



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Teknologia Elektrikoa I Laborategiko Praktiak

ISBN: 978-84-9860-669-0

Agurtzane Etxegarai Madina
Zigor Larrabe Uribe

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNeko
ERREKTOREORDEtzAREN SARE ARGITALPENa**

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

Industri Ingeniaritza. 4. maila

TEKNOLOGIA ELEKTRIKOA

I

LABORATEGIKO PRAKTIKAK



AURKIBIDEA

1. SARRERA	1
2. MATLAB	2
2.1 MATLAB-EN EZAUGARRI NAGUSIAK	2
2.2 INGURUNE GRAFIKOA	2
2.3 OSAGAIEN BIBLIOTEKAK	5
2.4 FITXATEGIEN SISTEMA	5
3. SIMULINK	6
3.1 LAN-INGURUNEA	7
3.2 EREDUEN SORKUNTZA	9
3.3 EREDUEN SIMULAZIOA	11
3.4 OHIKO BLOKEAK	12
4. SIMPOWERSYSTEM BLOCKSET	14
5. ERREFERENTZIAK	17
6. PRAKTIKAK	18
6.1 BEHE-TENTSIOKO LANTEGI BATEN POTENTZIA-FAKTOREAREN ZUZENKETA	18
6.1.1 POTENTZIA ERREAKTIBOAREN IZAERA	18
6.1.2 ENERGIA ERREAKTIBOAREN KONTSUMITZAILEAK	18
6.1.3 POTENTZIA-FAKTOREA	19
6.1.3.1 POTENTZIA-FAKTOREA HOBETZEKO ARRAZOIAK	19
6.1.3.2 NOLA KONPENTSATU POTENTZIA-FAKTOREA	20
6.1.3.3 ZER ERABILI POTENTZIA-FAKTOREA KONPENTSATZEKO	20
6.1.3.4 KONPENTSAZIO MOTAK	21
6.1.4 ARIKETA	24
6.1.4.1 1. SIMULAZIOA	25
6.1.5 2. SIMULAZIOA	26
6.2 ETXEBIZITZETAKO INSTALAZIO ELEKTRIKOAREN SIMULAZIOA	28
6.2.1 TEORIA KONTZEPTUAK	28
6.2.1.1 NEUTROAREN BANAKETA ESKEMAK	28
6.2.1.2 ETXEBIZITZEN INSTALAZIO ELEKTRIKOAK	29
6.2.2 INSTALAZIOAREN DESKRIBAPENA	29
6.2.2.1 SARRERA	29

6.2.2.2	AZTERTUKO DIREN KASU DESBERDINEN DESKRIBAPENA	30
6.2.2.3	EMAITZEN AZTERKETA	32
6.2.3	PROPOSATURIKO ARIKETAK	32
6.2.4	ARIKETA GEHIGARRIAK ETA AZTERKETA SAKONTZEKO PROPOSAMENAK	33
6.3	AKATS-EGOERAN DAGOEN GARRAIO-SISTEMA BATEN AZTERKETA	34
6.3.1	SISTEMAREN ELEMENTUEN MODELIZAZIOA	35
6.3.2	SIMULAZIOA ETA EMAITZAK	36
6.3.3	KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK	37
6.4	GARRAIO-LINEEN MODELIZAZIOA	40
6.4.1	LEHENENGO ATALAREN SARRERA	41
6.4.1.1	LINEEN PARAMETROAK	41
6.4.1.2	LINEEN KONSTANTE LAGUNGARRIAK	42
6.4.1.3	GARRAIO-LINEENTZAKO π ETA T ZIRKUITU BALIOKIDEAK	42
6.4.2	KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK	44
6.4.2.1	LEHENENGO ATALAREN GARAPENA	44
6.4.3	EROALEA	47
6.4.3.1	BIGARREN ATALAREN GARAPENA	48
7.	MATHCAD	51
7.1	SARRERA	51
7.2	KALKULAGAILUA	51
7.3	EMAITZEN FORMATUA	52
7.3.1	ZENBAKIEN FORMATUAREN ALDAKETA	53
7.3.2	UNITATEEN ALDAKETA	53
7.4	KALKULUA	53
8.	PRAKTIKAK	55
8.1	SEKZIO EZ UNIFORMEDUN LINEA IREKI BATEN KALKULUA	55
8.2	ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN KALKULUA	58
8.2.1	ZIRKUITULABURREN KALKULUA	58
8.2.2	PROPOSATURIKO ARIKETAK	59
8.3	GARRAIO-LINEEI BURUZKO KALKULUAK	63
8.3.1	ARIKETAK	63
9.	ESKEMA HARIBAKARRAK	65
10.	PRAKTIKAK	66

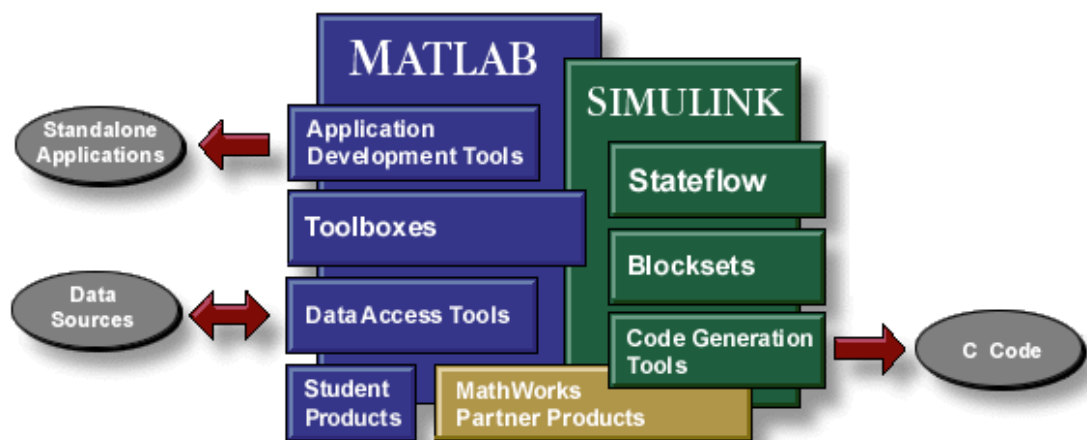
10.1	bizkaiako garraio- eta banaketa-sarearen eskema hari-bakarra	66
10.1.1	IKURRAK	66
10.1.2	SORKUNTZA	66
10.1.3	AZPIESTAZIO-MOTAK	67
10.1.4	AZPIESTAZIOEN KONFIGURAZIO ELEKTRIKOAK	67
10.1.5	KONTSUMOA: INDUSTRI-BEZEROAK	68
10.1.6	AZPIESTAZIOKO BARRETAN GERTATZEN DIREN FALTAK	68
10.2	KOGENERAZIODUN LANTEGI INDUSTRIAL BATEN INSTALAZIO ELEKTRIKOAREN eskema hari-bakarra	69
10.2.1	KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK	69
11.	POWERWORLD	74
11.1	KARGA-FLUXUA	74
11.2	PRAKTIKAREN GARAPENA	75
11.3	KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK	79
12.	DIGSILENT	86
12.1	ZIRKUITULABURREKO KORRONTEAK	86
12.2	POWERFACTORY DIGSILENT SOFTWAREA	87
12.2.1	SAIO-HASIERA ETA ERREGISTRO-LEIHOA	87
12.2.2	LAN-INGURUNEA	88
12.2.3	PROIEKTU BERRIAK SORTU	89
12.2.4	DIGSILENT-EN ZIRKUITULABURREN SIMULAZIOA	91
12.3	ENTSEGU-SISTEMA	92
12.4	PRAKTIKAREN GARAPENA	94
12.5	KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK	96

1. SARRERA

MATLAB ingurune bateratu bat da, zenbakizko kalkulua, grafiko konplexuak eta goi-mailako programazio-hizkuntza konbinatzen dituen programazio teknika egiteko erabiltzen dena.

The Mathworks enpresak MATLAB zenbakizko konputaziorako, analisirako eta datuen bistaratzeko produktu nagusi gisa eskaintzen du. MATLABekin batera SIMULINK eskaintzen du, simulazio eta modelatze ez-lineal konplexuak egiteko.

Bi produktu horiekin batera, produktu horietarako gehigarri espezializatuak eskaintzen ditu: MATLABen gehigarriak, Toolbox izenpean, eta SIMULINKenak, Blockset izenpean.



1. irudia. MATLABen produktu familia

Praktika honen helburua da ikaslea tresna informatiko hori erabiltzen hastea, batez ere ingeniariak elektrikora bideraturiko SIMPOWERSYSTEMS blockseta.

2. MATLAB

2.1 MATLAB-EN EZAUGARRI NAGUSIAK

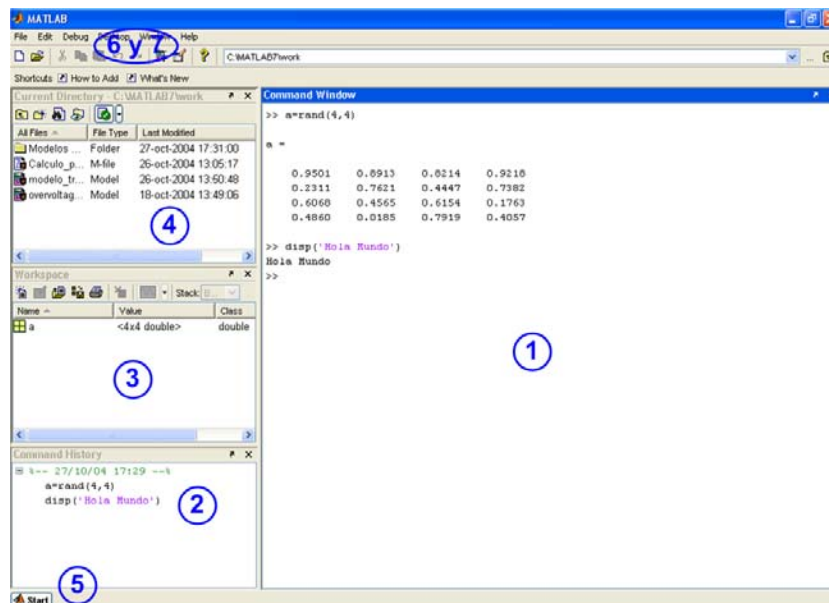
MATLAB zientziarako pentsatutako goi-mailako programazio-hizkuntza bat da. Matrizeetan oinarritutako software bat da, zenbakizko ariketa konplexuak programa bat idatzi gabe ebazteko gai dena. Software hau oso erabilia da unibertsitate, ikergune eta ingeniari-tza-enpresetan. Besteak beste, honelako aplikazioak ditu: seinale, irudi, bideo eta soinuen tratamendua; kontrol-sistemen diseinua; finantza-analisiak, eta biologia informatikoa. GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) tresnaren bidez, erabiltzaileentzako interfaze grafikoak diseina daitezke. Eta, besteak beste, datu-formatu hauek onartzen ditu: MS Excel, ASCII, GIF, JPEG, BMP, EPS, TIFF, PNG, HDF, AVI, PCX...

MATLABen ezaugarri garrantzitsuenak hauek dira:

- Kalkulu teknikorako goi-mailako hizkuntza.
- Kode erraza eta intuitiboa.
- Erabiltzailearekin interfaze grafikoak sortzeko tresnak.
- Beste hizkuntza eta aplikazioekin integratzen erraza.
- Funtzio-biblioteka handia (*toolboxak*) hainbat aplikaziotarako.
- Kodeen, fitxategien eta datuen kudeaketa egokirako ingurunea.
- Ariketa iteratiboak ebazteko tresna interaktiboak.
- Aljebra lineala, estatistika, Fourier-en analisisa, ekuazio diferentzialak, optimizazioa eta zenbakizko integrazioa lantzeko tresnak.
- Datuak 2D eta 3D grafikoekin ikusteko funtzioak.
- Exekuzio-denborak programazio-hizkuntza ohikoenak baino askoz azkarragoak.
- Plataforma eta sistema eragile gehienentzat eskuragarria.
- Mundu osoan 1.000.000 erabiltzaile baino gehiagoren esperientzia.

2.2 INGURUNE GRAFIKOA

MATLAB exekutatzean, MATLABen mahaigaina irekitzen da (**MATLAB Desktop**). MATLABen mahaigaina aplikazioaren leiho nagusia da. Beste leiho edo osagaiak leiho honetan koka daitezke, edo leiho edo azpileiho independente gisa exekuta. Erabiltzaileak bere gustura konfiguratu dezake. Irudian, MATLABen mahaigaina ikusten da:



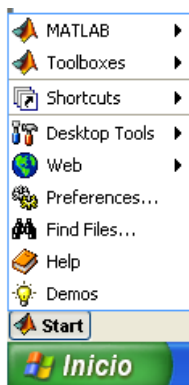
2. irudia. MATLABen lan-ingurunea (Desktop)

MATLABen mahaigainaren elementu nagusiak hauek dira:

- 1) **Komando-leiho** (*Command Window*). Leiho honetan MATLABen aginduak exekutatu dira eta emaitzak agertzen dira. Aginduak banan-banan sartzen eta exekutatu dira.
- 2) **Komandoen historia** (*Command History*). Komando-leihoan kronologikoki exekutatu diren aginduak daude hemen. Agindu horiek ↑ eta ↓ teklen bidez ere ikus daitezke.
- 3) **Aldagaien leihoa** (*Workspace*). Leiho honetan, programaren memorian dauden aldagaiak eta erabiltzaileak definituriko funtzioak ikus daitezke.

Laneko direktorioa (*Current Directory*). Lan-direktorioa agertzen da hemen, eta aldatzeko aukera dago. MATLABek erabiltzailearen funtzio bat bilatu dezan, dagokion *.m fitxategiak egon behar du lan-direktorioan edo *search path*ean adierazitako direktorioren batean.

- 4) **Hasierako botoia** (*Start Button*). Botoi honek Windows-en hasierako botoiaren funtzioak betetzen ditu.



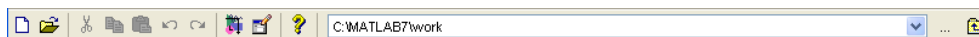
3. irudia. MATLABen "Start" botoia

- 5) **Menu nagusia.** Mahaigainaren goiko menua da, eta handik MATLABen funtzio guztietara joateko aukera dago. Sei azpimenutan banatzen da: *Fitxategia* (File), *Edizioa* (Edit), *Araztu* (Debug), *Mahaigaina* (Desktop), *Leihoa* (Window) eta *Laguntza* (Help).



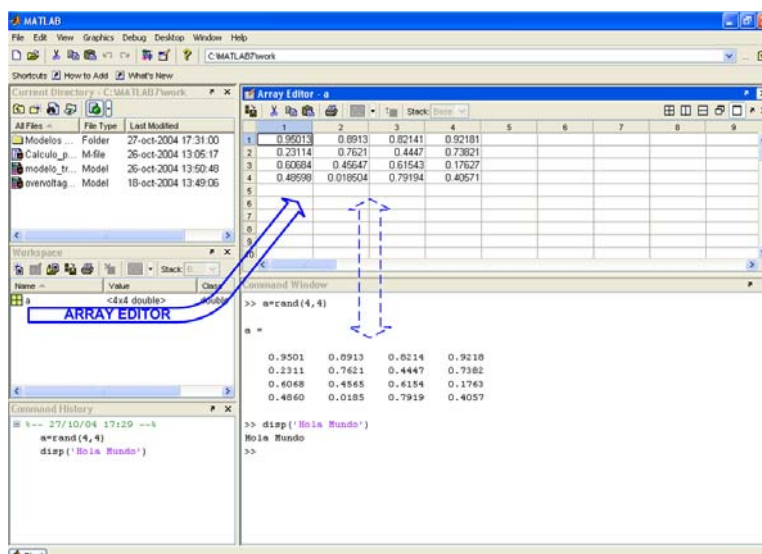
4. irudia. MATLABen menu nagusia

- 6) **Tresna-barra nagusia.** Barra horretatik agindu hauek exekuta daitezke: *Berria*, *Ireki*, *Moztu*, *Kopiatu*, *Itsatsi*, *Simulink*, *GUIDE* edo *Laguntza*. Lan-direktoria ere adierazten du, eta PCko direktorioetatik mugitzeko aukera ematen du.



5. irudia. MATLABen tresna barra nagusia

- 7) **Laguntza-leihoa (Help):** MATLABek laguntza-menu oso ona eskaintzen du, programari buruzko informazio guztiarekin.



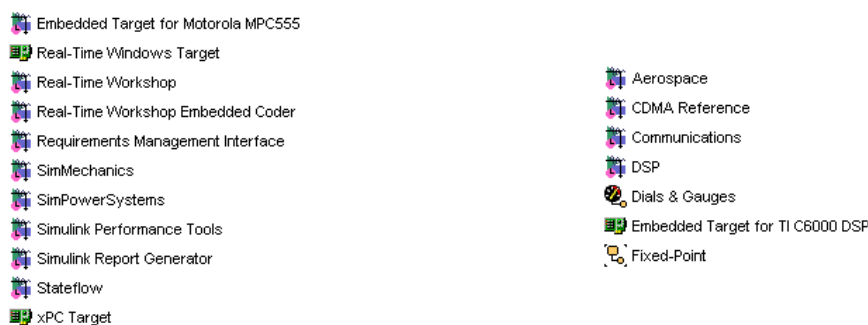
6. irudia. Bektore eta matrizeen editorea (Array Editor)

2.3 OSAGAIEN BIBLIOTEKAK

MATLABek toolbox izeneko aplikazio ugari dauzka. Garrantzitsuenak hauek dira:



Blokeetan garatutako aplikazio ugari ere badauzka, blockset deituak. Hona hemen garrantzitsuenak:



2.4 FITXATEGIEN SISTEMA

MATLABen fitxategiak **.m* (*M-Files*) luzapena dute. Fitxategi horiek izan daitezke argumentuak onartzen dituzten eta irteerak sortzen dituzten *funtzioak* edo MATLABen aginduak exekutatzeko dituzten *scriptak*.

Scriptek ez dute sarrera- edo irteera-argumenturik, eta haien bitartez sorturiko aldagaiak gero *workspacean* geratzen dira. Funtzioek **function** hitza daramate lehen lerroaren hasieran, eta haien aldagaiak ez dira gero *workspacean* geratzen.

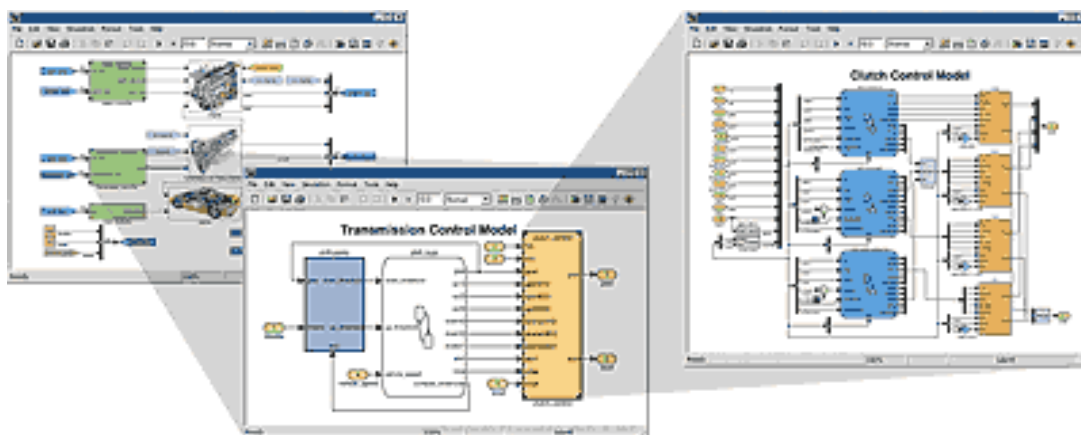
$$\text{function} [\text{irteera-balioen zerrenda}] = \text{funtzioaren_izena} (\text{sarrera-argumentuen zerrenda})$$

Beste fitxategi garrantzitsu batzuk **.mat* (*MAT-Files*) luzapenekoak (datu-fitxategiak) eta **.mdl* (Simulink) luzapenekoak dira.

3. SIMULINK

Simulink sistema dinamikoaren ereduaren oinarritutako simulazio eta diseinurako ingurune bat da. Ingurune grafiko interaktibo bat eta bloke-biblioteka multzo handi bat dauzka. Hori dela eta, sistema fisiko eta matematiko anitz diseinatu, modelatu, simulatu, inplementatu eta analisatu ahalbidetu ditu; besteak beste, elementu ez-linealak eta denbora jarraitu eta diskretuak erabiltzen dituztenak (kontrol-sistemak, seinaleen tratamendua, komunikazioak, sistema dinamikoak...).

MATLABen barnean dago, eta algoritmoak garatzeko, grafiko konplexuak egiteko eta datuen analisia egiteko tresna ugari ditu bere esku.



7. irudia. Simulink-en itxura

Simulink-en bi pauso eman behar dira: ereduaren definizioa eta ereduaren analisia. Ereduaren definizioan, ereduaren alde aurretik sortutako blokeetatik abiatuta eraikitzen da. Ereduaren analisian, simulazioa garatzen da eta, ondoren, simulazioaren emaitzak aztertzen dira. Simulink-ek ingurune grafiko bat erabiltzen du; horregatik, sistemen ereduak oso erraz sortzen dira.

Eredu bat definitu eta gero, ereduaren analisia egin daiteke Simulink-en menuaren bidez edo Matlab-en komando-lerroetik komandoen bitartez.

Simulink-ek ekuazio diferentzial jarraitu edo diskretuen bitartez defini daitezkeen edozein sistema simulatu dezake. Beraz, denboran jarraituak diren sistemak, diskretuak edo hibridoak modelatu daitezke.

Simulink-ek bloke-diagramak erabiltzen ditu sistema dinamikoak adierazteko. Interfaze grafiko baten bitartez, erabiltzaileak osagaiak bloke-biblioteketatik arrasta ditzake, eta gero hari lotzaileen bitartez blokeen arteko loturak egin.

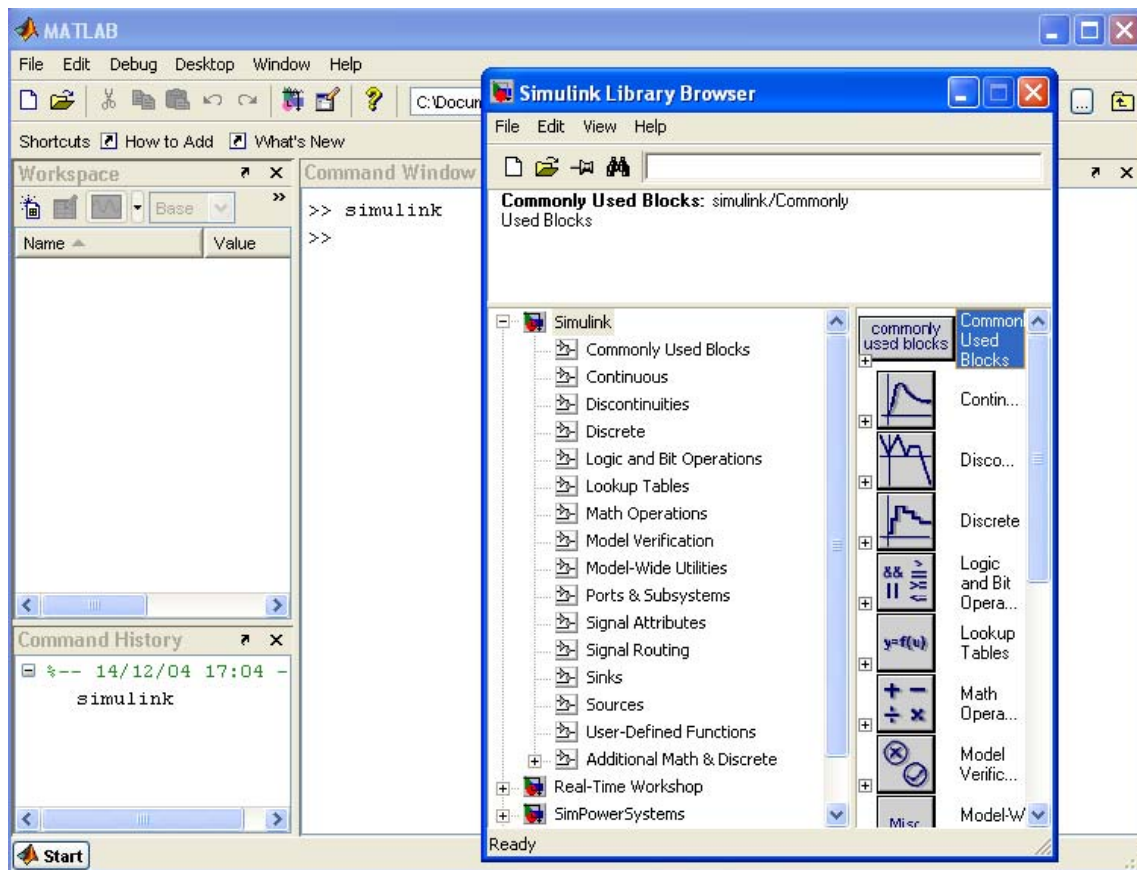
Jarraian, Simulink-en ezaugarri garrantzitsuenak laburbiltzen dira:

- Aurretik definitutako bloke-biblioteka ugari eta hedagarriak.
- Editore grafikoa bloke-diagramak muntatzeko eta kudeatzeko.
- Diseinu konplexuak hierarkiak erabiliz kudeatzeko aukera (azpiblokeak).
- Model explorer (ereduen aztertzailea), eredu baten seinale, parametro eta propietate guztiak sortu eta konfiguratzeko.
- Beste simulazio-programa batzuekin interfaze bat ezartzeko eta kodea sartzeko aukera, Matlab-en algoritmoak barne.
- Simulazioak interaktiboki pauso finko edo aldakorrek erabiliz exekutatzeko aukera.
- Ereduen portaera ebaluatzeko funtzioak, sarrerak definituz eta irteerak ikusiz.
- Simulazioen emaitzen eta diseinuen ezusteko portaeren diagnosia egiteko debugger grafikoa.
- Matlab-ekin erabateko integrazioa datuak aztertu eta ikusteko, erabiltzaile interfaze grafikoak garatzeko eta ereduen datu eta parametroak definitzeko.
- Ereduen analisirako eta diagnostikorako tresnak, ereduen trinkotasuna eta erduetako erroreak detektatzeko.

