUA**.
- Horniduraren jarraitasuna eta kalitatearen kaltetan dator.
- Aireko lineetan gertatzen diren falten %90a fase-lur akatsak dira.

## Ordezko aukerak:

- Hutsegite-toleratzailea den energia-sistema elektriko bat diseinatzea: akats bat gertatu arren, sistema guztiak funtzionatzen jarraituko du. Instalazioak gutxienez bikoiztu egin beharko dira, eta ondorioz, ekonomikoki asko garestituko da.
- Instalazioak bikoiztea, baina soilik sistemarentzat beharrezkoa eta ekonomikoa den kokapenetan (batez ere, garraio-sisteman eta sorkuntza-sistemako kokapen batzuetan). Horrez gain, akatsen ondorioak kontrolatzea eta minimizatzea, gertatzen diren uneetan.

Bigarren aukera horretan **babesgailuak** ezinbestekoak izango dira sistema, teknikoki eta ekonomikoki, hoberen garatu ahal izateko.

5

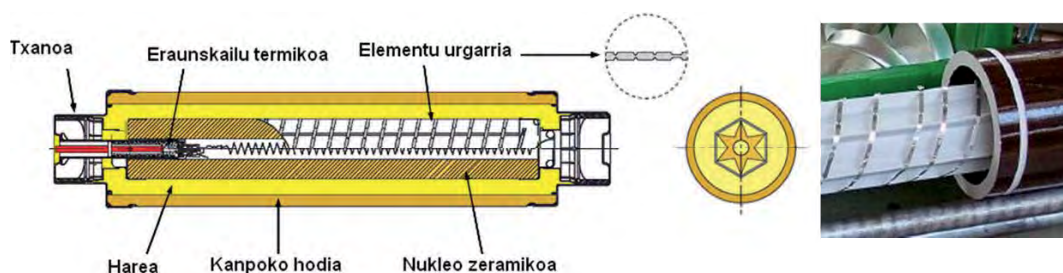
# 2. Fusibleak

---

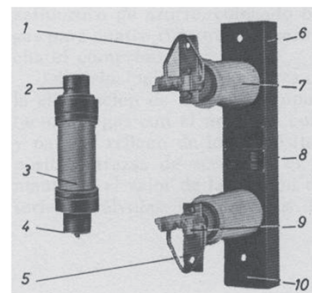
- Zirkuitua deskonektatzeko gai dira zirkuitulaburren bat edo gainintentsitate luzeren bat gertatuz gero.
- Aurredefinitutako denbora-epe batez korrontek balio jakin bat gainditzen duenean, fusiblearen elementu urgarria urtu, eta zirkuitua eteten da.
- Elementu urgarriak hari itxurako zilarrezko elementu bat edo hainbat ditu. Portzelanazko nukleo baten inguruan biribildutako konstrikioidun elementuak ere izan daitezke. Elementuok silize-harez betetako portzelanazko hodi baten barruan daude.



## 2. Fusibleak. Osagaiak



- **Elementu urgarria:** material eroalezko zinta. Seriean arku asko sortu ahal izateko zulatuta dago.
- **Nukleo zeramikoa:** elementu urgarrien euskarria.
- **Kuartzozko harea:** arku elektrikoa iraungitzeko.
- **Kanpoko hodia:** fusiblearen operazioan zehar sortutako esfortzuak jasan behar ditu.
- **Txanoak:** fusiblea zirkuituarekin lotzeko.
- **Eraunskailu termikoa:** fusiblearen operazioaren adierazle.



Goi-tentsioko fusiblea:  
 1.- Kartutxo itxi eta blokeatzeko gailua  
 2.- Kontaktuaren kulata  
 3.- Kartutxo urgarria  
 4.- Eraunskailua  
 5.- Konexio-bornea  
 6.- Xafra zurrunezko bastidorea  
 7.- Euskarri-isolatzaila  
 8.- Ezaugarri-plaka  
 9.- Kontaktu-matxarda  
 10.- Lur-konexioko torlojua

7

## 2. Fusibleak. Funtzionamendua

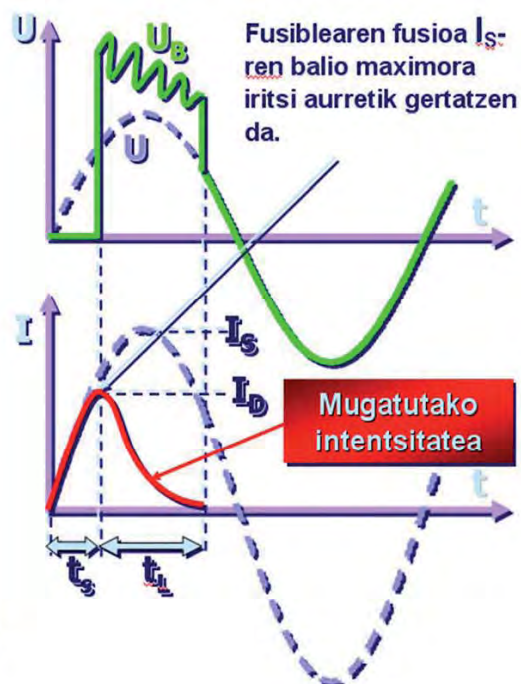
- Fusible bat zeharkatzen duen intentsitatea fusio-intentsitatea baino handiagoa denean, fusiblea urtzen hasten da. Prozesuak bi fase ditu:
  - **Arku aurreko denbora:** defektua agertzen denetik fusioa gertatu arte igarotzen den denbora-tartea.
  - **Arku-denbora:** fusioa (arkua) hasten denetik defektua guztiz desagertu arte igarotzen den denbora-tartea.
- **Ebaketako intentsitate mugatua:** fusibleak defektu-korrontea gandorreko baliora heltzea ekiditen ari den uneko korrontearen aldiuneko balio maximoa da.
- Fusibleek iraungipen-tarte oso txiki baten zirkuitulaburreko korronte altuak jasan ditzakete, zirkuitulaburreko korronteak mugatzeko gai baitira. Korrontearen mugapena zenbat eta handiagoa izan, iraungipen-tarte berbererako etendura-ahalmena handiagoa izango da.
- Korrontearen mugapenaren eraginkortasuna eta ondorioz, etendura-ahalmen handia, fusibleen ezaugarri espezifikoak dira. Hori dela eta, zirkuitulaburren aurkako babes-tekniken artean ezinbestekoak dira.
- Fusible bat eteteko gai den intentsitate maximoari **ebaketa-ahalmena** deritzogu eta kA-etan adierazten da.

8



## 2. Fusibleak. Funtzionamendua

- **U:** Fusiblearen tentsio izendatua.
- **$U_B$ :** Arku sortzen denean ematen den tentsioa.
- **$I_S$ :** Zirkuitulabur-intentsitatea.
- **$I_D$ :** Zirkuitulabur-intentsitate mugatua.
- **$t_S$ :** Fusio-denbora.  
(Arku aurreko denbora)
- **$t_L$ :** Arkuaren iraungitze-denbora.  
(Arku-denbora)

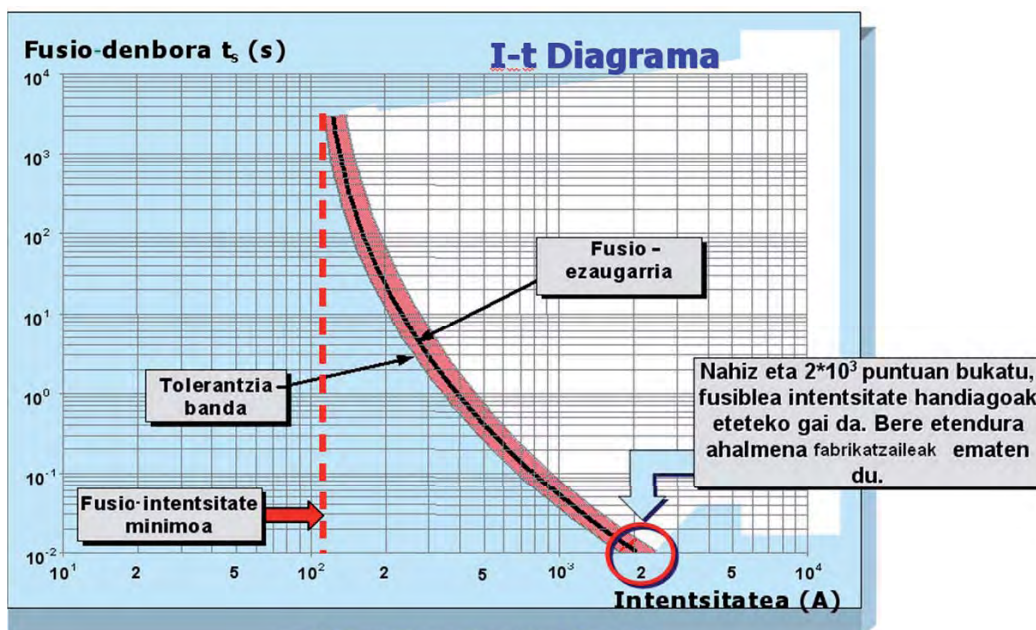


9

## 2. Fusibleak. I-t ezaugarri-kurba

Fabrikatzaileek (I-t) kurbak ematen dituzte, non intentsitate jakin bakoitzarentzat fusibleak urtu arte ematen duen denbora-tartea zehazten den.

Fusioaren ezaugarri-kurba elementu urgaria urteza lortzen duen intentsitate minimoarekin hasten da.



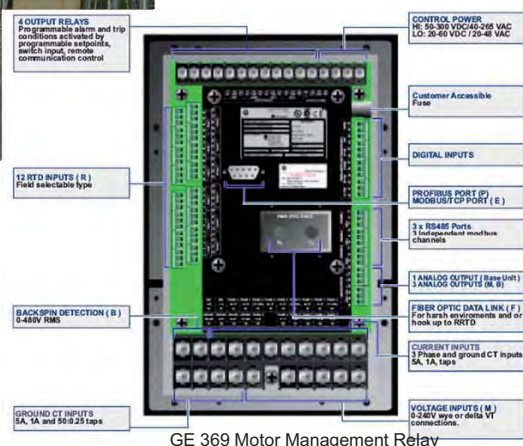
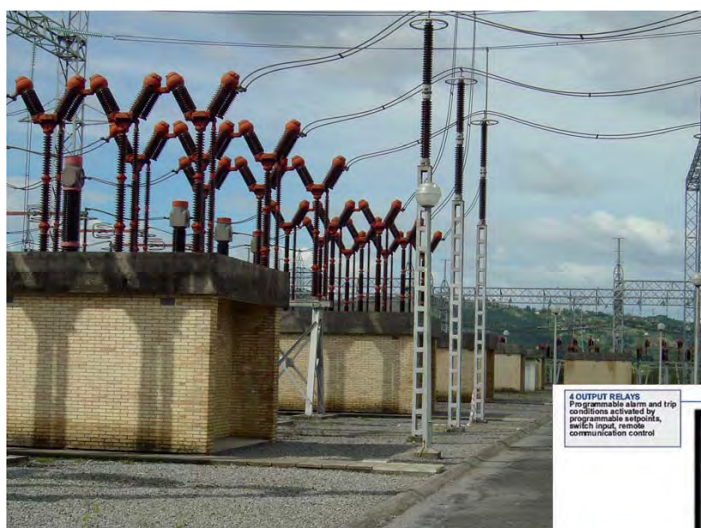
10

### 3. Babes-sistemak

- **Definizioa:** sareko perturbazioak detektatu eta isolatzeko tresneria.
- **Helburua:** akats mota desberdinek eragin ditzaketen ondorioak minimizatzea, horniduraren jarraitasuna eta kalitatea bermatuz.
- **Prozedura:**
  1. Akats-zirkuitua deskonektatu.
  2. Akatsaren efektuek harrapatu dituzten zirkuituetan jarduera tekniko egokiak eragin.
  3. Sistema elektrikoa hasierako baldintzetara itzularazi.
- Babes-sistema baten **elementuek** akatsak detektatu, aztertu eta argitu egiten dituzte:
  - **Neurketako tresneria:** sistemaren aldagaiak neurtzen dituzte (tentsioa eta intentsitatea).
  - **Babes-errelea:** aldagaien balioaren arabera, akatsen bat dagoen aztertu, eta ebaketako elementuari desarra-agindua bidali edo alarma-seinaleren bat pizten du.
  - **Etengailua:** desarra-agindua jaso, eta kontaktuak irekitzen ditu, akatsa elikatzen duen iturria ebakiz.
  - **Elikadura lagungarria:** desarra- eta kontrol-zirkuituek beharrezkoa duten elikadura-iturria.

11

### 3. Babes-sistemak



12

### 3. Babes-sistemak

---

Akats bat detektatzeko beharrezkoa den informazioa, intensitateak eta tentsioak, babestu beharreko instalazioan kokatutako **babeseko transformadoreen** bidez jasotzen dute

Erreleek sistema elektrikoa babesten dute akats iraunkor batek sor ditzakeen kalteen aurka. Akatsa azkar detektatu behar dute eta erreleari lotutako etengailu automatikoei desarra-agindua bidali behar diete, akatsa elikatzen duten korrante-iturri guztiak moztuz, eta akats-elementua sistematik isolatuz.

#### Babes-sistema baten onurak

Babes-sistema on baten onurak hurrengokoak dira:

- Sarearen segurtasuna
- Sarearen egonkortasuna
- Ekipamenduen konponketen iraupena eta kostua txikiagoak, matxurak urriagoak eta garrantzi txikiagoak direlako.
- Erreserbako ekipamendu gutxiago behar da
- Elementuen erabilgarritasuna handiagoa da, babesgailuek akatsa isolatzeko beharrezkoak diren elementuak baino ez baitituzte deskonektatuko.

13

### 3. Babes-sistemak. Ezaugarriak

---

Edozein babesgailu edo babes-sistemak bere funtzioa zuzen betetzeko, oinarrizko **lau** betekizun bete behar ditu :

- **Sentikortasuna:** errelea sentikorra izan behar da, eta babestu behar duen sistemaren zatian akats minimoko baldintzetan ere eragin behar du.
- **Hautakortasuna:** erreleek babesten dituzten ekipoetan gertatutako akatsen eta bestelako ekipoetan gertatutakoen artean bereizi behar dute, azken hauetan ez baitute eragin behar.
- **Azkartasuna:** erreleak azkartasunez jokatu behar du. Elementu kaltetua saretik azkar banatzea ezinbestekoa da, kalteak minimizatzeke. Horrela, konponketa-kostuak eta zerbitzuz kanpoko denbora-tartea txikitu egingo dira.
- **Fidagarritasuna:** babesgailuak zuzen eragingo duen konfiantza da. Bi azpitaldetan banatzen da:
  - **Obedientzia** (Dependability): babesgailu batek izendatutako operazio-baldintzetan eragingo duen ziurtasun-maila.
  - **Segurtasuna** (Security): eragin behar ez duen akatsen aurrean zuzen jokatuko duen ziurtasun-maila.

14

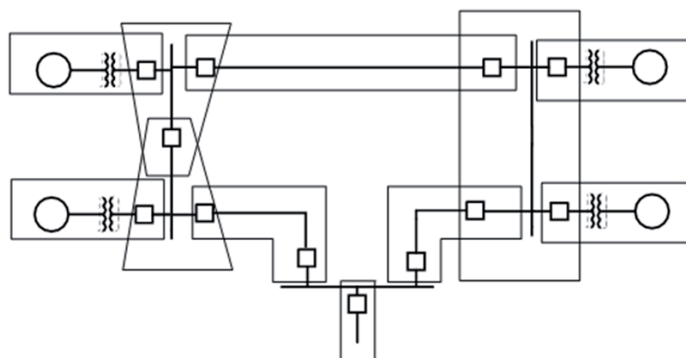
### 3. Babes-sistemak. Ezaugarriak

- Fidakorra ez izateko bi aukera daude:
  - Eragin behar duenean, ez eragitea, huts egitea.
  - Eragin behar ez duenean, eragitea.
- Babes-sistema fidakorra esanekoa (obedientea) eta segurua izan behar da.
- Babes-sistema gehienak obedientzia handia izateko diseinatzen dira, hau da, sistemako edozein akatsen aurrean sistemako erreleren batek eragiteko.
- Babes-sistema bat zenbat eta esanekoagoa izan, orduan eta segurtasun gutxiagokoa izango da. Gaur eguneko joerak:
  - Sistema gurutzatuetan (garraioa) oso babesgailu esanekoak diseinatzen dira, segurtasun-maila zerbait galdu arren.
  - Sistema erradialetan (banaketa) babesgailu oso seguruak diseinatzen dira, obedientzia-maila zerbait galdu arren.

15

### 4. Babes-sistemaren egitura. Babes-eremuak

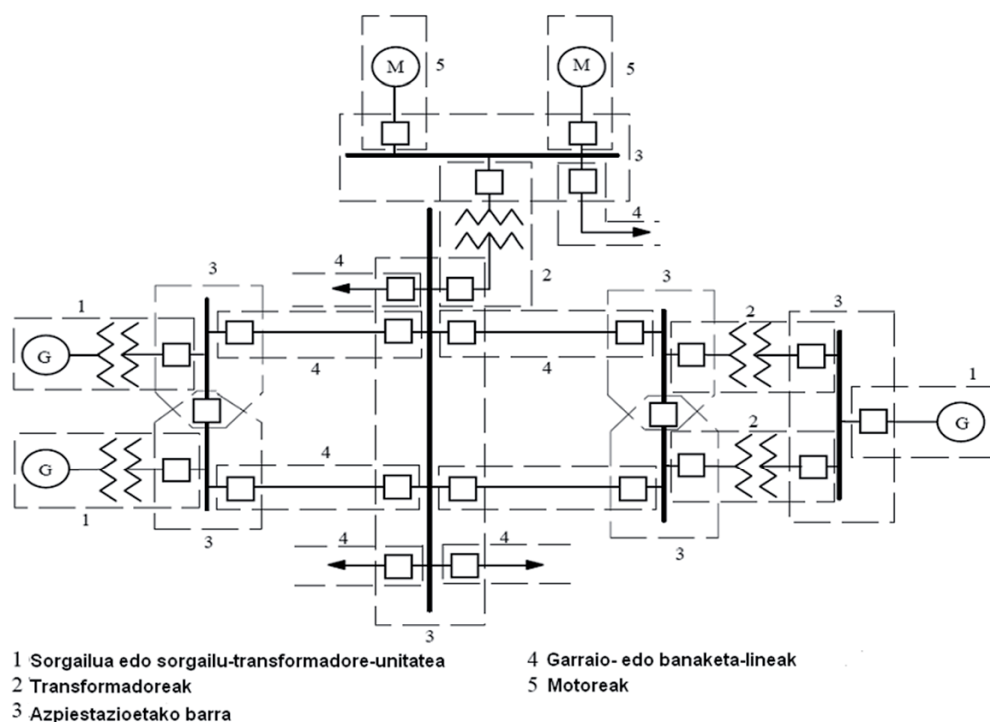
- Babesgailuak kokatzeko irizpide orokorra: energia-sistema elektrikoa tresna egokiekin babestu daitezkeen eremuetan banatzen da.
- Eremuaren barne sartzen dira sistemako elementua eta elementu hori sistemara lotzen duten etengailuak.



- Babes-eremuak etengailuen gainjartzen dira gunek ez egoteko.

16

## 4. Babes-sistemaren egitura. Babes-eremuak



Sistema baten hari bakarrekoko diagrama, babes-eremuak adieraziz

17

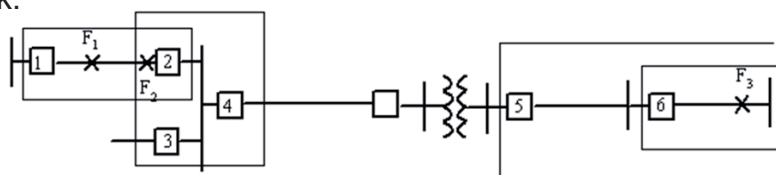
## 4. Babes-sistemaren egitura. Babes-eremuak

Tresnerian edozein hutsegite gertatu arren, babes-sistemaren diseinuak ez du energia-sistema elektrikoa babesik gabe utzi behar, ondorio kaltegarriak gerta ez daiten.

Eremu bakoitzeko babesgailuak bi motatan bana ditzakegu:

- **Babesgailu primarioak:** akatsa lehendabizi argitzeko ardura duten babesgailuak.
- **Laguntza-babesgailuak:** babesgailu nagusiak ez badu akatsa zentzuzko denbora-tarte batean argitzen, orduan eragingo dute laguntza-babesgailuak.

Adibidea:



- F1 akatsa: babesgailu primarioek argitzen dute, 1 eta 2 etengailuak irekiz.
- F2 akatsa: berdin, 1, 2, 3 eta 4 gainjartzez irekiz.
- F3 akatsa: babesgailu primarioak argitzen du 6 etengailua irekiz. Hutsegiteren bat egonez gero, 5 etengailuak argituko du, laguntza-babesgailu den heinean.

18



## 4. Babes-sistemaren egitura. Babesgailu nagusiak

- **Diseinua:** edozein akats motaren aurrean azkartasunez eragin behar da. Akats-elementua baino ez da deskonektatu behar.
- **Azkartasuna:** sisteman daukan kokapenaren arabera
  - Sorkuntza/garraioa: ahalik eta azkarren (egonkortasuna arriskuan egon daiteke).
  - Banaketa: ez da horren murriztailea (ez da egonkortasun-arazorik sortzen).

Orokorrean, babesgailu nagusiek ahalik eta erantzunik azkarrena eman behar dute, sistemaren ezaugarriak kontuan hartuta.

- **Eremuen arteko gainjartzea:** babes-eremu nagusiak etengailuen inguruan gainjarrita.
  - Gainjarritako eremu bateko akatsaren ondorioz, bi eremu nagusietako etengailu guztiak desarratzen dira.
  - Etengailuan eta babes-sisteman gertatutako akatsak detektatzen ditu.