Simulink-en biblioteketako bat, potentzia-sistema elektrikoek modelatze eta simulazioa egiteko bereziki prestatua dago, SimPowerSystems Blockset. Aurrerago haren ezaugarri garrantzitsuenak deskribatuko dira.

3.1 LAN-INGURUNEA

Simulink-en leiho nagusia Matlab-en komando-lerroan “simulink” idatziz aktibatzen da. Leiho hori saguarekin menuan dagokion ikonoan klik eginez ere aktiba daiteke.



8. irudia. Simulink biblioteka

Pantaila honetan Simulink biblioteken nabigatzailea ikusten da. Nabigatzaileak Simulink-en eta beste toolbox eta blockset guztietan dauden bloke-biblioteketara joateko aukera ematen du. Leiho horretako edozein bibliotekatan klik bikoitza eginez, dagokion bibliotekako blokeak erakusten dituen beste leiho bat irekiko da.

Simulink-en biblioteka nagusiak honako hauek dira:

- Iturriak (sources)
- Estolda-zuloak (sinks)
- Jarraitua (continuous)
- Diskretua (discrete)
- Matematikak (math operations)
- Eragiketa logikoak (logic and bit operations)
- Seinaleen bideratzaileak (signal routing)
- Seinaleen ezaugarriak (signal attributes)
- Etenak (discontinuities)
- Look up taulak (lookup tables)

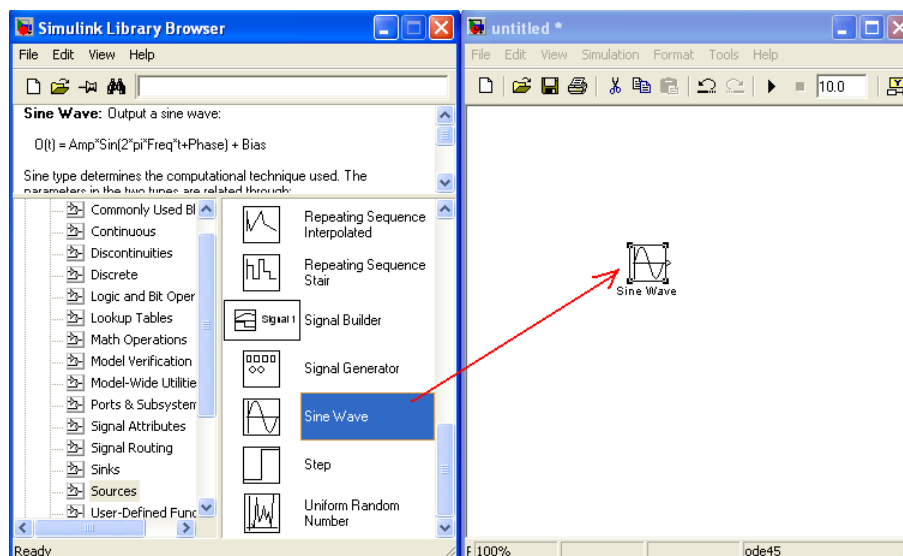
- Erabiltzaileak definituriko funtzioak (user-defined functions)
- Ereduen egiaztatzea (model verification)
- Ateak eta azpisistemak (ports & subsystems)
- Ereduen utilitateak (model-wide utilities)

3.2 EREDUEN SORKUNTZA

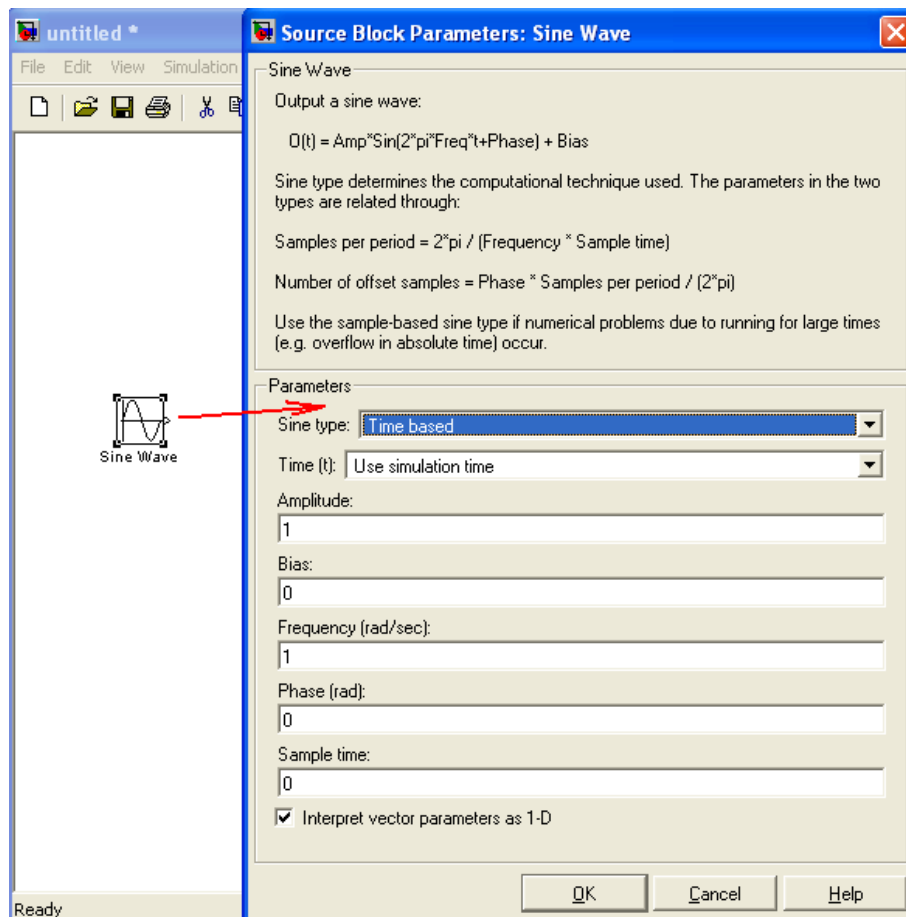
Eredu berri bat sortzeko menu nagusitik leiho berri bat ireki behar da. Leiho berri horretan sistema definituko duten bloke guztiak jarriko dira, haien arteko loturak adieraziz.

Ereduari bloke berri bat gehitzeko, blokea zein bibliotekatan dagoen bilatu behar da. Simulink-ek modelatze-funtzio arruntenak garatzen dituzten ehun bloke baino gehiago dauzka. Blokeak bibliotekatan antolatuta daude, haien portaeraren arabera: iturriak, estoldazuloak, diskretua, jarraitua... Biblioteka horietako batean klik eginez haren blokeak ikusten dira.

Eredurako egokia den blokea aurkitu eta gero, blokean klik egin eta saguarekin ereduaren definizio-leihora arrastatzen da. Hurrengo irudian, Simulink-en *Sources* bibliotekako iturri sinusoidal bat sartu da ereduari. Bloke bat ereduari sartu ondoren, blokearen parametroen balioak sar daitezke. Horretarako, blokean klik bikoitza eginez, blokeari dagozkion parametroen leihoa agertzen da, eta han blokearen definitzen duten parametroak definitu eta aldatzeko aukera dago.

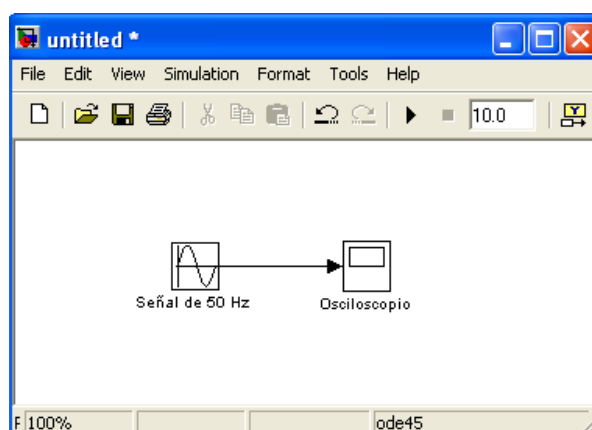


9. irudia. Elementua sartu



10. irudia. Elementuen propietateak

Blokearen izenean klik eginez, izena aldatzeko aukera dago. Era berean, blokean saguaren eskuineko botoiarekin klik eginez blokearen itxura aldatzeko aukeren menua agertzen da, lerroen kolorea, blokearen errotazioa, kolorea... Horrela, sortutako ereduari itxura pertsonalago bat eman dakioko.



11. irudia. Blokeen izen-aldaketa

Eredu bat bukatu ondoren, ereduak graba daitezke, **.mdl** luzapenarekin. Simulazioa exekutatzeko, sortutako *.mdl fitxategiaren leiho nagusiko *simulation* aukera erabiltzen da.

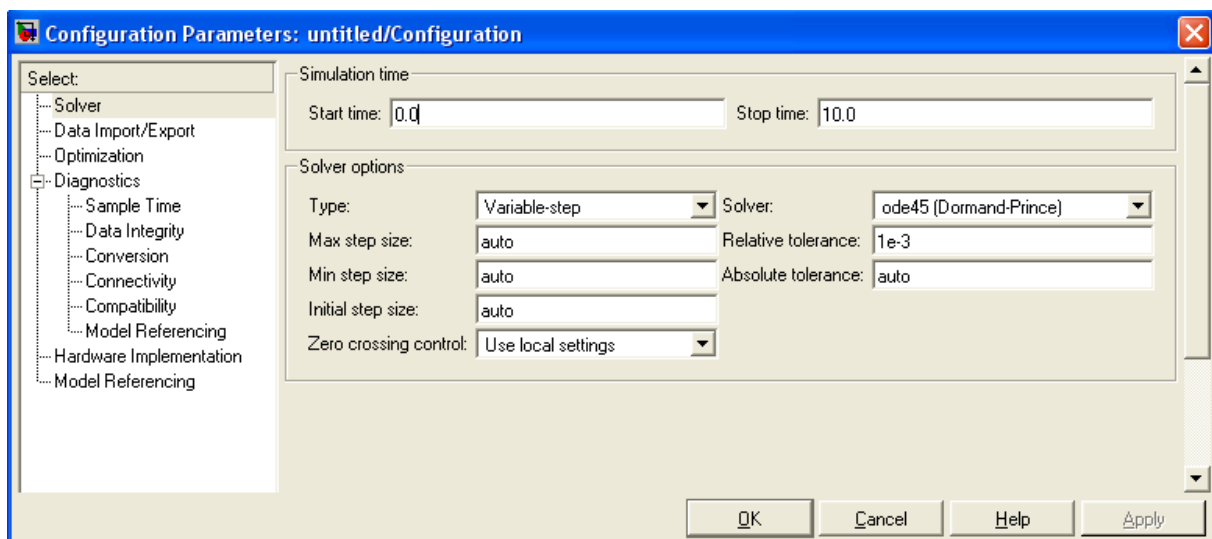
Sortutako ereduak errazago ulertzeko, batez ere ereduak oso handiak direnean, Simulink-ek bloke multzo bat bloke bakar baten azpian biltzen dituen azpisisistema sor daitezke (Edit → Create Subsystem). Azpisisistema sortu ondoren, klik bikoitza eginez azpisisistema agertzen da. Erabiltzaile-interfaze bat sortzeko aukera ere badago, azpisisistema horren parametro nagusiekin erraz lan egiteko (GUIDE).

Erabiltzaileak sorturiko eredu eta azpisisistema biblioteka pertsonaletan gorde daitezke, horrela eredu berriak biblioteka pertsonal horietan definituriko blokeak erabiliz sortzeko.

3.3 EREDUEN SIMULAZIOA

Simulink-ekin eredu bat sortu ondoren, simulazioak exekuta daitezke eta emaitzak berehala ikus. Simulink-ek dituen *solvers* (integrazio-algoritmoak) multzoei esker, simulazioaren emaitzak zehatzak dira.

Eredu baten simulazioa hasi aurretik, simulazioaren parametro nagusiak finkatu behar dira. Horretarako, *Simulation* menu nagusiko *Configuration Parameters* azpimenua aukeratzen da, eta ondoren irudi honetako leihoa agertzen da:



12. irudia. Simulazioaren parametroak

Lehen laukian (*Simulation time*), simulazioan hasierako eta bukaerako denborak jarri behar dira. Edozein zenbakizko balio, zenbakizko aldagai edo “inf” balio (infinitu) jar daitezke. “Inf” jarriz gero, simulazioa ez da geldituko *Stop* botoia sakatu arte.

Bigarren laukian (*Solver options*), simulazioa nola egin nahi den jarri behar da. Simulink-ek integrazio-algoritmo multzo bat du, *solver* deitua, Matlab-en ekuazio diferentzial arruntetan (ODE) oinarritua. Algoritmo horietako batzuk:

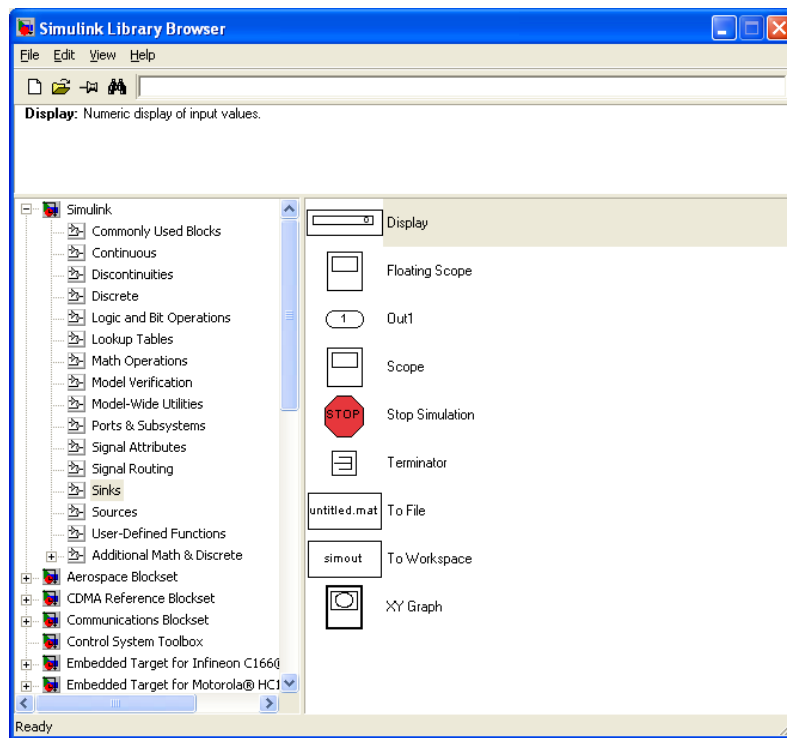
- Laginketa-denbora finkodun metodoak:
 - ode5 (Domand-Prince)
 - ode4 (Runge-Kutta de orden 4)
 - ode3 (Bogacki-Shampine)
 - ode2 (Heun. Método de Euler hobetuta)
 - ode1 (Método Euler)
- Laginketa-denbora aldakorreko metodoak:
 - ode45 (Domain-Prince)
 - ode23 (Bogacki-Shampine)
 - ode113 (Adams)
 - ode15s (stiff/NDF)
 - ode23s (stiff/Mod. Rosebrock)
 - ode23t (mod. stiff/Trapezoidal)
 - ode23tb (stiff/TR-BDF2)

Simulazio-parametroak definitu ondoren, simulazioa exekuta daiteke, *Start simulation* ikonoan klik eginez edo *Simulation* menuko *Start* azpimenuetik. Simulazioa gelditzeko aukera dago, *Pause* botoiaren bitartez, edo bertan behera uzteko *Stop* botoiarekin. Eredu baten simulazioa Matlab-etik ere exekuta daiteke, *sim <ereduaren izena>* aginduaren bitartez.

3.4 OHIKO BLOKEAK

Simulink-en lehen bibliotekan (*Commonly used blocks*), eskuarki Simulink-en erabilienak diren blokeak ageri dira. Bloke horietako asko *Sinks* eta *Sources* biblioteketan daude, eta gehienak datuak jasotzen edo bistaratzen dituztelako dira garrantzitsuak.

Adibidez, **Scope** blokeak seinaleak grafikoki ikusteko balio du, eta **Display** blokeak aldagai batek hartzen duen aldiuneko balioa ikusteko balio du. **To Workspace** blokeak seinale baten balioak aldagai batean gordetzeko eta gero aldagai hori Matlab-en *workspacera* eramateko balio du, gero bertan aldagai horrekin lan egiteko; eta **From Workspace** blokeak alderantzizkoa egiten du.



13. irudia. Sinks bibliotekako blokeak

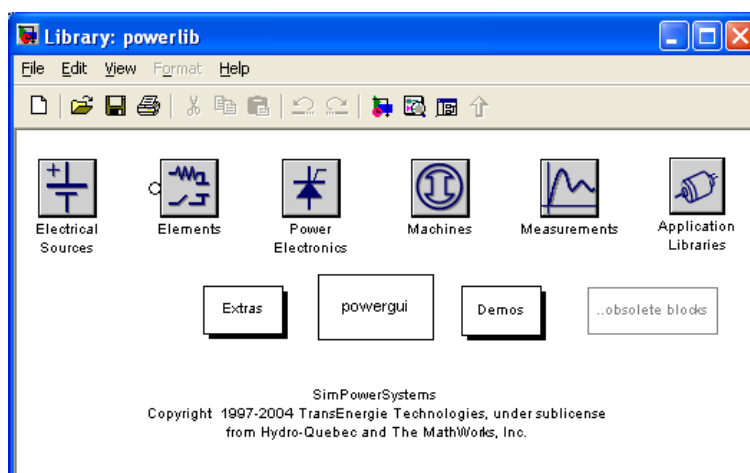
4. SIMPOWERSYSTEM BLOCKSET

SimPowerSystem Blockset Simulink-en biblioteka bat da, eta oso tresna garrantzitsua da zirkuitu elektrikoak eta potentzia elektronikoko sistemak modelatu eta simulatzeko eta Simulink-ekin batera ingeniari-tza elektrikoan baliatzeko.

Simulink-en interfazeari esker, nahi den zirkuitu elektrikoa azkar diseinatzeko aukera ematen du, blokeak elkarrekin lotuz, ondoren ereduak simulatuz eta nahi diren magnitude elektrikoak grafikoki adierazteko aukera eskainiz.

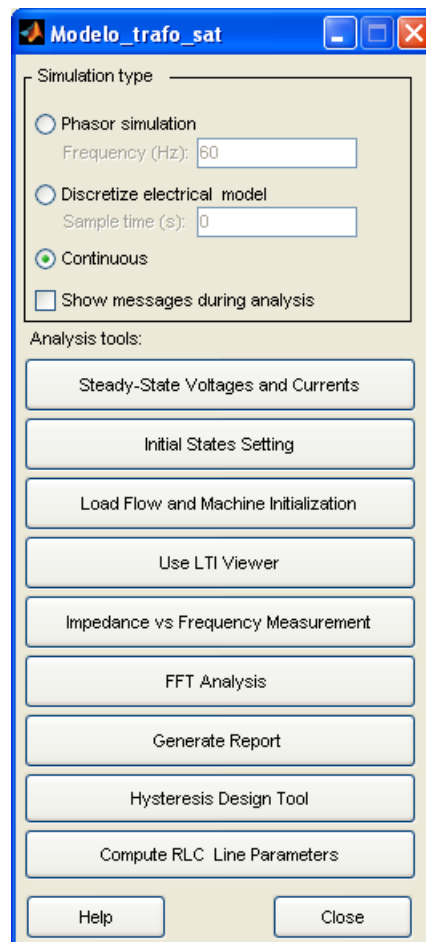
Biblioteka honek 130 bloke baino gehiago ditu, sei azpibibliotekatan banatuak, 14. irudian ikusten den bezala. Hona hemen azpibiblioteka horien deskribapen labur bat:

- **Electrical sources:** tentsio- eta intentsitate-iturriak.
- **Elements:** erresistentzien, induktantzien, kondentsadoreen, transformadoreen eredu lineal eta saturagarriak, tximistorratzak, etengailuak eta garraio-lineen ereduak.
- **Machines:** makina sinkrono eta asinkronoen ereduak, kitzikatze-sistemak, eta sistema hidraulikoen eta ur-lurrunezko turbinen ereduak.
- **Power electronics:** diodoak, tiristoreak, GTOak, etengailuak, MOSFETak, IGBTak eta zubi idealak.
- **Measurements:** tentsio-, intentsitate- eta inpedantzia-neurgailuak; balio efikazaren neurgailuak; potentzia aktibo eta erreaktiboa kalkulatzeko blokeak; denbora-neurgailuak; multimetrotak; Fourier-en analisisa egiteko tresnak; THDa kalkulatzeko tresnak, edo HVDCak kontrolatzeko tresnak.
- **Application Libraries:** FACTSak eta sorkuntza banatua modelatzeko eredu konplexuak.



14. irudia. SimPowerSystems Blockset-en blokeen sailkapena

Tresna berezi bat ere badauka, **powergui** izenekoa. Tresna hori erabiltzeko, haren blokea zirkuituko edozein tokitan jarri behar da, konexiorik egin gabe, eta blokean klik bikoitza egin.



15. irudia. Powergui

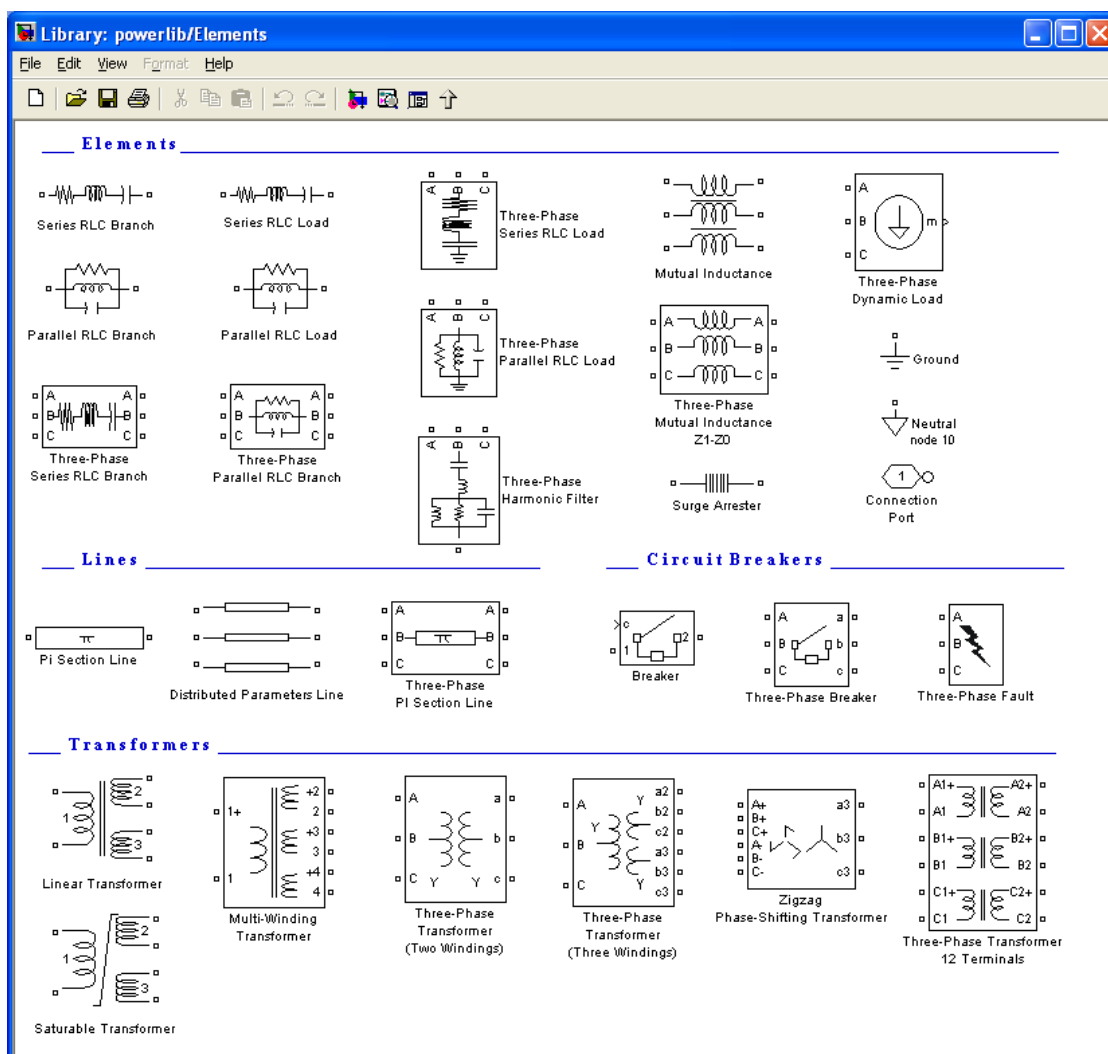
Tresna honek aukera hauek ematen ditu: ebazpen-metodoa aukeratzea (jarraitua, diskretua edo fasoriala), ereduaren erregimen iraunkorraren analisia egitea, simulazioaren hasierako baldintzak aldatzea, karga-fluxuak egitea edo Fourier-en transformatuaren analisia egitea.

SimPowerSystems-ek MATLABen *workspace*tik exekutatu beharreko funtzio berezi batzuk ditu:

- **power_analyze:** SimPowerSystems-ekin egindako zirkuitu baten analisia egiten du.
- **power_init:** SimPowerSystems-ekin modelatutako zirkuitu baten balioak hasieratzen ditu.
- **power_lineparam:** aireko garraio-linea baten parametroak kalkulatzeko, erroalearen ezaugarrietatik eta dorrearen geometriatik abiatuta.
- **power_statespace:** zirkuitu elektriko lineal baten egoera-aldagaiak kalkulatzeko.

Laburpen gisa, ondoren SimPowerSystem blockset-aren ezaugarri nagusiak adierazten dira:

- Zirkuitu elektrikoak modelatzeko eta simulatzeko aukera eskaintzen du sinbologia estandarra erabiliz.
- Potentzia-sistema konplexuak eraikitzeke bloke simple eta intuitiboak ditu.
- Korrante zuzen eta alternoko eroaleen eredu konplexuak egiteko aukera du.
- Simulink-en teknologia eta ingurunea erabiltzen du simulazio oso zehatzak egiteko.
- Simulazio-metodo diskretu eta fasorialak erabiltzen ditu, simulazioa azkartzeko eta denbora errealean exekutatzeko aukera ahalbidetzeko.
- Zirkuituen karga-fluxuen kalkuluarekin eta tentsio eta intentsitateekin lan egiteko analisi-metodoak ditu.



16. irudia. "Elements" bibliotekako elementuak

5. ERREFERENTZIAK

- ✓ “*Simulación de sistemas eléctricos*”. Pearson Educación (liburutegian eskuragai).
- ✓ <http://www.mathworks.es> MatLab, Simulink eta SimPowerSystems-en dokumentazioa.

6. PRAKTIKAK

6.1 BEHE-TENTSIOKO LANTEGI BATEN POTENTZIA-FAKTOREAREN ZUZENKETA

Praktika honen helburua da SimPowerSystem inguruan lortutako ezagutza finkatzea eta sakontzea.

Horretarako, behe-tentsioko lantegi baten zirkuitu elektrikoaren eredua erabiliko da. Simulazioaren bidez tentsioen, intentsitateen eta kontsumituriko potentzien balioak kalkulatu dira. Energia erreaktiboaren kontsumoarekin erlazionaturiko potentzia-faktorearen zuzenketa ere aztertuko da.

6.1.1 POTENTZIA ERREAKTIBOAREN IZAERA

Makina elektriko guztiak (motorrak, transformadoreak, eta abar) korrante alfernoaz elikatzen dira, eta bi kontsumo mota dituzte: potentzia aktiboa eta potentzia erreaktiboa.

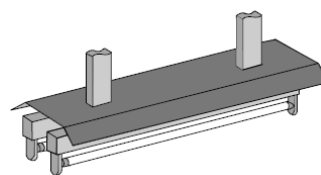
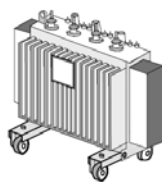
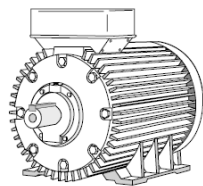
- Energia aktiboa energia mekaniko (lana) eta bero (galera termikoak) bihurtzen da.
- Energia erreaktiboa da eremu magnetikoak sortzeko behar den energia.

Energia erreaktiboa sare elektrikoak (gehienetan) edo horretarako jarriak dauden kondentsadoreak ematen dute.

6.1.2 ENERGIA ERREAKTIBOAREN KONTSUMITZAILEAK

Energia erreaktiboaren kontsumitzaile nagusiak hauek dira:

- Motor asinkronoak: potentzia erreaktiboa potentzia aktiboaren % 75-65 da.
- Transformadoreak: potentzia erreaktiboa potentzia aktiboaren % 10-5 da.
- Beste osagai batzuek —deskarga-lanparen eta lanpara fluoreszenteen erreaktantziek, adibidez— energia erreaktiboa kontsumitzen dute.



EKIPOA		$\cos \varphi$
Motor asinkronoak	Karga = % 0	0,17
	Karga = % 25	0,55
	Karga = % 50	0,73
	Karga = % 75	0,80

	Karga = % 100	0,85
Goritasun-lanpara		1
Hodi fluoeszente ez-konpentsatuak		0,5
Hodi fluoeszente konpentsatuak		0,93
Deskarga-lanparak		0,4tik 0,6ra
Erresistentzia bidezko labeak		1
Konpentsaturiko indukzio-labeak		0,85
Berotze dielektrikodun labeak		0,85
Arku-labeak		0,8
Erresistentzia bidezko soldatze-makinak		0,8tik 0,9ra
Arku-soldatzezko elektrodo monofasiko estatikoak		0,5
Arku-soldatzezko elektrodo birakariak		0,7tik 0,9ra
Arku-soldatzezko transformadore-zuzentzaileak		0,7tik 0,9ra

6.1.3 POTENTZIA-FAKTOREA

Instalazio baten potentzia-faktorea P (W) potentzia aktiboaren eta S (VA) itxurazko potentziaren arteko zatidura da.

$$F = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}} = \cos \varphi$$

- Haren balioa 0 eta 1 artean dago.

Haren balioa 1 inguruan badago, saretik harturiko potentzia gehiena lan bihurtzen da, eta kontsumoa optimizatzen da.

6.1.3.1 POTENTZIA-FAKTOREA HOBETZEKO ARRAZOIAK

ENERGIA ERREAKTIBOAREN FAKTURAZIOA

Potentzia-faktorearen zuzenketa bultzatzeko zera da: haren balioa zenbat eta txikiagoa izan, orduan eta energia erreaktiboaren prezioa garestiagoa da. Gaur egun progresio hori hiru tartetan egiten da:

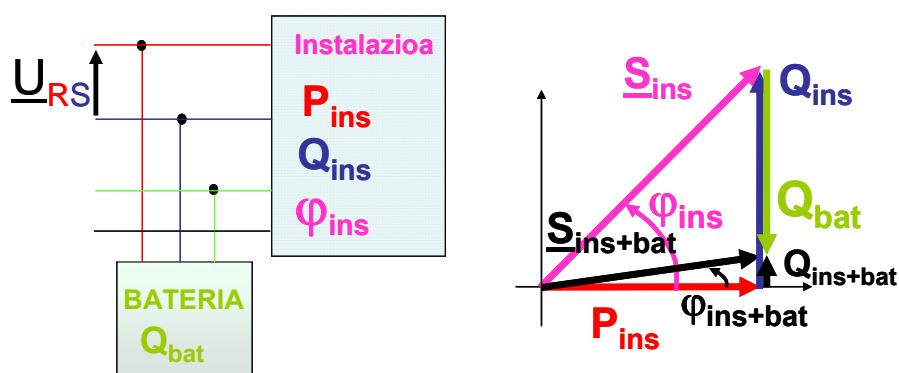
$\cos \varphi \geq 0,95$	0	[€/kVArh]
$0,8 \leq \cos \varphi < 0,95$	0,041554	[€/kVArh]
$\cos \varphi < 0,8$	0,062332	[€/kVArh]

EZAUGARRI TEKNIKO-EKONOMIKOEN OPTIMIZAZIOA

- *Transformadore baten potentzia handitzea.* Potentzia-transformadore baten uretan behera instalaturiko kondentsadoreek ahalbidetzen dute transformadoreak emandako potentzia aktiboa handiagotzea. Horrela, instalazioaren karga igo daiteke transformadorea aldatu beharrik gabe.
- *Eroaleetan izandako galeren murrizketa.* Eroale batean dauden galerak korrontearen intentsitatearen araberakoak dira. Potentzia-faktorea hobetu ahala, intentsitatea txikiagoa izango da, eta, ondorioz, galerak ere bai.
- *Tentsio-erorketaren murrizketa.* Potentzia-faktorea hobetzean, intentsitatea txikiagotzearekin batera, tentsio-erorketa murrizten da.

6.1.3.2 NOLA KONPENTSATU POTENTZIA-FAKTOREA

Kondentsadore-bateriak potentzia-faktorea hobetzen laguntzen du. Horri instalazioaren zuzenketa deitzen zaio.



Irudiko diagraman, Q_{ins} kontsumitzen duen instalazio batean, Q_{bat} potentzia duen kondentsadore-bateria baten bidezko zuzenketa ikus daiteke. Potentzia erreaktibo berria $Q_{ins+bat}$ da. Itxurazko potentzia $S_{ins+bat}$ ere murriztu egingo da.

6.1.3.3 ZER ERABILI POTENTZIA-FAKTOREA KONPENTSATZEKO

Behe-tentsioan zuzenketa bi motatako sistemen bidez egiten da:

- *Kondentsadore finkoak:* kondentsadore hauek banakako potentzia finko eta konstante bat daukate.



- *Erregulazio automatikoko kondentsadore-bateriak*: sistema hauetan beharren arabera kondentsadoreek emandako potentzia erreaktiboa erregulatzen da, potentzia-faktore jakin bat mantentzeko helburuarekin.



6.1.3.4 KONPENTSAZIO MOTAK

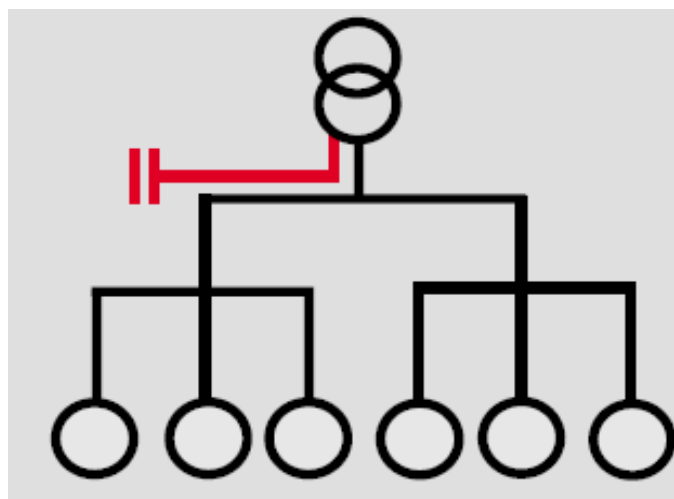
Behe-tentsioko kondentsadoreek zenbait kokapen izan ditzake:

- osoa
- partziala
- banakakoa

Berez, onena zuzenketa kontsumoaren ondoan egotea da. Baina hori irizpide tekniko-ekonomikoen arabera egongo da.

KONPENTSAZIO OSOA

Bateria instalazioaren hasieran konektatzen da. Instalazioaren kondentsazio osoa egiten du.



Abantailak

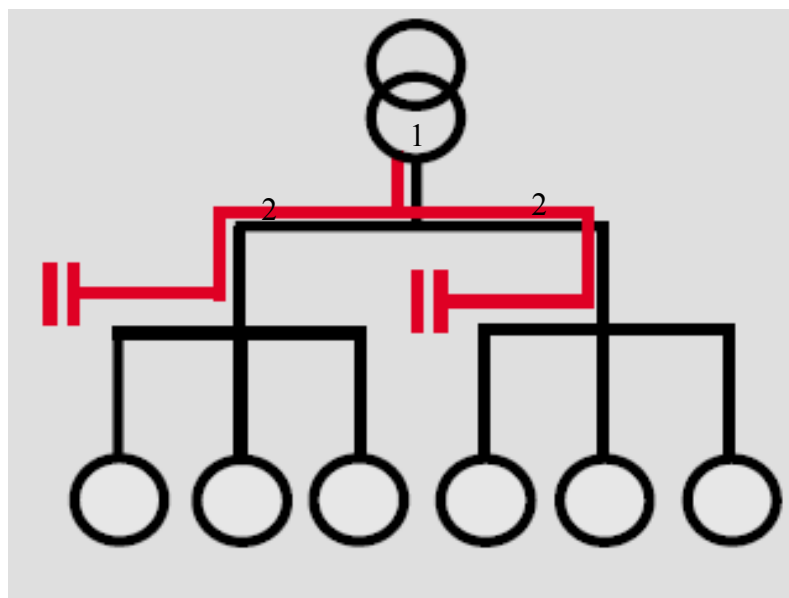
- Instalazioaren kontsumo-mailek bateriaren potentzia minimoa eta funtzionamendu-ordu maximoak zehaztea ahalbidetzen dute. Horren ondorioz, amortizazioa azkarra izaten da.
- Energia elektrikoaren fakturan energia errektiboa dela-eta ezartzen den zigorra murrizten da.
- Itxurazko potentzia murriztu egiten da, eta potentzia aktibora hurbiltzen.
- Horniketa-transformadorearen errendimendua hobetzen du.

Eragozpenak

- Potentzia errektiboa instalazio guztian zehar dabil.
- Berotze-galerak (Joule) berdinak dira kondentsadore-bateriaren uretan behera, eta ezin da murriztu instalazioaren tamaina.

KONPENTSAZIO PARTZIALA

Bateria banaketa-koadroan konektatzen da, eta karga jakin batzuk konpentsatzeko adina energia errektibo ematen du. Instalazioaren zati handi batean, batez ere elikatze-eroaleetan, berotze-galerak murrizten ditu.

Abantailak

- Energia elektrikoaren fakturan energia errektiboa dela-eta ezartzen den zigorra murrizten da.
- Itxurazko potentzia murriztu egiten da, eta potentzia aktibora hurbiltzen.
- Hornikuntza-transformadorearen errendimendua hobetzen du.
- Instalazioaren zati batean, 1 eta 2 puntuen artean, galerak murrizten dira.

Eragozpenak

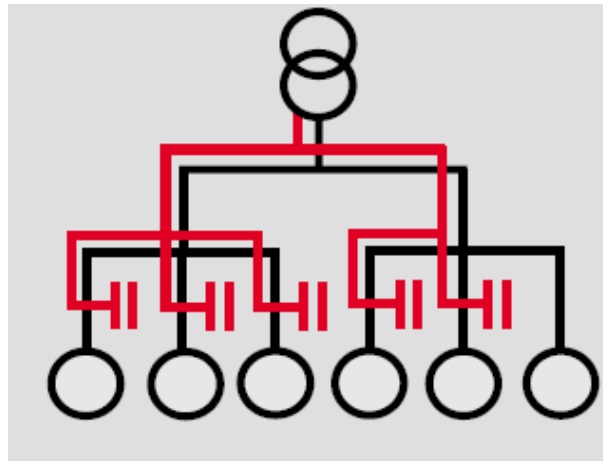
- Potentzia errektiboa 2 puntutik behera dabil.
- Berotze-galerak (Joule) berdinak dira kondentsadore-bateriaren (2 puntua) uretan behera, eta ezin da murriztu instalazioaren tamaina.

Mailen tamaina ez bada egokia, zenbait alditan zuzenketa handiegia izan daiteke.

BANAKAKO ZUZENKETA

Bateria karga garrantzitsuen bornetan jartzen da (potentzia handiko motorra, labe elektrikoa...). Potentzia errektiboa (kVAr) potentzia aktiboaren (kW) % 25 da.

Garrantzitsua da energia errektiboaren kontsumotik ahal bezain gertuen konpentsatzea baina konpentsazio oso batez osatu behar da.

Abantailak

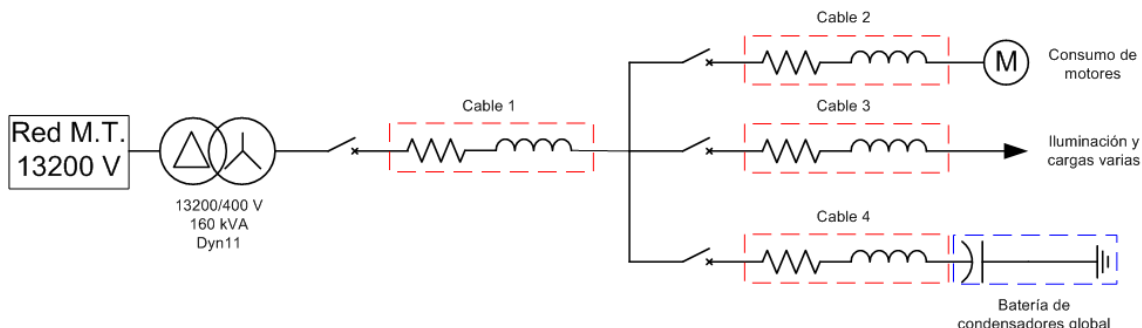
- Energia elektrikoaren fakturan energia errektiboa dela-eta ezartzen den zigorra murrizten da.
- Itxurazko potentzia murriztu egiten da, eta potentzia aktibora hurbiltzen.
- Hornikuntza-transformadorearen errendimendua hobetzen du.
- Instalazio gehienez galerak murrizten dira.

Eragozpenak

- Instalazioaren kostua karga oso induktibo eta erregularrekin bakarrik da errentagarria.

6.1.4 ARIKETA

Ariketa honetan industria-lantegi bateko potentzia-faktorearen konpentsazio osoa egingo da. Lantegiaren haribakarreko eskema irudian ikus daiteke:



Osagaien kommutazioa (konexioa eta deskonexioa) etengailuen bidez egingo da.

Osagaien parametroen balioak hauek dira:

Tentsio ertaineko sarea

- Tentsio konposatua: 13200 V
- Hasierako desfasea: 0°
- Maiztasuna: 50 Hz

Transformadorea

- Potentzia izendatua: 160 kVA
- Maiztasuna: 50 Hz
- Tentsio primarioa: 13200 V (konposatua)
- Tentsio sekundarioa: 400 V (konposatua)
- Konexio mota: Dyn11 (lurrerako zuzeneko konexioa)

Oharra: SimpowerSystems-ek ordu-indizea transformadorearen primarioan zehazten du beti.
 Hau da:
 Ohiko sistema: primarioa (D) eta sekundarioa (yn11)
 SimPowerSystems: primarioa (D1) eta sekundarioa (yg)

Kableak

1 kablea		2 kablea		3 kablea		4 kablea	
$R (m\Omega)$	$X (m\Omega)$	$R (m\Omega)$	$X (m\Omega)$	$R (m\Omega)$	$X (m\Omega)$	$R (m\Omega)$	$X (m\Omega)$
3.22	0.3895	19.32	2.337	28.98	3.5055	9.66	1.1685

Motorrak

- Kontsumituriko potentzia aktiboa: 40 kW
- Kontsumituriko potentzia erreaktiboa: 30 kVAr (induktiboa)

Argiteria eta beste zenbait karga

- Kontsumituriko potentzia aktiboa: 15 kW
- Kontsumituriko potentzia erreaktiboa: 15 kVAr (induktiboa)

Kondentsadore-bateria

- Kontsumituriko potentzia erreaktiboa: 40 kVAr (kapazitiboa)

6.1.4.1 1. SIMULAZIOA

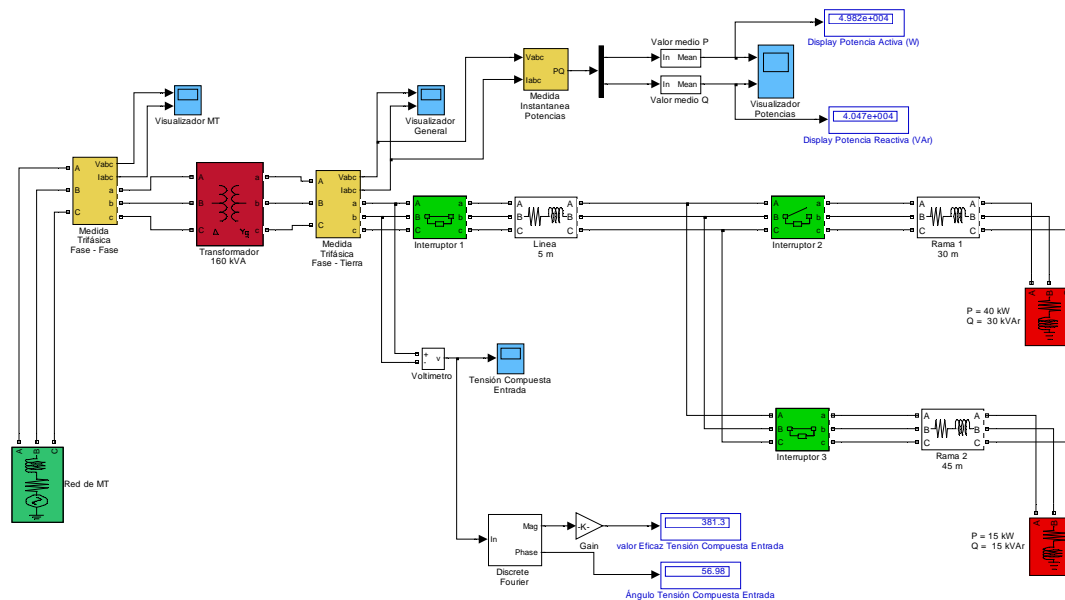
Lehenengo simulazioan motorrak konektatzean gertatzen dena ikusiko da:

- Alde batetik, karga berriak sartzean, saretik kontsumituriko korronteen intentsitatea handitu egiten da.
- Beste alde batetik, sarturiko kargak induktiboak direnez, kontsumituriko potentzia erreaktiboa igotzen da.

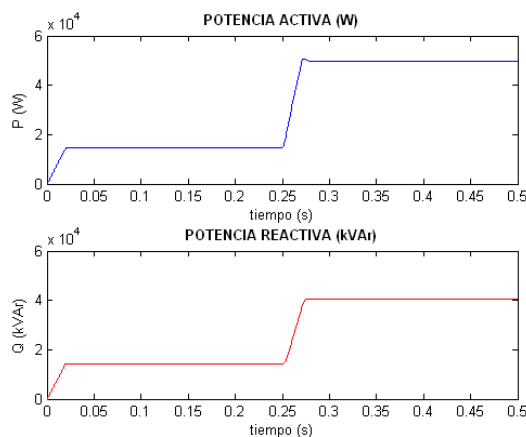
Oharrak:

Motorrak konektatzen dituen 2 etengailua $t = 0.25$ s denean itxiko da.

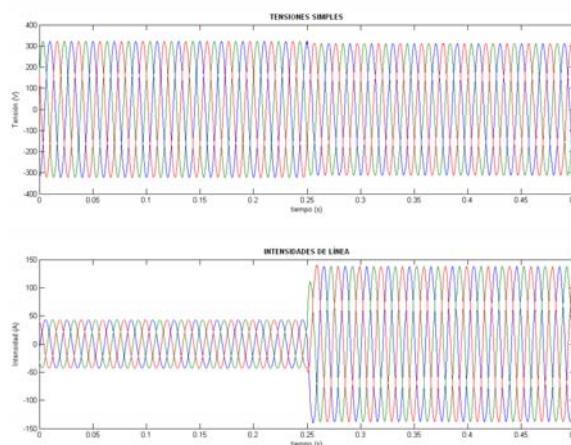
Motorrean abio-korrontek ez dira kontuan hartuko.