19

## 4. Babes-sistemaren egitura Laguntzako babesgailuak

Babesgailuen hutsegite motei buruzko laburpen estatistikoa:

Erreleen hutsegiteak	43 %	Kontaktu zikinak, haril ebakiak, doiketa okerrak, kalibraketa okerra.
Etengailuen hutsegitea	20 %	Haril erreak, hutsegite mekanikoak, ahalmeneko kontaktuen hutsegitea, harilen beste arazo batzuk.
Neurketa-transformadoreen hutsegitea	10 %	Fusible erreak, nukleoen asetasuna, harilkatuen arazoak, isolamendu-akatsak.
Gailu lagungarrien hutsegitea	9 %	Kontaktu zikinak, konexio okerrak
Argiztapenaren hutsegiteak	12 %	Isolamendu txarra, konexio solteak eta okerrak.
Elikaduraren hutsegiteak	6 %	Fusible erreak, tentsio baxua

20



## 4. Babes-sistemaren egitura

### Laguntzako babesgailuak

- Babesgailu nagusia laguntzea da bere funtzioa. Akats bat zentzuzko denbora-tartean argitu ez denean eragiten du. Arrazoiak:
  - Babesgailu nagusien hutsegitea edo ezgaitasuna.
  - Lotutako etengailuaren edo etengailuen hutsegitea.
- **Oinarrizko baldintza:** laguntzako babesgailuak ez du eragin behar babesgailu nagusiak eragiteko nahikoa denbora-tarte izan arte. ~~Atzerat~~pena sortzen da:
  - Akatsa: babesgailu biak abian jartzen dira. Babesgailu nagusiak akatsa argitzen badu, laguntzako desarra-zikloa bukatu baino lehen leheneratu behar da.
  - Babesgailu nagusiak ez badu akatsa argitzen, laguntzako babesgailuak eragingo du handik denbora batera, akatsa argitu eta elementua sistematik isolatzeko beharrezkoak diren etengailuak desarratuz.
- **Laguntza-babesgailu motak:**
  - **Tokiko laguntzako babesgailua:** akatsak instalazioko erreleen bitartez argitzen dira.
    - Gelaxkako tokiko laguntza: babesgailu nagusiaren neurketa-transformadore berberak, edo babesgailu nagusiaren zirkuitu primario berberari lotutako neurketa-transformadoreek elikatzen dute.
    - Azpiestazioko tokiko laguntza: babesgailu primarioen azpiestazio berberetan dauden, baina zirkuitu primario ezberdinari lotuta dauden neurketa-transformadoreek elikatzen dituzte.
  - **Urruneko laguntza-babesgailua:** beste azpiestazio batean (babesgailu nagusiaren azpiestazioan izan ezik) instalatutako babesgailua. <sup>21</sup>

## Babesgailuen gelaxkak



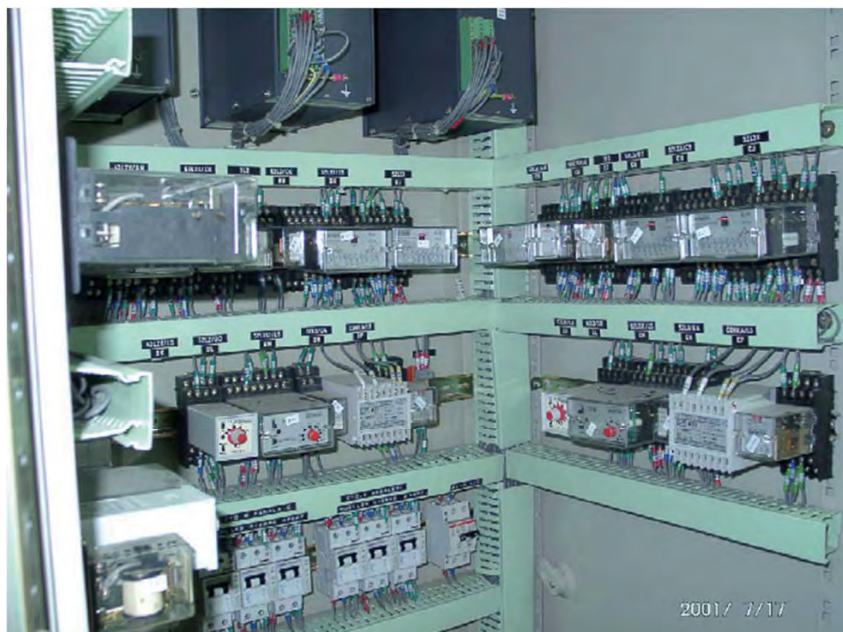
# Babesgailuen gelaxkak

BABESGAILUEN GELAXKAK



# Babesgailuen gelaxkak

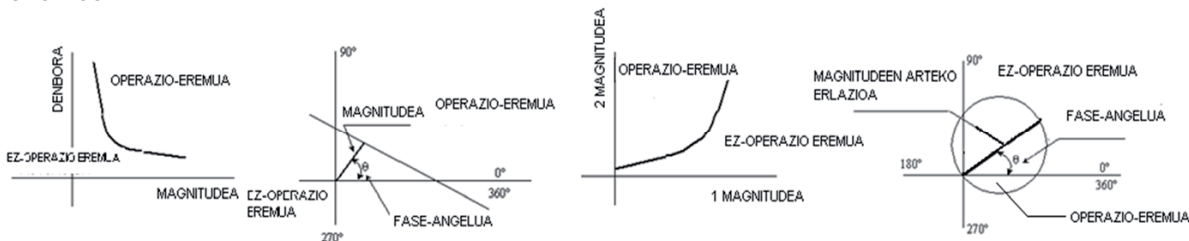
BABESGAILUEN GELAXKAK



## 5. Babes-funtzioak.Ezaugarri-kurba

Errele batek edo babes-funtzio batek ondoren aldagaien arabera eragiten du:

- magnitude elektriko bakarra: I, V, f
- bi magnituderen aldibereko ekintza: I eta/edo V, fase-angeluak, magnitude elektrikoaren arteko erlazioak, edota, bien arteko konbinaketa bitarteko izanik.
- **Operazioaren ezaugarri-kurba:** erreleari eragin araziko dioten magnitudeen arteko erlazioa.



Magnitudea eta denbora

Magnitudea eta angelua

Bi magnitude

Bi magnitude eta angelua

Erantzun-balioak xedatzeko orduan interesgarriak dira. Beste parametro batzuen dedukzioa babesgailuen koordinaziorako:

- sentikortasuna
- erantzun-azkartasuna
- hautakortasuna

25

## 5. Babes-funtzioak. Oinarrizko funtzioak

• Gaur eguneko babesgailuen operazioaren ezaugarri-kurbak oinarrizko funtzio gutxi batzuetan oinarritzen dira.

• Bi terminoak erabiltzen dira: *babes-funtzioa*  $\longleftrightarrow$  *babes-errelea*

• **Babes-funtzioen sailkapena:**

- **Magnitude bakarreko funtzioak:** maila-konparatzaileak. Sarrerako magnitude bakarrarentzat erantzuten duten funtzioak (Intentsitatea, tentsioa eta frekuentzia).
- **Norabide-funtzioak:** fase-konparatzaileak. Sarrerako korrante alternoko bi magnituderen arteko fase-angeluarentzat erantzuten duten funtzioak. Norabide-unitatea, potentziaren norabide-unitatea.
- **Funtzio diferentziala:** magnitude-konparatzaileak. Sarrerako magnitude bi edo gehiagoren batura bektoriala diren magnitudeentzat erantzuten duten funtzioak. Unitate diferentziala.
- **Bi magnituderen arteko zatidura-funtzioak:** bi magnituderen arteko erlazioarentzat erantzuten dute, fasoretan adierazita. Distantzia-unitatea.
- **Askotariko funtzioak:** beste gailu batzuekin batera erabiltzen dira babesgailuak osatzeko. Sinkronismoa egiaztatzea, birkonexioa, etengailuaren hutsegitea...
- **Telebabesgailuak:** muturren arteko komunikaziodun babes-funtzioa. Urruneko mutur batetik edo batzuetatik komunikazio bidez lortutako informazioa erabiltzen dute sarrerako seinale bezala.

26

## 5. Babes-funtzioak

Babes-funtzioak ANSI zenbaki baten bidez adierazten dira. Erabilienak honako hauek dira:

ANSI Funtzioak		ANSI Funtzioak	
21	Distantzia	51	Gainintentsitate atzeratua
24	Gainkitzikapena	52	Etengailua
25	Sinkronizazioa	59	Gaintentsioa
27	Azpitentsioa	64	Gaintentsio homopolarra
32	Potentiaren alderanzketa	66	Elkarren segidako abioak
37	Azpintentsitatea	67	Gainintentsitate direkzionala (Norabide gaintentsitatea)
40	Azpikitzikapena	78	Bektoreen jauzien zaintza
46	Intentsitate desoreka	79	Recloser (Birkonexioa)
47	Tentsio desoreka	81	Maiztasuna
48	Abio luzea	85	Tele-babes eskemak
49	Irudi termikoa	86	Blokaketa funtzioa
50	Bat-bateko gaintentsitatea	87	Diferentziala

27

## 5. Babes-funtzioak

### 50/51 gaintentsitateko funtzioa

- Babestutako elementuan korrontearen intentsitateak aurrez aukeratutako maila jakin bat (doikuntza, pick-up, setting) gainditzen duenean eragiten du.
- Bi oinarriko mota daude:

- **Berehalako gaintentsitate-babesa (50).**

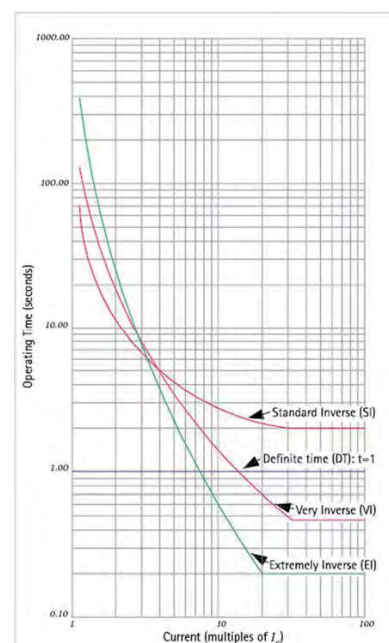
Erantzuna ez da denboraren araberakoa (berariaz ez dago atzerapenik).

- **Gaintentsitate-babes atzeratua (51).** Erantzuna intentsitatearen magnitudearen eta denboraren araberakoa da. Bi mota daude:

- Denbora finkokoak: operazio-denbora finkoa, baina hautagarria. Ez daude unitatetik igarotzen den intentsitatearen balioaren mende.

- Alderantzizko denborakoak: unitatetik igarotzen den korrontearen intentsitatearen balioarekiko alderantziz aldatzen da operazio-denbora. Operazio-denbora txikitzen den heinean intentsitatea nola handitzen den kontuan hartuta, ondorengo sailkapena egin dezakegu:

- Alderantzizkoa
- Oso alderantzizkoa
- Zeharo alderantzizkoa



28



## 5. Babes-funtzioak

### 50/51 gainintentsitateko funtzioak

- Karga-intentsitate maximoa akats-intentsitate minimoa baino handiagoa denean, ezin daitezke erabili.
- Bakarka erabilita, **oso hautakortasun eskasa** agertzen dute, ez baitute kontuan hartzen:
  - ↳ Intentsitatearen zirkulazioaren noranzkoa
  - ↳ Akatsa gertatu den puntua
- Hautakortasuna areagotzeko, hainbat unitate koordinatu behar dira.
- Babes-funtziorik erabiliena da.
- Aplikazioak:
  - Banaketa-sareetako lineak
  - Makina elektrikoak (sorgailuak, transformadoreak, motoreak )
  - Kondentsadore-multzoak
  - Konpentsazio-erreaktantiak
  - Potentzia-artezgailuak



29

## 5. Babes-funtzioak. 27/59 tentsioko funtzioak eta 81U/81O/81R frekuentziako funtzioak

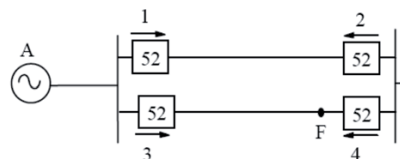
- Tentsio-funtzioek hurrengo kasuetan erantzuten dute:
  - Tentsioak doikuntza-balioa gainditzen duenean: tentsio maximoa (59)
  - Tentsioa doikuntza-balioaren azpitik jaisten denean: tentsio minimoa (27)
  - Berehalakoak, denbora atzeratukoak, denbora finkokoak, edo alderantzizko denborakoak izan daitezke.
- Maiztasun-funtzioek hurrengo kasuetan erantzuten dute:
  - Maiztasunak doikuntza-balioa gainditzen duenean: frekuentzia maximoa (81O, 81M)
  - Maiztasuna doikuntza-balioaren azpitik jaisten denean: maiztasun minimoa (81U, 81m)
  - Maiztasunaren aldaketak doikuntza-balioa gainditzen duenean: ROCOF (81R)
  - Denbora atzeratukoak dira (finkoa)

30

## 5. Babes-funtzioak. Norabide-funtzioa

• Norabide-funtzioak hurrengo aldagaien arteko angeluaren baldintza jakin batzuetan eragiten du:

- intentsitate bat, **operazio-magnitudea**
- erreferentziako tentsio edo intentsitate bat, **polarizazio-magnitudea**

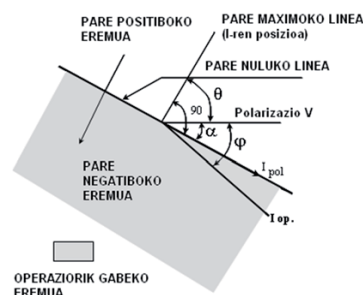


• Korrronteak noranzko jakin batean zirkulatzen duenean erantzuten dute.

• Polarizazio-zirkuituari intentsitate edo tentsio jakin baten zuzenean aplikatzen bazaio, zirkuitutik polarizazioko intentsitateak zirkulatuko du.

• Babesgailu elektromagnetikoetan sortutako parea:  $P = KI_{op} I_{pol} \sin(\varphi - \alpha)$

- $P > 0$  kontaktuen ixten diren noranzkoan biraketa. Unitateak “ikusi” egiten du.
- $P < 0$  alderantzizko noranzkoan, ez dago kontakturik. Unitateak ez du “ikusten”.



• Gainintentsitate-funtzioarekin batera, norabide gainintentsitate-funtzioa osatzen du (67)

31

## 5. Babes-funtzioak Potentziaren norabide-funtzioa

• Sistemaren intentsitatearen eta tentsioaren, eta horien arteko fase-angeluaren balio jakin batzuentzat eragiten duen babes-funtzioa.

• Potentziaren magnitudea noranzko batean aurrez ezarritako balio jakin bat baino handiagoa denean eragiten du unitateak.

• Norabide jakin baten zirkulatzen duen potentzia-fluxuaren maila maximo edo minimo jakin batzuek detektatzeko diseinatu dira. Potentzia aktiboa edo erreaktiboa detektatzeko erabil daitezke.

• Ohizko aplikazioa: sorgailuetako potentzia-alderantzikatzea (32), erresonantzia-neutrodun sareetan lurrerako akatsak detektatzea.

32



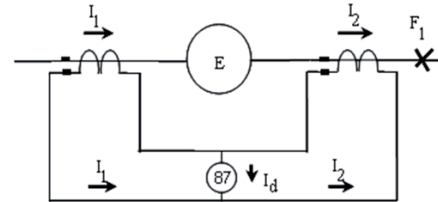
## 5. Babes-funtzioak 87 funtzio diferentziala

• Babes diferentzialak akatsak detektatzeko printzipio hautakorra erabiltzen du: babestu beharreko elementu guztietako muturretako intentsitateak konparatzen ditu, Kirchoff-en lehenengo legea betez, hots, **korapilo batera heltzen diren korronteen bektoreen batura zero izan behar da.**

• Korronte diferentzialaren printzipiorik erabiliena da. Elementu babestuaren sarreko eta irteerako korronteak konparatzen ditu, eta haien arteko diferentziaren arabera eragiten du:

• Kanpoko akatsen kasuan,  $I_1$  eta  $I_2$  berdinak dira eta, beraz,  $I_d = 0$ . **Ez du eragiten.**

• Barneko akatsen kasuan,  $I_1$  eta  $I_2$  ezberdinak dira eta, beraz,  $I_d \neq 0$ . **Eragiten du.**



$$I_d = I_1 - I_2 \text{ (korronte diferentziala)}$$

• Aplikazioa:

- Barrak
- Sorgailuak
- Transformadoreak
- Potentzia handiko motoreak
- Muturren artean zuntz optiko bidezko komunikazioa duten garraio-lineak

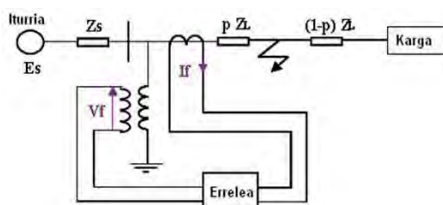
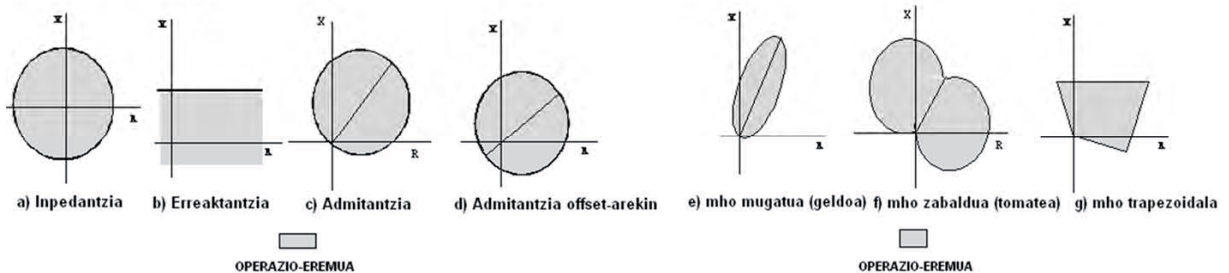


## 5. Babes-funtzioak 21 inpedantzia- edo distantzia- funtzioa

• Distantziak-funtzioak tentsioaren eta intentsitatearen arteko erlazioaren arabera erantzuten du, eta beraz, inpedantziaren arabera, edo inpedantziaren osagai baten arabera. Garraio-lineetan erabiltzen da.

• Inpedantzia linearen luzeraren funtzio lineala denez, **distantzia-funtzio** edo **distantzia-errele** ere deitu ohi dira.

• Operazio-balioak *inpedantziaren*, inpedantziaren osagaien (*erresistentzia*, *erreaktantzia*) edo alderantzizkoaren (*admitantzia*) arabera adierazten dira.



### Linea baten inpedantziaren neurketa akats-punturaino

*Inpedantziaren kalkulua:* erreleak ikusten duen akats-korrontea eta errelea dagoen puntuko tentsioaren arteko konparaketa.

Erreleak neurtutako inpedantzia irismen-inpedantzia 34 baino txikiagoa bada, babesgailua desarraraziko da.

## 5. Babes-funtzioak

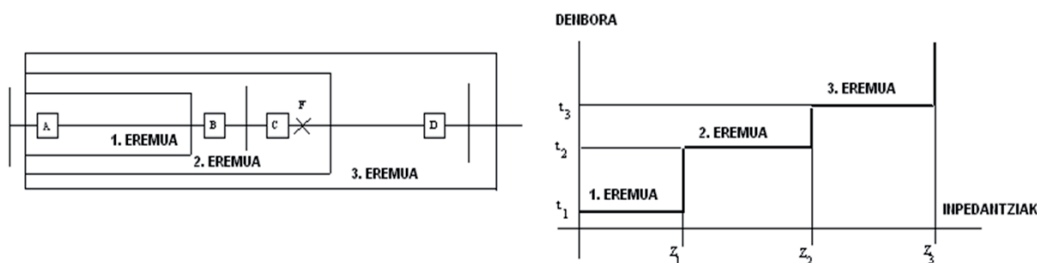
### 21 inpedantzia- edo distantzia- funtzioa

Distantzia-babesgailua ezin daiteke doitu linearen % 100 babesteko, lineatik kanpo dauden akatsen ondoriozko desarrak sortuko bailirateke ondoko arazoiegatik:

- Neurrietan erroreak
- Neurketa-algoritmoaren erroreak
- Doikuntzarako erabilitako lineako inpedantziaren kalkuluan erroreak
- Beste faktore batzuk

Linearen % 100 babestea beharrezko denez, eremuetan banatutako distantzia-babesgailuaren eskema erabiltzen da oinarritzat:

- 3 distantzia-unitate aldiro irismen handiagoarekin
- Lehenengo unitatea berehalakoa da eta beste biak denboran atzeratuak



35

## 5. Babes-funtzioak

### 21 inpedantzia- edo distantzia- funtzioa

#### 1. eremuaren doikuntza:

- Erroreen ondorioz gainirismenik gerta ez daiten, lehenengo eremua linearen inpedantziaren %80 (errele elektromekanikoak) eta %85 (digitalak) artean doitzen da
- Desarra berehalakoa da

#### 2. eremuaren doikuntza:

- Linea osoa babestu behar du segurtasunez. Beraz, gutxienez linearen inpedantziaren %120 baliora doitu behar da
- Normalean, linearen inpedantziaren %100 gehi alboko linearekin motzenaren %50 baliora doitzen da
- 1. eremuko unitatearekin koordinazioa bermatzeko, desarra tenporizatuta egon behar da (300 ÷ 600 ms)

#### 3. eremuaren doikuntza:

- Alboko linea guztietan urruneko laguntza-babesa ematen du. linearen inpedantziaren %100 gehi alboko linearekin motzenaren %120 baliora doitzen da
- 1. eta 2. eremuko unitateekin koordinazioa bermatzeko, desarra tenporizatuta egon behar da (800 ms ÷ 1,2 s)

36

## 5. Babes-funtzioak

### 25 sinkronismo-funtzioa

---

- Sistema berberaren edo bi sistema ezberdinen bi atal bata bestearekiko sinkronismoan noiz dauden egiaztatzeko funtzioa.
- Bi sistema sinkronismoan egoteko, tentsio-sistema trifasikoek ondorengo baldintzak bete behar dituzte:
  - Modulu berdinak izatea
  - Sistema bien fase bereko tentsioen artean desfaserik ez egotea
  - Faseen sekuentzia berbera izatea
  - Fasoreen errotazio-abiadura (f) berbera izatea
- Funtzioak bi aldeetako tentsioen magnitudeek eta haien arteko angeluek akoplamendu-baldintzak betetzen ote dituzten egiaztatzen du.
- Etengailuaren itxiera-baimenaren funtzio lagungarria da.

37

## 5. Babes-funtzioak

### 79 birkonexio-funtzioa

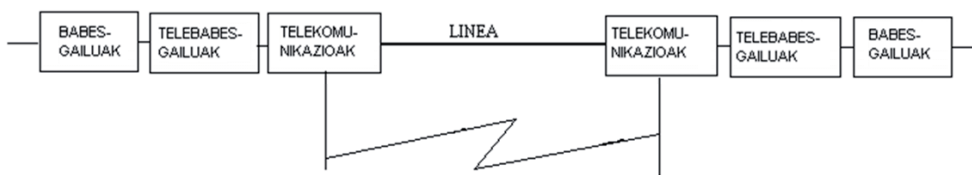
---

- Sistema elektriko bateko akatsen %90 aireko lineetan sortzen da, eta gehienak fas-lur akatsak izaten dira. Gainera, akatsen %85-90 irangankorrak dira. Akatsok etengailuak irekitzean argitzen dira, eta ez dira linea berrindartzean berriro agertzen.
- Laburbiltzeko, aireko lineetako akats gehienak irangankorrak izan ohi dira, eta linea irekitzean desagertzen dira.
- Hori dela eta, akatsak sortzen diren unean, linea lehenbailehen irekitzen da, etengailuaren iraungitze-ganberak eta airea desionizatzeko denbora utzi, eta zirkuitua birkonektatuz.
- Birkonexio-funtzioa lagungarria da, eta automatikoki betetzen du bere funtzioa. Sinkronismoa egiaztatzen duen errelearen baimena jaso ondoren, etengailua ixteko agindua bidaltzen du.

38

## 5. Babes-funtzioak. Telebabesa

- Abiadura handiko babesgailuak dira. Bi babesgailu edo gehiago komunikatuta egon ohi dira.
- Linea osoa abiadura handiko babesgailuekin babestu nahi denean erabiltzen da.
- Linearen mutur bakoitzean instalatutako babesgailuei lotutako telebabes-sistemak erabiltzen dira:
  - Telebabes-sistementzako espreski diseinatutako babesgailuak
  - Distantzia-erreleak muturren arteko komunikazioarekin



39

## 5. Beste babes-funtzio batzuk

- **24 Gaintzikapena** ⇒ Sorgailuak, transformadoreak eta sorgailu-transformadore multzoak gaintzikapenen aurka babesten ditu.
- **47 Tentsioen desoreka** ⇒ Motoreak babesteko.
- **51RB Errotore blokeatua** ⇒ Motoreen errotoreen blokeaketa mekanikoaren aurkako babesa.
- **48 Abiatze luzea** ⇒ Motorea abiatze luzeen ondorioz sortutako gainberoketaren aurka babesteko.
- **37 Azpi-intentsitatea** ⇒ Adib: karga galtzen denean motorea babesteko (hutsean martxa).
- **49 Irudi termikoa** ⇒ Makinaren jokaera termikoa erreproduzitzen du.