Potentzien balioen bilakaera:



Lantegi-sarrerako tentsio eta intentsitateen balioen bilakaera:



6.1.5 2. SIMULAZIOA

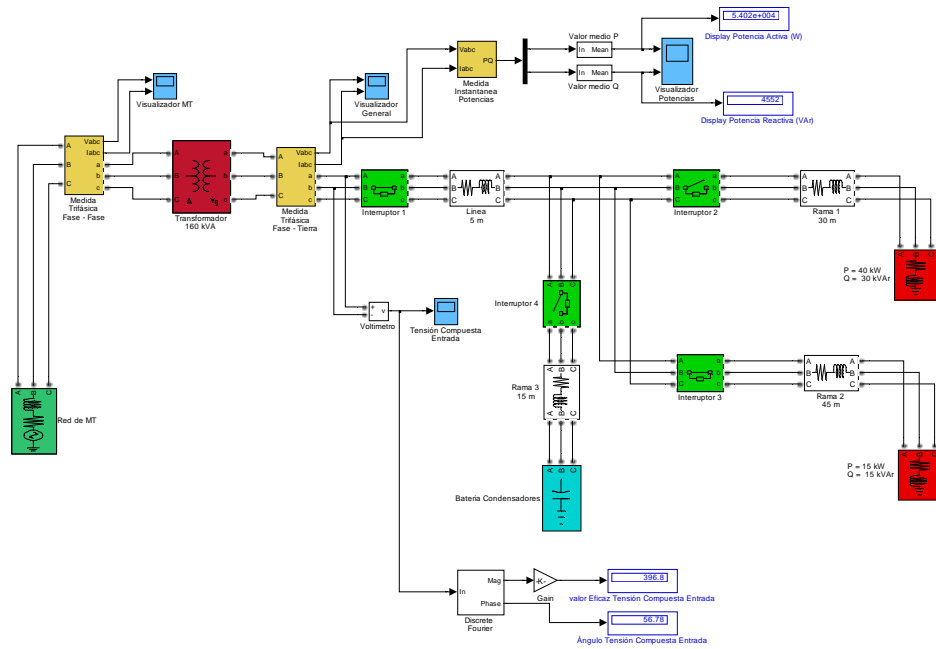
Bigarren simulazioan, kargak konektatuta egonda, kondentsadore-bateria konektatzean gertatzen dena ikusiko da:

- Alde batetik, saretik hartzen zen potentzia erreaktiboaren zati bat orain kondentsadore-bateriak emango du. Ondorioz, konpainia elektrikoak emandako potentzia erreaktibo murriztu egiten da (potentzia aktiboaren igoera txiki bat egongo da, ipinitako sistema berria dela eta).
- Beste alde batetik, saretik kontsumituriko potentzia erreaktibo murriztean, korrontearen intentsitatea ere murriztu egingo da.

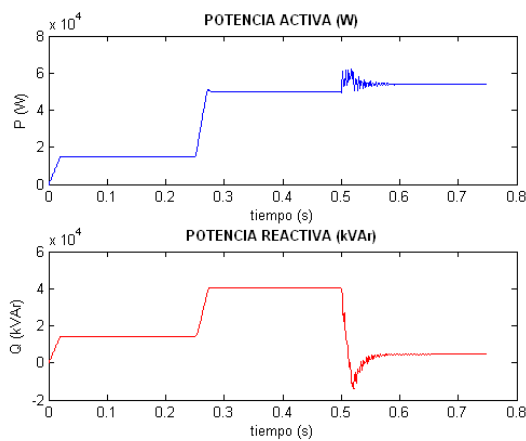
Oharrak:

Motorrak konektatzen dituen 2 etengailua $t = 0.25$ s denean itxiko da

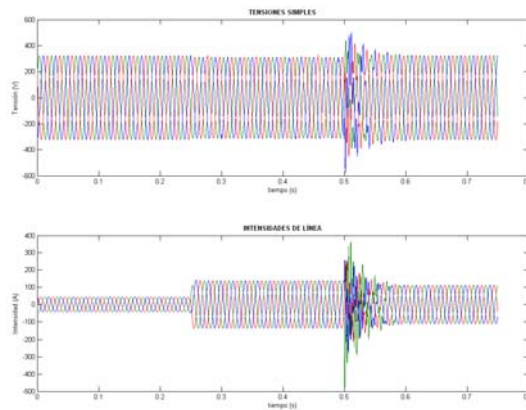
Kondentsadore-bateria konektatzen duen etengailua $t = 0.5$ s denean itxiko da



Potentzien balioen bilakaera:



Lantegi-sarrerako tentsio eta intentsitateen balioen bilakaera:



6.2 ETXEBIZITZETAKO INSTALAZIO ELEKTRIKOAREN SIMULAZIOA

Praktika honetan Simulink/PowerSystem Blockset bidez instalazio monofasiko txiki bat simulatuko da. Praktikaren helburu nagusia simulazio tresna honen zenbait aukera ezagutzea da.

6.2.1 TEORIA KONTZEPTUAK

6.2.1.1 NEUTROAREN BANAKETA ESKEMAK

Lurrerako hutsegiteen eta tentsioan dauden masen kontaktuen ondorioak transformadorearen neutroaren lurrerako konexioaren eta masen konexioaren arabera dira.

Babes sistemaren osagaiak egoki aukeratzeko, beharrezkoa da banaketa sarearen ezaugarriak ezagutzea. Banaketa sistemak bi hizkiren bidez definitzen dira.

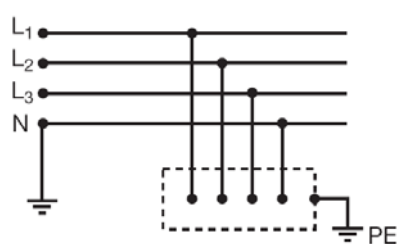
Lehenengo hizkiak sistemaren (transformadorearen neutroaren) lurrarekiko konexioa zehazten du:

- T: Lurrarekiko konexio zuzena. Korrante alternoko sistemetan, konexioa neutroaren eta lurraren artekoa da.
- I: Lurrarekiko isolamendua edo inpedantzia handi baten bidezko konexioa. Korrante alternoko sistemetan, konexioa neutroaren eta lurraren artekoa da.

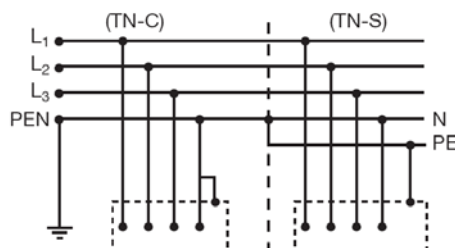
Bigarren hizkiak masen (osagai elektriko desberdinen estalkien) lurrarekiko konexioa zehazten du:

- T: Masak zuzenean konektatzen dira lurrera, sistema elektrikoaren lurrarekiko konexiotik independente den sistemaren bidez.
- N: Masak sistema elektrikoaren neutrora konektatzen dira.

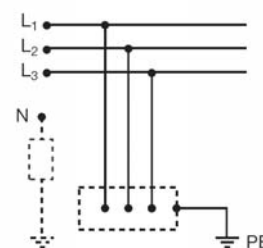
Horrela, hiru banaketa sistema desberdin bereizten dira:



TT Sistema.



TN Sistema.



IT Sistema.

6.2.1.2 ETXEBIZITZEN INSTALAZIO ELEKTRIKOAK

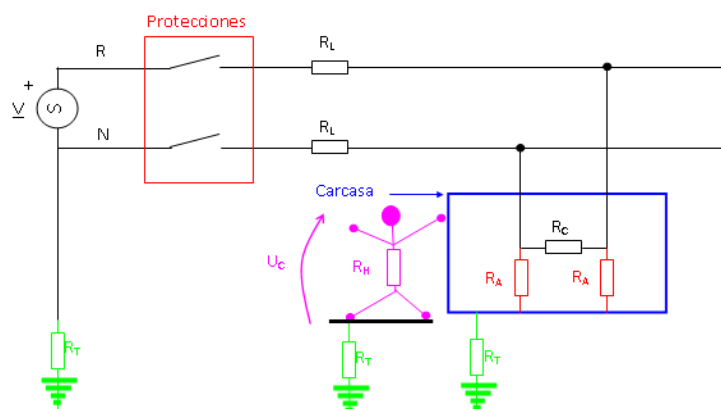
Etxebizitzaren instalazio elektrikoetan, kontrol eta babeserako lau osagai nabarmentzen dira:



- Potentzia kontrol etengailua: Horniketara erabil daitezkeen potentzia maximoa mugatzen duen gailu elektrikoa. Korrontearen intentsitatea mugatzen du.
- Etengailu automatiko nagusia: Zirkuitu elektriko guztien babes nagusi bezala dagoen etengailua.
- Etengailu diferentziala: Pertsonen eta instalazioaren osagai aktiboen kontaktuen aurrean babesten duen gailu elektrikoa. Hau da, osagai aktiboen kontaktuen bidezko ihesak antzematen ditu.
- Etengailu automatiko txikiak: Gailu eta zirkuitu elektrikoak zirkuitulabur eta gainkargen aurrean babesten ditu.

6.2.2 INSTALAZIOAREN DESKRIBAPENA

6.2.2.1 SARRERA



Instalazio monofasiko sinplifikatu baten eskema.

Aztertuko den zirkuituaren eskema goiko irudian ikus daiteke. Zirkuitu hau “toy model” bat da, hau da, fenomeno garrantzitsuenak kontuan hartzen dituen idealizazioa baina fenomeno

guztiak modu zehatzean kontuan hartu gabe. Horrela, eskemaren babes sistema etengailu diferentzial batez eta etengailu automatiko bakar batez osaturik dago. Etengailu hauek eredu matematiko sinpleen bidez (konparagailuak) irudikatzen dira, beraz eredu hauek ez dute benetako funtzionamendua modu zehatzean irudikatzen. Erantzun ezaugarriak hauek dira:

Etengailu automatikoa	Etengailu diferentziala
$I_{\max} = 25 \text{ A}$	$I_{\Delta} = 30 \text{ mA}$

I Taula. Babesen erantzun ezaugarriak.

(Balio hauek blokeen parametroak aldatuz alda daitezke)

Nahiz eta oinarrizko ereduak izan beharrezkoa dute “memoria” izatea bere egoera gogoratzeko: IREKIA $\equiv 0$ edo ITXIA $\equiv 1$. Horrela, etengailua zabaltzen bada zabalik gelditu beharko du. Babesen erantzuna nahita atzeratzeko aukera ere sartu da (“delay” positibo bat sartuz).

3 Irudiko zirkuituaren parametroen balio tipikoak II Taulan ikus daitezke. Balio hauek Simulinken blokeak editatuz sartzen dira. Praktikaren helburu bat Prudentziok tresna elektriko baten estalki metalikoa ikutzen duenean jasaten duen tentsioa kalkulatzeko da. Hau kasurik txarrenean egingo da, hau da, tresnaren isolamendu elektrikoan hutsegite bat ematen denean.

R_L	Linea erresistentzia	$40 \text{ m}\Omega$
R_C	Karka erresistentzia	$P=1.5-4 \text{ kW}$ egiten duena
R_A	Isolamendu erresistentzia	$1 \text{ M}\Omega$
R_T	Lurrerako erresistentzia	5Ω
R_H	Giza gorputzaren erresistentzia	$1 \text{ k}\Omega$
U_C	R_H -ren tentsioa	EZEZAGUNA

II Taula. Ereduaren parametro nagusien balio tipikoak.

6.2.2.2 AZTERTUKO DIREN KASU DESBERDINEN DESKRIBAPENA

Hiru egoera aztertuko dira. Egoera hauek Behe-tentsioko araudian agertzen dira eta garrantzitsua da ondo bereiztea:

- A kasua
 - Transformadorearen neutroa lurrera konektaturik dago (T)
 - Kargaren estalkia lurrera konektaturik dago (T)
 - Tresnaren erabiltzaileak lurrerako konexioa du
- B kasua
 - Transformadorearen neutroa lurrera konektaturik dago (T)
 - Kargaren estalkia neutroaren harira konektaturik dago (N)
 - Tresnaren erabiltzaileak lurrerako konexioa du

Oharra: Gure eskeman, estalkiaren lurrerako inpedentziari balio “infinitua” jarri behar zaio eta zero balioa neutroaren harira konektatzen duen erresistentziari.

- C kasua
 - Transformadorearen neutroa lurrera konektaturik dago (T)
 - Kargaren estalkiak ez du konexiorik (tresnaren erabiltzaileak ikutzean izan ezik)
 - Tresnaren erabiltzaileak lurrerako konexioa du

Praktika egiteko III Taulan agertzen diren balioak bakarrik aldatuko dira.

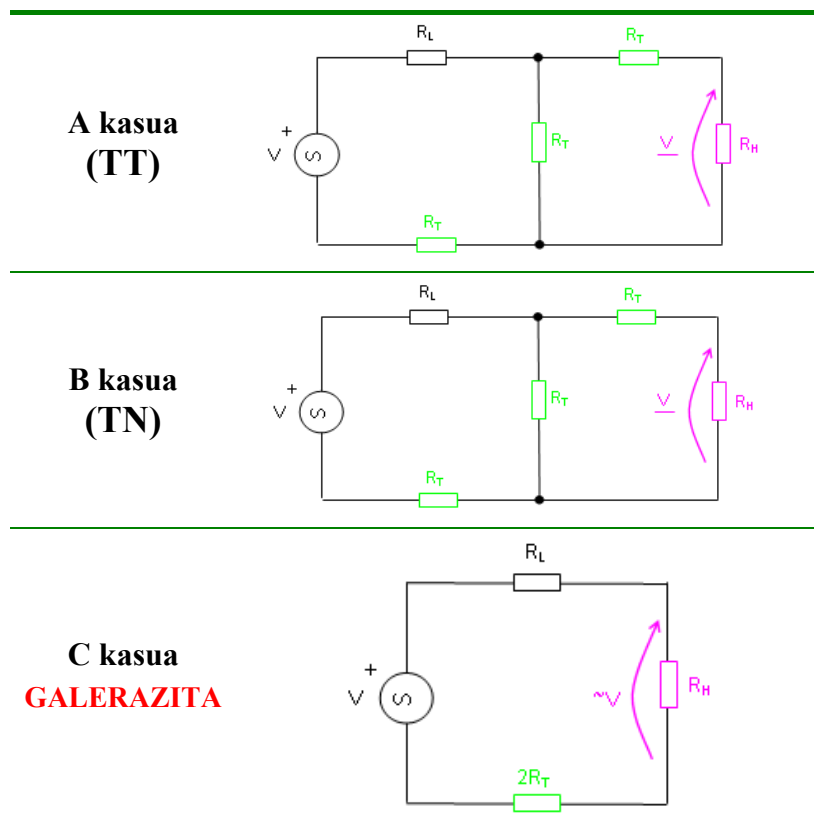
Erresistentziak	A Kasua	B Kasua	C Kasua
R_tierra2	5 Ω	1E6 Ω	1E6 Ω
R_aislamiento_neutro	1E6 Ω	1E-4 Ω	1E6 Ω

III Taula: Erresistentzien balioak A, B eta C kasuetan.

Beheko irudian, tresnaren erabiltzailean egongo den U_C tentsioa kalkulatzeko zirkuituak ikus ditezke.

Simulazioan, hutsegitea sortzeko etengailuak (“Breaker RAF”) erabiliko dira. Etengailuak “Control Breaker RAF” blokearen bidez programatzen dira. Sorturiko hutsegitea antzeman egin beharko du babes sistemak.

Beste etengailu baten bidez (“BC2”) 2 karga konektatuko da gainkarga bat sortuz sisteman.



Zirkuitu baliokide sinplifikatuak A, B eta C kasuetan.

6.2.2.3 EMAITZEN AZTERKETA

Simulazioaren bidez grafikoak lortzen dira. Hiru motako irudikapen grafikoak daude:

- “Osziloskopia” (Scopes): Hauen bidez magnitude desberdinen denbora-bilakaera irudikatzen da.
- “Sinks / To Workspace” blokearen bidez datuak MATLAB-era bidaltzen dira. Datu hauekin lan egin daiteko m-file bidez. Horrela, gure eskeman “marratzu_korrontak.m” sortu da eta Simulink-etik dei daiteke (simulazioa amaitu ondoren!)
- Multimetrokek (Measurements liburutegian) tentsio eta korronteen balioak ematen dituzte. Hauek ikusteko osziloskopio bat erabiltzea nahikoa da.

6.2.3 PROPOSATURIKO ARIKETAK

1. Zehaztu 3 eta 5 irudien arteko erlazioa. 3 irudiko osagai guztien funtzioa argi geratu behar da (ez da beharrezkoa babes sistemaren barne-funtzionamendua ulertzea). Zehaztu ereduaren zein osagaiek irudikatzen duten estalkia.
2. Lortu 4 irudiko zirkuituak 3 iruditik abiatuz eta aztertu bere esanahia “tentsio zatitzailea” eta korronte zatitzailea” kontzeptuak erabiliz.
3. 4 irudiko eskemak erabiliz kalkulatu I_{fuentes} , I_{dif} , I_H eta U_C balioak. Lurrerako erresistentziei izena eman. Zehaztu diagraman korronte diferentzialak ($i_{\text{dif}}=i_R+i_N$).
4. Babesen atzerapena “Time delay” blokean defini daiteke. Ipini delay=0 s eta beteko ondoko taula.

delay= 0 s	I_{iturria}	$I_{\text{diferentziala}}$	$I_{\text{erabiltzaile}}$	$(U_C)_{\text{max}}$	Zeinek erantzuten du?
A					
B					
C					

5. Ipini delay=0 s eta beteko ondoko taula (babesik gabe)

delay= 2 s	I_{iturria}	$I_{\text{diferentziala}}$	$I_{\text{erabiltzaile}}$	$(U_C)_{\text{max}}$	Zeinek erantzuten du?
A					
B					
C					

6. Gainkarga eragin (2 karga konektatuz) isolamendu hutsegitearen aurretik. Aldatu blokeen denborak. Egin azterketa 4 eta 5 puntuetan bezala. Zein da neutroaren eskema onena, A, B ala C? Zergatik?

6.2.4 ARIKETA GEHIGARRIAK ETA AZTERKETA SAKONTZEKO PROPOSAMENAK

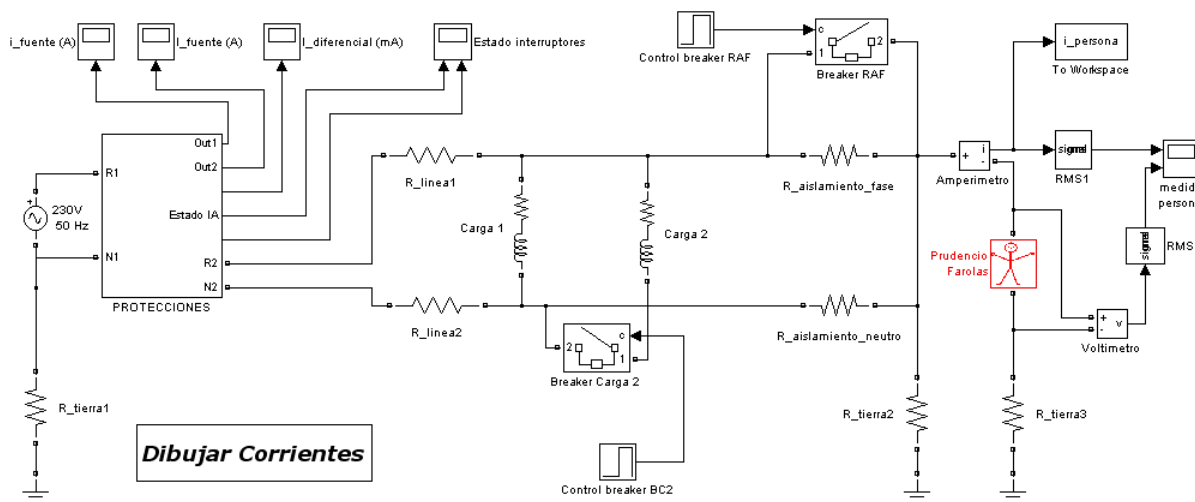
1. Egin berriro 4. ariketa tentsio-iturriaren fasea 60° izanik. Zein dira aldaketa nagusiak?

delay= 0 s	$I_{iturria}$	$I_{diferentziala}$	$I_{erabiltzaile}$	$(U_C)_{max}$	Zeinek erantzuten du?
A					
B					
C					

2. Egindako ariketetak ondoko sekuentzia aztertu da: lehenbizi erabiltzaileak estalkia ikutzen du eta ondoren isolamendu hutsegite bat ematen da. Alderantzizko egoera ere aztertu beharko litzateke: lehenbizi isolamendu hutsegite bat ematen da eta ondoren erabiltzaileak estalkia ikutzen du.

Lehen kasuan erabiltzailean dagoen tentsioa kalkulatu den bezala, bigarrengoan ikutu aurretik estalkian dagoen tentsioa kalkulatu da. Azterketa hau egiteko erabiltzaile eta estalkiaren artean etengailu bat ipini beharko da.

3. Babesen eragina R fasean bakarrik dela suposa daiteke neutroaren harian eragin gabe eta aurreko azterketa berriz egin daiteke. Zein dira azterketa honen ondorio nagusiak?



Etxebizitzako zirkuituari dagokion Simulink/PowerSystem Blockset eskema.

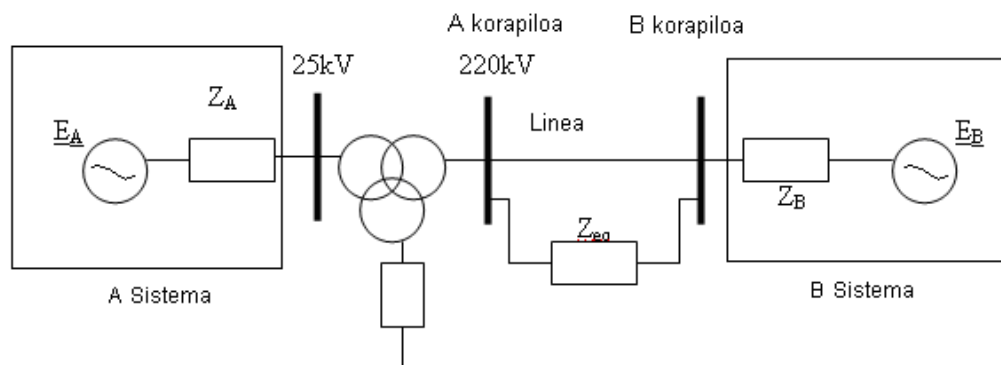
6.3 AKATS-EGOERAN DAGOEN GARRAIO-SISTEMA BATEN AZTERKETA

Praktika honen helburua SimPowerSystem tresnan trebatzea da.

Horretarako, sistema elektriko baten eredua garatuko dugu. Hari bakarreko eskema hurrengo irudian agertzen da. Linearen puntu ezberdinetan akatsak simulatuko ditugu eta ondorioak aztertu.

Sistemaren oinarriko elementuak ondokoak dira:

- 300 Km eta 220kV-eko aireko linea trifasikoa.
- Yg-Yg-D konexiodun transformadorea, 300MVA potentzia izendatuduna, transformazio-erlazioa 25/220/20 kV izanik, eta maiztasuna 50Hz. Linearen jatorriko muturrean kokatuta dago. Tertiarioan konpentsazioko erreaktantzia trifasikoa dauka, eta neutro biak zurrunki lurrera konektatuta daude.
- Transformadorearen tertiarioan konpentsazioko erreaktantzia trifasikoa dago konektatuta.
- Bi sistema elektriko A eta B, iturri-inpedantziarekin, sistemak eskatuta tentsioa eta potentzia ematen dute.
- Sarearen inpedantzia baliokidea.



Sistemaren datuak ondoko tauletan daude:

Sistemaren baliokidea	Tentsioa (Vrms)	Potentzia (MVA)	Fase-angelua (°)	Erresistentzia (Ω)	Induktantzia (H)
A Sistema	25000	1000	0	0,0625	0,00194
B Sistema	220000	10000	3,5	0,462	0,01464

Sistema baliokideen datuak

	Konpentsazioko erreaktantzia	Inpedantzia baliokidea
Erresistentzia (Ω)	0	2000
Induktantzia (H)	1,270	2000

Konpentsazioko erreaktantzia eta inpedantzia baliokidearen datuak

Fase-kopurua	3
Erresistentzia luzera-unitateko (Ω/km)	$R_1 = 0,01273$ $R_0 = 0,3864$
Induktantzia luzera-unitateko (H/km)	$L_1 = 0,9337e-3$ $L_0 = 4,1264e-3$
Kapazitatea luzera-unitateko (Ω/km)	$C_1 = 12,74e-9$ $C_0 = 7,751e-9$
Luzera (km)	300

Linearen datuak

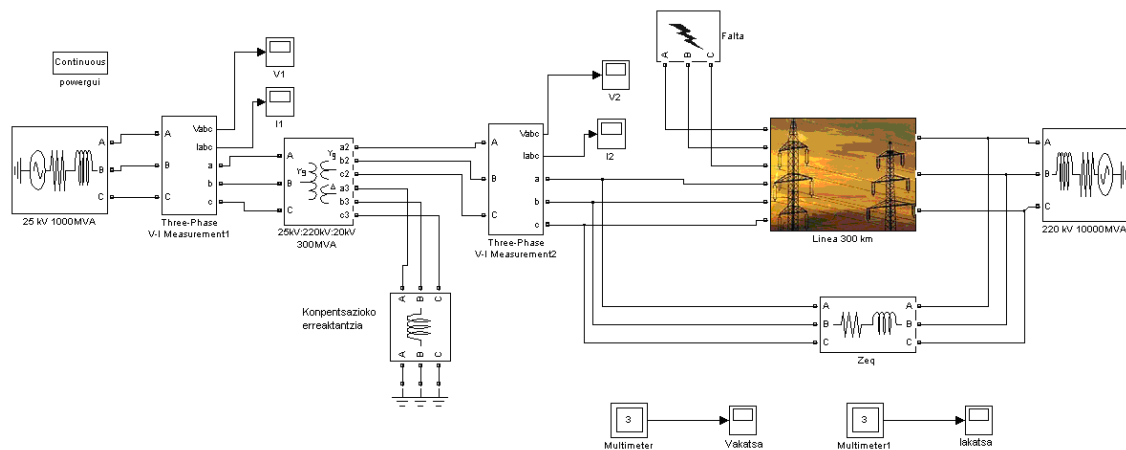
Potentzia izendatua (MVA)		300
Primarioa	Konexioa	Y G
	Tentsio efikaza (kV)	25
	Erresistentzia (pu)	0,0025
Sekundarioa	Konexioa	Y G
	Tentsio efikaza (kV)	220
	Erresistentzia (pu)	0,0025
Tertziarioa	Konexioa	D1
	Tentsio efikaza (kV)	20
	Erresistentzia (pu)	0,0025
Induktantzia (pu)		0,1
Magnetizazio-erresistentzia (pu)		500
Magnetizazio-erreaktantzia (pu)		500

Transformadorearen datuak

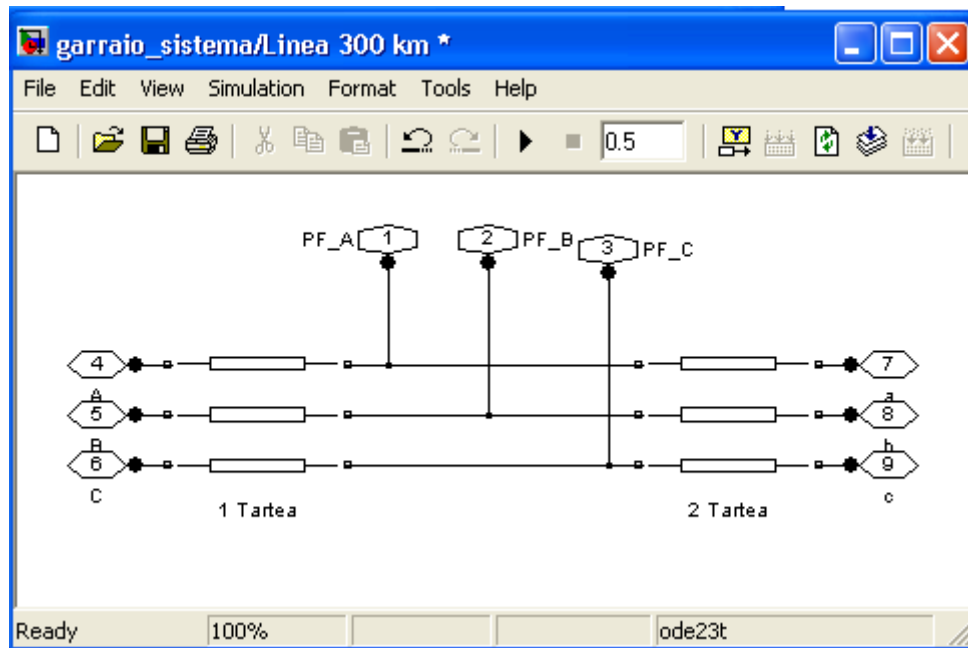
6.3.1 SISTEMAREN ELEMENTUEN MODELIZAZIOA

Deskribatutako sistema modelizatzeko, Matlab-en SimPowerSystems liburutegia erabiliko dugu.

Sortu beharreko ereduaren eskema orokorra ondoko irudian agertzen da.



Linea 300 km: bloke hau 300 km-ko linearen parametro banatuen eredu laburbiltzen duen azpisistema da. Izan ere, linea hau bi tartetan banatu dugu. Horrela, linearen puntu ezberdinetan burutu ahal izango ditugu akats-simulazioak.



Garraio-linean akatsa simulatzeko, aukera ezazu **Elements** liburutegian dagoen **3-Phase Fault** blokea. Bloke honen bidez, lurrerako akatsak programatu ahal izango ditugu. Gainera, akatsa trifasikoa (hiru faseetan eragiten du), bifasikoa (bi faseetan eragiten du) edo monofasikoa (fase bakarrean eragiten du) den aukeratu ahal izango dugu. Akatsak irauten duen denbora-tartea ere zehaztu beharko dugu. Akatsa 0,1 s unean hasi eta 0,1 segundu beharko ditu argitu edo desagertu arte.

Multimetro baten bidez, akats-intentsitate eta tentsioak neurtuko ditugu.

6.3.2 SIMULAZIOA ETA EMAITZAK

Simulazio-parametroetan simulazio-denbora 0.5 s finkatu behar da, **ode23t** aukeratu integrazio-algoritmo bezala, eta **Start Simulation** delakoan klik egin.

Simulazioa bukatzean, grafikoen emaitzak ikusi ahal izateko, scope ezberdinetan klik egin behar da.

Grafika osoa ikusi ahal izateko, scope blokeetan **Parameters** klikatu eta **Data history** atalean “Limit data points to last: 5000” desaukeratu.

6.3.3 KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK

1. KASUA: AKATSIK GABEKO SISTEMA

Sor ezazu garraio-sistemaren eredu Matlab-en SIMULINK baliabidearekin, datuak agindu bezala osatuz. Eskema sinplifikatzeko, linearen bi tarteak biltzen dituen azpisistema bat sor ezazu (aukeratu blokeak eta eskuineko botoiean klik eginenez **Create Subsystem** aukeratu). Sortutako blokearen maskaran irudi bat ezartzeko, eskuineko botoiean klik egin, eta **Mask Subsystem** aukeratu. **Icon** atalean, **Drawing commands** delakoan image idatzi behar da (imread('irudiaren_izena.jpg')). Irudiak Matlab-en path-ean egon behar du.

Baiezta ezazu akatsik ez dagoenean sistema orekatuta dagoela.

- Nolakoa da sistemaren tentsioaren uhinaren itxura?
- Zein da gandor-tentsioa transformadorearen primarioan?
- Zein da gandor-tentsioa transformadorearen sekundarioan?
- Nolakoa da sistematik zirkulatzen duen intentsitatearen uhinaren itxura?
- Zein da gandor-intentsitatea transformadorearen primarioan?
- Zein da gandor-intentsitatea transformadorearen sekundarioan?
- Zergatik gutxitzen da intentsitatea?
- Zein da zirkuitulaburreko intentsitatearen balioa?

2. KASUA: AKATS MONOFASIKOA LURRERA

220 kV-eko linea batean lurrerako akats monofasiko bat simulatuko dugu. Akatsa $t = 0.1$ s unean gertatzen dela suposatuko dugu, eta akatsa argitu arte, 0.1 segundu igarotzen direla. Koka ezazu akatsa transformadoretik 50 km-ra.

- Akatsa sortzean, ze gertatzen zaio intentsitateari?
- Eta tentsioari?
- Akats monofasikoaren kasuan, ze fasek elikatzen dute akats-intentsitatea?
- Ze balio hartzen du akats-intentsitateak?
- Ze balio hartzen du akats-tentsioak?

Alda ezazu akats-puntua sistemaren tentsio eta intentsitatean duen eragina ikusteko.

	Gandor-intentsitatea transformadorearen sekundarioan	Zirkuitulaburreko intentsitate maximoa
L1 = 50 km / L2 = 250 km		
L1 = 100 km / L2 = 200 km		
L1 = 150 km / L2 = 150 km		
L1 = 200 km / L2 = 100 km		
L1 = 250 km / L2 = 50 km		

3. KASUA: AKATS TRIFASIKOA LURRERA

220 kV-eko linea batean lurrerako akats trifasiko bat simulatuko dugu. Akatsa $t = 0.1$ s unean gertatzen dela suposatuko dugu, eta akatsa argitu arte, 0.1 segundu igarotzen direla. Koka ezazu akatsa transformadoretik 50 km-ra.

- Akatsa sortzean, ze gertatzen zaio intentsitateari?
- Eta tentsioari?
- Akats trifasikoaren kasuan, ze fasek elikatzen dute akats-intentsitatea?
- Ze balio hartzen du akats-intentsitateak?
- Ze balio hartzen du akats-tentsioak?

Alda ezazu akats-puntua sistemaren tentsio eta intentsitatean duen eragina ikusteko.

	Gandor-intentsitatea transformadorearen sekundarioan	Zirkuitulaburreko intentsitate maximoa
L1 = 50 km / L2 = 250 km		
L1 = 100 km / L2 = 200 km		
L1 = 150 km / L2 = 150 km		
L1 = 200 km / L2 = 100 km		
L1 = 250 km / L2 = 50 km		

6.4 GARRAIO-LINEEN MODELIZAZIOA

MATLAB interaktiboki erabil daiteke, beharrezko komandoak komando-leihotik sartuz. Hala ere, ohizko erabilera fitxategietan gordeta dauden komando-sortak exekutatzeko izaten da. Fitxategiok .m luzapenarekin gordetzen dira. Fitxategi hauek lehenengo aldiz exekutatzean automatikoki konpilatzen dira. Erabiltzaileak funtzio propioak defini ditzake, eta funtzio hauek MATLAB barneko funtzioen antzera funtzionatuko dute.

Bi motako M-File fitxategi daude, script direlako fitxategiak edo komando-fitxategiak, eta funtzioak:

- Script fitxategiak MATLAB-eko sententziak eta komandoak dituzten testu-fitxategiak dira. Script fitxategi bat exekutzeko, hau MATLAB-ek onartutako direktorio batean kokatuta egon behar da, bertan kokatuta gaudelako, edo set path komandoaren bidez helbide hori aurretiaz gorde delako. Ondoren, MATLAB-eko komando-leikoan izena luzapenik gabe idatzi, eta exekutatu egingo da script fitxategia. Uneren batean fitxategion exekuzioa bertan behera uzteko, Ctrl-C sakatu behar da.
- Funtzio bat `-m` luzapeneko fitxategia da, non sarrerako eta irteerako parametroak zehaztu ahal diren. Horrela, funtzio bornean definitu eta erabilitako aldagaiak bakarrik gordetzen dira memorian funtzioa exekutatzen ari den bitartean. Beraz, lan-saioan memorian egongo diren aldagai bakarrak sarrear eta irteerako argumentuan izango dira. Horrela, programen exekuzioak irauten duen bitartean memoria-baliabideak aurreztu ahal izango ditugu. “.m” luzapeneko fitxategi bat funtzio bat bezala definitzeko, fitxategiaren lehenengo lerroan **function** hitza idaztea beharrezkoa da.

Function [irteerako aldagai-zerrenda] = funtzioaren_izena (sarrerako argumentu-zerrenda)

Funtzioak emango dituen irteerako aldagaiak kakoen artean eta komaz banatuta zehaztu behar dira; funtzioaren sarrerako argumentuak, aldiz, paréntesis artean eta komaz banatuta zehaztu behar dira. Funtzioaren izena . m luzapeneko fitxategiaren izen berekoa izan behar da. Hala nahi izanez gero, sarrera- edo irteera-argumentu gabeko funtzioak ere defini daitezke.

Praktika honek bi atal ditu. Lehenengo atalean, script fitxategi baten bidez, aireko línea baten parametroak kalkulatu ditugu, eta ezaugarri fisikoen eragina ikusiko dugu (eroaleen diametroa, banaketa, eroale kopurua,...). Bigarren atalean, linea bateko mutur igorleko tentsio eta intentsitatearen balioak konparatu ditugu, funtzioak erabiliz. Horretarako, línea adierazteko erabilgarriak diren eredu ezberdinetan oinarrituko gara.

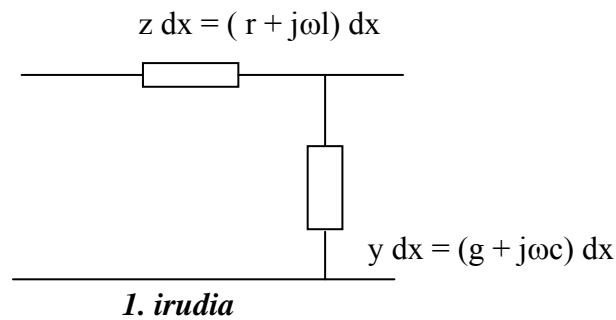
6.4.1 LEHENENGO ATALAREN SARRERA

6.4.1.1 LINEEN PARAMETROAK

Garraio-lineetan, euren luzera dela eta, magnitude elektrikoak ez dira denboraren menpe egongo soilik, baita posizioaren menpe ere. Hori dela eta, linearen parametroak ezin dezakegu puntu bakar batean konzentratuta daudenik kontsideratu, linearen luzera osoan banatuta baizik.

Problema ebazteko, linea dx luzerako elementu diferentzialetan banatuko dugu, eta elementu diferentzial hauetan bai aplikatu ahal izango dugu parametro konzentratuen eredua.

Zirkuitu trifasikoa elektrikoki guztiz orekatua dela suposatzen badugu, linea trifasikoak zirkuitu monofasiko baliokideen bidez adierazi ahal izango ditugu. 1. irudian sistema trifasikoko faseetako bat eta neutroa adierazi ditugu, faseko inpedantziak eta fase eta neutroaren arteko admitantziak adierazten dira.



Non:

$$l = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{GMD_{baliokidea}}{GMR_{baliokidea_l}}\right) \quad y \quad c = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\left(\frac{GMD_{baliokidea}}{GMR_{baliokidea_c}}\right)}$$

n hedapen-konstantea da:

$$n = \alpha + j\beta = \sqrt{z \cdot y}$$

α atenuazio-konstantea eta β fase-konstantea izanik.

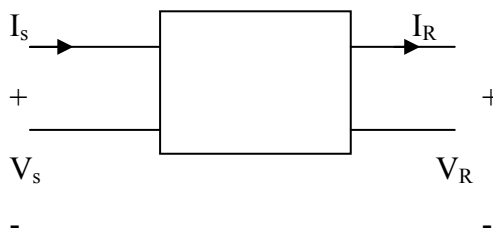
Z_c linearen inpedantzia adierazgarria da, non:

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}}$$

6.4.1.2 LINEEN KONSTANTE LAGUNGARRIAK

Lineak parametro hibridodun matrizeen bidez adierazten dira, koadripolo eran.

$$\begin{pmatrix} V_S \\ I_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_R \\ I_R \end{pmatrix}$$



siendo A, B, C y D las constantes generalizadas de la línea:

$$A = \text{Ch}(nl)$$

$$B = Z_c \text{Sh}(nl)$$

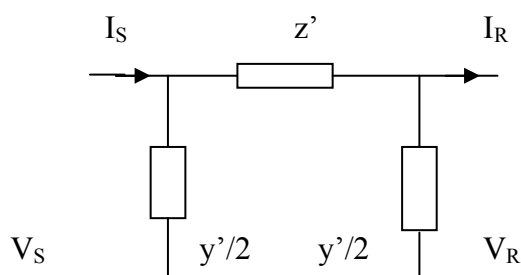
$$C = 1/Z_c \text{Sh}(nl)$$

$$D = \text{Ch}(nl)$$

A = D, eta A.D – B.C = 1 aiderazpenak betetzen direla egiazta dezakegu, koadripolo guztietan horrelaxe delarik.

6.4.1.3 GARRAIO-LINEENTZAKO II ETA T ZIRKUITU BALIOKIDEAK

Linea bat π zirkuitu batekin adierazi nahi badugu:



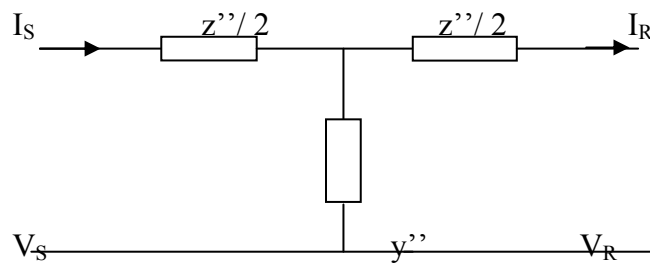
Zirkuitu honetan Kirchoff aplikatuz:

$$V_S = \left(1 + \frac{z' \cdot y'}{2}\right) \cdot V_R + z' \cdot I_R$$

beraz,

$$A = 1 + \frac{z' \cdot y'}{2} \quad \longrightarrow \quad \begin{cases} z' = B \\ \frac{y'}{2} = \frac{A-1}{B} \end{cases}$$

Linea bat T zirkuitu batekin adierazi nahi badugu:



Eta Kirchoff aplikatuz,

$$I_S = \left(1 + \frac{y'' \cdot z''}{2}\right) \cdot I_R + y'' \cdot V_R$$

beraz,

$$\begin{aligned} C = y'' \\ D = 1 + \frac{z'' \cdot y''}{2} \end{aligned} \longrightarrow \begin{aligned} y'' = C \\ \frac{z''}{2} = \frac{A-1}{C} \end{aligned}$$

Beraz, linea luzeetan (hau da, $L > 240$ Km) kalkulatu berri ditugun adierazpen zehatzak erabili beharko ditugu.

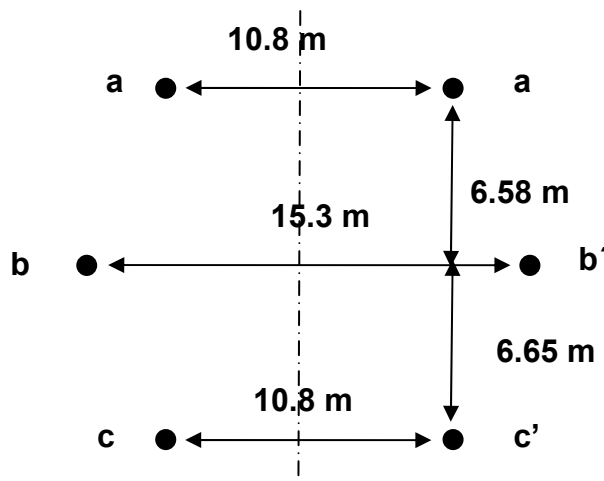
Luzera ertaineko lineetan ere (hau da, $80 < L < 240$ Km) aurreko ereduak erabili behar dira. Hala ere, z' , y' , y , z'' eta y'' balioak $Z=zl$ eta $Y=y/l$ balioekin ordezkatu ditzakegu.

Linea motzetan (hau da, $L < 80$ Km), berriz, aurreko ereduak baztertu ditzakegu $y'/2=0$ eginez, eta beraz linea Z guztizko inpedantzia bakar batekin adieraziko dugu.

6.4.2 KLASE BUKAERAN BUeltatu BEHARREKO GALDERAK

6.4.2.1 LEHENENGO ATALAREN GARAPENA

Fase eta lurraren arteko galerak nuluak direla suposatuz, MATLAB-en *praktika2_1.m* izeneko fitxategi bat sortu dugu linearen faseko eta luzera-unitateko inductantzia eta kalkulatzeko.



Izendapena	S_{Al} (mm ²)	$S_{Altzairua}$ (mm ²)	D_{Arima} (mm)	$D_{eroalea}$ (mm)	R_{cc} (Ω /km)
242-AL1/39-ST1A	241,6	39,5	8,04	21,8	0,1195
337-AL1/44-ST1A	337,3	43,7	8,46	25,4	0,0857
402-AL1/52-ST1A	402,3	52,2	9,24	27,7	0,0719

1. ARIKETA:

Azter ezazu faseko eroale bat daukan zirkuitu bikoitzeko linea trifasiko baten inductantzia eta kapazitatearen balioen aldaketa eroalearen tamainarekin eta fase-eroaleen arteko banaketarekin.

Eroalea	S11, S22, S33 (m)	GMD (m)	GMRI (m)	GMRC (m)	Lk (mH/km)	Ck (μF/km)
242-AL1/39-ST1A	10.8– 15.3– 10.8					
337-AL1/44-ST1A	10.8– 15.3– 10.8					
402-AL1/52-ST1A	10.8– 15.3– 10.8					

Eroalea	S11, S22, S33 (m)	GMD (m)	GMRI (m)	GMRc (m)	Lk (mH/km)	Ck (μF/km)
242-AL1/39- ST1A	10.8– 15.3– 10.8					
242-AL1/39- ST1A	13.5– 19.3–13.5					
242-AL1/39- ST1A	16.2 - 23– 16.2					

Nola aldatzen da eroalearen GMD balioa diametroa handitzean?

Nola aldatzen da eroalearen induktantzia diametroa handitzean?

Nola aldatzen da eroalearen kapazitatea diametroa handitzean?

Nola aldatzen da GMD balioa fase-eroaleen banaketa-tartea handitzean?

Nola aldatzen da eroalearen fase baten GMR balioa fase-eroaleen banaketa-tartea handitzean?

Nola aldatzen da eroalearen induktantzia fase-eroaleen banaketa-tartea handitzean?

Nola aldatzen da eroalearen kapazitatea fase-eroaleen banaketa-tartea handitzean?

2. ARIKETA:

Kalkula ezazu zirkuitu bikoitzeko linea trifasiko baten inдукtancia eta kapazitatea, faseko 242-AL1/39-ST1A motako ACSR eroale bakarra erabiliz, edo faseko 2, 3, edo 4 eroale (242-AL1/39-ST1A motako ACSR eroaleak) erabiliz, sortako eroaleen arteko distantzia 45 cm-koa izanik.

N° Cond./fase	D₁₂, D₁₃, D₂₃ (m)	GMD (m)	GMR_l (m)	GMR_c (m)	Lk (mH/km)	Ck (μF/km)
1	10.8– 15.3- 10.8					
2	10.8– 15.3- 10.8					
3	10.8– 15.3- 10.8					
4	10.8– 15.3- 10.8					

Nola aldatzen da eroalearen GMD balioa faseko eroale kopurua handitzen denean?

Nola aldatzen da eroalearen GMR balioa faseko eroale kopurua handitzen denean?

**Nola aldatzen da eroalearen inдукtancia faseko eroale kopurua handitzen denean?
Zergatik?**

**Nola aldatzen da eroalearen kapazitatea faseko eroale kopurua handitzen denean?
Zergatik?**

3. ARIKETA:

Azter ezazu eroale-sorta bateko eroaleen arteko banaketaren eragina:

Faseko eta zirkuituko eroale kopurua	6.4.3 EROALEA	d (cm)	GMD (m)	GMR _l (m)	GMR _c (m)	Lk (mH/km)	Ck (μF/km)
2	242-AL1/39-ST1A	20					
2	242-AL1/39-ST1A	30					
2	242-AL1/39-ST1A	40					

Nola aldatzen da eroalearen GMD balioa eroale-sorta osatzen duten eroaleen arteko banaketa-tartea handitzen badugu?

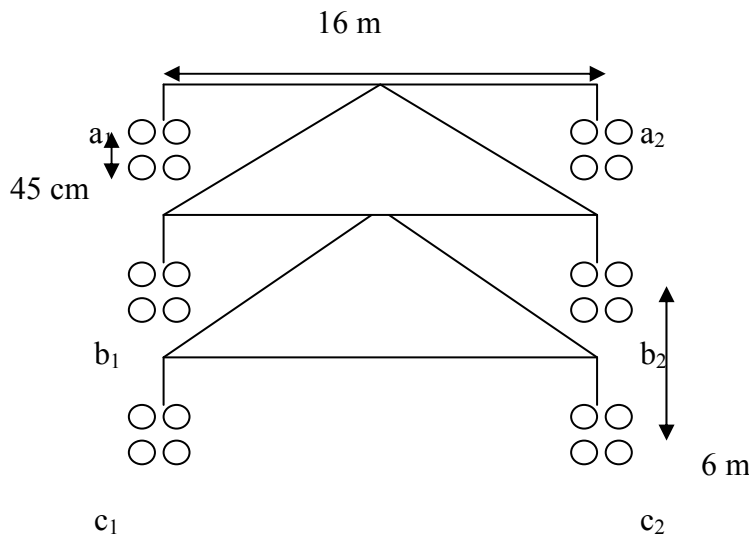
Nola aldatzen da eroalearen GMD balioa eroale-sorta osatzen duten eroaleen arteko banaketa-tartea handitzen badugu?