40

## 6. Babesgailuen sailkapena

- Babesgailu motak **etengailuan eragiteko erabiltzen duten mekanismoaren arabera**:
  - **Zuzenak**: etengailu nagusiaren desarragailuan eragiten dute zuzenean. Kontrolatu beharreko magnitudea transformaziorik gabe aplikatzen da.
  - **Zeharkakoak**: ez dute disjuntorearen deskrokaduragailuan zuzenean eragiten, baizik eta itxiera edo irekierako kontaktuen bitartez. Kontrolatu beharreko magnitudea errelean injektatu baino lehen balio normalizatu baten bihurtzen da.
- Babesgailu motak **funtzionamendu-denboraren arabera**:
  - **Berehalakoak**: ez dute atzerapenik sartzen. Kontrolatutako magnitude elektrikoak aurrez aukeratutako maila gainditzen duen une berean eragiten dute.
  - **Atzeratuak**: atzerapena sartzen dute. Kontrolatutako magnitude elektrikoak funtzionamendu-balioa gainditu eta denbora-tarte batera hasten da errelea funtzionatzen.
- Babesgailu motak **teknologiaren arabera**:
  - **Errele elektromekanikoak**
  - **Errele estatiko analogikoak**
  - **Errele estatiko digitalak**
  - **Errele digitalak**

41

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele elektromekanikoak

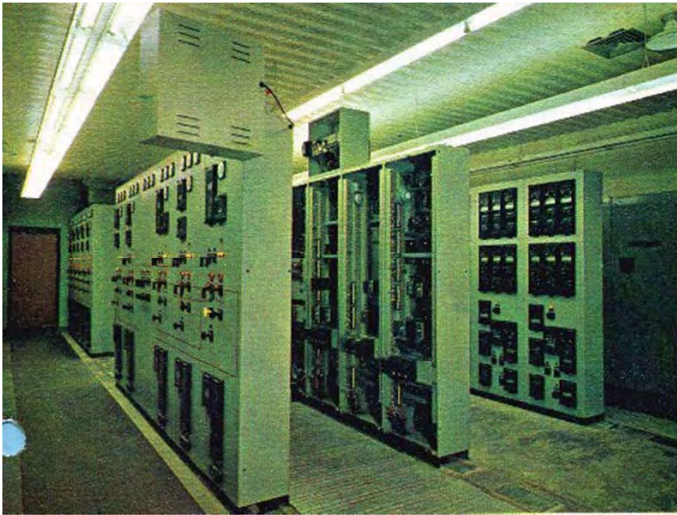
- Teknologiarik zaharrena da, baina mundu mailan unitate gehien instalatuta dituena.
- Bi atal ditu, bata finkoa eta bestea mugikorra. Bien artean jatorri ezberdineko indar edo pare motor eragiten dira, hots: indar elektromagnetikoak, mekanikoak edo termikoak.
- Gaur egun ere eskaria badago (mantentze-lanak eta instalazio berriak).
- Errele elektromekanikoen fidagarritasuna digitalena baino handiagoa da:
  - Diseinua sinpleagoa da
  - Huts egiteko aukera gutxiago
  - Gailuek funtzionalitate gutxiago dituzte
- Bizitza tekniko gainontzeko teknologietan baino luzeagoa da.
- Ondoko aplikazioetan erabilieta da oraindino:
  - Zarata elektromagnetiko, erradiointerferentzia gehiegi dagoen giroetan, etab
  - 80 °C baino tenperatura altuagoetako giroetan
  - Kanpoko elikadura-iturririk ez dagoenean
  - Existitzen diren instalazioetako kable-sarea ezin denean birdiseinatu
  - Operadoreak teknologia berrietan ezin direnean trebatu

42



## 6. Babesgailuen sailkapena Errele elektromekanikoak

7. GAIA

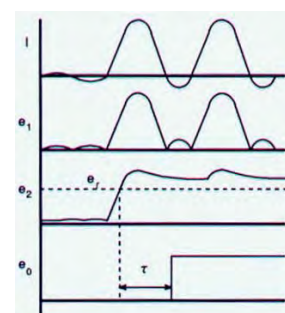
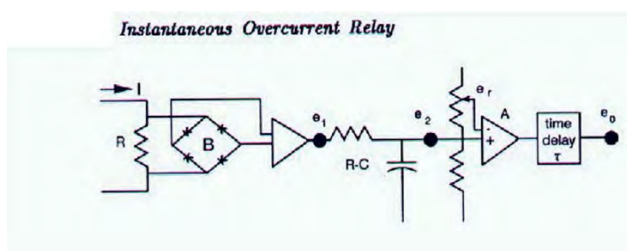


43

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele estatiko analogikoak

7. GAIA

- Ez dute atal mugikorrik: ez dago higadurarik, abiadura handiagoa da (ez dago inertziarik).
- Operazio-denbora magnitudearen eta akatsaren kokapenaren menpe dago.
- Bibrazio eta kolpeekiko erresistentzia handiagoa.
- Irteerako kontaktuak fidakorrak eta garbiak dira.
- Tentsio-transformadore eta intentsitate-transformadoreentzako karga txikiagoa.
- Espazioa aurrezten da eta kabinetan kableatzea murrizten da.
- Babes-eskemak konplexuagoak diseina daitezke.
- Giro zailtan oker eragin dezakete.



44

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele estatiko analogikoak

7. GAIA



GE SBC – Etengailuaren hutsegitea



GE SFF – Maiztasuna



GE SLR – Birkonexioa



GE SLY – Distantzia-errelea



GE SLJ – Sinkronismo-errelea



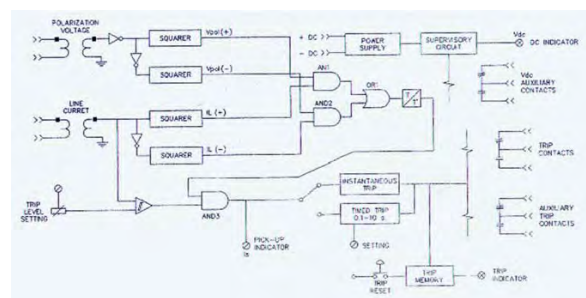
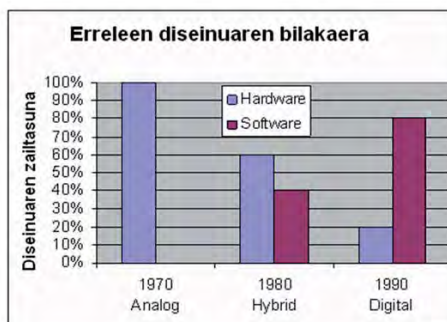
GE SGC – Alderantzizko sekuentziako gainintentsitatea

45

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele estatiko digitalak

7. GAIA

- Errele estatiko analogikoen pareko ezaugarriak dituzte.
- Elektronika digitala eta zirkuitu integratu programagarriak erabiltzen dituzte.
- Tamaina murrizten da eta funtzioen integrazioa handitzen da.
- Tentsio-transformadore eta intentsitate-transformadoreentzako karga txikiagoa.
- Espazioa aurresten da eta kabinetan kableatzea murrizten da.
- Babes-eskemak konplexuagoak burutu daitezke.
- Giro zailtan oker eragin dezakete.
- Software-aren diseinua hardware-arena baino neketsuagoa da.



Norabide-gainintentsitate babesgailua (67)

46

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele estatiko digitalak

---

7. GAIA



GE TLS – Distantzia-babesgailua



GE TRS – Birkonexioa



GE DLS – Lineako diferentziala



GE PLS – Norabide-konparaketa



GE DAR – Birkonexioa



GE TCW – Potenziaren norabide-babesgailua

47

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele digitalak

---

7. GAIA

- Errele digitalen pareko ezaugarriak
- Babes-algoritmoa mikroprozesadore baten exekutatzeko den programa baten kodifikatzen da
- Elektronika digitala eta seinalea prozesatzeko teknikak erabiltzen dira
- Tamaina txikiagoa eta funtzio-integrazio handiagoa
- Tentsio-transformadore eta intentsitate-transformadoreentzako karga txikiagoa
- Espazioa aurrezten da eta kabinetan kableatzea murrizten da
- Babes-eskemak konplexuagoak burutu daitezke
- Giro zailtan oker eragin dezakete
- Software-aren diseinua hardware-arena baino neketsuagoa da
- Hardware berdina erabiliz, errele ezberdinak lor daitezke firmware ezberdinarekin programatzen badira
- Komunikazioen integrazioa
- Autochecking funtzioak
- Gertaeren erregistroa, akats-txostena, erregistro oszilografikoa, etab..
- Sarrerak, irteerak, display-ak...konfigura daitezke
- Operazio-kurba programagarriak
- Hainbat doikuntza-multzo
- Komunikazioen bidezko urrutetik sarbidea
- Babes eta kontrol integratuko sistemak agertu ziren
- Adimen artifizialean, sistema aditueta, logika lausoan, etab oinarritutako sistemak

48

## 6. Babesgailuen sailkapena Errele digitalak

7. GAIA

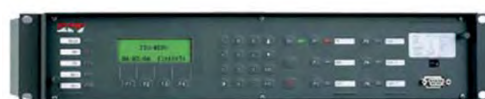


ZIV 7IRD – Banaketarako babeseta eta kontrola

Eredua	Funtzioak
A	3x50/51+50N/51N+79
B	3x67+67N+79
C	3x50/51+50N/51N+50Ns/51Ns+79
D	3x50/51+67NA+79
E	3x50/51+50N/51N+95+95R
F	3x50/51+67N
G	3x50/51+2x50N/51N+79
H	3x50/51+67N+79
J	3x(2x50)/51+(2x50N)/51N+79
L	3x50/51+2x50N/51N
M	3x50/51+50N/51N
S	A+49
T	3x67+67N+50Ns/51Ns+79
U	3x50/51+50N/51N+67N+79
V	3x67+67N+25+79
W	3x(2x50)/51+(2x50N)/51N
Z	3x50/51+50N/51N+79+tarjeta medidas

Errele digital bakarrak 20 errele E/M baino gehiago ordezkatu ditzake.

Doikuntza-taldeak eta logiken konfigurazioak kontuan hartuz, 100 errele E/M baino gehiago beharko lirateke pareko funtzionaltasuna lortzeko.



ZIV 8IDV – Makinaren babes diferentziala

Eredua	Funtzioak
A	3x87+3x50/51+50N/51N+50G/51G+87N+49 (2 Dev.)
B	3x87+3x50/51+50N/51N+50G/51G+87N+49 (3 Dev.)
C	3x87+3x50/51+50N/51N+50G/51G+87N+49+59/81/24 (V/Hz)(2 Dev.) (1)
D	3x87+3x50/51+50N/51N+50G/51G+87N+49+64+59/81/24 (V/Hz) (3 Dev.) (2)
E	3x87+3x50/51+50N/51N+50G/51G+87N+49+59/81/24 (V/Hz)+64 (2 Dev.) (3)



ZIV 8ZLV – Distantziako

Eredua	Funtzioak
A	21(3F)+79+25+3x27+3x59+3x(3x67/3x50/51)+3x(67N/50/51N)+59N+49
B	21(1F/3F)+79+25+3x27+3x59+3x(3x67/3x50/51)+3x(67N/50/51N)+59N+49

## 7. Babesgailuen koordinazioa eta doikuntza

7. GAIA

- Babesgailu bat doitzen denean, sarreko seinaleen mugak definitzen dira. Seinale hauek sistemaren ezohizko operazioa adierazten dute, eta hortaz, babes-sistemak eragin beharko du.
- Babesgailuen arteko koordinazioak zertan datzan: akatsak, sareko atal edo elementuen ezohizko funtzionamenduak eta tresneriarentzako baldintza kaltegarriak argitu behar dira, akatsik gabeko sarearen atalak ahalik eta gutxien isolatuz.
- Tresna edo babes-funtzio ezberdinen operazio-denborak definitzen dira, erreleek lehentasunen arabera eragin dezaten, erantzun-denborak minimizatuz, eta babesgailu guztien, primarioen zein laguntzako, erantzun-denborak zuzen mailakatu.
- Babesgailu bat doitzeko sistema elektrikoaren operazio-baldintzak xedatu behar dira aurretiaz, baldintza hauek adierazten baitute babesgailuak noiz ez duen desarratu behar. Horretarako, konfigurazio posible guztiak hartu behar dira kontuan, baita sorkuntza- eta eskari-egoera ezberdinak ere.

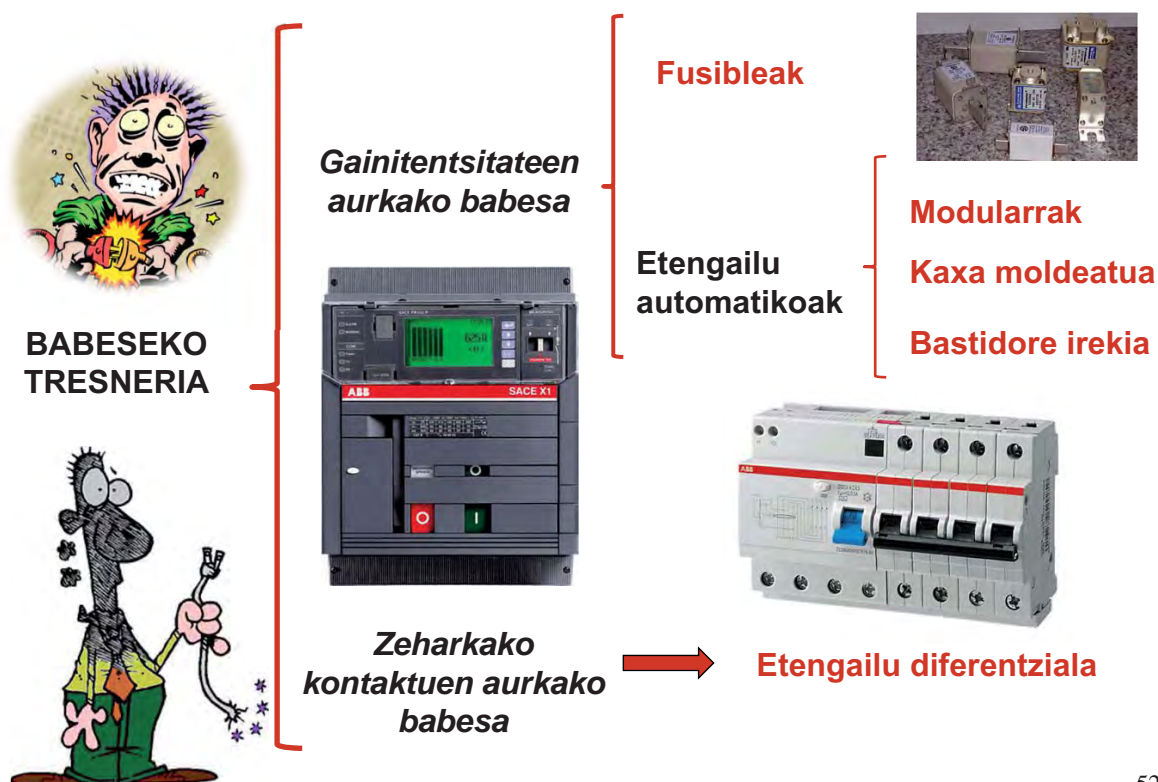


## 7. Babesgailuen koordinazioa eta doikuntza

- Babesgailu nagusientzako lortutako doikuntzak egiaztatu egin behar dira laguntza-babesgailuekin koordinatzeko:
  - Unitate-babesgailuek ez dute koordinaziorik behar, euren babes-eremuaren barne baino ez baitute eragiten.
  - Babesgailu mailakatuak koordinatu egin behar dira, alboko babes-eremuetan laguntza-babesgailu bezala zuzen eragin dezaten.
- Babesgailu nagusiak sistema elektrikoa osoan babestu behar du, eta edozein akats ahalik eta azkarren argitu edo isolatu behar du. Argitze-denborarik azkarrenak 100 ms ingurukoak dira.
- Babesgailu nagusiaren laguntza-babesgailuaren erreleak ez dira fisikoki babesgailu nagusiaren errele berberak.

51

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak

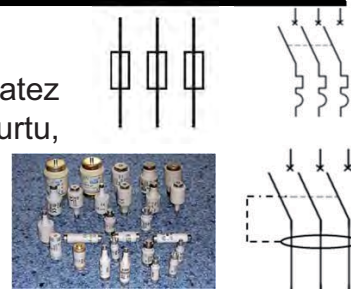


52

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak

### • Fusiblea

- Korrontek balio jakin bat denbora-tarte jakin batez gainditzen duenean, fusiblearen elementu bat urtu, eta zirkuitua deskonektatu egiten da.



### • Etengailu automatikoa

- Etengailu automatikoa zirkuituan ohizkoak eta ezohizkoak (zirkuitulaburreko korrontek) diren korrontek ezarri, jasan eta eteteko gai den konexioko gailu mekanikoa da.



### • Etengailu diferentziala

- Korronte diferentzialak balio jakin bat gainditzen duenean kontaktuak irekitzen dituen tresna elektromekanikoa da
- Bere funtzioa lurrerako defektu-korrontek detektatzea da.

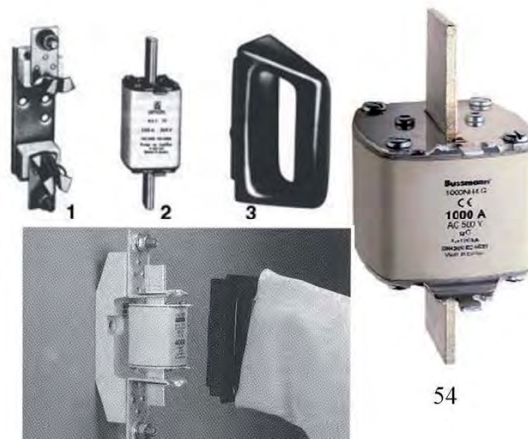


53

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Fusiblea

Europar eta tresneria europarra erabiltzen duten beste lurralde askotan, hiru dira fusiblerik erabiltzen direnak:

- Hortzdun fusibleak ("NH" mota)
  - Nagusiki aplikazio industrialetan eta baimendutako langileek erabiltzen dituzte.
  - Hortzdun fusibleak manipulatzeko helduleku berezi bat behar da.
- Fusible zilindrikoak ("B" mota)
  - Aplikazio industrialetan zein etxebizitzetan erabiltzen dira.
- Boteilako fusibleak ("D" mota)
  - Langile gaiturik behar ez den aplikazioetan erabiltzen dira.
  - "DO" izendapeneko fusible txikiagoak ere existitzen dira.



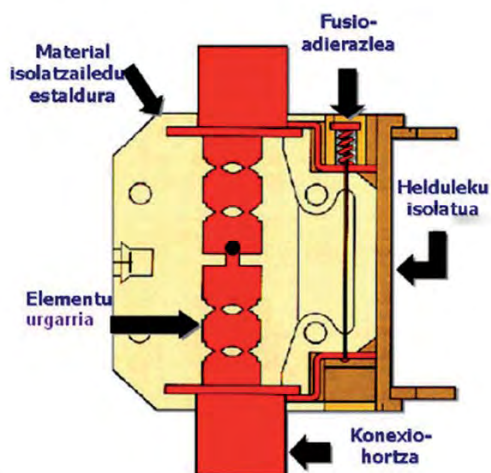
54



## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Fusiblea

### Atalak:

- Ordezpeneko elementu batean konfinatuta dagoen elementu urgarria.
- Zokalo batean muntatutako base fusible-etxea.



55

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Fusiblea

Funtzionamendu-ezaugarrien edo fusio-kurben arabera, ondorengo izendapena erabiltzen da:

- 1<sup>a</sup> hizkia: ebaketa-marjina adierazten du
- 2<sup>a</sup> hizkia: erabilera-kategoria adierazten du

FUSIO-KURBA MOTAK		
1 Hizkia	g	Korrontea mugatzen duen fusible-kartutxoak. Intentsitate izendatutik (In) izendatutako ebaketa-ahalmenerainoko korronteak eteteko gai da. Gaikargako eta zirkuitulaburreko intentsitateak eteten dituzte.
	a	Korrontea mugatzen duen fusible-kartutxoak. Denbora-korronte ezaugarrian adierazitako balio minimoaren (k2In) eta izendatutako ebaketa-ahalmeneraren arteko korronteak eteteko gai da. Zirkuitulaburreko intentsitateak soilik eteten dituzte.
2 Hizkia	G	Erabilera orokorreko fusible-kartutxoak
	M	Motoreak babesteko fusible-kartutxoak
	Tr	Transformadoreak babesteko fusible-kartutxoak
	B	Luzera handiko lineak babesteko fusible-kartutxoak
	R	Erdieroaleak babesteko fusible-kartutxoak
D	Fusible-kartutxoak jarduketa-denbora atzeratuarekin	

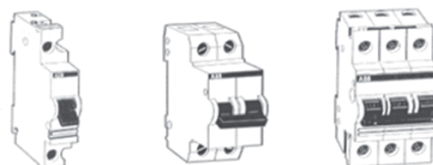
Ohizko aplikazioak hurrengokoak dira:

- o Lineak babesteko → gG motako fusibleak.
- o Motoreak babesteko → aM motako fusibleak

56

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

- Etengailu automatikoa zirkuituan ezohizkoak diren korranteak ezarri, jasan eta eteteko gai den konexioko gailu mekanikoa da.
- Gainintentsitateen aurka (gainkargak + zirkuitulaburrak) babesteko erabiltzen dira.
- Etengailu automatikoetan desarra magnetotermikoa da (elementu magnetikoa eta termikoa daukate)
  - Elementu termikoak aldi batez arriskutsua izatera heldu gabe sareak eta hargailuek jasan ahal dituzten **gainkargen** aurrean eragiten du.
  - Elementu magnetikoak **zirkuitulaburrek** eragindako gainintentsitateen aurka eragiten dute, eta denbora motzean eten egiten dituzte, iturriak, zirkuitua eta hargailuak kaltetu baino lehen.



Polo bakarra

Bipolarra

Tripolarra

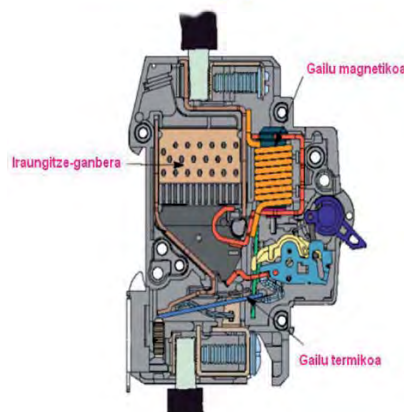
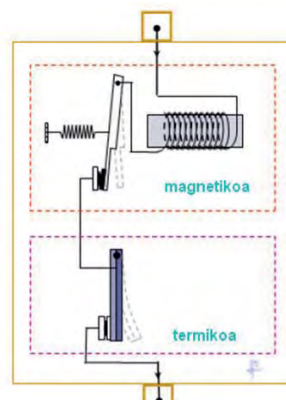


57

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Ezaugarri konstruktiboak

- **Bloke edo oinarria:** material zeramikoak, erretxinezkoa edo plastiko termogogortuzkoa izan ohi da.
- **Elementu termiko bimetalikoa:** gainkargen aurkako babesa.
- **Elementu magnetikoa:** armadura mugikor bat erakartzen duen nukleo magnetikoa da. Zirkuitulaburren aurka babesten du.
- **Kontaktuak:** erresistentzia txikikoak, fusio-temperatura altukoak, oxidagaitzak, eta mekanikoki sendoak izan behar dute. Horregatik, metal preziatuetakoak izan ohi dira: urrezkoak, platinozkoak, zilarrezkoak, tungstenozkoak...
- **Polo kopurua:** 1, 2, 3 edo 4.
- **Iraungitze-ganbera:** arku elektrikoa, luzatu eta hoztu ondoren, iraungitzen den barruti metaliko eta/edo zeramikoa. Ebaketa-ahalmena xedatzen du.

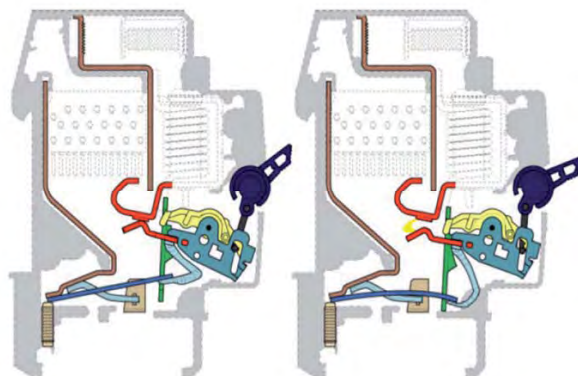


58

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Elementu termikoa

- Instalazioko korronteak berotze-harila zeharkatzen du.
- Gaiak baten ondorioz korrontea igotzen bada, zerrenda bimetalikoak proportzionalki berotzen dira.
- Zerrenda bimetalikoak berotzean, deformatu egiten dira, eta irristailua higitu egiten da, kontaktuak irekiz.
- Desarra-palankaren hasierako kokapenak xedatzen du irekitzeko beharrezkoa den korrontea.
- Giro-tenperaturak ez du eraginik, desarra-palanka ere bimetalikoa delako, eta hortaz, kanpoko tenperaturarekin deformatzen da.