Nola aldatzen da eroale baten inдукtancia, eroale-sorta osatzen duten eroaleen arteko banaketa-tartea handitzen badugu?

Nola aldatzen da eroale baten kapazitatea, eroale-sorta osatzen duten eroaleen arteko banaketa-tartea handitzen badugu?

6.4.3.1 BIGARREN ATALAREN GARAPENA

Bedi 220 kV eta 300 Km-ko linea trifasikoa. Zirkuitu bikoitzean dago elikatuta, eroaleen banaketa irudikoa izanik. Eroaleak 242-AL1/39-ST1A motakoak dira. Eroaleak anitzak dira eta 4 eroalez daude osatuta. Mutur hartzailean tentsio izendatura $P_R = 300$ MW kontsumitzen duen karga konektatzen da, potentzia-faktorea $\cos \varphi = 0.9$ izanik (induktiboa).



Fase eta lurraren arteko galerak nuluak direla suposatuz, MATLAB-en *praktika2_2.m* izeneko fitxategi bat sortu dugu linearen faseko eta luzera-unitateko inдукtancia, kapazitatea eta erresistentzia, linearen luzera-unitateko inpedantzia eta admitantzia, hedapen-konstantea eta inpedantzia adierazgarria. (mota = potentzia-faktorearen mota ('ind' inдукtiboa bada, 'kap' kapazitiboa bada, eta 'res' erresistiboa bada)). Horrez gain, kompara itzazu linearen mutur igorleko tentsioa eta intentsitatea luzeraren funtzioan, ondoko ereduak aplikatuz: linea luzearen π baliokidearen eredu, π sinplifikatuaren eredu eta linea motzaren eredu.

Lk (H/km)	Ck (F/km)	r (Ω /km)

Zk (Ω /km)	Yk (Ω^{-1} /km)	θ (km^{-1})	Zc(Ω)

I_R	V_R

Linea luzearen π eredu baliokidea (gorriz)	V_S	
	I_S	
π sinplifikatuaren eredu (urdinez)	V_S	
	I_S	
Linea motzaren eredu (berdez)	V_S	
	I_S	

4. ARIKETA

Potentzia konstante mantentzen badugu ($P_R = 300$ MW) eta π zehatzaren eredu erabiliz, ikus ezazu potentzia-faktorearen eragina.

Sar itzazu sarrerako parametroak *praktika2_3.m* funtzioan.

[$V_{S\text{piequiv}}$, $I_{S\text{piequiv}}$, V_R , I_R]=practica3_3(z, y, potact, facpotencia, tipo, tension)

$\cos\varphi$	V_S	I_S	V_R	I_R
0.5 (induktiboa)				
0.7 (induktiboa)				
0.9 (induktiboa)				
1 (erresistiboa)				
0.9 (kapazitiboa)				
0.7 (kapazitiboa)				
0.5 (kapazitiboa)				

Potentzia-faktorea induktiboa denean, nolakoa da V_R tentsioa V_S tentsioarekiko?

Potentzia-faktorea kapazitiboa denean, nolakoa da V_R tentsioa V_S tentsioarekiko?

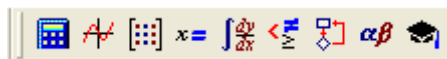
Potentzia-faktorea konstante mantentzen badugu ($\cos\varphi = 0.9$ induktiboa) eta π zehatzaren eredia erabiliz, ikus ezazu potentziaren eragina.

P (MW)	V_S	I_S	V_R	I_R
300				
250				
200				
150				
100				
50				
0				

7. MATHCAD

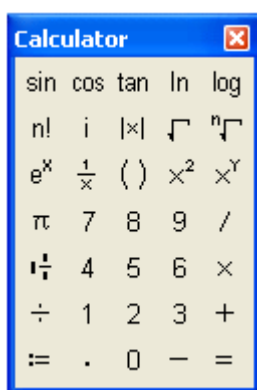
7.1 SARRERA

MATHCADen sartzean, tresna barra multzo bat agertzen da, horietako garrantzitsuen eragiketa matematikoena izanik:



Barra horretan, MATHCADen aukera matematiko guztiak daude laburbilduta. Barrakoi kono ezberdinetan klik eginez, aukeratutako tresna barra berria agertzen da. Tresna barrak ondorengoak dira:

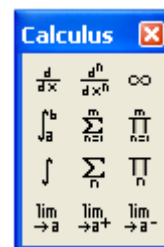
- Kalkulagailua



- Alfabetu grekoa



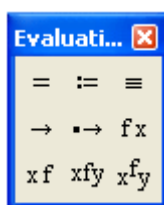
- Kalkulua



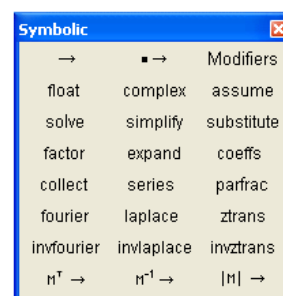
- Grafikoak



- Ebaluazioa



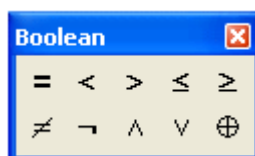
- Kalkulu sinbolikoa



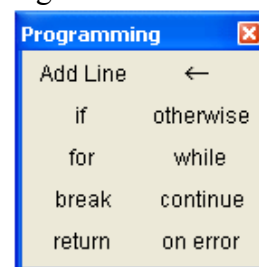
- Matrizeak



- Boolean



- Programazioa



7.2 KALKULAGAILUA

Demagun Ohm-en legea aplikatu nahi dela 3 Ω-eko erresistentzia batetik 6 A-ko intentsitatea pasatzen denean ematen den potentziale diferentzia kalkulatzeko. Horretarako, R eta I

aldagaien balioak definitu beharko dira. MATHCADek aldagaiekin lan egiteko era berezia du. Aldagai bati balio bat eman nahi zaionean, MATHCADen “:=” sinboloa erabili behar da. Aldagai bati balioa eman beharrean, zein balio duen jakin nahi denean, “=” sinboloa erabili behar da. Bestalde, aldagai baten unitatea definitzeko, aldagaiaren balioaren ondoren MATHCADek ezagutzen duen unitatearen adierazpena jarri behar da. Horrela kasu honetan:

$$R:=3 \text{ ohm}$$

$$I:=6 \text{ A}$$

MATHCADek ezagutzen dituen unitateak ikusteko, unitatea idatzi beharrean, “Insert” eta “Unit” aukeratuz agertuko zaizkigu ezagutzen dituen unitate guztien zerrenda.

Ondoren, Ohm-en legea aplikatzen da, ondorengo idatziz:

$$V:=R \cdot I \quad (\text{Biderketak * idatziz ala kalkulagailuko x-ean klik eginez adierazten dira}).$$

Egindakoaren emaitza ikusteko, hots, V-ren balioa, ondorengo idatziko da:

$$V= \quad (\text{Dagokion unitatearekin agertuko da. Unitatea aldatzeko ,nahi den unitatea idatzi}).$$

Zenbaki konplexuekin lan egiteko, demagun aurreko Ohm-en legea aplikatu nahi dela, $(3+4 \cdot j)$ Ω -eko inpedantzia eta 2_{30° A-ko intentsitateak erabiliz. Zenbaki konplexu bat era binomialean sartzeko, zuzenean egiten da, “j” zenbaki irudikaria “1j” bezala idatziz. Zenbaki konplexu bat era polarrean sartzeko ordea, Euler-en forma erabili behar da eta gainera, kontuan izan behar da angelua adierazteko unitate leheneratzia erradiana dela, beraz, gradutan lan egiteko, angeluari “deg” adierazpena gehitu beharko zaio:

$$Z:=(3+4 \cdot 1j) \text{ ohm}$$

$$I:=2 \cdot A \cdot \exp(1j \cdot 30 \cdot \text{deg}) \quad \text{edo} \quad I:=2 \cdot A \cdot e^{1j \cdot 30 \cdot \text{deg}} \quad (\text{“^” sinboloa erabiliz berretzailerako}).$$

Ondoren, Ohm-en legea aplikatzen da eta emaitza lortzen da:

$$V:=Z \cdot I=(1.2+9.9 \cdot j)V$$

Emaitzaren modulua eta argumentua lortzeko, ondorengo adierazpenak erabiliko dira:

$$|V|=10 \cdot V$$

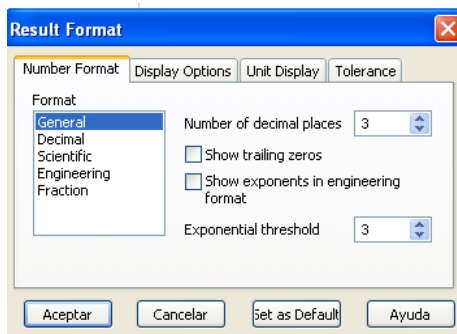
$$\arg(V)=1.451 \blacksquare \quad \text{eta lauki beltzean (placeholder) “deg” idatziz} \quad \arg(V)=83.13 \cdot \text{deg}$$

7.3 EMAITZEN FORMATUA

Emaitza lortu ondoren, bi eratan alda daiteke, bere zenbakizko formatua aldatuz edota bere unitateak aldatuz.

7.3.1 ZENBAKIEN FORMATUAREN ALDAKETA

Zenbakizko formatua aldatzeko **Format** menuko **Result** aukera erabiltzen da, edo zuzenean emaitzan klik bikoitza eginuz ere egin daiteke.



Menu horretan zenbaki hamartar kopurua edo adierazpen esponenzialaren baldintzak defini daitezke.

7.3.2 UNITATEEN ALDAKETA

Kasu batzuetan, beharrezkoa izango da MATHCADean definiturik ez dauden unitateak definitzea, batez ere multiploak edo ez ohizko unitateak. Adibidez, MWekin lan egiteko:

$$MW := 10^6 \cdot W$$

Ordutik aurrera, W unitatea MW unitategatik ordezkatzeko denean, MATHCADek emaitza unitate berrira moldatuko du.

Beste adibide bat, “gradu” hitza erabiltzea “deg” hitzaren ordez. Horretarako:

$$\text{gradu} := 1 \cdot \text{deg}$$

Azkenik, batzuetan unitate leheneratziak erabili beharko dira, MATHCADek ez bait ditu beti ondo sinplifikatzen erabiltzaileak sorturiko unitateak.

7.4 KALKULUA

Kalkulu tresna barrako batukaria nola erabili ikusiko da orain. Biz ondorengo bektorea:

$$V = [8 \ 32 \ 45 \ 34 \ 25 \ 0 \ 12]$$

Elementu bat bektore batena dela definitzeko “[” sinboloa jarri behar da azpi-indizearen aurretik:

$$V_0 := 8$$

$$V_1 := 32$$

$$V_2 := 45$$

$$V_3 := 34$$

$$V_4 := 25$$

$$V_5 := 0$$

$$V_6 := 12$$

Bektorea ondo sartu dela baieztatzeko:

$$V =$$

Orain, bektorearen azken lau elementuen batura burutzeko, ondorengo adierazpena erabiliko da:

$$S := \sum_{i=3}^6 V_i$$

Emaitza ikusteko:

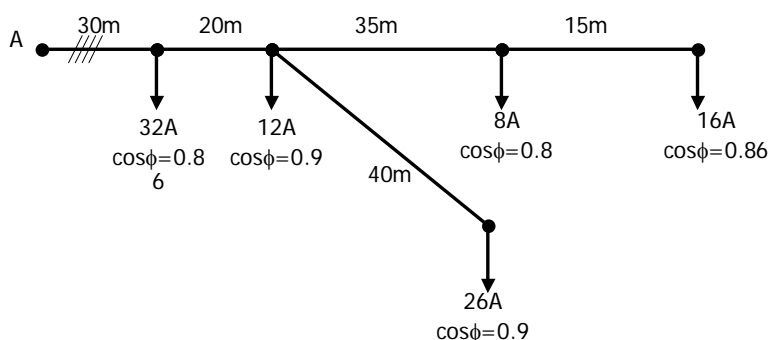
$$S =$$

8. PRAKTIKAK

8.1 SEKZIO EZ UNIFORMEDUN LINEA IREKI BATEN KALKULUA

Biz irudiko 380/220 V-ko linea trifasikoa, Cu-zko eroalez osotua. Tentsio erorketa maximo onargarria %2koa izani, kalkulatu:

1. Hiru zatietako tentsio erorketa Cu bolumen minimorako.
2. Zati bakoitzeko eroaleen sekzio teorikoa.



Tentsio erorketa Cu bolumen minimorako

Lehenengo eta behin linea bere hiru zati naturaletan banatzen da, A, B eta C eta distantzia partzialak izki xehez adierazten dira eta zatiaren jatorrirainokoa hizki larriez:

$$U := 380 \text{ V}$$

$$l_{1A} := 30 \text{ m} \quad L_{1A} := 30 \text{ m} \quad I_{1A} := 32 \text{ A} \quad \cos \phi_{1A} := 0,86$$

$$l_{2A} := 20 \text{ m} \quad L_{2A} := 50 \text{ m} \quad I_{2A} := 12 \text{ A} \quad \cos \phi_{2A} := 0,90$$

$$l_{1B} := 35 \text{ m} \quad L_{1B} := 35 \text{ m} \quad I_{1B} := 8 \text{ A} \quad \cos \phi_{1B} := 0,80$$

$$l_{2B} := 15 \text{ m} \quad L_{2B} := 50 \text{ m} \quad I_{2B} := 16 \text{ A} \quad \cos \phi_{2B} := 0,86$$

$$l_{1C} := 40 \text{ m} \quad L_{1C} := 40 \text{ m} \quad I_{1C} := 26 \text{ A} \quad \cos \phi_{1C} := 0,90$$

Aurreko balioetatik abiatuta, linearen bost kargen potentzi aktiboak kalkulatu dira:

$$P_{1A} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{1A} \cdot \cos \phi_{1A} \Rightarrow P_{1A} = 18113 \text{ W}$$

$$P_{2A} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{2A} \cdot \cos \phi_{2A} \Rightarrow P_{2A} = 7108 \text{ W}$$

$$P_{1B} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{1B} \cdot \cos \phi_{1B} \Rightarrow P_{1B} = 4212 \text{ W}$$

$$P_{2B} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{2B} \cdot \cos \phi_{2B} \Rightarrow P_{2B} = 9057 \text{ W}$$

$$P_{1C} := \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{1C} \cdot \cos \phi_{1C} \Rightarrow P_{1C} = 15401 \text{ W}$$

Ondoren hiru zatien luzerak definitzen dira:

$$L_A := l_{1A} + l_{2A} \quad L_A = 50 \text{ m}$$

$$L_B := l_{1B} + l_{2B} \quad L_B = 50 \text{ m}$$

$$L_C := l_{1C} \quad L_C = 40 \text{ m}$$

Momentuak kalkulatu:

$$M_A := P_{1A} \cdot L_{1A} + P_{2A} \cdot L_{2A} + L_A \cdot (P_{1B} + P_{2B} + P_{1C}) \quad M_A = 2,332 \text{ MW}\cdot\text{m}$$

$$M_B := P_{1B} \cdot L_{1B} + P_{2B} \cdot L_{2B} \quad M_B = 0,6003 \text{ MW}\cdot\text{m}$$

$$M_C := P_{1C} \cdot L_{1C} \quad M_C = 0,6161 \text{ MW}\cdot\text{m}$$

Ondoren tentsio maximoaren baldintzatik abiatuz, momentuen formula aplikatuko da:

$$U_{\max} := \%2 \Rightarrow u_A := \frac{u_{\max}}{1 + \sqrt{\frac{M_B \cdot L_B + M_C \cdot L_C}{M_A \cdot L_A}}} \Rightarrow u_A = \%1,187$$

Eta, aurreko emaitzatik abiatuta, beste zatien tentsio erorketak kalkulatu dira:

$$u_B := u_{\max} - u_A \quad u_B = \%0,813$$

$$u_C := u_B \quad u_C = \%0,813$$

Zati bakoitzeko eroaleen sekzio teorikoak

Kobrearen konduktibitateak abaituta:

$$\gamma_{cu} := 56 \cdot \frac{\text{m}}{\text{ohm} \cdot \text{mm}^2}$$

Tentsio erorketak mugaturiko sekzioak kalkulatu dira:

$$S_A := \frac{M_A}{\gamma_{cu} \cdot u_A \cdot (U_N)^2} \quad S_A = 24,95 \text{ mm}^2 \quad S_A = 25 \text{ mm}^2$$

$$S_B := \frac{M_B}{\gamma_{cu} \cdot u_B \cdot (U_N)^2} \quad S_B = 9,133 \text{ mm}^2 \quad S_B = 10 \text{ mm}^2$$

$$S_C := \frac{M_C}{\gamma_{cu} \cdot u_C \cdot (U_N)^2} \quad S_C = 9,373 \text{ mm}^2 \quad S_C = 10 \text{ mm}^2$$

Intentsitate dentsitateengatik behar diren sekzioak kalkulatzeko, hiru zatietako intentsitateak behar dira. Horretarako, zati bakoitzeko potentzi aktiboez gain, potentzi erreaktiboak kalkulatu behar dira ondorengo adierazpenaren bitartez:

$$Q_i = P_i \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi_i}}{\cos \phi_i}$$

Aurreko adierazpena bost kargei aplikatuz:

$$Q_{1A} = 10.750 \text{ VAr}$$

$$Q_{2A} = 3.443 \text{ VAr}$$

$$Q_{1B} = 3.159 \text{ VAr}$$

$$Q_{2B} = 5.374 \text{ VAr}$$

$$Q_{1C} = 7.459 \text{ VAr}$$

Ondoren, zati bakoitzeko potentzi aparenteak kalkulatu dira:

$$S_B := (P_{1B} + P_{2B}) + j(Q_{1B} + Q_{2B}) \quad S_B = 13269 + j8533$$

$$S_C := P_{1C} + jQ_{1C} \quad S_C = 15401 + j7459$$

$$S_A := (P_{1A} + P_{2A}) + j(Q_{1A} + Q_{2A}) + S_B + S_C \quad S_A = 53892 + j30183$$

Eta potentzi aparentekin, intentsitateak kalkulatu dira:

$$I = \frac{|S|}{\sqrt{3} \cdot U} \Rightarrow \begin{cases} I_A := 93,85 \text{ A} \\ I_B := 23,97 \text{ A} \\ I_C := 26 \text{ A} \end{cases}$$

Intentsitate horiekin tauletara joanez eta barne zirkuitu bat hartuz, kasurik desfaboragarrienerako:

$$A \text{ sekzioa: } 35 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 96 \text{ A}$$

$$B \text{ sekzioa: } 6 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 25 \text{ A}$$

$$C \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

Bi irizpideak bete behar direnez, sekzioak eta intentsitate onargarriak ondorengoak izango dira:

$$A \text{ sekzioa: } 35 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 96 \text{ A}$$

$$B \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

$$C \text{ sekzioa: } 10 \text{ mm}^2 \quad I_{\max} = 34 \text{ A}$$

8.2 ZIRKUITULABUR-INTENTSITATEEN KALKULUA

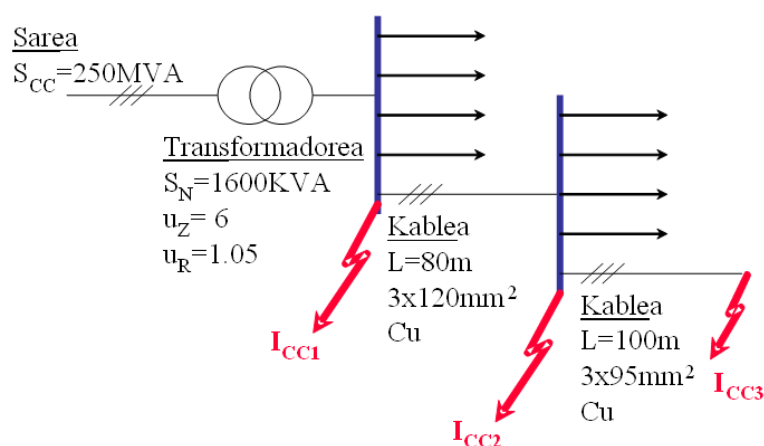
Praktika honen helburua ikasleak Gela Praktiketean zirkuitulaburreko korronteak buruz hartutako ezaguera finkatzea da.

Beste alde batetik, aurreko praktikan erabilitako MATHCAD softwarearen erabilera sakonduko da. Horretarako, klasean egingo den ariketaz gain, beste ariketa batzuk ere proposatuko dira ikasleak bere kasa egin ditzan.

8.2.1 ZIRKUITULABURREN KALKULUA

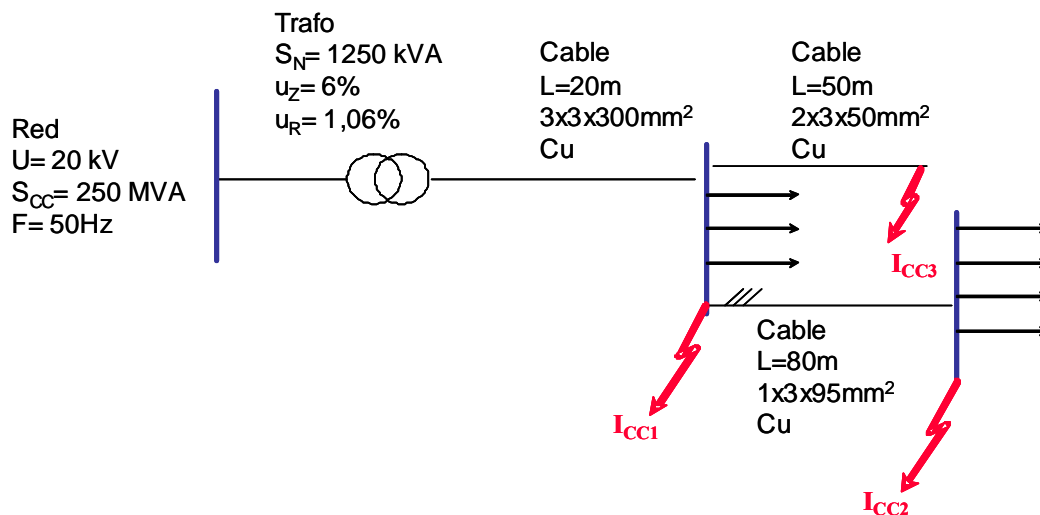
Gela Praktiketean ikusi den bezala zirkuitulaburra kalkulatzeko pausoak ondokoak dira:

1. Instalazioaren datuetan oinarrituta formula batzuen bidez zati desberdinen baliokideak lortzen dira.
2. Zirkuitulaburreko korrontea kalkulatu nahi diren puntuen eta tentsio iturriaren arteko inpedantziak kalkulatu dira.
3. Tentsioa eta inpedantziaren bidez zirkuitulaburreko intentsitate efikaza lortzen da.
4. Potentzia faktorea kalkulatu da eta grafikoaren bidez intentsitate efikaza eta talka intentsitatea erlazionatzen dituen “ χ ” balioa lortzen da.
5. Zirkuitulaburreko intentsitate efikaza eta “ χ ” balioekin, talka edo gailur intentsitatea kalkulatu dira.
6. Intentsitate efikaza eta tentsio izendatuaren bidez zirkuitulaburreko potentzia desberdinak kalkulatu dira.
7. Informazioa biltzen da.



8.2.2 PROPOSATURIKO ARIKETAK

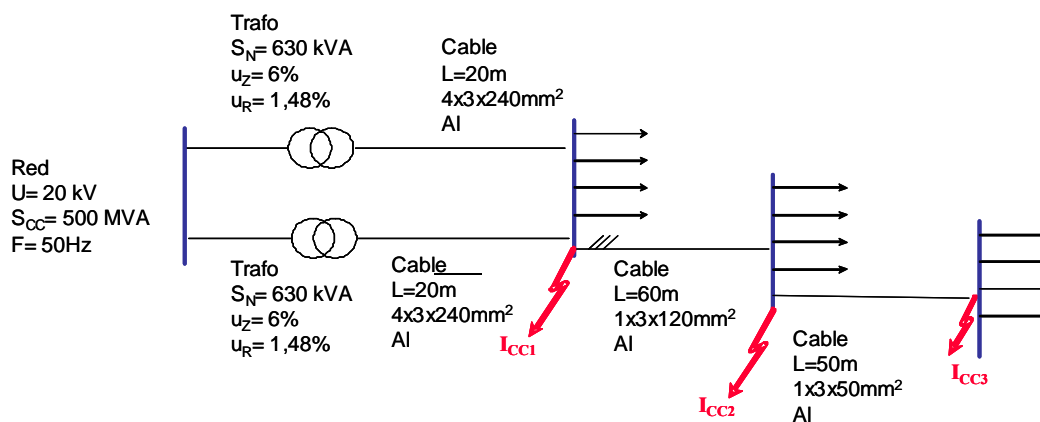
1. Irudiko hari-bakarreko diagraman irudikatzen den instalazioan, kalkulatu markaturik dauden puntuetan egoera iraunkorreko zirkuitulaburreko korronteen intentsitateak, punta edo gailur intentsitateak eta zirkuitulaburreko potentziak.



Osagaia	Erresistentzia (mΩ)	Erreaktantzia (mΩ)
Iturriaren inpedantzia	0.07	0.7
Transformadorea	1.357	7.559
Kablea 20m	0.397	0.533
Kablea 80m	15.04	6.4
Kablea 50m	8.929	2

Puntua	Zirkuitulaburreko intentsitate efikaza (kA)	Gandor intentsitatea (kA)	Zirkuitulaburreko potentzia (MVA)
1 (barra)	25.72	56.01	17.82
2 (kablearen bukaera)	10.18	15.11	7.05
3 (kablearen bukaera)	15.16	22.72	10.5

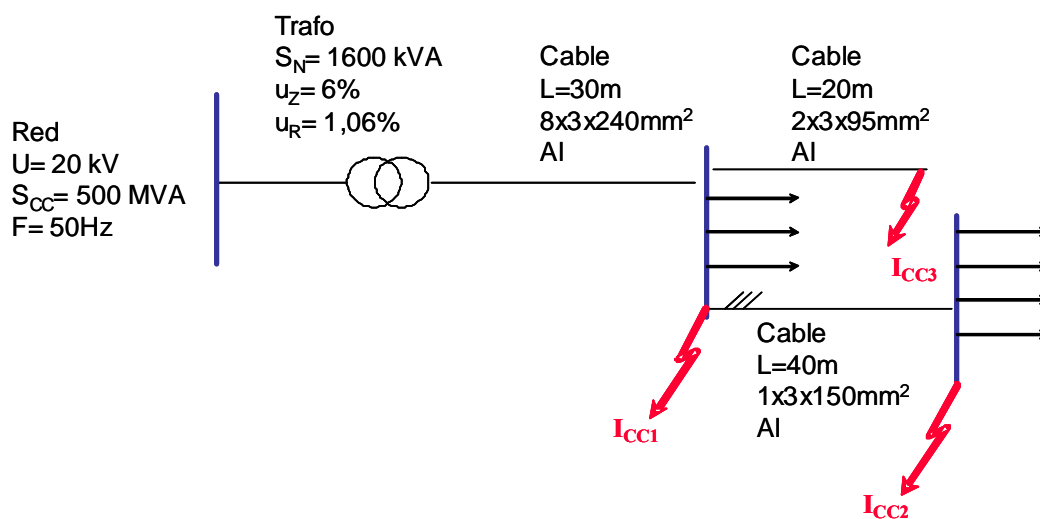
2. Irudiko hari-bakarreko diagraman irudikatzen den instalazioan, kalkulatu markaturik dauden puntuetan egoera iraunkorreko zirkuitulaburreko korronteen intentsitateak, punta edo gailur intentsitateak eta zirkuitulaburreko potentziak.



Osagaia	Erresistentzia (mΩ)	Erreaktantzia (mΩ)
Iturriaren inpedantzia	0.035	0.35
Transformadorea	3.759	15
Kablea 20m	0.595	0.4
Kablea 60m	14	4.8
Kablea 50m	29	4

Puntua	Zirkuitulaburreko intentsitate efikaza (kA)	Gandor intentsitatea (kA)	Zirkuitulaburreko potentzia (MVA)
1 (barra)	28.04	57.1	19.43
2 (kablearen bukaera)	11.08	16.3	7.677
3 (kablearen bukaera)	48.04	6.929	3.328

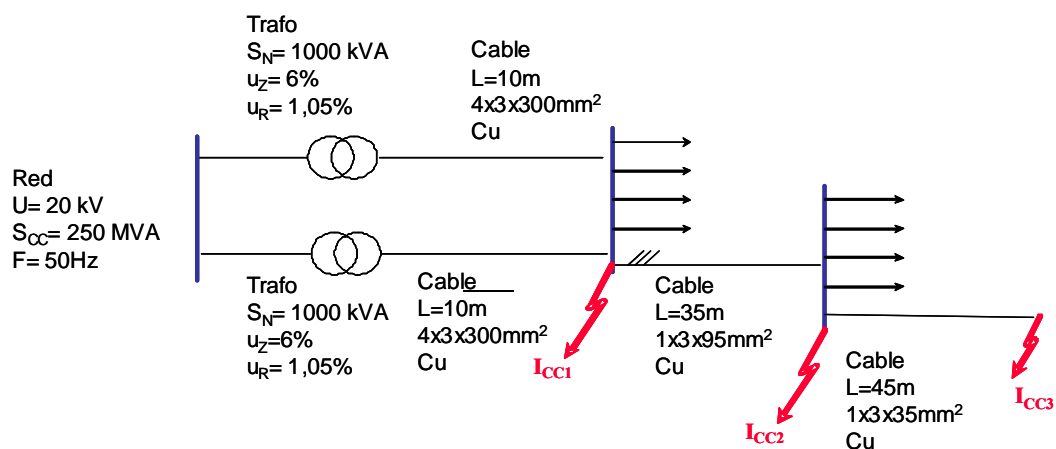
3. Irudiko hari-bakarreko diagraman irudikatzen den instalazioan, kalkulatu markaturik dauden puntuetan egoera iraunkorreko zirkuitulaburreko korronteen intentsitateak, punta edo gailur intentsitateak eta zirkuitulaburreko potentziak.



Osagaia	Erresistentzia (mΩ)	Erreaktantzia (mΩ)
Iturriaren inpedantzia	0.035	0.35
Transformadorea	1.06	5.906
Kablea 30m	0.446	0.3
Kablea 40m	7.619	3.2
Kablea 20m	3.008	0.8

Puntua	Zirkuitulaburreko intentsitate efikaza (kA)	Gandor intentsitatea (kA)	Zirkuitulaburreko potentzia (MVA)
1 (barra)	34.29	72.74	23.76
2 (kablearen bukaera)	17.26	25.87	11.96
3 (kablearen bukaera)	26.7	43.8	18.5

4. Irudiko hari-bakarreko diagraman irudikatzen den instalazioan, kalkulatu markaturik dauden puntuetan egoera iraunkorreko zirkuitulaburreko korronteen intentsitateak, punta edo gailur intentsitateak eta zirkuitulaburreko potentziak.



Osagaia	Erresistentzia (mΩ)	Erreaktantzia (mΩ)
Iturriaren inpedantzia	0.07	0.7
Transformadorea	1.68	9.452
Kablea 10m	0.149	0.2
Kablea 35m	6.579	2.8
Kablea 45m	23	3.6

Puntua	Zirkuitulaburreko intentsitate efikaza (kA)	Gandor intentsitatea (kA)	Zirkuitulaburreko potentzia (MVA)
1 (barra)	41.14	93.09	28.5
2 (kablearen bukaera)	20.53	31.36	14.22
3 (kablearen bukaera)	70.47	10.17	4.882

8.3 GARRAIO-LINEEI BURUZKO KALKULUAK

Praktika honek teorian ikusitako lineen ereduak erabiltzea du helburu. Bi ariketa hauen bidez magnitude-ordenak eta ereduaren doitasuna aztertuko ditugu.

Kalkuluak egiteko MATHCAD erabiliko dugu, zenbaki konplexuekin lan egiteko oso eroso delako.

8.3.1 ARIKETAK

A) 400 kV-eko aireko linea simple bat, kuadruplex konfigurazioan ($\Delta=0,4$ m), 337-AL1/44-ST1A eroaleekin eraiki dute. Armatua horizontala da, eta aldamenean dauden faseen arteko distantzia 10,8 m da. Linearen luzera 300 km da. Linea hutsean dagoenean, zein da egindako akatsa tentsio-erorketa kalkulatzeko, parametro banatuen ereduaren ordeztu Π baliokide hurbildua erabiltzen badugu?

Aipatutako akatsa kalkulatu RLAT-en arabera gehieneko intentsitatea zirkulatzen denean, potentzia-faktorea 0,95 inductiboa izanik.

Errepikatu kalkuluak linearen luzera 200 km eta 300 km denean.

Kilometroko parametroak		Lineako konstanteak		Π hurbildua	
R_k		A		Y_{Π}	
X_k		B		Z_{Π}	
B_k		C			

Lineako konstanteen ereduak

Luzera	Igorleko intentsitatea (I_1)		Tentsioa (kV)	
	Hutsean	Kargan	U_2 hutsean	U_1 Kargan
300 km				
200 km				
100 km				

π baliokide hurbildua

Luzera	Igorleko intentsitatea (I_1)		Tentsioa (kV)	
	Hutsean	Kargan	U_2 hutsean	U_1 Kargan
300 km				
200 km				
100 km				

Tentsio-erorketan akatsa (%)		
Luzera	Hutsean	Kargan
300 km		
200 km		
100 km		

B) Lurpeko linea batetan hiru kable polobakar daude, HEPRZ1 12/20 1x150 K Al+H16, hiruzuloka, airean 40 °C-ko giro-tenperaturara. Fabrikatzaileak kablearen informazioa kontuan izanik, RLAT-en araberako gehieneko intentsitatea zirkulatzen denean, potentzia-faktorea 0,8 induktiboa izanik, kalkulatu egindako akatsa, Π baliokide hurbilduaren ordez linea laburraren eredia erabiltzen badugu.

- Tentsio-erorketa kalkulatzeko.
- Linearen kilometroko galerak kalkulatzeko ($\text{tg}\delta$ jakiteko UNE-HD 620-9-E kontsultatu).

Errepikatu kalkuluak linearen luzera km 1 eta 5 km denean.

Kilometroko parametroak	
R_k	
X_k	
B_k	
G_k	

Igorleko tentsioa eta intentsitatea

Luzera	Igorleko tentsioa U_1 (kV)		Igorleko intentsitatea (I_1)	
	Π hurbildua	Linea laburra	Π hurbildua	Linea laburra
0,5 km				
1 km				
5 km				

Π baliokide hurbilduaren eredia

Luzera	Tentsio-erorketa (%)	Galerak (kW)
0,5 km		
1 km		
5 km		

Linea laburraren eredia

Luzera	Tentsio-erorketa (%)	Galerak (kW)
0,5 km		
1 km		
5 km		

Akatsa (%)		
Luzera	Tentsio-erorketa	Galerak
0,5 km		
1 km		
5 km		

9. ESKEMA HARIBAKARRAK

Laborategiko praktika honen helburua eskema hari-bakarrak aztertzen eta interpretazen ikastea da, bai sare elektrikoaren baita industri-instalazio elektrikoaren eskemak ere. 7. gailan ikusitako kontzeptu teorikoetan oinarrituko gara, hau da, azpiestazioei buruzko teorian.

Bete beharreko atazak hurrengoak izango dira:

- Bizkaiako banaketa-sare elektrikoaren eskema hari-bakarraren aznalisisa eta interpretazioa: erabilitako ikurrak, konfigurazio elektrikoak, asalduen eragina sarean.
- Industri-instalazio elektriko baten eskema hari-bakarraren analisisa eta interpretazioa: erabilitako ikurrak, tresneriaren ezaugarriak.

10. PRAKTIKAK

10.1 BIZKAIAKO GARRAIO- ETA BANAKETA-SAREAREN ESKEMA HARI-BAKARRA

Lehenengo ariketa hau egiteko, "Praktika2_1.pdf" izeneko dokumentuko eskema hari-bakarrean oinarrituko gara.

10.1.1 IKURRAK

Eskema hari-bakarrean ikur elektriko batzuek Fx etiketa daukate. Adieraz ezazu hurrengo taulan Iker horien esanahia:

Etiketa	Ikurra
F1	
F2	
F3	
F4	

10.1.2 SORKUNTZA

Seinala itzazu haribakarrekoan adierazitako talde sorgailu guztiak:

Sorkuntza-zentralak

10.1.3 AZPIESTAZIO-MOTAK

Eskema hari-bakarrean hainbat azpiestaziotan seinlatu dira tentsio-maila handiagora dauden puntuak (goi-tentsioko barrak) eta tentsio-maila txikiagora dauden puntua (behe-tentsioko barrak). Identifika itzazu eta adierazi transformazioko azpiestazioak jasotzaileak edo erreduzitzaileak diren.

Azpiestazioak	Goi-tentsioko barrak	Behe-tentsioko barrak	Azpiestazio-mota
Barazar (BAR-1, BAR-2)			
Llodio (LLOD-1, LLOD-2)			
Gueñes (GUE-1, GUE-2)			
Gatika (GAT-1, GAT-2)			
Ortuella (ORT-1, ORT-2)			

10.1.4 AZPIESTAZIOEN KONFIGURAZIO ELEKTRIKOAK

Adieraz ezazu ondorengo azpiestazioen konfigurazio elektrikoa:

Azpiestazioak	Konfigurazio elektrikoa
Barazar	
Larraskitu	
Gatika (400 kV)	
Amorebieta	
Txurdinaga	
Fadura	
Ortuella (220 kV)	

10.1.5 KONTSUMOA: INDUSTRI-BEZEROAK

Azkenean, erabiltzaileek elektrizitatea behe-tentsioan edo erdi-tentsioan kontsumitu dezakete. Aurki ezazu eskema hari-bakarrean Bizkaiako banaketa-saretik hornitzen diren industri-bezero nagusiak eta adieraz ezazu zein azpiestazio edo lineatik elikatzen diren:

Bezeroak	Sarera konexio-puntua

10.1.6 AZPIESTAZIOKO BARRETAN GERTATZEN DIREN FALTAK

Sare elektrikoetan asalduren bat gertatuz gero, elektrizitatearen hornidura eten daiteke. Azpiestazioen kasuan, beste asalduren artean, barra biltzaileetan zirkuitu-laburren bat gerta daiteke. Hala ere, zeinbat konfigurazio elektrikoren kasuan, maniobra batzuk burutu ostean hornidura elektrikoa berma daiteke.

Adieraz ezazu hurrengo taulan eskema elektrikoan seinalatutako Gx puntuebarretan falta bat gertatuko balitz hornidura bermatu ahal izango ote zen eta nola:

Azpiestazioak	Hornidura bermatua (BAI/EZ)	Nola
Barazar (G1)		
Larraskitu (G2)		
Gatika - 400 kV (G3)		
Gatika - 400 kV (G4)		
Gatika G3 y G4		
Amorebieta (G5)		
Txurdinaga (G6)		
Ortuella - 132 kV (G7)		

10.2 KOGENERAZIODUN LANTEGI INDUSTRIAL BATEN INSTALAZIO ELEKTRIKOAREN ESKEMA HARI-BAKARRA


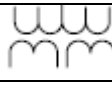
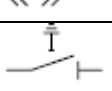
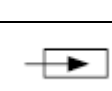




Laborategiko praktika honen helburua eskema haribakarrak aztertzen eta interpretazen ikastea da. **Kogeneraziodun lantegi industrial baten instalazio elektrikoaren** hari bakarreko eskeman oinarrituko gara praktika hau egiteko. Gidoi honekin batera eskuragarri izango duzu dagokion hari bakarreko eskema.

Ikasgaiko eduki teorikoetan oinarrituz, hurrengo atazak burutu beharko dituzu:

- Hari bakarreko eskeman erabilitako ikurrak identifikatu.
- Hari bakarreko eskemako posizioak aztertu: barrak, transformadoreak, zerbitzu osagarriak.
- Tresneriaren ezaugarriak egiaztatu: babes-erreleak, neurketa-transformadoreak, tentsio-deskargagailuak.
- Lurrerako konexioaren sistema.

10.2.1 KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK

1. IKURRAK

Ikurra	Identifikazioa
	
	
	
	
	
	
	
	

2. Kogenerazioaren bidez, aldi berean energia elektrikoa eta energia termiko erabilgarria lor daitezke, industri-prozesuetan erabiltzeko. Zein tentsiotara sortzen du energia elektrikoa kogenerazio prozesuko gas-turbinak?

3. Barra biltzaileak:

a. Identifika itzazu B-2 barrako hurrengo datuak:

Intentsitate izendatua	
Zirkuitu-laburreko intentsitate termikoa	
Zirkuitu-laburraren iraupena	

b. B-2 barran potentzia handiko hainbat motore konektatu dira RVMAV (XLPE isolamendua) 6/10 kV izendapeneko kableen bidez. Airean instalatutako kabletrifasikoak dira, kable armatuak. Motoreen potenzi-faktorea 0,8 induktiboa izanik, zein izango litzateke motore trifásico horien potentzia maximoa, zuzenketako faktoreak kontuan izan gabe?

OHARRA: begira ezazu Prysmian ekoizlearen erdi-tentsioko kableen katalogoa, instalazioko kableek erregimen iraunkorrean jasandako intentsitate maximoa lortzeko.

c. B-2 barra jokoak T-2 eta T-2 bis transformadoreetatik elika daiteke. Zein da zure iritziz elikadura bikoitz horren helburua ?

d. Zein da 66 kV-eko GIS barra jokoaren konfigurazio elektrikoa?

4. Transformadoreen posizioak:

- a. Adieraz itzazu hurrengo taulan T-3 transformadorearen ezaugarriak:

Transformazio-erlazioa	
Potentzia izendatua	
Konexio mota	

- b. Bete itzazu hurrengoko taulan hari bakarreko eskemako transformadoreen funtzioak:

Transformadoreak	Funtzioa
T-1	
T-2	
T-3	

- c. T-2

transformadorea babestu duen babes-errelean, zein ANSI babes-funtzio gaitu dira?

- d. Zein da T-1 transformadorearen ANSI 87T babes-funtzioaren betebeharra?

5. Seinala itzazu instalazio honetako zerbitzu osagarrien posizioak.

6. Zein posiziotan instalatu dira autobalbulak? Zergatik?
7. Eskemako A1 autobalbula ABB-ren POLIM-D ($I_{hc}= 100$ kA) eredua da. Begizta ezazu liburuxka teknikoa ondoko estekan:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/bb5718362206c19ac125708500333aed/\\$File/ABB_Applicationguide%20PTHASA3021EN_01.05.09.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot245.nsf/veritydisplay/bb5718362206c19ac125708500333aed/$File/ABB_Applicationguide%20PTHASA3021EN_01.05.09.pdf)
- a. Autobalbula konektatuta dagoen sareko puntuan tentsio izendatu altuena es $U_s=7,92$ kV ($U_n= 6,6$ kV) bada, eta %10eko segurtasun-tartea kontuan hartuz, zein izango da funtzionamendu jarraiko U_c tentsioa?
- b. Zein izango da autobalbularen U_{pl} tximista motako pultsuen aurkako babes-maila?
8. Neurketa-transformadoreak:
- a. Adieraz ezazu %tan sorgailuari dagozkion babesgailuei tentsioaren neurria ematen dien tentsio-transformadorearen errore maximoa, tentsio izendatuaren %5ra.
- b. Adieraz ezazu KT1 korrante-transformadorearen transformazio-erlazioa.
- c. Adieraz ezazu KT1 korrante-transformadorean babeserako sekundarioen zehaztasun izendatuaren muga-faktorea.

9. Lurrerako konexioaren sistema: identifika ezazu hurrengo posizioetan erabilitako lurrerako konexioaren sistema eta faltak gertatzean nola funtzionatzen duten:

Posizioa	Lurrerako konexioaren sistema
Sorgailua (gas-turbina)	
T-2 transformadorea	

11. POWERWORLD

PowerWorld (www.powerworld.com) energia-sistema elektrikoak simulatzeko erabiltzen den programa da, bereziki karga-fluxuak aztertzeko.

Praktika honetan sistema elektriko bateko karga-fluxuak ikasiko ditugu eta sistemaren portaera aztertuko dugu PowerWorld programa erabiliz.

Programak bi funtzionamendu-modu ditu: Edit Mode eta Run Mode. Lehenengo modua kasu berri bat sortu edo jadanik existitzen den kasu bat aldatzeko erabiltzen da; bigarena, simulazioa burutzeko erabiltzen da.

Message Log leihoak PowerWorld programak iterazio bakoitzean burutzen dituen eragiketak azaltzen ditu. Gaitera, simulazioan zehar gertatutako erroreak ere agertzen ditu.

- Kasu berri bat sortzeko: **New Case** (orri zuri bat irekitzen da Edit Mode moduan eta elementu-barrarekin).
- Kasu bat gordetzeko, **Save as** (defektuz *.pwb luzapenarekin gordetzen du, eta online diagrama fitxategi bat sortzen da izen berbarekin eta *.pwd luzapenarekin).
- Elementu berri bat sartzeko: **Network**-en nahid en elementuan pintxatu eta orri zurian pintxatu. Horrela, automatikoki agertuko dira elementu horren parametroak, tamaina, posizioa...Lehenengo busak sartu behar dira, eta gero, gainontzeko elementuak, bakoitzari dagokion busean klik eginez.
- Elementuen parametroak sartzeko: saguaren eskumako botoiarekin elementuan klik egin eta **Information Dialog** aukeratu.
- Ereduren elementuen datu gehiago ikustarazteko: saciaren eskumako botoiarekin elementuan klik egin, eta **Add New Fields Around** aukeratu.
- Kasu bat simulatzeko: **Run Mode** modura aldatu eta **Tools → Play** aukeratu.

11.1 KARGA-FLUXUA

Energia-sistema elektriko baten karga-fluxuen azterketa sistema egoera egonkor eta orekatuan dagoenean ikertzean datza, operario-aldintzak jakinak izanik (sorkuntza-eta eskari-egoera jakin batzuk, eta sortzaileak eta kontsumitzaileak lotzen dituen sarearen konfigurazio jakin batekin).

Karga-fluxuak aztertuz, tentsioaren magnitudea eta fase-angelua, korapilo bakoitzeko potentzia aktibo eta errektiboa... jakin daitezke. Beraz, sistema bat operatu eta planifikatu ahal izateko tresna baliotsu bat da. Izan ere, lineen eta transformadoreen gainkarga-egoerak, tentsio-mugen gainditzea detektatzeko gai da.

Sistema elektriko bateko karga-fluxua aztertzeko, ondoko ekuazio-sistema ebatzi behar da:

$$P_i = |V_i^*| \cdot \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \cdot |V_j| \cdot \cos(\theta_j + \Psi_{ij} - \theta_i)$$

$$Q_i = -|V_i^*| \cdot \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \cdot |V_j| \cdot \sin(\theta_j + \Psi_{ij} - \theta_i)$$

$$i = 1, \dots, n$$

Ekuazio-sistema bakoitzean ondoko aldagaiak agertzen dira: P, Q, V eta θ . Horietatik bi ezagunak dira eta beste biak ezezagunak, baina karga-fluxuaren kalkuluaren bidez lor daitezkeenak. Hiru motako barrak dauden, ezagunak dirend atuen arabera:

- PQ korapiloa edo karga-korapiloa: P eta Q ezagunak dira.
- PV korapiloa edo tentsio kontrolatuaren korapiloa: P eta V ezagunak dira.
- Slack korapiloa edo konpentsazio-korapiloa: V eta θ ezagunak dira (beti egon behar da slack bat, galeren balioa ez baita a priori ezaguna).

Karga-fluxuak ebazteko Newton-Raphson edo Gauss-Seidel metodoak erabil daitzeke.