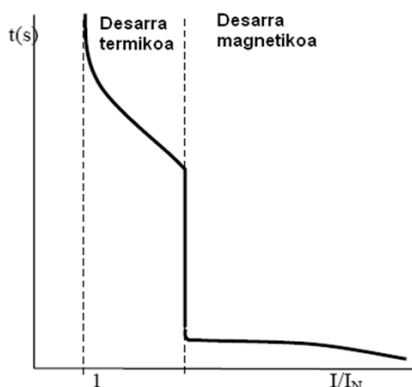
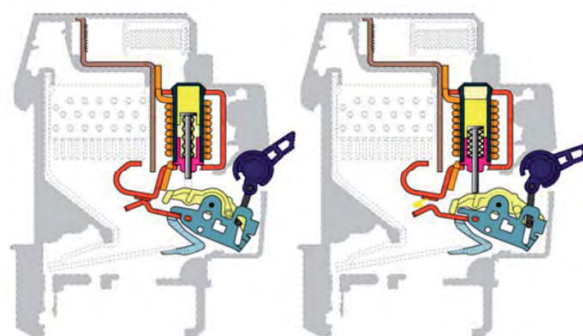
Termoelementu (bimetalikoa) baten erreakzio-denbora korrontearen intentsitatearekiko alderantziz proportzionala da.

59

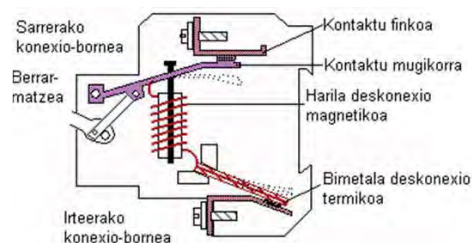
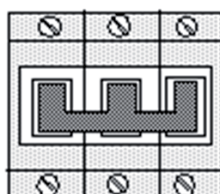
## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Elementu magnetikoa

- Begizta magnetiko batez (harila) osatuta dago. Kontaktuen blokeatze-itxidura askatzen du, gainintentsitate handia (zirkuitulaburra) egonez gero, ebaketa eraginez.
- Erantzun-denbora oso motza da.



Etengailu magnetotermiko baten desarra-kurba

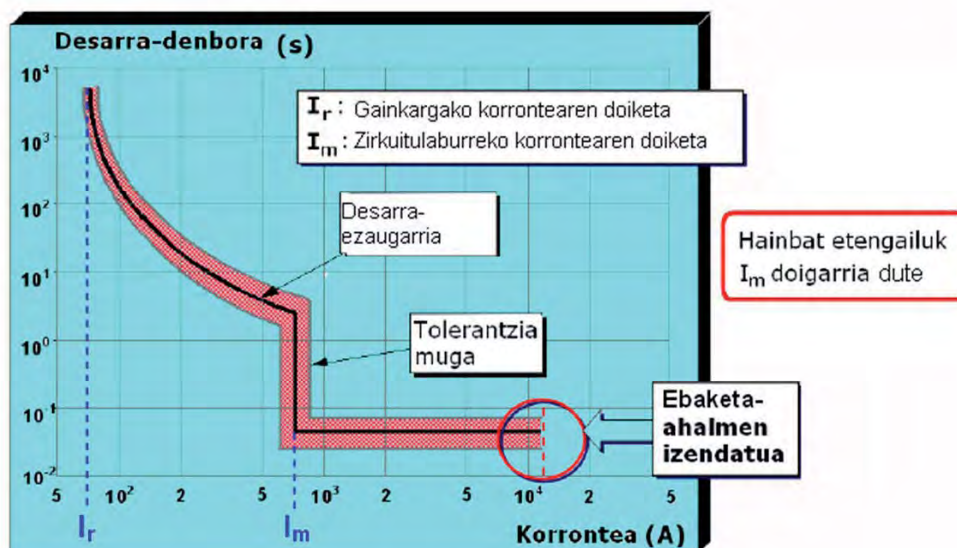


Korrontea balio jakin baten gainetik igotzen bada, zirkuitulaburren kasuan ohizkoa da, desarra magnetikoak eragiten du, azkarrena baita.

60

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Desarra-ezaugarriak



61

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Desarra-ezaugarriak

- **Intentsitate izendatua ( $I_N$ ):** tresnaren funtzionamendu-ezaugarriak balio honekiko daude adierazita.
- **Ez-funtzionamenduko intentsitatea ( $I_{NF}$ ):** etengailuaren desarra eragiten ez duen gainintentsitate maximoa ohizko denbora-tartean.
- **Funtzionamenduko intentsitatea ( $I_F$ ):** etengailuaren desarra eragiten duen gainintentsitate minimoa ohizko denbora-tartean.

Etengailu automatiko modularren intentsitate ezaugarriak (IECren arabera)				
Araua	$I_N$	$I_{NF}$	$I_F$	Ohizko denbora
IEC 947 - 2	< 63 A	1.05 $I_N$	1.30 $I_N$	1,0 ordu
	> 63 A	1.05 $I_N$	1.30 $I_N$	2,0 ordu
IEC 898	< 63 A	1.13 $I_N$	1.45 $I_N$	1,0 ordu
	> 63 A	1.13 $I_N$	1.45 $I_N$	2,0 ordu

62

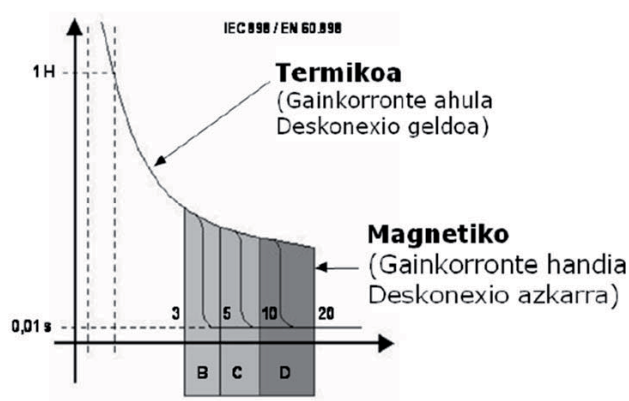


## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Desarra-ezaugarriak

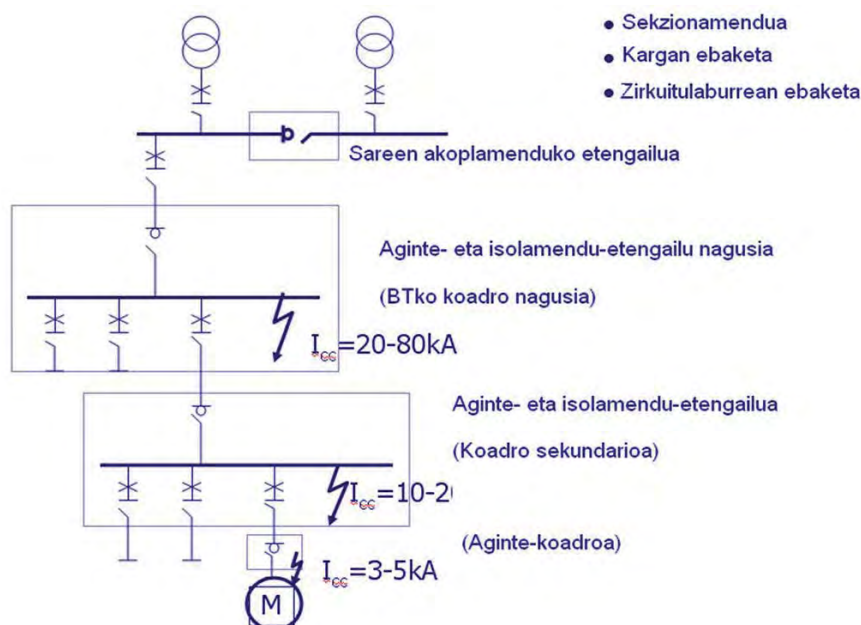
Magnetotermiko baten jokabidea bere ezaugarri-kurbako mugen arabera izango da. Babestu beharreko zirkuituaren arabera doitu beharko dira tresnaren ezaugarriak.

- o **B kurba:** eremu termikoan 1.1 -1.4  $I_n$  tartean eragiten dute eta eremu magnetikoan 3-5  $I_n$  tartean.
  - Kontrol-zirkuituak
  - Argiztapen erresistiboak
- o **C kurba:** eremu termikoan 1.13 -1.45  $I_n$  tartean eragiten dute eta eremu magnetikoan, 5-10  $I_n$  tartean.
  - Lineak
- o **D kurba:** eremu termikoan 1.1 -1.4  $I_n$  tartean eragiten dute eta eremu magnetikoan, 10-15  $I_n$  tartean.
  - Motoreak



63

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa



Etengailua pausagunean dagoenean (eskemetan), irekita dago. Ixteko malguki baten akzioa gaintu behar da, hots, "etengailua armatu behar da". Erreleek malgukia askatzen dute, kontaktuak irekiz.

64



## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Sailkapena

- o **Modularrak (PIA):** potentzia gutxiko aplikazioetan.
- o **Kaxa moldeatua:** aplikazio industrialetan.

IEC 947-2 arauerako sailkapena:

- **Ateragarria:** zirkuituko tentsioa deskonektatu gabe sartu edo atera daitezke. Konexio-/deskonexio-operazioak tresna irekita dagoenean soilik egin daitezke.
- **Ebakigarria:** konexio-/deskonexio-operazioak kontrola daitezke, zirkuitu nagusiak eten arren zirkuitu lagungarrien jarraitasuna ziurtatzen dute frogak eta neurketak egiteko, eta zirkuituen egoera ikusteko.

- o **Bastidore irekia:** aplikazio industrialak. Intentsitate izendatu handiagoentzat.

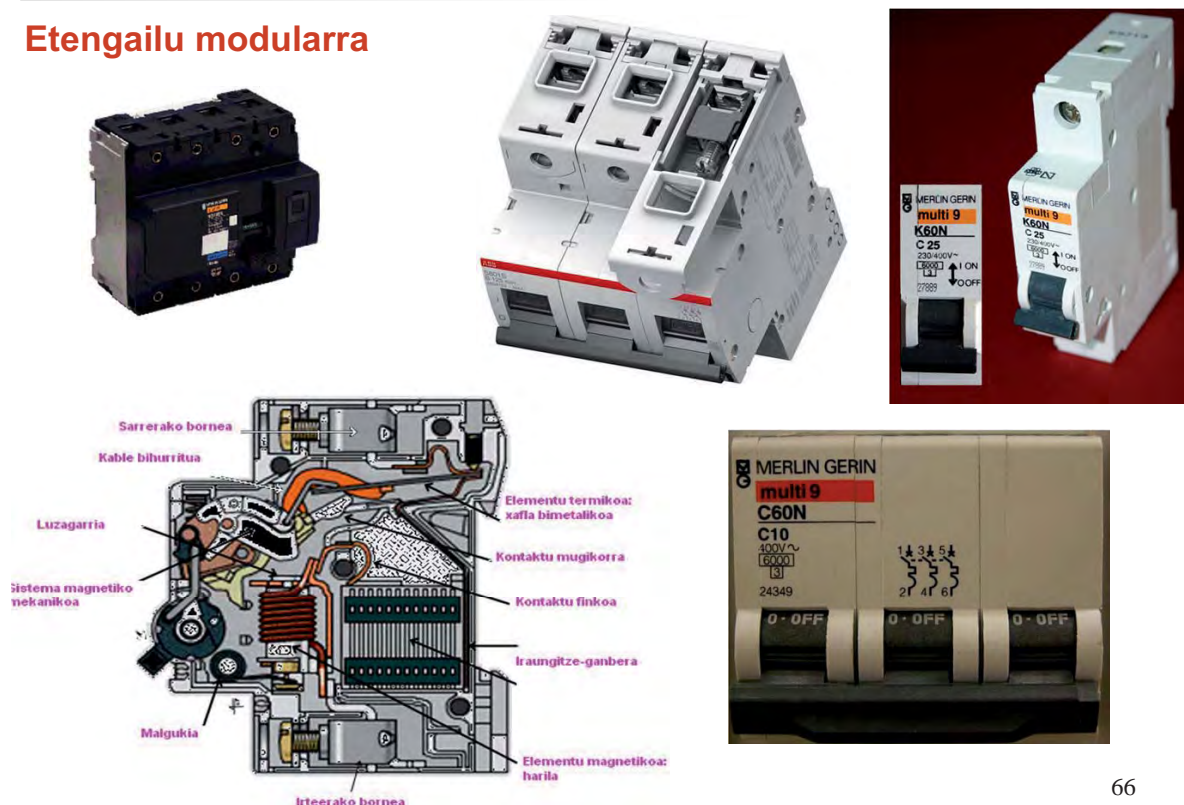
### Araudia

- |                  |           |         |
|------------------|-----------|---------|
| o Etxebizitzetan | EN 60.898 | IEC 898 |
| o Industrian     | EN 60.947 | IEC 947 |

65

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Etengailu modularra



66

# 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

## Kaxa moldeatuko etengailua

**Diagram Labels:**  
 Kontakto finkoa, Arkua, Iraungitze-ganbera, Ebaketako blokea, Kontakto mugikorra, Arkua, Kontakto finkoa, Ebaketa errotoaktiboa, Kontaktoen aldarapena.

**Graph Labels:**  
 Atzerapen luze eragiketa-eremua, Atzerapen txiki eragiketa-eremua, Bat-bateko eragiketa-eremua,  $I_r$ ,  $I_m$ ,  $I$ , PdC,  $I(A)$ ,  $t(s)$ .

**Internal Components Labels:**  
 Terminak, Identifikazio-kortea, Kontakto Baboak, Arkaren Iraungitze-ganbera, Kontakto mugikorrak, Kanabakako jantziak, Alkaperen ondorengo errole elektronikoak.

# 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

## Bastidore irekiko etengailua

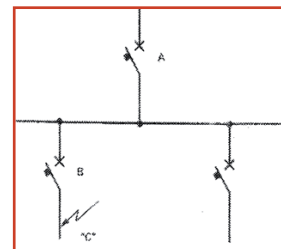
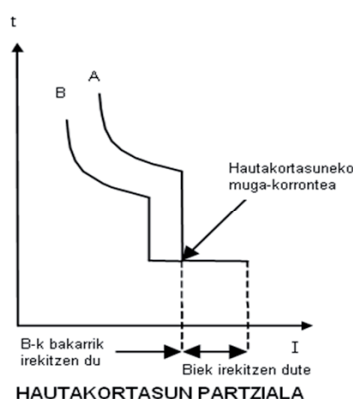
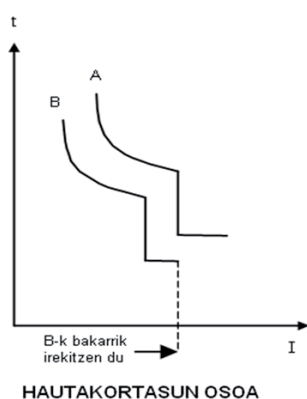
**Masterpact NT10 L1**

UI 1000V	Uimp 12kV
Ue (V)	Icu (kA)
220/415 ~	150
525 ~	130
690 ~	100
Ics 100% Icu	
Icw 10kA/1s	cat.B
IEC 60947-2	50/60Hz
UTE VDE BS CEI	UNE AS NEMA

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Hautakortasuna

- Ebaketa automatikoko gailuen arteko koordinazioa da, sareko punturen baten defektu bat gertatuz gero, uretan gora hurbilen dagoen etengailu automatikoak baino ez du desarratu behar.
- Zerbitzuaren jarraitasuna eta instalazioaren segurtasuna hobetzen dira.
- Hautakortasun-maila bi daude:
  - Hautakortasun osoa
  - Hautakortasun partziala



69

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu automatikoa

### Filiazioa (laguntzako babesgailua)

- Etengailu automatikoen mugaketa-ahalmena erabiliz, uretan behera ezaugarri sinpleagodun automatikoak instala daitezke.
- Babesgailu baten ebaketa-ahalmena, gutxienez, gailua instalatuta dagoen puntuan eman daiteken zirkuitulaburreko korrontea maximoaren bestekoa izan behar da.
- Ebaketa-ahalmena zirkuitulabur maximo igargarria baino txikiagoa izan daiteke, hurrengo baldintzak betetzen badira:
  - Etengailuaren uretan gora beharrezkoa den ebaketa-ahalmena duen tresna bati lotuta egotea.
  - Instalazioan ondoren kokatu dagoen tresnak eta babestutako kanalizazioek tresna-elkarketak mugatutako energia jasatea.
- Etengailu mugatzaileak uretan behera dagoen etengailua laguntzen du, zirkuitulaburreko korrontea biziak mugatuz.
- Instalazio-arauen arabera, uretan gora dagoen tresnak instalazioko puntu horretako zirkuitulaburreko korrontea baino handiagoa den ebaketa-ahalmena izan behar du.

Laguntzako babes-sistema on bat burutzeko, fabrikatzaileen filiazio-taulak aplikatu behar dira.

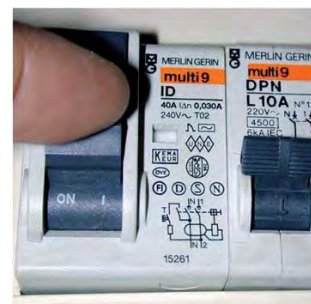
70



## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

### Funtzioa

- Instalazio bateko edo instalazio baten zati bateko lurrerako ihes-korrontea detektatzen du.
- Ihes-korrontea pertsonentzako edo ondasunentzako arriskutsua bihurtzen den unean, elikadura eteten du instalazio horretan.



### Erabilera

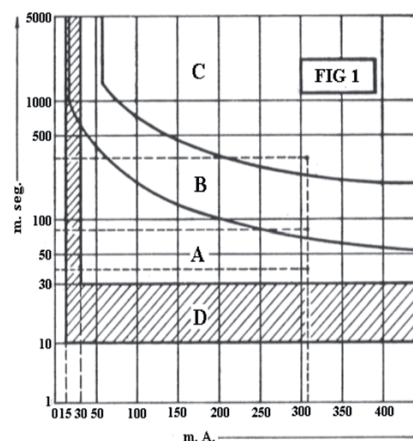
- Ihes-korronte diferentziala 30 mA baino txikiagoa bada, kontaktu zuzenen aurkako babes-neurri osagarri bezala erabiltzen da.
- TT, TN eta IT eskemetan, zeharkako kontaktuen aurkako babes-neurri bezala erabiltzen da.
- Intensitate diferentzial izendatua  $\leq 300$  mA bada, isolamendu-akatsen ondoriozko suteen prebentzio-neurri osagarri bezala erabiltzen da.



71

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

- Giza gorputzetik intentsitate arriskutsuko korronteak igarotzea ekiditen duten etengailu automatikoak dira. Sortutako efektuen arrisku-maila korrontearen intentsitatearen eta iraupenaren menpe dago.
- Intentsitatea mA-tan eta iraupena ms-tan zehazten badugu, puntu bat seinalatzen da ondoko irudian. Puntu hori A zonaldean badago, sortutako efektuak ez dira pertsona normalentzat arriskutsuak izango. B zonaldean aurkitzen bada, ostera, sortutako kaltea arriskutsua izan daiteke, eta C zonaldean badago, azkenik, hilgarria gerta daiteke, pertsonak konortea gal dezake edo fibrilazio bentrikularra pairatu.
- Adibidez, 310 mA-eko intentsitatea hartzen badugu, 40, 80 edo 400 milisegunduz irauten badu, A, B, edo C zonaldean aurki daiteke.



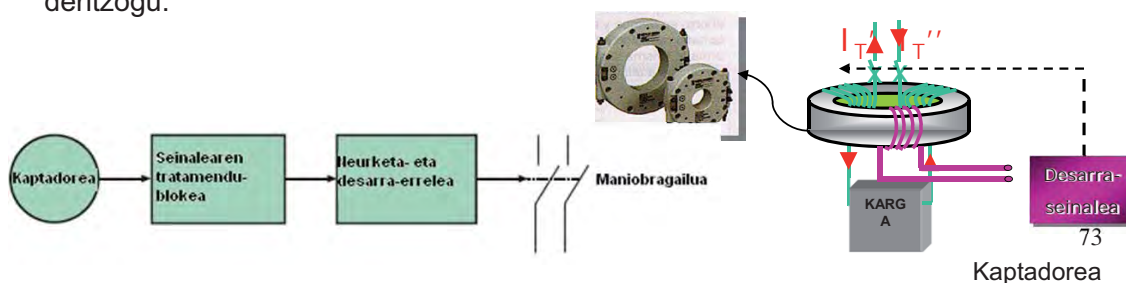
- Tentsioa 220V-ekoa bada, etxebizitzetako tentsio normalizatua, intentsitateak 400 mA-eko balioa hartuko du. Intentsitate hau grafikora eramaten badugu, honako hau ikusten dugu: sortutako kalteak A zonaldekoak baino latzagoak ez daitezzen izan, 60 ms-ko denbora maximoan eten beharke da korrontea.
- Deskonexioa etengailu diferentzialek ahalbideratzen dute, euren ezaugarri-kurbak (grafikoko D kurba) adierazten duen bezala. Lan-eremua kurbaren azpian mantentzen den artean ez du zirkuitua deskonektatzen; intentsitate-denbora balioak hazten doazen einean, B edo C zonalde arriskutsuetan sartuz, D deskonexio-banda zeharkatzen da, eta orduan, berehala irekiko da etengailua.

72

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

### Elementuak

- **Kaptadorea (transformadore toroidala).** Eroale aktiboetatik igarotzen den korronteen batura hutsa ez denean, seinale elektriko bat sortzen du.
- **Seinalearen tratamendu-blokea.** Kaptadoreak irakurritako seinale elektriko elektronikoki tratatu behar da beti, neurketa- eta desarra-erreleak zuzen funtziona dezan. Gainera, gailu diferentzialaren funtzionamendu edo desarra okerrak ekidin behar dira. Seinalea behin tratatuta, neurketa- eta desarra-errelera bidaltzen da.
- **Neurketa- eta desarra-errelea.** Kaptadoreak emandako seinale elektriko tratatu ondoren, erreferentziako balio batekin konparatzen du. Ondoren, nahitako atzerapen batekin, dagokion ebaketa-tresnari edo maniobragailuari irekitzeko agindua emango dio.
- Diferentzialak kontrolatzen duen zirkuitu elektrikoaren uretan gora dagoen tresnaren (etengailua edo etengailu automatikoa) **maniobragailuari**, desarragailu edo eragile deritzogu.



## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

### Funtzionamendua

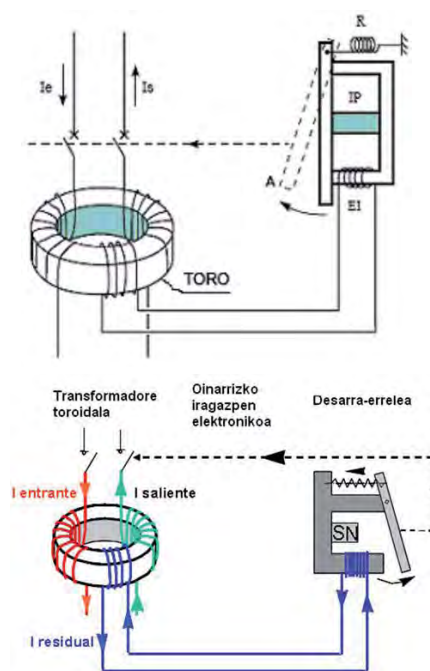
- Ihes-korrontirik ez dagoen zirkuitu batean, sarrerako eta irteerako intentsitatea berdina da

$$I_e = I_s$$

- Ihes-korronteren bat dagoenean, sarrerako eta irteerako intentsitatea ez da berdina izango

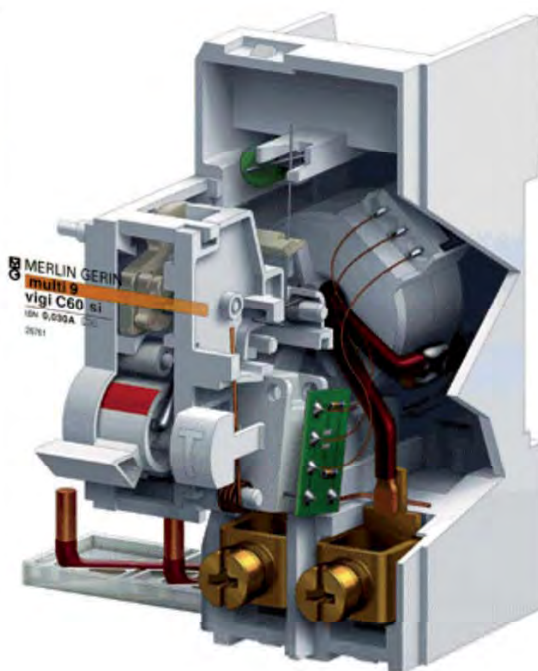
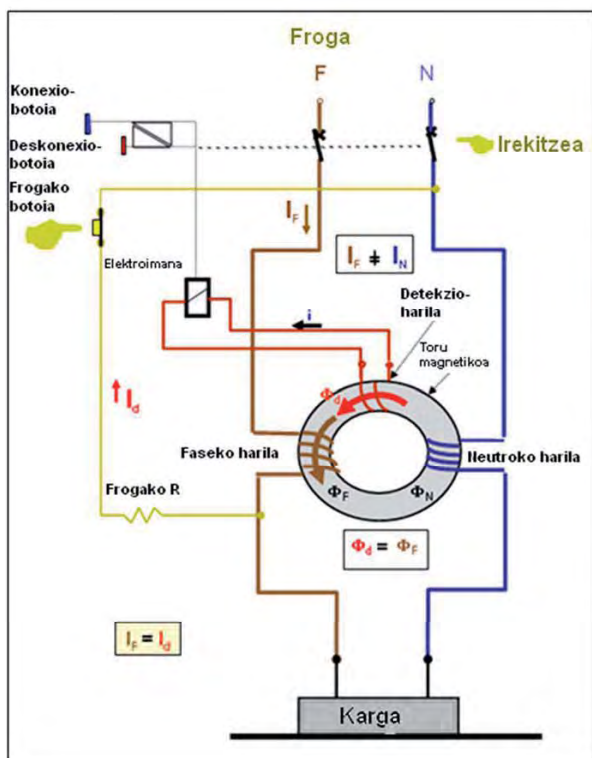
$$I_e = I_s + I_d$$

- Intentsitateen arteko ezberdintasun txikiak tentsio txiki bat sortuko du, zeinek elektroiman bat (EI) energiaz hornituko duen. Elektroimanaren atal mugikorra (A xaflatxoa) "itsatsita" geratuko da iman iraunkorraren (IP) erakarpeneren ondorioz. Funtzionamenduatlasera heltzean, elektroimanan iman iraunkorraren erakarpenera indarra baliogabetzen du. Orduan, A xaflatxo mugikorrak, errotazioa bizkortzen duen R malguki baten laguntzaz, zirkuitu magnetikoa irekiko du, eta kontrolatutako zirkuitua irekitzeko agindu mekanikoa emango du.





## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala



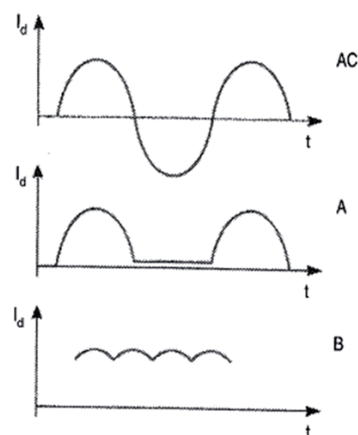
75

## 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

Etengailu diferentzialak detekta dezateken korrante motaren arabera sailkatzen dira:

- **AC mota**, korrante alferno senoidalentzako.
- **A mota**, korrante alferno senoidalentzako, korrante jarrai pulstataileentzako edo 6 mA-eko osagai jarraidun korrante jarrai pulstataileentzako; fase-anguluaren kontrolarekn edo kontrolik gabe; bat-batean aplikatutako korranteentzako edo gutxi-gutxika handitzen doazenentzako.
- **B mota**, A motako korrante berberentzako eta artezgailuetako korranteentzako:
  - karga kapazitibodun eta alternantzia bakarrekentzako: korrante jarrai leunduentzako.
  - alternantzia bakar edo bikoitzeko trifasikoak.

➤ Etengailu erabilienak AC eta A motakoak dira. Hala ere, gaur egun uhin senoidal hutsak aurkitzea gero eta zailagoa da, instalazioetako elementu askok (hodi fluoreszenteak, elementu elektronikoak, etab) seinaleok eraldatzen baitituzte. Beraz, A motako diferentzialak erabili beharko lirateke, AC motakoak erabili ordez.



76

# 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

## Sentikortasuna

Sentikortasuna adierazteko  $I_{\Delta n}$  erabiltzen da. Arauen arabera, bi mugaren arteko tolerantzia dauka:

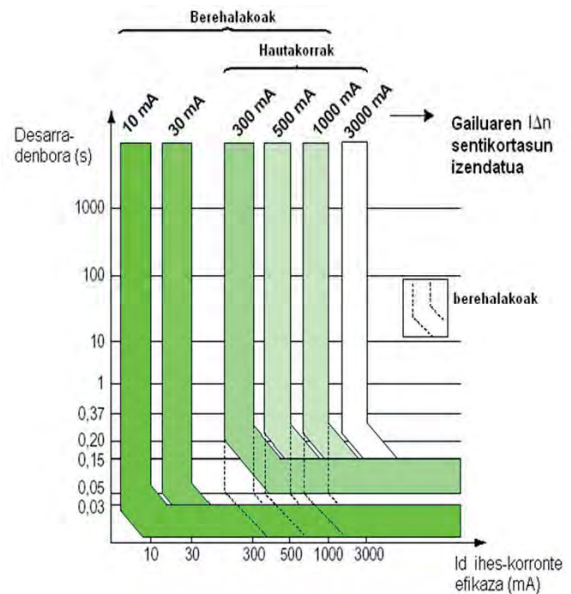
- $I_{defektua} > I_{\Delta n}$  bada, beti gertatuko da desarra.
- $I_{defektua} < 0,5 I_{\Delta n}$  bada, ez da inoiz desarrrik gertatuko.

– Aukera:

$$I_{\Delta n} = \frac{U_L}{R_{PE}}$$

– Sentikortasunaren araberrako sailkapena:

- Sentikortasun txikia:  $I_{\Delta n} > 30$  mA. Ez du balio kontaktu zuzenetarako.
- Sentikortasun handia:  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA. Kontaktu zuzenetarako balio du. Bainugeletan, dutxetan, piszinetan erabiltzen dira.

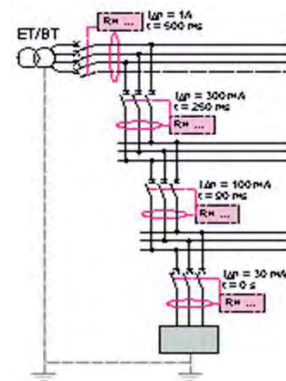


# 8. Behe-tentsioko babesgailuak. Etengailu diferentziala

## Hautakortasuna

Hautakortasuna diferentzialaren helburu nagusia instalazio bateko babesgailu diferentzialak koordinatzea da. Horrela, instalazioko punturen baten defektu bat gertatuz gero, hurbilen dagoen babesgailu diferentzialak baino ez du desarratu behar, eta ez instalazioren beste punturen baten dagoen beste edozein gailu diferentzialek.

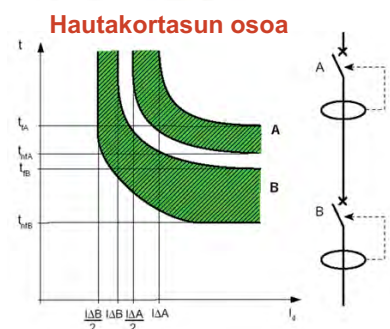
Orokorrean, hautakortasuna bertikala edo horizontala izan daiteke.



## Motak

Hautakortasuna osoa izango da ondorengo bi baldintzak betetzen badira:

- gaitetik dagoen diferentzialaren ez-desarra balioa eta denbora,
- azpitik daukanaren desarra balioa eta denbora baino handiagoak direnean.



# 8. GAIA. GAINTETSIOEN AURKAKO BABESA

## Aurkibidea

### 1. Gaintentsioak

- 1.1 Definizioa
- 1.2 Sailkapena
- 1.3 Jatorria
- 1.4 Uhin normalizatuak
- 1.5 Oinarrizko parametroak
- 1.6 Ondorioak

### 2. Isolamenduaren koordinazioa

- 2.1 Helburua
- 2.2 Isolamendu-tarteak
- 2.3 Isolamenduaren koordinazioaren oinarriak

### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsio iragankorrak

### 4. Gaintentsioen aurkako babesa

1

## 1. Gaintentsioak (I)

### Definizioa

Edozein tentsio:

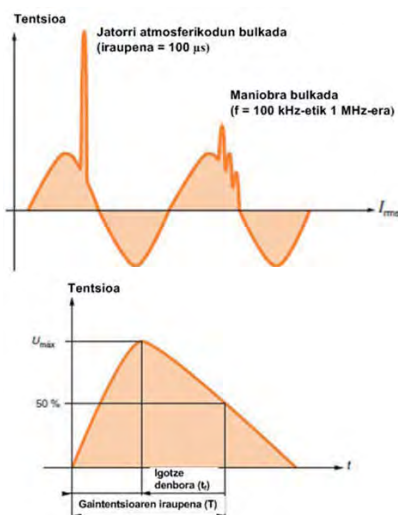
- Fase eroale baten eta lurraren artean edo luzetarako isolamenduan zehar, bere gandor balioa sareko gandor balioa zati  $\sqrt{3}$  baino handiagoa duena.
- Fase eroaleen artean, sareko tentsioaren gandor balioa baino handiagoa duena.

Sareko tentsio izendatuan gainjartzen den tentsio uhin edo bulkada bat da, linearen tentsioaren balio efikazaren igoera handi bat sortuz denbora tarte oso labur batean ( $\mu\text{s}$  ingurukoa).

Gaintentsio mota honek ondorengo ezaugarriak ditu:

- Igotze-denbora ( $t_f$ )  $\mu\text{s}$ -tan.
- Gradientea (S)  $\text{kA}/\mu\text{s}$ -tan.

Aurreko bi parametroek eragin handia dute ekipoetan, eta erradiazio elektromagnetikoak sortzen dituzte. Gainera, gaintentsioaren iraupenak (T) tresneria desegin dezakeen energia-igoera bat sortzen du zirkuitu elektrikoetan.



2

# 1. Gaintentsioak (II)

## Sailkapena (itxura eta iraupenaren arabera)

- **Tentsio iraunkorra (maiztasun industrialean):** balio efikaz konstantea duen maiztasun industrialeko tentsioa, edozein isolamendu-konfigurazioko bi borneen artean iraunkorki aplikatzen denean.
- **Denborazko gaintentsioa (TOV):** iraupen luzeko maiztasun industrialeko gaintentsioa.
- **Gaintentsio iragankorra:** iraupen laburreko gaintentsioa, ms batzuk edo gutxiagokoa, oszilatzailea edo ez, eta normalean bortizki indargetua.

## Jatorria

- **Deskarga atmosferikoak:** tximista baten inpaktu zuzena edo zeharkakoa.
- **Maniobrak:** lineen konmutazioak, motoreen abioak, aginte tresneria,....
- **Deskarga elektrostatisak (ESD):** kargak eremu elektrostatis handi bat sortuz metatzen diren ingurune lehor batean sortzen dira. Oso kaltegarriak dira ekipo elektronikoentzat (gela zuriak). (Moketa sintetiko batetik oinez doan pertsona batek, 10 kV arteko potentziala har dezaketen kargak metatzen ditu).

3

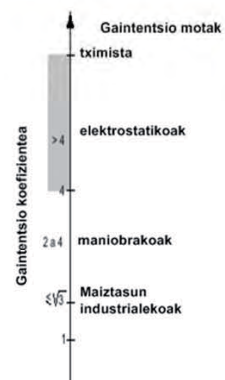
# 1. Gaintentsioak (III)

## Uhin normalizatuak eta parametroak

Mota	Frekuentzia baxua		Iragankorra		
	Iraunkorra	Iragankorra	Malda geldoa	Malda azkarra	Malda oso azkarra
Tentsio eta gaintentsioen uhinak					
Tentsio eta gaintentsio uhin bitartekak	$f = 50 \text{ Hz}$ o $60 \text{ Hz}$ $T_1 \geq 3 \text{ 600s}$	$10 \text{ Hz} < f < 500 \text{ Hz}$ $0,02 \text{ s} \leq T_1 \leq 3 \text{ 600 s}$	$20 \mu\text{s} < T_2 \leq 5 \text{ 000 } \mu\text{s}$ $T_2 \leq 20 \text{ ms}$	$0,1 \mu\text{s} < T_2 \leq 20 \mu\text{s}$ $T_2 \leq 300 \mu\text{s}$	$T_2 \leq 100 \text{ ns}$ $0,3 \text{ MHz} < f_1 < 100 \text{ MHz}$ $30 \text{ kHz} < f_2 < 300 \text{ kHz}$
Tentsio eta gaintentsio uhin normalizatuak					*
Pairatutako tentsio entsegu normalizatuak	*	Iraupen laburreko maiztasun industrialeko entsegua	Maniobra motako bulkada entsegua	Tximista motako bulkada entsegua	*

\* Dagozkien produktuen batzordeetan zehazteke

Parametroa	Gaintentsio atmosferikoak	Maniabrako gaintentsioak	Gaintentsio elektrostatisak
Maiztasun tarteak (Hz)	$10^3 \text{ a } 5 \times 10^6$	$10^4 \text{ a } 5 \times 10^8$	$10^3 \text{ a } 5 \times 10^8$
Intensitatearen igotze abiadura (di/dt)	120 kA/ $\mu\text{s}$	100 kA/ $\mu\text{s}$	10 kA/ $\mu\text{s}$
Igotze abiadura (ns)	1.000-2.000 r. periodica 200 a 500	10 a 50	-10
Eremu elektrikoa (kV/m)	-40 (d = 100m)	-10 (d = 10m)	20 kV (punto de impacto)
Eremu magnetikoa (A/m)	-160 (d = 100 m)	-300 (d = 10 m)	-80 (d = 1 m)
Tentsioaren igotze abiadura (dV/dt)	600 V/ $\mu\text{s}$	10 V/ $\mu\text{s}$	2.000 kV/ $\mu\text{s}$



4

# 1. Gaintentsioak (IV)

## Ondorioak

### ▪ Pertsonengan

Gaintentsio baten ondorioz, masen zirkuituetan **potentzial-igoera** bat gerta daiteke. Kasu horretan, lurrera konektaturiko elementu bat ukitzea arriskutsua izan daiteke, baldin eta kontaktua lur-konexio horrek intentsitatea daraman aldiunean burutzen bada.

Gaintentsio bat gertatzean, arku elektriko bat ezar daiteke bi elementu eroaleren artean, eta **efektu termikoen** ondorioz, gorputzetan istripuak sortu. Bestalde, material baten **eztandak** ere kalteak sor ditzake, material horren zatiak sakabanatzean.

### ▪ Eraikinengan

**Egituran kalteak** eta **suteak** sor daitezke.

### ▪ Ekipoengan

Material bati aplikaturiko gaintentsioak bere isolamendu-maila gainditzen duenean, **isolatzailearen** edo **osagaien suntsipena** gerta daiteke. Materiala ez bada suntsitzen, azkar **zahartuko** da, batez ere gaintentsioak sarri errepikatzen badira.

Gaintentsioek **desarra faltsuak** sor ditzakete edo potentzia-elektronikaren funtzionamendu okerra. Eta ondorioz, **zirkuitulaburrak** gerta daitezke tresnen barnean. Beraz, osagaiak suntsi daitezke, bai zuzenean gaintentsioengatik edo zeharka zirkuitulaburrengatik. Ekipo informatikoetan ere, funtzionamendu okerrak gerta daitezke, adibidez behar ez diren gelditzeak, informazio-galerak edo agindu okerren igorketa.

5

# 2. Isolamenduaren koordinazioa (I)

## Definizioa

Sarean ager litezkeen tentsio eta gaintentsioak kontuan izanda, materialen zurruntasun dielektrikoa aukeratzean datza, zerbitzu-baldintza izendatuak eta babesgailuen ezaugarriak kontuan izanik.

## Helburuak

Gaintentsioen aurkako **babes-maila** bat definitzea, instalazioan espero diren tentsio eta gaintentsioen funtzioan.

Isolamenduaren koordinazioaren ikasketaren bidez ondorengoak aukeratuko dira:

- Instalazioaren elementuen isolamendu-mailak.
- Gaintentsioen aurka babesteko behar diren elementuak.

Aukeraturiko isolamendu-mailak ondorengo bermatu beharko du:

- Ez dela inoiz isolamendu-maila gainditzen ondorengo kasuetan:
  - Maiztasun industrialeko gaintentsioekin.
  - Maniobra motako gaintentsioekin.
- Ondorengoaren arteko konpromezu bat:
  - Gaintentsio atmosferikoen aurkako babesgailuen eta.
  - Gaintentsio atmosferikoen ondorioz gertaturiko kalteak egoteko probabilitatearen artean.

**Optimizazioa:** koordinazioaren parametro ezberdinen arteko erlazio ekonomiko optimoaren bilaketa: isolamenduaren kostua, babesgailuen kostua eta matxuren kostua.

6

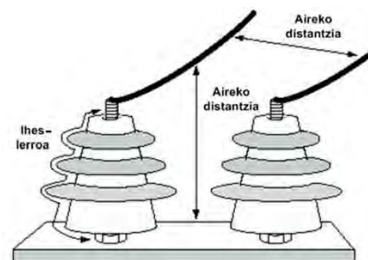


## 2. Isolamenduaren koordinazioa (II)

### Isolamendu-distantziak

Material batek jasan dezakeen gaintentsio-maila nagusiki isolamendu-distantziaren menpe dago:

- **Aireko isolamendu-distantzia (clearance):** bi elementu eroaleren arteko aireko distantziarik laburrena. Zebatze-arriskua aplikaturiko tentsioaren eta kutsadura-mailaren menpe dago.
- **Ihes-lerroa (creepage):** bi elementu eroaleren arteko distantziarik laburrena material isolagailu baten azaleratik.



### Distantzia minimoak

- GTko zentral eta lineen araudietan elementu ezberdinen arteko distantzia minimoen balioen taulak agertzen dira:
  - Fase-lurra airean.
  - Fase-fase airean.
  - Eroale-egitura airean.
  - Gurutzamenduak: tentsio ezberdineko lineekin, trenbideekin, eraikinekin,...
- Aurreko distantziak, distantzia minimoak dira eta baliteke kasu konkretu bakoitzean nahikoak ez izatea. Horregatik, beharrezkotzat jotzen denean, "Isolamenduaren Koordinazio" ikasketa bat burutu beharko da, hartutako distantzien egokitasuna arrazoituz.
- Distantzia minimoetan eragina duten faktoreak: baldintza atmosferikoak eta kutsadura-maila.

7

## 2. Isolamenduaren koordinazioa (III)

### Isolamendu-maila normalizatuak (UNE-EN 60.071-1:2006)

Tabla 2 – Niveles de aislamiento normalizados para la gama I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ )

Tensión más elevada del material ( $U_m$ ) kV (valor eficaz)	Tensión soportada asignada normalizada a frecuencia industrial de corta duración kV (valor eficaz)	Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5 <sup>a</sup>	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52 <sup>a</sup>	95	250
72,5	140	325
100 <sup>b</sup>	(150)	(380)
	185	450
	(185)	(450)
123	230	550
	(185)	(450)
145	230	550
	275	650
	(230)	(550)
170 <sup>a</sup>	275	650
	325	750
	(275)	(650)
245	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1 050

NOTA Si los valores entre paréntesis se consideran suficientes para demostrar el cumplimiento de las tensiones soportadas requeridas entre fases, se necesitan ensayos adicionales de tensión soportada entre fases.

<sup>a</sup> Entre  $U_m$  se los valores preferenciales en la Norma IEC 60038 y por lo tanto no se dan estas combinaciones normalizadas muy frecuentemente en las normas de producto.

<sup>b</sup> Estos valores de  $U_m$  no se mencionan en la Norma IEC 60038, pero se han incluido en la gama I en ciertas normas de producto.

Tabla 3 – Niveles de aislamiento normalizados para la gama II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ )

Tensión más elevada del material ( $U_m$ ) kV (valor eficaz)	Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo maniobra			Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo rayo <sup>b</sup> kV (valor de cresta)
	Aislamiento longitudinal <sup>a</sup> kV (valor de cresta)	Fase a tierra kV (valor de cresta)	Fase-fase (relación con el valor de cresta fase-tierra)	
300 <sup>c</sup>	750	750	1.50	850 950 950
	750	850	1.50	1 050 950
362	850	850	1.50	1 050 1 175
	850	950	1.50	1 050 1 175
420	850	850	1.60	1 050 1 175
	950	950	1.50	1 175 1 300
420	950	1 050	1.50	1 300 1 425
	950	950	1.70	1 175 1 300
550	950	1 050	1.60	1 300 1 425
	950	1 175	1.50	1 425 1 550
800	1 175	1 300	1.70	1 675 1 800
	1 175	1 425	1.70	1 800 1 950
800	1 175	1 550	1.60	1 950 2 100

NOTA La introducción de  $U_m$  por encima de 800 kV está en estudio, y 1 050 kV, 1 100 kV y 1 200 kV se dan como  $U_m$  en la Norma IEC 60038 Modificación 3: 1997.

<sup>a</sup> Valores de la componente a impulso del ensayo combinado correspondiente, mientras que el valor de cresta de la componente a frecuencia industrial de polaridad opuesta es  $U_m \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ .

<sup>b</sup> Estos valores se aplican de igual forma a aislamiento fase-tierra y fase-fase; para el aislamiento longitudinal se aplica como la componente a impulso tipo rayo asignada normalizada de la tensión soportada asignada normalizada combinada, mientras que el valor de cresta de la componente a frecuencia industrial de polaridad opuesta es  $0,7 \times U_m \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ .

<sup>c</sup> Esta  $U_m$  no es un valor preferencial en la Norma IEC 60038.

8



### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (III)

#### Efektuak

- **Efektu termikoak:** tximistaren inpaktu-puntuetan fusioa eta Joule efektua eman daitezke, intentsitatearen zirkulazioa dela eta. Suteak sortzeko arriskua egon ohi da.
- **Efektu elektrodinamikoak:** tximista-intentsitateak eroale paraleloetatik doaz, erakarpen edo aldarapen indarrak sortuz kableen artean eta apurdurak edo deformazio mekanikoak sortuz.
- **Deflagrazio efektuak:** tximista-bideak airearen zabalkuntza eta konpresioa sortzen du 10 m arteko distantzietararte. Talka-uhin efektuak beirak eta hormak apur ditzake, eta pertsonak zein animaliak metro batzuetako distantziara bidali. Uhin hau soinu-uhin ere bihurtzen da denbora berean: trumoa.
- **Gaintentsio gidatuak,** aireko linea elektrikoetan, telefono lineetan edo datu lineetan tximista baten inpaktuaren ondorioz.
- **Gaintentsio induzituak,** tximista-hodiaren erradiazio elektromagnetikoaren efektuz.
- **Lurreko potentzialaren igoera:** tximistaren intentsitateak lurzoruan sortzen du.



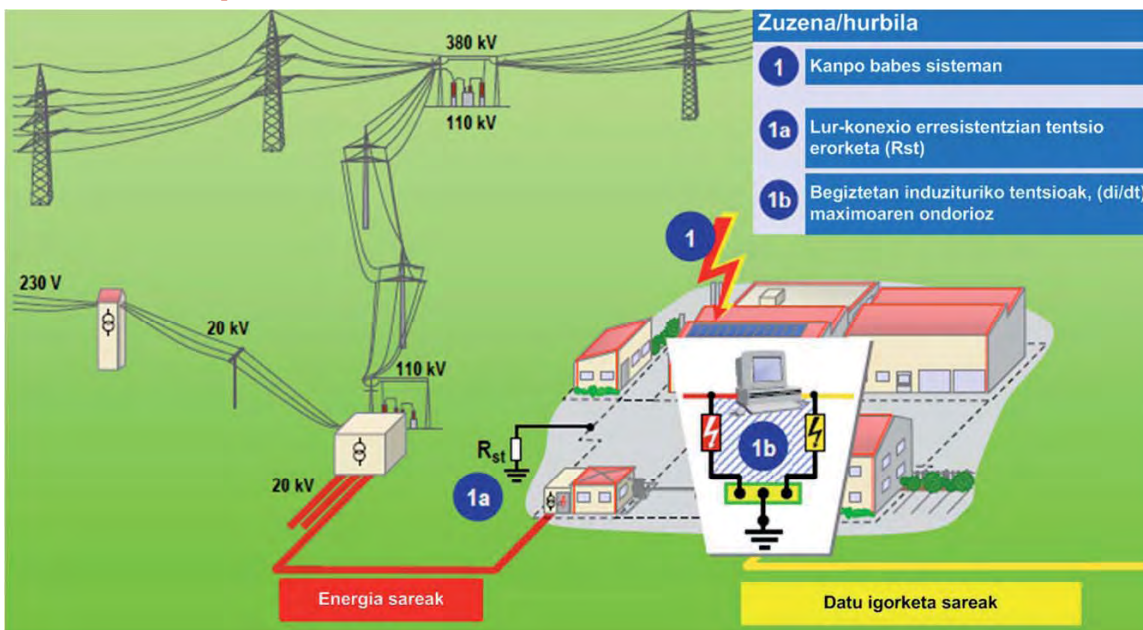
#### Balio maximoak

Tenperatura maximoa	= 30.000 °C.
Presioa	= 200 atm
Intentsitatea	= 200 kA.
Bataz-besteko energia	= 3.108 J 30 ms-tan
Tximista bakoitzeko potentzia	= 1.013 W

11

### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (IV)

#### Jatorria: inpaktu zuzen edo hurbilak

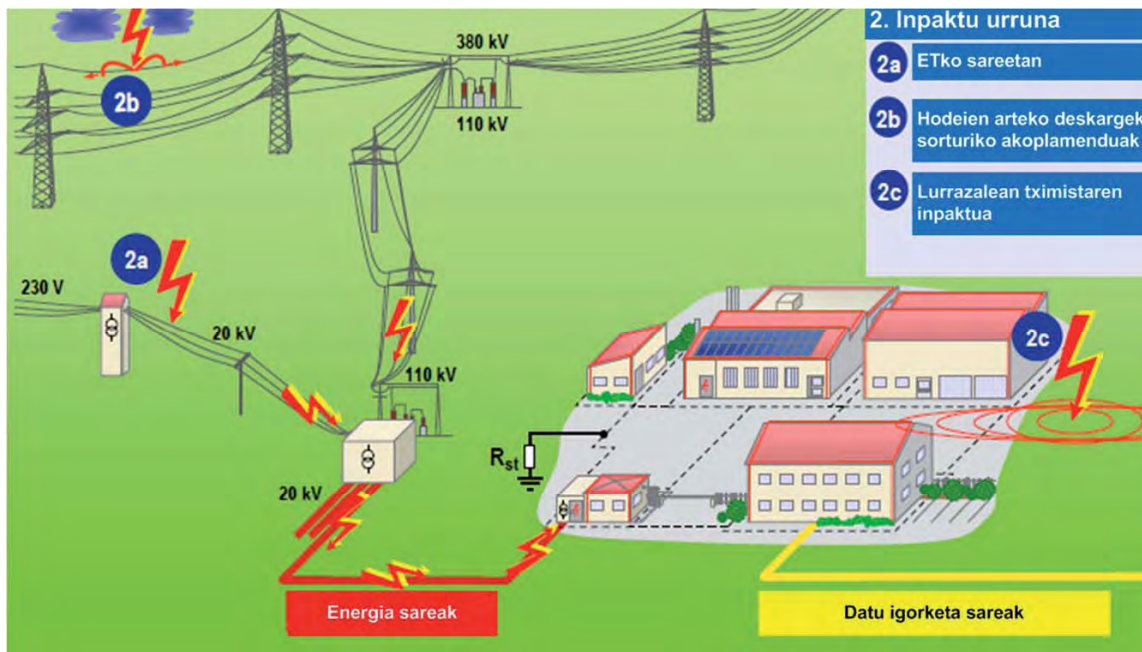


12



### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (V)

#### Jatorria: urruneko inpaktuak



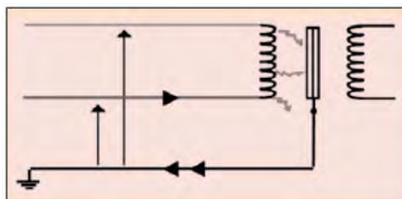
13

### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (VI)

#### Hedapen-moduak

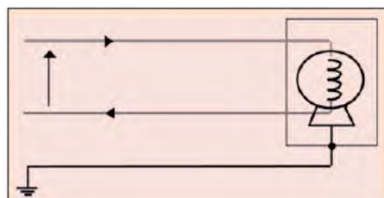
- **Modu komun edo asimetriko gaintentsio iragankorra**

Eroale aktibo baten eta lurraren arteko perturbazioak (fase/lurra edo neutro/lurra). Gaintentsio mota hau arriskutsua da masak lurrera konektatuta dituzten ekipoenzat, materialen zurruntasun dielektrikoa apurtzeko arriskua baitago.



- **Modu diferentzial edo simetriko gaintentsioa**

Eroale aktiboen arteko perturbazioak (fase-neutro). Gaintentsio hauek bereziki arriskutsuak dira ekipo elektronikoentzat eta informatikoentzat.

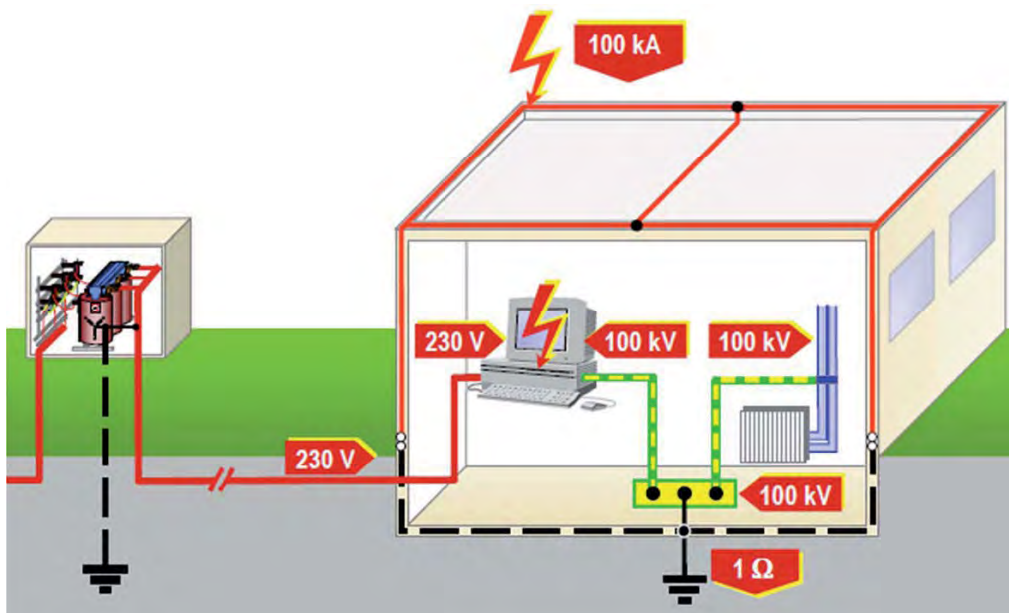


14

### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (VII)

#### Akoplamendu-mekanismoak. Akoplamendu galbanikoa

Tximista baten inpaktua gertatzen denean, lurreko potentziala igotzen da. Hortaz, elementu guztiak ez badaude potentzial berdinean, ekipo batzuen isolamendua apur daiteke.

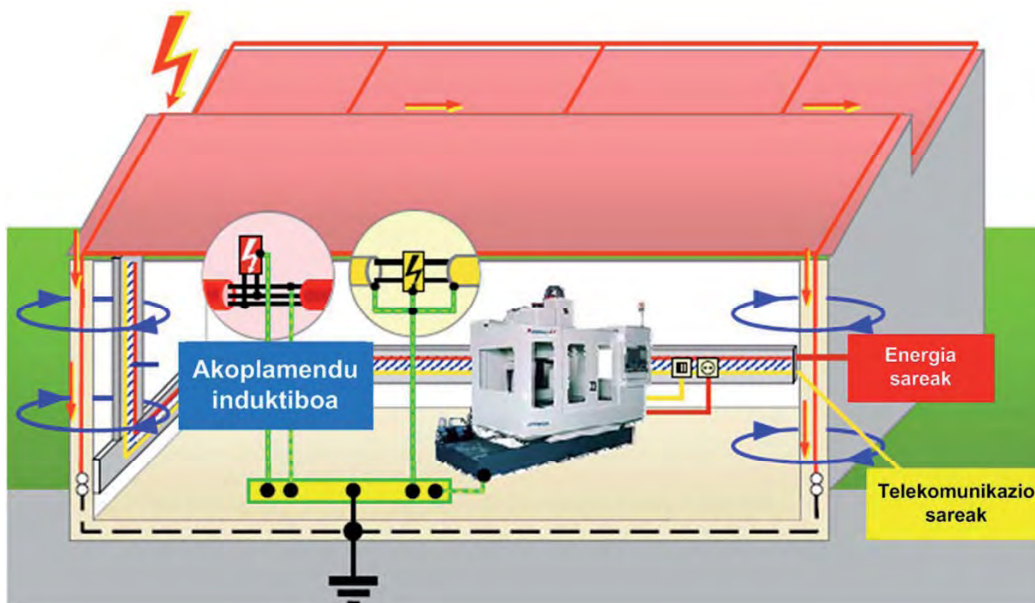


15

### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (VIII)

#### Akoplamendu-mekanismoak. Akoplamendu induktiboa

Tximista-bidetik abiatuta edo tximista intentsitateak zeharkatzen dituen eroaleetatik abiatuta sortzen diren eremu magnetikoek tentsioak induzitzen dituzte begizta metalikoetan.



16



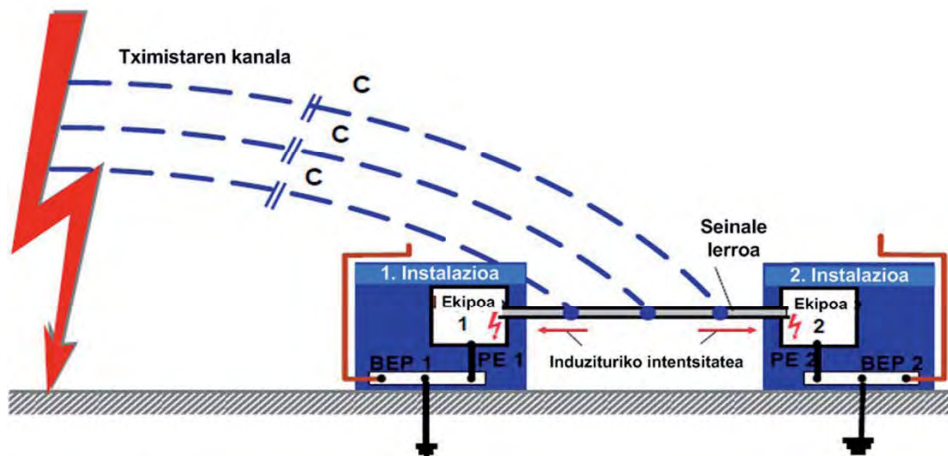
### 3. Jatorri atmosferikodun gaintentsioak (IX)

#### Akoplamendu-mekanismoak. Akoplamendu kapazitiboa

Tximista batek lurrean deskargatzen duenean, tximista-bideak edo tximista-kanalak, lur-konexio erresistentzian ematen den tentsio-jaitsieraren ondorioz, inguruarekiko ehundaka kV inguruko tentsio igoera bat pairatzen du.

Bi ekipoen arteko seinaleen kablea tximistaren kanal horietako batekin kapazitiboki akoplaturik dago.

Akoplamenduaren kapazitateak (kondentsadoreak) kargatu egiten dira eta zenbait A hamarkadako balioa duen akoplamendu-intentsitatea sortzen dute, intentsitate hori hartzaileen dielektrikoak apurtu ondoren lurrera doalarik.



17

### 4. Gaintentsioen aurkako babesak (I)

#### Definizioa

Tximisten aurkako babes-sistema batek eraikinak eta egiturak suteen aurka edo deusestapen mekanikoaren aurka babestu beharko ditu, baita bertan edo inguruan dauden pertsonak, zaurien edo heriotzaren aurka.

#### Kalkulua eta dimentsionatzea

Akats-arrisku onargarriaren eta arrisku horri loturiko babes-mailaren arteko konpromezu batean oinarritzen da (tximisten ausazko izaera dela eta, ezin da %100eko segurtasunarekin esan sistema bat tximisten efektuen aurka babestuta egongo denik).

- **Akats arrisku onargarria:** egitura batean, egitura baten inguruan, egitura batera konektatuta dagoen zerbitzu batean, edo zerbitzuaren inguruan tximista baten inpaktuek sortutako gizakien bizitzen galera arriskuen, zerbitzu publikoen galeren, ondare kulturalen galeren, eta balio ekonomikodun galeren analisia.
- **Babes-maila:** aukeratutako babes-mailaren araberako probabilitate jakin batekin, gaintutako ez diren tximista-intentsitatearen parametroen balio maximo eta minimoak.

Estatuan aplikagarriak diren normak:

- UNE-EN 62.305 (IEC 62.305:2006): Protección contra el rayo + UNE-EN 50.164: Componentes de PCR.
- UNE-EN 21.186:1996 (NFC 17-102): Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado.

18

## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (II)

### Elementuak (I)

#### Kanpoko babes-sistema

Elementuak eta funtzioak:

- **Biltze-lerroa edo aireko terminala:** tximisten inpaktu zuzenak jasotzen dituzte.
- **Jaitsiera-lerroak edo lerro banatzaileak:** tximista-intentsitatea lurrerantz era seguruan bidaltzen dute.
- **Lur-sarea:** tximista intentsitatea lurretik era seguruan banatzen dute.

#### Barneko babes-sistema

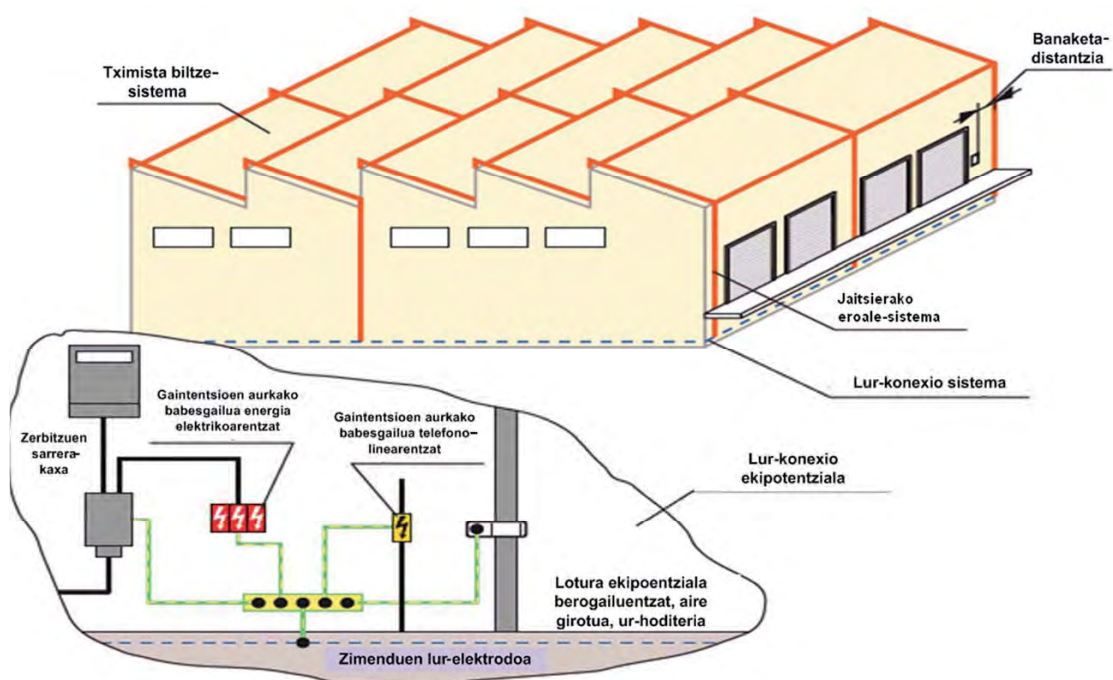
Funtzioak:

- **Txinparta arriskutsuen agerpena ekiditea:** konexio ekipotentzialaren bidez eta tximisten aurkako babes-sistemaren elementuen eta eraikinaren edo egituraren elementu metalikoen artean segurtasun-distantzia bat mantenduz lortzen da. Konexio ekipotentzialak tximista-intentsitate baten ondorioz sortuko diren tentsio-erorketak gutxitzen ditu. Hori, instalazioko elementu eroale guztiak eroaleen edo gaintentsioen aurkako babesgailuen bitartez konektatuz lortzen da.
- **Ekipoetan gaintentsioak mugatzea:** tximisten zeharkako inpaktuek, maniobrek edo deskarga elektrostatiakoek sortzen dituzte. Gaintentsioen aurkako babesgailuekin lortzen da.

19

## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (III)

### Elementuak (II)



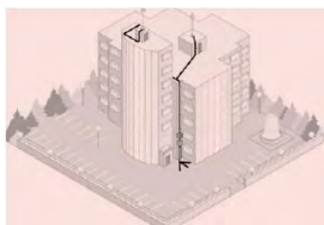
20

## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (IV)

### Tximista-biltzaile motak (I)

#### “Tximistorratzak”

- **Franklin puntak:** ohizkoena eta ezagunena da. Araudi guztietan agertzen dira.
  - Beste mota batzuk:
    - **Zebatze-puntak** (PDC, Early Streamer edo ESE): teorikoki (laborategian bakarrik frogatua, baina ez aplikazio errealetan) Franklin puntak baino babes-irismen askoz handiagoa daukate, beraz punta gutxiago beharko lirateke egitura berdin bat babesteko.
- Araudi espezifiko bat dute Estatuan (UNE 21.186:1996 eta CTE delakoan ere aipatzen dira), beraz beraien erabilera legalki onartuta dago. Araudi hori, araudi frantsesaren moldaketa bat da. Nazioarteko araudietan ordea (IEC 62.305:2006, NFPA 780:2008) ez dute beraien erabilera onartzen eta beraien aipamena egiten dutenean, jartzekotan, Franklin puntak bezala tratatzeko esaten dute, beraz beraien abantaila galduko lukete.
- **Gaintentsio-ezabagailuak**, etab.: fabrikante batzuk “abantaila izugarridun” gailu espezifiko batzuk eskaintzen dituzte, baina orain artean, ez dira inolako araudietan homologatuak izan.



21

## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (V)

### Tximista-biltzaile motak (II)

#### Aireko eroalea

Babestu beharreko egituraren gainean kokaturiko eroale bat edo batzuez osaturiko babesa. Eroaleak mutur bakoitzean lurrarekin konektatu beharko dira, jaitsiera-eroaleen bitartez.

Adibidea: GTko aireko lineen lur-eroalea.

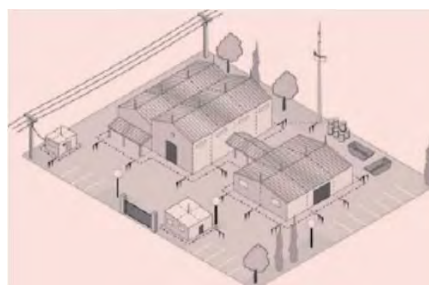
#### Faraday-ren kaiola

Kanpoko babes-sistema pasiborik onena da.

Kanpokaldetik jartzen diren jaitsiera-lineak simetrikoki biderkatzen ditu, eraikina altua denean lotura horizontalak eginez.

Lortzen diren efektuak eraikinaren ekipotentzialtasun eta tximista intentsitateen banaketa hobetuz, horrela eremu eta indukzio elektromagnetikoak nabarmenki gutxituz.

Ezin hobea da arrisku oso handiak dituzten eraikinak, karga informatiko ugariak, edo beraien barnen zirkuitu integratuak egiten diren eraikinak, edo interes historiko handia dutenak babesteko.



22

## 4. Gaintentsioen aurkako babesak (VI)

### Ekipoen babesak

Oso kritikoak diren ekipoetan (adib. aire zabaleko azpiestazio baten transformadorea) edo gaintentsioen aurka oso sentikorrek diren ekipoetan (ekipo elektronikoak) gaintentsioen ondorioz kalteak gertatzeko arrisku handia dagoela suposatzen da eta gaintentsioen aurkako babesak jartzen dira.

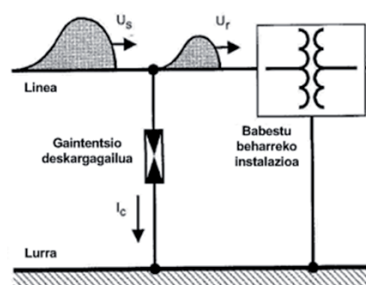
#### Helburua

Sareko isolamenduan puntu ahul bat sortzea, balizko arku elektrikoa bertan sor dadin.

- Gaintentsio-mailak babestu beharreko elementuen isolamendu-tentsioa hartu baino lehen funtzionatu behar dute.
- Ez dute inoiz funtzionatu behar zerbitzuko tentsio izendatuekin.

#### Oinarrizko funtzionamendu-printzipioa → **Babes paraleloa:**

- Baldintza normaletan:  
Elementuek inpedantzia handi bat dute, linearen funtzionamendu normalean eragin ez dezaten.
- Sareko tentsio izendatua baino tentsio-maila handiagoa agertzen denean:  
Babesgailuak inpedantzia txiki bat hartzen du eta lurrera konektatzen du linea.



#### Konexioa:

Gaintentsio-deskargagailuak era iraunkorren daude fase eta lurraren artean konektatuta.

23

## 4. Gaintentsioen aurkako babesak (VII)

### Tximistorratz hitzari buruzko azalpenak

Gaztelaniaz, "pararrayos" hitza ondorengo elementu ezberdinei buruz aritzerakoan erabiltzen da, horrek ez-ulertuak sor ditzakeelarik:

- **Aireko terminalak:** adibidez, Franklin edo PDC puntak.  
Ingelesez: "lightning rod" erabiltzen da.
- **GT edo ETko ekipoentzat gaintentsio deskargagailuak:** gaztelaniaz "pararrayos" hitza eta "autoválvula" hitzak erabiltzen dira. Adibidez, UNE-EN 60.099 Pararrayos.  
Ingelesez: "surge arrester" erabiltzen da.
- **BT ekipoen gaintentsioen aurkako babesgailuak:** gaztelaniaz "pararrayos de BT" erabiltzen da. Adibidez, UNE-EN 61.643 Pararrayos de Baja Tensión.  
Ingelesez: "surge protective device" erabiltzen da.



24



## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (VIII)

### Gaintentsio-deskargagailuak (I)

#### Kokapena

Arrisku gehien duten GT eta ET sareko puntuetan:

- Lineen heltze-puntuak.
- Barrak.
- TGen sarrera.
- Lineak airetik lurrazpira pasatzen direnean.
- Transformadoreak.
- Sorgailuak (eta kondentsadoreak).



25

## 4. Gaintentsioen aurkako babesa (IX)

### Gaintentsio-deskargagailuak (II)

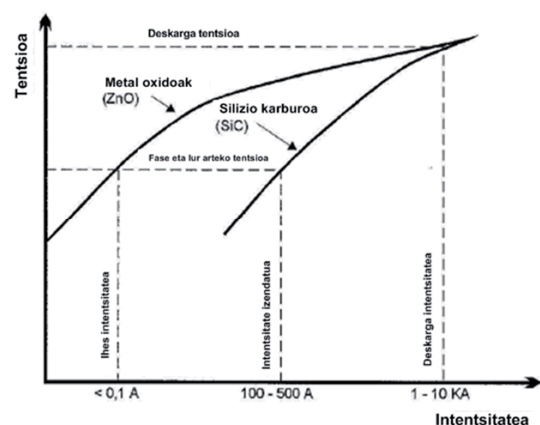
#### Teknologiak

#### 1. Esplosoredun erresistentzia aldakorra:

- Araua: UNE-EN 60.099-1.
- Ohizko baristorea: SiC Silizio Karburoa
- Abantailak:
  - Siplea.
  - Erangikorra.
  - Merkea.
- Eragozpenak:
  - Zebatze-tentsioaren sakabanatze handia.

#### 2. Esplosore gabeko metal oxidoa:

- Araua: UNE-EN 60.099-4.
- Ohizko baristorea : ZnO Zink oxidoa
- Abantailak :
  - Gaintentsioak mugatzeko ahalmen handiagoa.
  - Fidakortasun handiagoa.
- Aplikazioa:
  - Aurrekoak ordezkaten ari da.



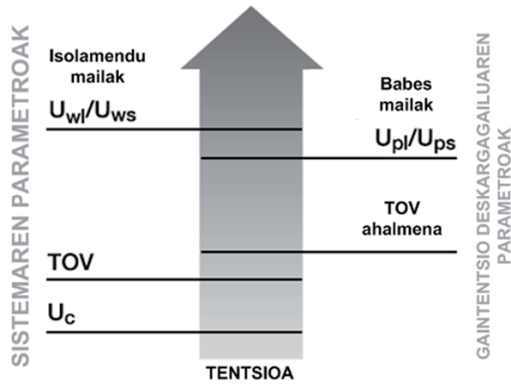
*Bi teknologien tentsio/intentsitate linealtasunaren alderaketa*

26



# 4. Gaintentsioen aurkako babesak (X)

## Sistemaren parametroak – deskargagailuaren parametroak



$U_c$ : zerbitzuko tentsio izendatua.

TOV: gaintentsio iragankorrak jasateko ahalmena.

$U_{wl}$ : ekipoen isolamendu-maila tximista motako bulkadekiko.

$U_{ws}$ : ekipoen isolamendu-maila maniobra motako bulkadekiko.

$U_{pl}$ : tximista motako bulkadekiko babes-maila.

$U_{ps}$ : maniobra motako bulkadekiko babes-maila.

# 4. Gaintentsioen aurkako babesak (XI)

## Gaintentsio-deskargagailuak (IV)

ABB: esplosore gabeko oxido metalikodun gaintentsio deskargagailuaren adibidea



PEXLINK Q

### Sumario de datos de rendimiento

Tensiones de red ( $U_{m,red}$ )	52 -420 kV
Tensiones nominales ( $U_n$ )	42 -360 kV
Corriente de descarga nominal (IEC)	10 kA <sub>pico</sub>
Corriente de clasificación (ANSI/IEEE)	10 kA <sub>pico</sub>
Resistencia de corriente de descarga	
Corriente alta 4/10 µs	100 kA <sub>pico</sub>
Corriente baja 2000 µs	900 A <sub>pico</sub>
Capacidad de energía:	
Clase de descarga de línea (IEC)	Clase 3
[2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	7,8 kJ/kV ( $U_n$ )
Cumple con/sobrepasa los requisitos de la prueba de descarga de líneas de transmisión ANSI para sistemas de 362 kV.	
Capacidad de cortocircuito/alivio de presión	50 kA <sub>sim</sub>
Aislamiento externo	Cumple con/sobrepasa las normas
Resistencia mecánica:	
Carga de servicio estática	2.500 Nm
Admisión declarada (DPSSL)	
Carga de servicio dinámica admisible máxima (MFDSL)	4.000 Nm
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitud de diseño (Mayores altitudes bajo pedido)	máx. 1.000 m
Frecuencia	15 - 62 Hz

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs		8/20 µs				
$U_{m,red}$ kV <sub>rms</sub>	$U_n$ kV <sub>rms</sub>	$U_c$ kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	1 s kV <sub>rms</sub>	10 s kV <sub>rms</sub>	0,5 kA kV <sub>pico</sub>	1 kA kV <sub>pico</sub>	2 kA kV <sub>pico</sub>	5 kA kV <sub>pico</sub>	10 kA kV <sub>pico</sub>	20 kA kV <sub>pico</sub>	40 kA kV <sub>pico</sub>
24 <sup>3)</sup>	24	19,2	19,4	27,6	26,4	46,1	47,6	49,5	53,6	56,4	62,1	69,4
36 <sup>3)</sup>	30	24,0	24,4	34,5	33,0	57,6	59,5	61,8	67,0	70,5	77,6	86,8
	36	29,8	29,0	41,4	39,6	69,2	71,4	74,2	80,4	84,6	93,1	105
52	42	34	34,0	48,3	46,2	80,7	83,3	86,5	93,8	98,7	109	122
	48	38	39,0	55,2	52,8	92,2	95,1	98,9	108	113	125	139
	51	41	41,3	58,6	56,1	98,0	102	105	114	114	132	148
	54	43	43,0	62,1	59,4	104	107	112	121	127	140	157
	60	48	48,0	69,0	66,0	116	119	124	134	141	156	174
	72	58	58,0	82,5	79,2	139	143	149	161	170	187	209
	66	53	53,4	75,9	72,6	127	131	136	148	156	171	191
72	54	43	43,0	62,1	59,4	104	107	112	121	127	140	157
	60	48	48,0	69,0	66,0	116	119	124	134	141	156	174
	72	58	58,0	82,5	79,2	139	143	149	161	170	187	209
	66	53	53,4	75,9	72,6	127	131	136	148	156	171	191
	81	65	65,6	93,1	89,1	156	161	167	181	191	210	236
	84	67	68,0	96,6	92,4	162	167	173	188	198	218	243
100	75	59	60,7	86,2	82,5	144	149	155	168	177	194	217
	78	61	63,1	89,7	85,8	150	155	161	175	184	202	226
	84	65	68,0	96,6	92,4	162	167	173	188	198	218	243
	90	69	72,0	103	99,0	173	179	186	201	212	233	261
	96	74	77,0	110	105	185	191	198	215	226	249	278
123	90	72	72,0	103	99,0	173	179	186	201	212	233	261
	96	77	77,0	110	105	185	191	198	215	226	249	278
	102	78	82,6	117	112	196	203	210	228	240	264	295
	108	78	84,0	124	118	208	214	223	242	254	280	313
	120	78	98,0	138	132	231	238	248	268	282	311	347
	129	78	104	148	141	248	256	266	288	304	334	373
	132	78	106	151	145	254	262	272	296	311	342	382
	138	78	111	158	151	265	274	285	309	325	357	399
	144	78	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417
	150	78	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434
145	108	86	86,0	124	118	208	214	223	242	254	280	313
	120	92	96,0	138	132	231	238	248	268	282	311	347
	132	92	105	151	145	254	262	272	296	311	342	382
	138	92	111	158	151	265	274	285	309	325	357	399
	144	92	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417
	150	92	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434
	162	92	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469
	168	92	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486

## 9. GAIA. LUR-KONEXIOAK

### Aurkibidea

1. Arrisku elektrikoa
2. Lur-konexio sistema
3. Lur-konexioko elementuak
4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa
5. Lur-konexio sistemaren dimentsionatzea
6. Lur-konexioa behe-tentsioan
7. Lur-konexioa transformazio-guneetan

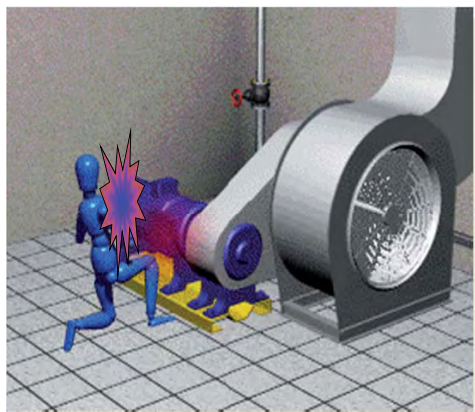
1

## 1. Arrisku elektrikoa (I)

### Sarrera

Elektrizitatearen erabilerak instalazio eta pertsonetan kalteak sor ditzake:

- **Instalazioetan kalteak:** su-arriskua eta lehertzeko arriskua.
- **Pertsonetan kalteak:** tresna elektrikoetatik edo instalazio elektrikoetatik gertu egonez gero, zauriak edo heriotza sor ditzaketen 3 arrisku elektriko mota daude:



- Talka elektrikoa (*electrical shock*): Gorputzetik intentsitate elektrikoaren zirkulazioak sortzen duen efektu fisiologikoa.
- Arku elektrikoaren efektu termikoak (*arc-flash*) sortzen dituzten erredurak.
- Arku elektrikoaren ondorioz sortzen diren airearen hedapenek eta materialeen lurruntzeek eragiten dituzten inpaktuak (*arc-blast*).

2

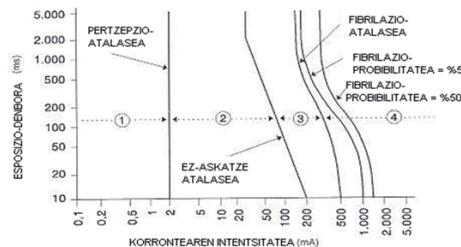
# 1. Arrisku elektrikoa (II)

## Efektu fisiologikoak (UNE/IEC-TS 60479-1:2.007)

Intentsitate elektriko altxatuen efektu fisiologikoak:

- **Tetanizazioa:** muskuluen kontrolik gabeko higidura intentsitate elektrikoaren ondorioz, beso eta hanken kontrola galduz.
- **Asfixia:** arnasketa bat-batean gelditu daiteke.
- **Erredurak:** intentsitatearen zirkulazioa bero-disipazioarekin batera ematen da, kanpo eta barneko erredurak sortuz.
- **Bentrikulu fibrilazioa:** miokardioaren zuntzen kontrakzio azkar eta desordenatuen segida; fibrilazioak bentrikuluei eragiten dienean heriotza sor dezake.
- **Bestelako efektuak:** muskuluen kontrakzioa, arnasteko zailtasuna, arterien presioaren igoera, etab. Ez dute heriotza sortzen eta itzulgarriak dira.

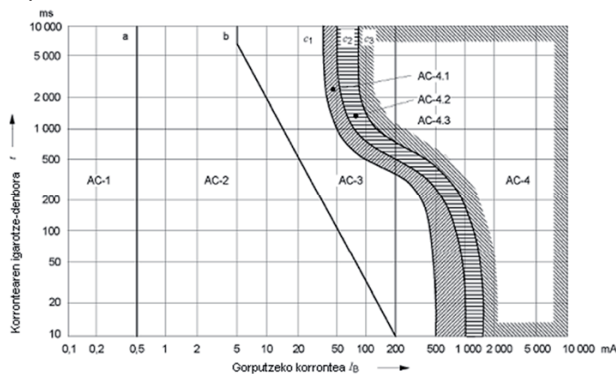
Korronte jarraien efektuen denbora-intentsitate zonaldeak:



# 1. Arrisku elektrikoa (III)

## Efektu fisiologikoak (UNE/IEC-TS 60479-1:2.007)

Ezker eskutik bi hanketara doan intentsitate altxatuen (15 Hz-etik 100 Hz-era) zirkulazioak sortzen dituen efektuen denbora-intentsitate zonaldeak:



KURBAK		ZONAK	
a	$I = 0,5 \text{ mA}$ , pertzepzio-atalasea.	Zona	Efektu fisiologikoak
b	$I = I_0 + 5/r$ , $I_0 = 5 \text{ mA}$ ez askatze atalasea izanik.	AC-1	Normalean erreakzionik ez.
c1	Bentrikulu-fibrilazio atalasea.	AC-2	Normalean ez dira efektu fisiologiko arriskutsuak agertzen.
c2	Bentrikulu-fibrilazio probabilitatea %5ekoa.	AC-3	Normalean ez dira kalte organikoak agertzen. Muskulu kontrakzioak, arnasteko zailtasuna eta bihotz-bulkaden sorkuntza eta hedapenean perturbazio itzulgarriak ager daitezke, harien artean aurikulu-fibrilazioa eta bentrikulu-fibrilaziorik gabeko bihotz-gelditze iragankorrak. Intentsitate eta denborarekin handituz doa.
c3	Bentrikulu-fibrilazio probabilitatea %50ekoa.	AC-4	AC-3 zonako efektuez gain, bentrikulu-fibrilazio probabilitatea %5ekoa (c2 kurba), %50ekoa (c3 kurba) edo handiagoa (c3 kurba gain). Intentsitate eta denbora handiagoekin kalte fisiologiko larriak sor daitezke, adibidez: bihotz-gelditzeak, arnas-gelditzeak eta erredurak.

# 1. Arrisku elektrikoa (IV)

## Efektu fisiologikoak (UNE/IEC-TS 60479-1:2.007)

Talka elektrikoaren larritasunean eragiten duten faktoreak:

- Talka elektriko baten ondorioz gorputzetik sortzen den intentsitatearen zirkulazioa, kontaktu-tentsioaren eta gorputzean zehar intentsitatearen zirkulazioak aurkitzen duen inpedantziaren menpe dago:

$$I_h = \frac{U_c}{Z_h(U_c)}$$

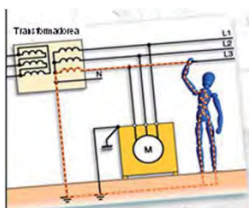
- Aurreko erlazioa ez da lineala, inpedantzia barne- eta kanpo-faktore ezberdinen menpe dagoelako. Adibidez:
  - **Kontaktu-tentsioa:** gorputzaren inpedantzia kontaktu tentsioaren alderantziz proportzionala da; beraz, intentsitatearen igoera ez da lineala kontaktu tentsioarekiko.
  - **Larruazalaren hezetasuna eta gazitasuna.**
  - **Korrontearen frekuentzia:** gorputzaren inpedantzia frekuentziarekin alderantziz proportzionala da.
  - **Korrontearen ibilbidea gorputzetik:** ibilbiderik arriskutsuenak ezkerreko eskutik ezkerreko edo eskuineko oinera edo bi oinetara.
  - **Kontaktu-azalera:** kontaktu-azalera zenbat eta handiagoa, gorputzaren inpedantzia orduan eta txikiagoa da.
  - **Pertsonaren baldintza fisiologikoak.**

5

# 1. Arrisku elektrikoa (V)

## Kontaktu zuzenak/zeharkakoak

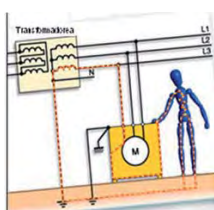
- **Kontaktu zuzena:** pertsona edo animalien kontaktua material eta ekipoen zati aktiboekin.



### Kontaktu zuzenaren aurkako babesak:

- Arriskua oso garrantzitsua denean, konponbiderik errazena energia elektrikoa arriskutsua ez den tentsio batera banatzea da, segurtasun-tentsioa baino txikiagoa den tentsio batera.
- Behe-tentsioan, zati aktiboak irismenetik kanpo ezarri edo isolatu egin behar dira.
- Babes-neurri osagarria: sentikortasun handiko etengailu diferentziala ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ).

- **Zeharkako kontaktua:** pertsona edo etxe-abereen kontaktua isolamenduaren hutsegite baten ondorioz tentsioan jarri diren elementuekin (masak). Orduan, korronte lehenetsi bat igarotzen da, eta hargailu elektrikoaren masaren eta lurraren arteko tentsioa igotzen da.



### Zeharkako kontaktuaren aurkako babesak:

- **GT:** masa guztiak lurrera konektatu behar dira, eta kontaktu- eta urrats-tentsioak balio maximo onargarriak gainditu ez dituztela ziurtatu behar da.
- **BT:** masa guztiak lurrera konektatu behar dira **neutroaren banaketa-eskemaren** arabera, eta kontaktu- eta urrats-tentsioak balio maximo onargarriak gainditu ez dituztela ziurtatu behar da.

6

## 2. Lur-konexio sistema (I)

### Definizioa (UNE 207003)

Konduktiboki konektatuta dauden lur-elektrodoez (edo eraginkortasun berdineko metalezko osagaiez), lurrerako eroaleez eta eroale ekipotentzialez osaturiko sistema lokalki mugatua.

### Funtzioak

- Tresneriaren funtzionamendua: falten identifikazioa eta kokapena, gaintentsioen mugapena, seinalearen erreferentzia:

-**Zerbitzuko lur-konexioa** (MIE-RAT-13): normalean tentsioan dauden instalazioen zati bat aldi baterako, edo zirkuitu elektrikoaren zenbait puntu (neutroa) etengabe lurrera konektatzeko helburua duen konexioa da.

-**Sistemaren lur-konexioa** (UNE 207003): zirkuitu aktiboaren puntu baten lur-konexioa, ekipo edo azpi-estazioek era egokian lan egin dezaten.

-**Ekipo elektronikoaren seinaleen erreferentziarako lur-konexioa**

- Pertsonen segurtasuna:

-**Babeserako lur-konexioa** (MIE-RAT-13): instalazio batean normalean tentsioan ez dauden, baina matxuren edo kontaktu akzidentalaren ondorioz tentsioan jar daitezkeen elementu eroaleen lur-konexio zuzena da, pertsonak tentsio arriskutsuen kontaktuetatik babesteko helburuarekin.

-**Tximisten aurkako babeserako lur-konexioa** (UNE 207003)

-**Elektrizitate estatikoaren aurkako babeserako lur-konexioa**

7

## 2. Lur-konexio sistema (II)

### Sistemaren lur-konexioa

Transformadore edo sorgailuaren neutroa lurrarekin konektatzean datza.

Sistemaren lur-konexiora konektatu beharreko elementuak (MIE-RAT-13):

- Transformadoreen neutroak
- Sorgailuen neutroak
- Neurketa-transformadoreen behe-tentsioko zirkuituak
- Autobalbulak edo tentsio-deskargagailuak
- Lur-konexioko ebakigailuak

**Faltaren begizta**: lurrera konektaturiko sistema batean, 2 transformadoreen neutroen artean kokaturiko elementu guztiak, zirkuitu edo begizta berdina jarraituz itxiko dira:



Sailkapena:

- Neutro isolatua
- Neutroa zuzenean lurrera
- Neutroa inpedantzia bidez lurrera

8



## 2. Lur-konexio sistema (III)

### Sistemaren lur-konexioa

Produktibitatean eragina		Sistema Mota			
		Isolatua	Zuzenean lurrera	Erresistentzia baxua	Erresistentzia altua
Ekipoei kalteak	Gaintentsioak	Handiak	Ez daude	Mugatuta daude	Mugatuta daude
	Gainintentsitateak	Ezezagunak	Handiak	Txikiak	Ez daude
	Mantentze-lanen kostua	Handiak	Arrazoizkoak	Arrazoizkoak	Txikiak
Etendura	Elikaduraren jarraitasuna fase-lur akats batekin	Posiblea baina ez gomendatua	Ez	Ez	Bai. Ideala
	Babesgailuen koordinazioa. Akats-puntuen kokapena	Zaila	Zaila	Ona	Bikaina
Pertsonak	Segurtasuna	Eskasa	Ona	Ona	Bikaina

9

## 2. Lur-konexio sistema (IV)

### Babeserako lur-konexioa

Babeserako lur-konexiora konektatu beharreko elementuak (MIE-RAT-13):

- Zutabeak, euskarriak eta portaleak.
- Maniobra tresneriaren txasisak.
- Aireko lineen lur eroaleak.
- Kableen blindaje metalikoak.
- Transformadore, sorgailu, motor eta beste makinen karkasak.
- Armairu metalikoen inguratzailak.
- Ate metalikoak eta hesiak.
- GTko instalazioak dituzten eraikinen estrukturak eta metalezko armadurak.
- Hodi eta tutu metalikoak.

### Baldintzak:

- Erresistentzia mekanikoa eta korrosioaren aurkako erresistentzia bermatu.
- Termikoki, fase-lur falta intentsitate maximoa pairatu.
- Ekipo eta ondasunetan kalteak ekidin.
- Pertsonen segurtasuna bermatu, fase-lur falta bat gertatzerakoan, lur-konexio sisteman agertzen diren tentsioen aurrean.

10



## 3. Lur-konexioko elementuak (II)

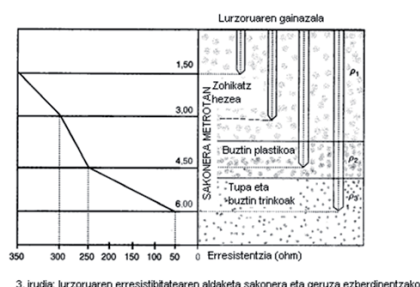
### Lurzorua

Lurzorua akats korranteak eta deskarga atmosferikoak barreiatzen ditu luraren zehar.

Lurzoru mota oso garrantzitsua da lur-konexioak eraginkorrak eta zuzenak izan daitezzen.

Lurzorua  $\rho$  **erresistibitate elektrikoaren** [ $\Omega \cdot m$ ] arabera sailkatzen dira. Lurzoru baten erresistibitatea bertatik igarotzen den intentsitatearekiko independentea da. Aldiz, ondorengo faktoreen menpe dago:

- Lurzorua konposaketa. Heterogeneoa izaten da (osaketa geologiko eta sakonera ezberdineko geruzak egoten dira, eta gainera, norabidearen arabera aldatzen dira). Ik. ondoko taula.
- Zenbat eta gatz disolbagarri gehiago egon lurzoruan, erresistibitatea orduan eta txikiagoa izango da. Lurzorua ur-edukierak erresistibitatea gutxitzen du.
- Baldintza atmosferikoak eta azaleko geruzetan izotzik dagoen.



LURZORU MOTAK	ERRESISTIBITEA OHM·M
Lurzoru aingiratsua	1 - 30
Lohia	20 - 100
Humusa	10 - 150
Zohikatze hezea	5 - 100
Buztin plastikoa	50
Hare buzintzia	50 - 500
Silize-harea	200 - 3.000
Soropilez estaltako lurzoru harritsua	300 - 500
Lurzoru harritsu biluzia	1.500 - 3.000
Kareharri bigunak	100 - 300
Kareharri trinkoak	1.000 - 5.000

13

## 3. Lur-konexioko elementuak (III)

### Lurzorua

Lur-konexioaren kalkulua beti egiten da baldintzarik kaxkarrenak kontuan hartuta, hau da, lurzorua erresistibitatea maximoa den egoera horientzat.

**Neurketa:** ezinbestekoa da lurzorua erresistibitate elektrikoa neurtzea. Tauletan ematen diren balioak orientagarriak eta gutxi gorabeherakoak dira. Neurketa bat baino gehiago egitea gomendatzen da, norabide ezberdinetan eta baldintza kaxkarrenetan (klima lehorra).

**Neurketaren metodoa:** zehatzenak "4 puntakoak" dira (neurketa-zunden berezko erresistentzien independenteak). Horien artean erabiliena Wenner-en metodoa da:

- Elektrodoak lerro zuzenean ezartzen dira, beraien artean L distantziara banatzen dira, eta neurtu nahi den puntuarekiko simetrikoki banatzen dira.
- $d = 3 \cdot L$  bada, itxurazko erresistibitatea edo batez besteko erresistibitatea:
$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \frac{V}{I}$$
- Intentsitateak hartzen duen batez besteko sakonera:  $h \approx \frac{3 \cdot L}{4}$
- Elektrodoak zenbat eta gehiago banatu, geruza sakonagoetako orduan eta informazio gehiago lortzen da.

14

### 3. Lur-konexioko elementuak (IV)

#### Elektrodoak

Lurzoruarekin etengabe kontaktuan dagoen masa metalikoak dira.

Defektuzko korrontek edo karga elektrikoak lurzorura bideratzen ditu, lurzoruak deskargagailu funtzioa betetzen duelarik.

#### Elektrodo motak:

- **Sareak:** kobrezko eroale biluziak horizontalki sarean instalatzen dira. Eraikinaren egitura osatzen duten hormigoi armatuzko edo metalikoak diren zutabe guztiak sarera lotu daitezke.
- **Pikak:** elektrodo luzangak dira, lantza itxurakoak, lurzoruan bertikalki errazago sartu ahal izateko.
- **Plakak:** itxura errektangularreko elektrodoak dira. Lodierarekiko konparatuz lurzoruarekin kontaktu-azalera handia dutenez, energia kantitate handia barreiatzen dute lurzoruan.
- **Eroale lurperatuak:** kablez edo pletina biluziz osatutako elektrodoak. Eraikinaren zimenduen behean horizontalki lurperatzen dira.

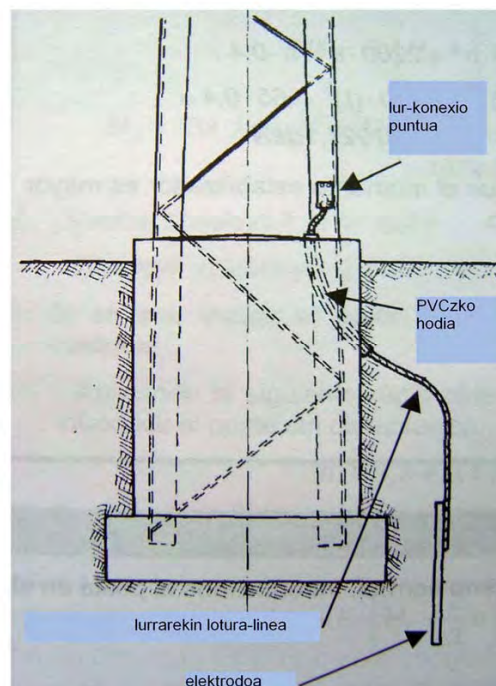
15

### 3. Lur-konexioko elementuak (V)

9. GAIA

**Lurrarekin lotura-linea:** elektrodoak edo eraztuna lur-konexioko puntuarekin lotzen dituzten eroaleen osatzen dute lotura-linea. Lurpena instalatu ohi dira beti eta ez lurrazalean.

**Lur-konexio puntua:** lur-konexioko azken atala da. Lurrazaletik kanpo kokatuta dagoen puntua da, eta lurrarekin lotura-linea eta lurrerako linea nagusia lotzen ditu. Hala behar duten instalazioetan sakanatuta dauden hainbat lur-konexio puntu egongo dira, elektrodo berari edo elektro-multzo berari konektatuta.



16



### 3. Lur-konexioko elementuak (VI)

#### Lur-konexio instalazioa

Lur-konexioaren kanpoko instalazioa ezin da inoiz eten, beraz, kobrezko eroale batez osatzen da, eta ez da egoten jarraitasuna eteten duen inolako babesgailu, dusible ezta ebakitzailerik.

Hiru atal ditu, baina unitate bakarra osatzen dute, sekzio eta izen ezberdina izan arren:

- **Lurrerako linea nagusia:** lur-konexio puntutik abiatzen diren eroaleak dira. Linea nagusi honetara konektatzen dira masen lur-konexioaren deribazioak, babes-eroaleen eta lurrerako linea nagusiaren deribazioen bidez.
- **Lurrerako linea nagusiaren deribazioak:** lurrerako linea nagusia babes-eroaleekin eta masekin lotzen dute.
- **Babes-eroaleak:** zeharkako kontaktuen aurka babesten dute.

17

### 3. Lur-konexioko elementuak (VII)



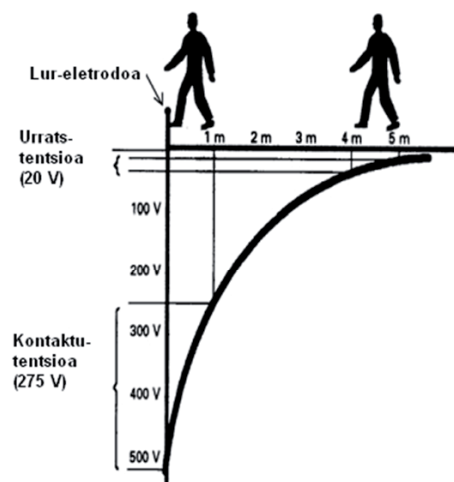
18



## 4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa (I)

Lurrerako ihes-korronteen ondorioz gerta daitezkeen potentzial arriskutsuak kalkulatzeko garrantzitsuak dira:

- o **Urrats-tentsioa:** metro bateko urratsa eman eta pertsona batek jaso ahal duen lur-defektu baten ondoriozko lur-potentzialaren igoera da. Korronteak giza-gorputza oin batetik bestera zeharkatzen duela kontsideratzen da. Urrats-tentsioak ez ditu gizakientzako balio arriskutsuak hartu behar.
- o **Kontaktu-tentsioa:** pertsona batek jaso ahal duen lur-defektu baten ondoriozko lur-potentzialaren igoera da (kontaktu-puntutik metro bateko distantzia horizontala). Korronteak giza-gorputza eskutik oinera zeharkatzen duela kontsideratzen da.

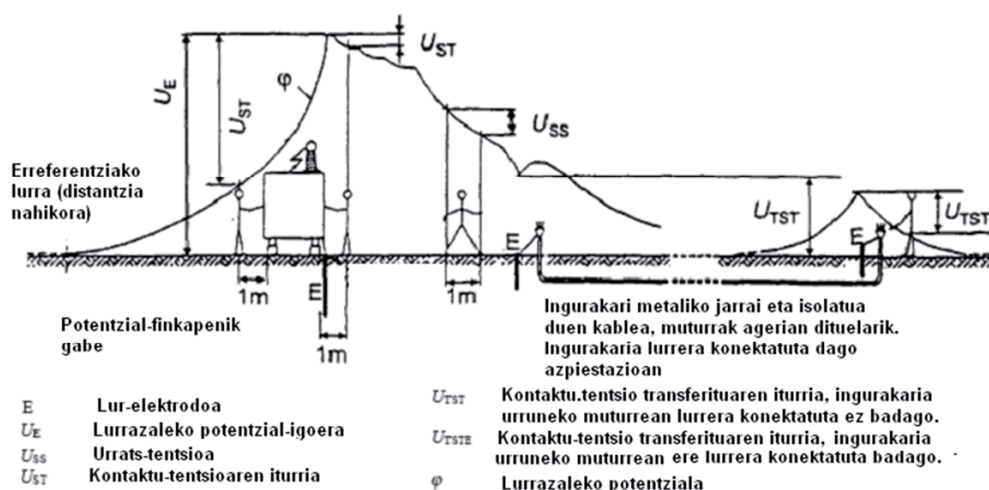


Potentzial-gradientearen banaketa lur-elektrodo batetik

19

## 4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa (II)

- o **Lurrazaleko potentzial-igoera:** lur-konexio sistema baten eta erreferentziako lurraren arteko tentsioa da. (GPR: ground potential rise).
- o **Potentzial transferitua:** fase-lur akats bat lur-konexio sistema batean gertatzen denean, lur-konexio sistema horretara konektatuta dagoen elementu eroale batean (adibidez, kable baten inguratzaile metalikoa, urhodi metalikoa, errail bat) ematen den akats-intentsitatearen zirkulazioak, elementu horren beste muturreko ingurunean sortzen duen potentzial igoera, elementu horren eta mutur horretako lurrazalaren artean.



20

## 4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa (III)

**Lur-konexioaren erresistentzia (Rt)**

Lurrerako tentsioaren eta defektuzko intentsitatearen erlazioa.  $R_t = U_t / I_d$ .

- Lur-konexio pika:** UNE 207003

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln\left(4 \cdot \frac{L}{d}\right)$$

L: pikaren luzera (m)  
d: pikaren diametroa (m)

- Lur-konexio sarea:** IEEE Std 80-2000

$$R_t = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{\rho}{L}$$

A: sarearen azalera  
L: sarearen luzera

**Lurrerako tentsioa (Ut) edo defektuzko tentsioa Ud (MIE-RAT)**

Lur-elektrodo baten eta zero potentzialeko puntu baten arteko potentzial-diferentzia.

$$U_t = I_d \cdot R_t$$

GPR delakoa

**Kontaktu-tentsioa (Uc)**

Aldiberean eskura dauden bi atalen arteko potentzial-diferentzia.

**Urrats-tentsioa (Up)**

Lurrazalean metro baterako distantziara dauden bi punturen arteko potentzial-diferentzia.

## 4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa (IV)

### Urrats- eta kontaktu-tentsio maximo onargarriak

MIE-RAT-13ak ondorengo atalaseak zehazten ditu:

#### Kontaktu-tentsio maximo onargarria:

$$I = \frac{U_{pa}}{R_H} = \frac{U_p}{R_s + R_H + R_s}$$

$$\Rightarrow U_p = U_{pa} \frac{R_H + 2R_s}{R_H}$$

$R_H = 1.000 \Omega$   
 $R_s = 3 \cdot \rho_s$

$$U_{p \text{ máx. adm.}} = U_{pa \text{ máx.}} \frac{R_H + 2R_s}{R_H} = U_{pa \text{ máx.}} \left( 1 + \frac{6 \rho_s}{1000} \right)$$

$$U_{pa \text{ máx.}} = \frac{10K}{t^n} \Rightarrow U_{p \text{ máx. adm.}} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \rho_s}{1000} \right)$$

$U_p$ : urrats-tentsio  
 $U_{pa}$ : aplikatutako urrats-tentsioa (persona baten oinen artean zuzenean aplikatzen den urrats-tentsioaren zatia)  
I: gorputzetik igarotzen den korrontearen intentsitatea

#### Urrats-tentsio maximo onargarria:

$$I = \frac{U_{ca}}{R_H} = \frac{U_c}{R_H + \frac{R_s}{2}}$$

$$\Rightarrow U_c = U_{ca} \frac{R_H + \frac{R_s}{2}}{R_H}$$

$R_H = 1.000 \Omega$   
 $R_s = 3 \cdot \rho_s$

$$U_{c \text{ máx. adm.}} = U_{ca \text{ máx.}} \frac{R_H + \frac{R_s}{2}}{R_H} = U_{ca \text{ máx.}} \left( 1 + \frac{1,5 \rho_s}{1000} \right)$$

$$U_{ca \text{ máx.}} = \frac{K}{t^n} \Rightarrow U_{c \text{ máx. adm.}} = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5 \rho_s}{1000} \right)$$

$U_c$ : kontaktu-tentsioa  
 $U_{ca}$ : aplikatutako kontaktu-tentsioa

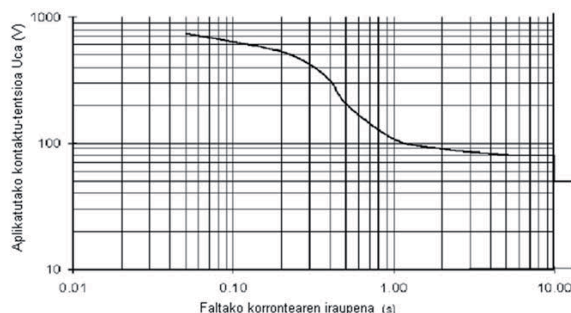
## 4. Urrats-tentsioa eta kontaktu-tentsioa (V)

### Urrats- eta kontaktu-tentsio maximo onargarriak

Tentsio maximo onargarrietan eragina duten parametroak:

- Lurzoruaren erresistibitatea
- Akatsaren iraupena: akatsak babesgailu batek detektatu eta argitzen duen arte irauten du.

ITC-LAT-07 araudiak kontaktu-tentsio maximo onargarrien atalseak zehazten ditu, UNE-IEC/TS 604791-1 araudiaren atalaseetan oinarrituz (UNE 207003 araudian atalase berdinak agertzen dira). Urrats-tentsio maximo onargarrien kasuan, kalkulua egiteko MIE-RAT-13 jarraitu behar da.



UNE-IEC/TS 604791-1 araudiko  
“Korrante alternoen efektuen  
denbora-intentsitate zonaldeak”  
grafikoean oinarrituta.

Estatu Batuetan urrats- eta kontaktu-tentsio maximo onargarrien kalkuluak IEEE Std. 80-2000 araudiko formulekin egiten dira.

23

## 5. Lur-konexio sistemaren dimentsionatzea (I)

Lur-konexio sistema dimensionatzeko jarraitu beharreko irizpideak:

- Erresistentzia mekanikoa eta korrosioaren aurkako erresistentzia ziurtatu behar dira.
- Defektuzko korrante maximoa termikoki jasan behar da.
- Segurtasuna bermatu behar da, kontaktu- eta urrats-tentsio maximo onargarrien atalaseak errespetatuz.

**Lurrerako lineak:** erresistentzia mekaniko nahikoa eta korrosioaren aurka erresistentzia handia duten eroaleak dira.

- Elementu metaliko oro lurrera konektatu behar da.
- Eroale hauen ibilbidea ahalik eta motzena izan behar da, marraketa bihurriak eta erradio handiko kurbak ekidinez.
- Lineetan ezin da fusible ezta etengailurik instalatu.
- Loturak tentu handizu+ egin behar dira.

**Elektrodoak:** sare-elektrodoetan:

- Sareko gelaxken neurria txikitu ahala, kontaktu- eta urrats-tentsioak ere txikitzen dira.
- Sare txikietan, kontaktu- eta urrats-tentsioak batez ere sarearen erpinetan zaindu behar dira → erpinetan pikak kokatzen dira, kontaktu- eta urrats-tentsioak hobetzeko.

24

## 5. Lur-konexio sistemaren dimentsionatzea (II)

**Kontaktu- eta urrats-tentsioen kalkulua:** eragina duten faktoreak:

- Akatsaren intentsitatea
- Elektrodo mota
- Antolaketa geometrikoa

**Urrats-tentsioen kalkulua:**

Urrats-tentsioak instalazioaren gainazal osoan eta instalazioaren inguruan ere kalkulatu behar dira.

**Kontaktu-tentsioen kalkulua:**

Kontaktu-tentsioak elementu metalikoren bat oharkabean ikutzeko moduan dagoen kokapenetan kalkulatu behar dira.

**Lur-konexio sistemaren kalkulua:**

Konplexua da, beraz ordenagailu bidez burutzen da.

Ez da oso zehatza:

- Lurzoruaren erresistibitatearen banaketa ez baita zehatz-mehatz jakiten.
- Lurzorutik lurrera bueltatzen den faltaren intentsitatearen kalkulu zaila baita.
- Kalkuluaren prozesua iteratiboa da.

25

## 5. Lur-konexio sistemaren dimentsionatzea (III)

Adibidea:

Hasierako datuak:

Sarea: 10 m x 5 m; gelaxkak: 2,5 m x 2,5 m.

Sakonera = 0,8 m

Elektrodoa = Kobrezko eroale biluzia 70 mm<sup>2</sup>

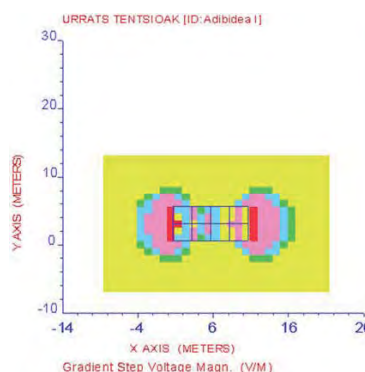
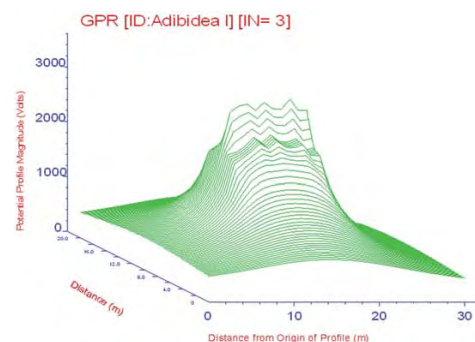
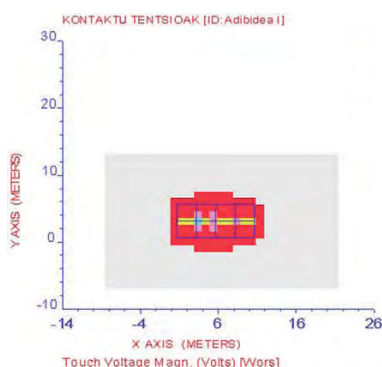
Lurzorutik doan faltaren intentsitatea: 500 A.

Lurzoruaren erresistibitatea: 100 Ω·m (uniformea).

Emaitzak:

Sarearen erresistentzia: 5,8032 Ω

GPR: 2.901,6 V



26

## 6. Lur-konexioa behe-tentsioan (I)

### Lur-konexio eskemak

Terminologia:

GT: zerbitzuko lur-konexioa → BT: neutroaren lur-konexioa

GT: babeserako lur-konexioa → BT: masen lur-konexioa

Lur-konexio eskemak ET/BTko transformadorearen sekundarioaren lurrerako konexio metodoa eta behe-tentsioko instalazioan eskura dauden atal eroaleen lurreako konexioa definitzen du.

Lur-konexio eskemaren arabera aukeratu dira:

- Zeharkako kontaktuen aurkako babes-neurriak.
- Zeharkako kontaktuen aurkako babes-tresneria.

**Izendapena:** bi hizki erabiliz

-1. hizkia: banaketa-sarearen elikadura (neutroa) lurrarekiko:

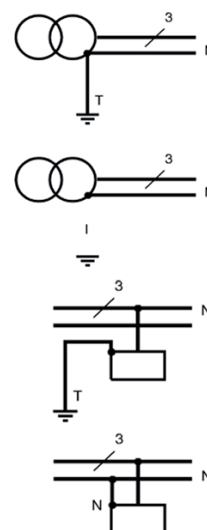
T: zuzenean lurrera konektatuta

I: lurretik isolatuta

-2. hizkia: masak lurrarekiko

T: masak BTko neutroko lurretik independentea den lur batera konektatuta.

N: masak BTko neutroko lur berdinerara konektatuta.



27

## 6. Lur-konexioa behe-tentsioan (II)

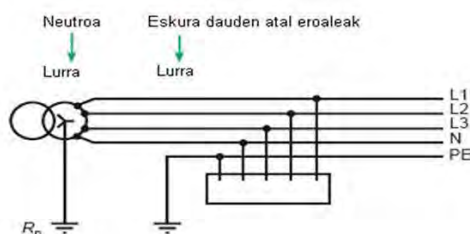
### TT eskema

- Elikaduraren puntu bat (neutroa) zuzenean lurrera konektatuta dago.
- Instalazio hartzaileko masak elikaduraren lur-konexiotik banatuta dagoen lur-konexio batera daude konektatuta.
- Eskema honetan, fase-masa (fase-lur) akats-intentsitateek zirkuitulaburreko intentsitateak baino balio txikiagoak hartzen dituzte, baina **kontaktu-tentsio arriskutsuak** agertzeko bestekoak izan daitezke.

**ITC-BT-18:** behe-tentsioko instalazioetan “mugako tentsio konbentzionalaren” atalaseak gainditzen dituzte tentsioak arriskutsutzat jotzen dira:

- 24 V eroaleak diren lokal edo kokapenetan: lokal hezeak, bustiak, aire zabalean dauden instalazioak, behin-behineko obrako instalazioak eta argiztapen publikoko instalazioak.
- 50 V gainontzeko kasuetan.

- Espainian erabiliena da
- Eskemarik errazena da diseinatzeko eta instalatzeko orduan.
- Behe-tentsioko banaketa-sare publikotik elikatuta dauden instalazioetan erabiltzen da, araudiz derrigorrezkoa baita.



28

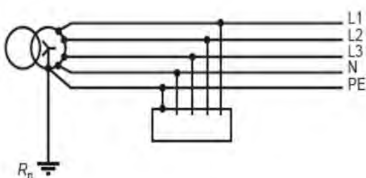


## 6. Lur-konexioa behe-tentsioan (III)

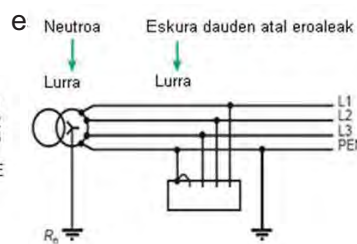
### TN eskema

- Elikaduraren puntu bat (neutroa) zuzenean lurrera konektatuta dago, eta instalazio hartzailearen masak puntu berdinerara daude konektatuta, babes-eroaleen bitartez.
- TN eskemetan, edozein fase-lur (fase-masa) akatsak beti hartzen ditu zirkuitulaburreko balioak (kA).
- Instalazio osoan tarte erregularretara lur-elektrodoak instalatu behar dira.

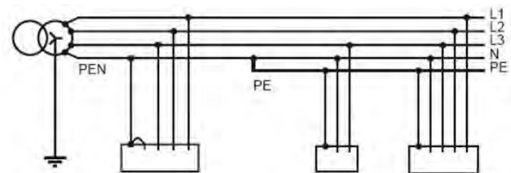
**TN-S** : eroale neutroa eta babes-eroalea ezberdinak dira instalazio osoan (5 hari).



**TN-C** : eroale bakarrak betetzen du neutroaren eta babes-eroalearen funtzioa



**TN-C-S** : eroale bakarrak betetzen du neutroaren eta babes-eroalearen funtzioa instalazioaren zati batetan.

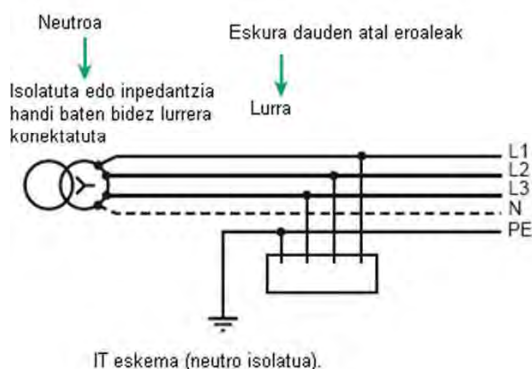


29

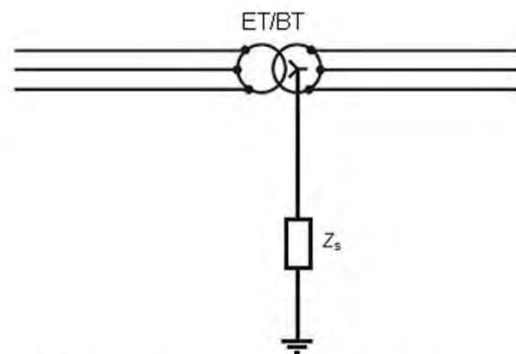
## 6. Lur-konexioa behe-tentsioan (IV)

### IT eskema

- Ez du elikaduraren punturik zuzenean lurrera konektatuta.
- Instalazio hartzailearen masak zuzenean lurrera konektatuta daude.
- Lehenengo fase-masa (fase-lur) falta batean sortzen den intentsitateak ez ditu kontaktu tentsio arriskutsuak sortzen → Desarra ez da beharrezkoa.



IT eskema (neutro isolatua).



IT eskema. Neutro inpedantea; neutroa inpedantzia handi baten bidez dago lurrera konektatuta.

30

## 6. Lur-konexioa behe-tentsioan (V)

---

### Eskemaren aukeraketa

- Instalazio mota kontuan hartu behar da:
  - Banaketa publikoko sare batetik zuzenean elikatutako instalazio hartzaileak:
    - Araudiak beti TT eskema erabiltzera derrigortzen du.
    - IT eskeman: isolamendu-transformadorea erabiltzea derrigorrezkoa da.
  - Bezeroaren jabetzakoa den transformazio-gune batetik elikatutako behe-tentsioko instalazio hartzaileetan:
    - Edozein eskema aukeratu daiteke.
    - TN eskemarako, araudiak betebeharrak gehigarriak ezartzen ditu.
  - Ebakuntza-geletan: araudiak IT eskema erabiltzera derrigortzen du.
  - Karga elektronikodun instalazioak: TN-S gomendatzen da(UNE-EN 50310).
- Instalazio bakoitzaren ezaugarri tekniko eta ekonomikoaren arabera: TN merkeagoa da, IT fidagarriagoa da.
- Isolamendu-transformadore baten bidez, neutroaren banaketa-eskema alda daiteke.

31

## 7. Lur-konexioa transformazio-guneetan (I)

---

- 4 lur-konexio ezberdin egon daitezke:
  - **Zerbitzuko lur-konexioa (GT):** bakarrik goi-tentsioko neutroa transformazio-gunean badago lurrera konektatuta. Bestela, ez da egongo zerbitzuko lur-konexiorik transformazio-gunean.
  - **Babeserako lur-konexioa (GT)**
  - **Neutroaren lur-konexioa (BT)**
  - **Masen lur-konexioa (BT)**
- Aukerak: legediaren arabera (MIE-RAT, IBT-BT, UNE 207003), bi konponbide eskaintzen dira:
  - **Lur-konexio bateratua:** goi-tentsioko eta behe-tentsioko lurrak transformazio-gunean batzen badira, ez da egongo oharkabeko kontaktu-arriskurik elementu metalikoak potentzial ezberdinerara egoteagatik. Hurrengo baldintzak bete behar dira:
    - Behe-tentsioko sarean edo konektatuta dauden erabiltzaileen instalazioetan ez da kontaktu-tentsio arriskutsurik agertu behar.
    - Behe-tentsioko puntu neutroaren potentzial igotzen denean, erabiltzaileen instalazioan behe-tentsioko materialak frekuentzia industrialera jasandako tentsioa ez daitela balio onargarriak baino handiagoa izan.
  - **Lur-konexio banatuak eta independenteak:**
    - Behe-tentsioko masak babeserako lur-konexiora lotu ahal dira, masen isolamendu-tentsioa (BIL) GPR baino handiagoa bada.
    - Bestela, behe-tentsioko masak neutroaren lur-konexiora lotu behar dira, GPR baino BIL handiagoa duten isolagailuen gainean. Gutxienezko distantziak gorde behar dira eta zorian material isolatzaileak erabili.

32

## 7. Lur-konexioa transformazio-guneetan (II)