Sistema elektrikoekin lan egiten denean, balio errealeen ordeztu unitateko balioak erabiltzen dira. Unitateko balioak lortzeko magnitude bakoitzaren balioa erreferentziako edo oinarritzko balio batekin zatitzen da:

$$U_{pu} = \frac{U}{U_B} \quad I_{pu} = \frac{I}{I_B} \quad Z_{pu} = \frac{Z}{Z_B} \quad S_{pu} = \frac{S}{S_B}$$

U_B eta S_B oinarritzko magnitudeetat aukeraturaz, gainontzeko bi magnitudeak kalkulatu ahal ditugu:

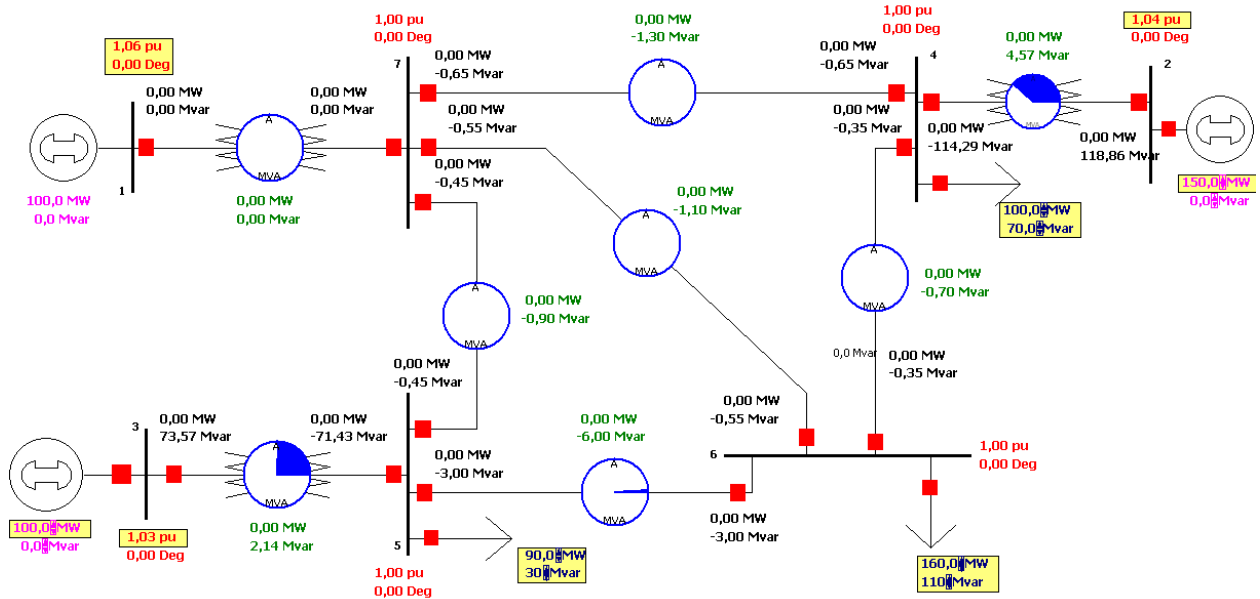
$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B} \quad Z_B = \frac{U_B^2}{S_B}$$

11.2 PRAKTIKAREN GARAPENA

Praktika garatzeko, ondoko irudiko sistema eraiki da. Sistema honetan 3 sorgailu daude, eta hauek hiru Karnak osatutako sistema elikatzen dute, bost linea eta hiru transformadorek eratutako sarearen bitartez.

Oharrak:

- Slacka 1. busa da.
- 1, 2 eta 3 busak 13,8 kV-eko tentsio izendatura elikatuta daude eta gainontzekoak 138 kV-era.
- A muga 300 MVA dira. Gainontzekoak, zero.
- Sorgailuen informazio-hizketetan **Available for AGC** desaktibatuta dago.



Sistemaren datuetan unitateko balioak 100 MVA-eko oinarri amankomunarekiko kalkulatu daude. Ondoko tauletan biltzen dira datu guztiak:

ESKARIAREN DATUAK			
Busa	eskaria		
Zb.	MW	MVAr	
1	0	0	
2	0	0	
3	0	0	
4	100	70	
5	90	30	
6	160	110	
7	0	0	

LINEA ETA TRANSFORMADOREEN DATUAK				
Busa	Busa	R	X	B
Zb.	Zb.	PU	PU	PU
1	7	0.000	0.030	0.0000
7	4	0.035	0.225	0.0130
7	5	0.025	0.105	0.0090
7	6	0.040	0.215	0.0110
2	4	0.000	0.035	0.0000
3	5	0.000	0.042	0.0000
4	6	0.028	0.125	0.0070
5	6	0.026	0.175	0.0600

SORKUNTZAREN BANAKETA				
Busa	Tentsioa	Sorkuntza	MVAr Mugak	
Zb.	modulua	MW	Min.	Max
1	1.06	100	-100	150
2	1.04	150	-90	140
3	1.03	100	-70	90

PARAMETROEN SARRERAREN ADIBIDEAK

1. busaren parametroak:

Bus Options

Bus Number: 1 Find By Number Find ...

Bus Name: 1 Find By Name

Nominal Voltage: 13,8 kV

Labels ...: no labels

	Number	Name
Area	1	1
Zone	1	1
Owner	1	1
Substation		

Bus Information | Display | Attached Devices | Geography | Custom

Bus Voltage

Voltage (p.u.): 1,0600

Angle (degrees): 0,000

System Slack Bus

OK Save Cancel

2. sorgailuaren parametroak:

Generator Options

Bus Number: 2 Find By Number Find ...

Bus Name: 2 Find By Name

ID: 1 Find ...

Area Name: 1 Fuel Type: Unknown

Labels ...: no labels Unit Type: UN (Unknown)

Status: Open Closed

Display Information | Power and Voltage Control | Costs | Fault Parameters | Owner, Area, Zone, Sub | Custom | Stability

Power Control

MW Output: 150,000 Available for AGC: Part. Factor: 10,00

Min. MW Output: 0,000 Enforce MW Limits:

Max. MW Output: 1000,000

Voltage Control

Mvar Output: 113,712 Regulated Bus Number: 2

Min Mvars: -140,000 Available for AVR: SetPoint Voltage: 1,0400

Max Mvars: 140,000 Use Capability Curve: Remote Reg %: 0,0

Wind Control Mode

Mode: None Power Factor: 1,0000

MW	Min Mvar	Max Mvar

OK Save Cancel Help

7-4 linearen parametroak:

Branch Options

Line

	From Bus	To Bus	Circuit
Number	7	4	1
Name	7	4	
Area Name	1 (1)	1 (1)	
Nominal kV	138,0	138,0	

Labels ... no labels

Find By Numbers
Find By Names
Find ...
 From End Metered
 Default: Owner (Same as From Bus)

Display Parameters Fault Info Owner, Area, Zone, Sub Custom

Status
 Open
 Closed

Length (mi) 0,00

Calculate Impedances >

Per Unit Impedance Parameters

Series Resistance (R)	0,03500
Series Reactance (X)	0,22500
Shunt Charging (B)	0,0130
Shunt Conductance (G)	0,0000

Has Line Shunts Line Shunts

MVA Limits

Limit A	300,000
Limit B	0,000
Limit C	0,000
Limit D	0,000
Limit E	0,000
Limit F	0,000
Limit G	0,000
Limit H	0,000

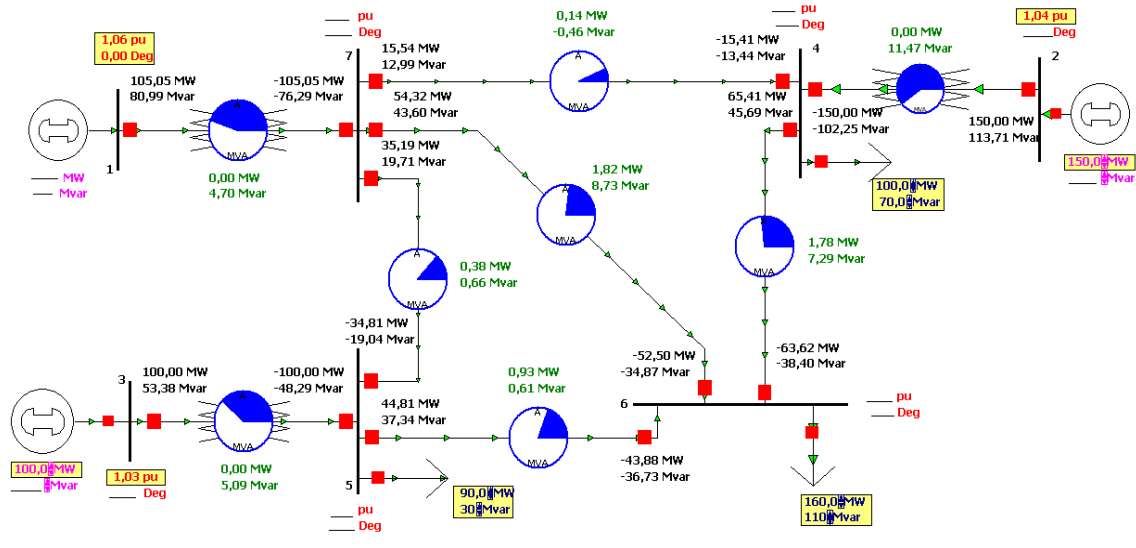
Convert Line to Transformer

OK Save Cancel Help

11.3 KLASA BUKAERA BUELTATU BEHARREKO GALDERAK

1. ARIKETA

Simula ezazu aurrean deskribaturiko sistemaren portaera, Egoera 1 deituko dugu, eta batu itzazu ondorengo diagraman korapiloen eta sorgailuen emaitzak karga-fluxua burutzean:



- Potentzia aktiboaren guztizko galerak = MW
- Potentzia erreaktiboaren guztizko galerak = MVar

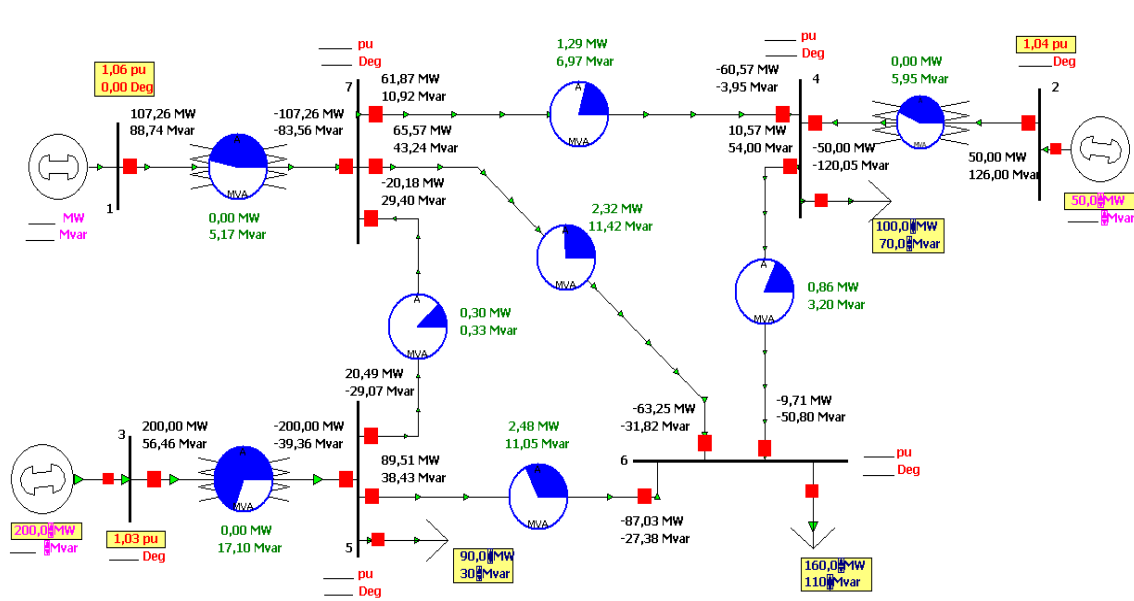
(Case Information → Case Summary → Total Losses)

- Ze sorkuntza dago slack korapiloan? Zergatik?
- Zergatik ateratzen da zirkulazioa korapilo batetik eta beste batetik sartu? Hau da, zirkulazioaren noranzkoa zergatik aldatzen da?

2. ARIKETA

Sistemako karga-fluxua sorkuntza-egoeraren arabera aldatzen da.

Lor ezazu karga-fluxua sorkuntzako beste egoera batean, demagun **Egoera 2**, Egoera 1-etik sortutakoa. G1 sorgailuak 100 MW, G2 sorgailuak 50 MW eta G3 sorgailuak 200 MW sortzen dituela kontsideratuko dugu.



- Potentzia aktiboaren guztizko galerak = MW
- Potentzia erreaktiboaren guztizko galerak = MVar
- Ze sorkuntza dago orain slack korapiloan? Zergatik?
- Zein lineetan handitu da potentzia-fluxua?
- Hiru kargetako batek kontsumitutako potentzia handitzen bada (*), zein linea gainkargatzen dira? Zergatik?

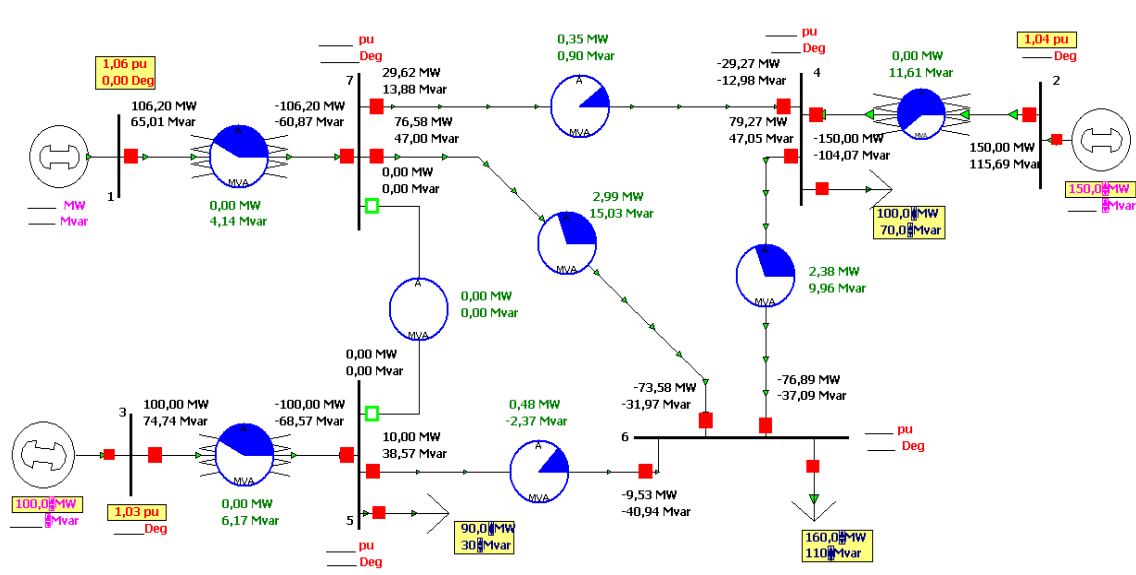
(* Kargen potentzia eskuz handitu daiteke (simulazioa geratu eta potentziaren balioa aldatuz), edo karga dinamikoki aldatuz simulazioan zehar (balioaren ondoan agertzen diren gezietan sakatuz).

3. ARIKETA

Karga-fluxuaren emaitza sistema konfigurazioaren arabera aldatzen da.

Lor ezazu karga-fluxua Egoera 1-etik sortutako egoera berri batean, hots, **Egoera 3** delakoan.

Horretarako, sistemaren 7-5 linearen datuei dagokien linea kendu behar da. Linea bat kentzeko linearen etengailu gorrian klik egin behar da.



- Potentzia aktiboaren guztizko galerak = MW
- Potentzia erreaktiboaren guztizko galerak = MVar
- Zein lineetan handitu da potentzia-fluxua?

SISTEMAREN FUNTZIONAMENDUAREN ANALISIA

Praktikaren atal honetan ondorengo puntuak ikasiko ditugu:

- Karga-fluxu bat burutzean, nola vetearais murrizketak.
- Nola konpentsatu potentzia errektiboa kondentsadore-bateriekin.
- Hutsean dagoen linea aztertu.
- Sistemako kargak handitzean zer gertatzen den aztertu.

4. ARIKETA

Ariketa honetan ikusiko dugu sistema batean inposatutako murrizketak betetzen direnean zer gertatzen den, edo zer egin behar den murrizketok betearazteko.

1 egoeratik hasi (7-5 linea birkonektatuz), eta zera ziurtatu behar da: **Onelines** → **Contouring** → **Contour Type** → **Value** aukeran **Voltage\Per Unit Magnitude** agertzen dela. Automatikoki eguneratu daiten, aukera ezazu **Onelines** → **Contouring** → **Contour Type** → **Continuously Update Contours**. Ebatzu karga-fluxua.

Sorgailuen potentzia errektiboaren mugak ondoko taulan agertzen dira:

	Qmin	Qmax
G1	-100	150
G2	-90	140
G3	-70	90

Alda ezazu orain 4,5 eta 6 korapiloetan kokatutako kargek kontsumitutako potentzia errektiboa:

$$Q_4=100 \text{ MVAR}$$

$$Q_5=40 \text{ MVAR}$$

$$Q_6=160 \text{ MVAR}$$

Ebatz ezazu egoera berriko karga-fluxua eta bete ezazu ondoko taula lortutako emaitzekin:

Korapiloa	 V 	θ	P	Q
1				
2			150	
3			100	
4			-100	-100
5			-90	-40
6			-160	-160
7			0	0

- 1 egoerarekin alderatuz, nola aldatu da korapiloetako tentsioa? Zergatik?
- Korapilo sortzaileetan errespetatzen al dira potentzia erreaktiboaren mugak?
- Potentzia erreaktiboaren sortkuntzaren mugak nola eragiten du korapilo sortzaileetako tentsioaren balioan?

Gaitu ezazu hurrengo aukera programan: **Options/Tools → Solution/Environment → Power Flow Solution → Solution Options → Generator VAR Limits → Disable Checking Gen VAR Limits.**

Horrela, karga-fluxua murrizketarik gabe ebatziko da. Bete ezazu ondoko taula emaitza berriekin:

Korapiloa	 V 	θ	P	Q
1				
2			150	
3			100	
4			-100	-100
5			-90	-40
6			-160	-160
7			0	0

- Korapilo sortzaileetan errespetatzen al dira potentzia erreaktiboaren mugak?

5. ARIKETA

Ariketa honetan, kargaren potentzia errektiboaren konpentsazioak sistemaren tentsioetan duen eragina ikusiko dugu. Horretarako, aurreko ariketako karga-egoeratik hasi eta 6. korapiloan 100 MVAr-eko potentzia izendatua duen kondentsadorea ezarri. **Edit Mode, Insert → Switched Shunt → Nominal MVAR: 100, Control Mode: Continuous, Number of Steps: 5, Mvars per Step:20 .**

Gehi ezazu eremu bat (*) sistemaren diagraman kondentsadorea ematen ari den potentzia errektiboa ikusi ahal izateko, saguaren klik bakoitzarekin 20 MVAr-eko gehiketak eginez (**).

Run Mode-ra aldatu, kondentsadorearen etengailua itxi ezazu saguarekin gainean klik eginez eta simula ezazu sistemako karga-fluxua, kondentsadorearen potentzia errektiboaren balioa 0 MVAr-etik hasita, sorgailuek sortzen duten potentzia errektiboa mugen artean egotea lortu arte.

(*) Eremu bat gehitzeko:

- Kondentsadorean saguaren eskumako botoiarekin klik egin.
- Aukeratu **Add New Fields Around...**
- Elementuaren posizioa saguarekin aukeratu eta gehitu nahi den eremu mota hautatu, kasu honetan Switched Shunt Mvar.

(**) Elementuen balioa dinamikoki aldatu ahal izateko beharrezkoak diren geziak gehitzeko:

- **Delta per Mouse Clic** elementuaren aukeran nahi den gehikuntza idatzi.

- Zein da kondentsadoreak sortutako potentzia errektiboa?

- Egoera berrian, zein da 6 korapiloko tentsioa?

- Nola aldatu da tentsio-banaketa sisteman kondentsadorearen ondorioz?

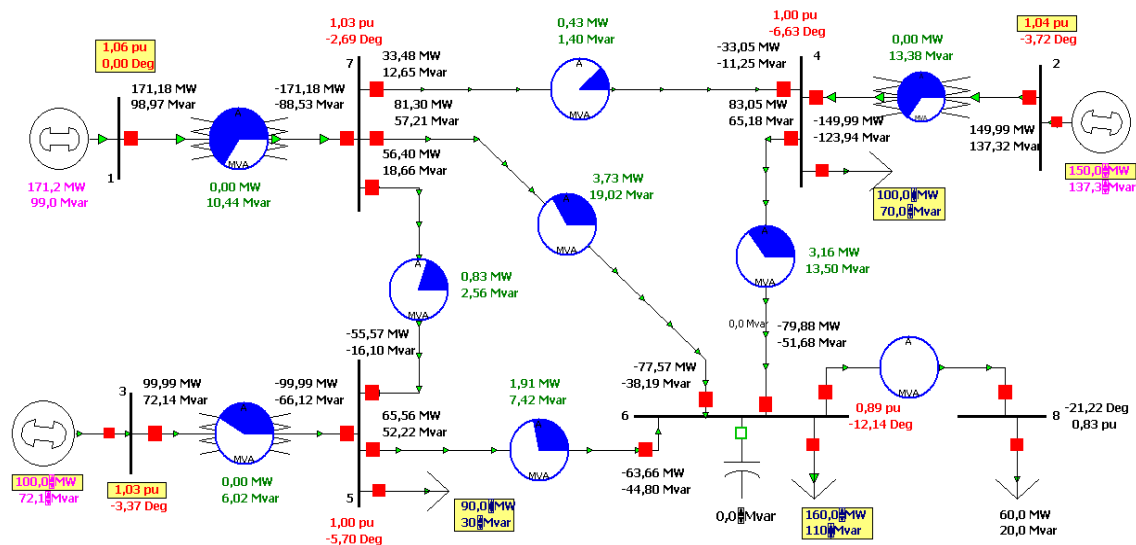
6. ARIKETA

Ariketa honetan hutsean dagoen linea baten portaera aztertuko dugu. Horretarako, Egoera 1 delako egoran hasiko gara (Karnak aldatu $Q_4 = 100$ MVar, $Q_5 = 30$ MVar eta $Q_6 = 110$ MVar). Kalkula ezazu karga-fluxua eta lor ezazu grafikoki sistema tentsio-banaketa,

Onelines → Contouring → Contour Type → Continuously Update Contours aukeraturaz.

Egoera honetan, EDIT MODE-era pasatu eta gehitu 8 busa eta 6-8 linea ($R=0,02$; $X=0,2$; $B=0,09$) eta konekta ezazu 8 busean ondoko karga: $P=60$ MW eta $Q=20$ MVar.

- Ze balio daukate tentsioak eta angeluak 8. korapiloan?



Egoera berebean, RUN MODE eta karga-fluxua berriro simulatu.

- 1 egoerarekin alderaturaz, nola aldatu da 6 korapiloko tentsioa? Zergatik?
- Karga deskonektatzean, 6-8 linea hutsean geratzen da. Zer gertatzen zaio orduan 8 korapiloko tentsioari?

12. DIGSILENT

PowerFactory DigSilent (www.digsilent.de) energia-sistema elektrikoak simulatzeko erabiltzen den programa bat da. Bere bidez, hainbat azterketa egin daitezke sisteman: karga-fluxuak, zirkuitulaburrak, armonikoak, iragankorrak, babesgailuen koordinazioa, etab.

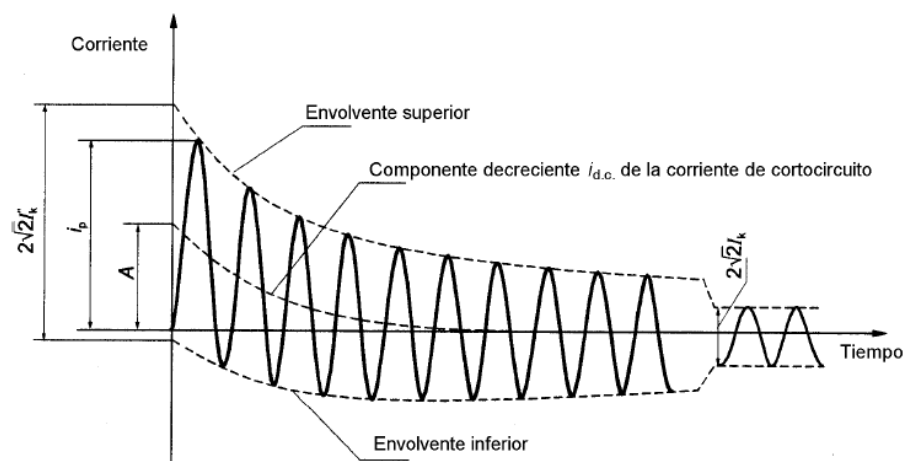
Praktikaren helburua ikaslea PowerFactory DigSilent softwarearekin trebatzea da, zirkuitulaburrak simulatzeko erabiliko delarik. Horrela, irakasgaiko teoriako 6. gaian ikasitako kontzeptuak praktikan jarri ahal izango dira.

12.1 ZIRKUITULABURREKO KORRONTEAK

Zirkuitulaburrekin lotuta, hurrengo parametroak definitzen dira:

- **Zirkuitulabur-intentsitate aurreikusia:** zirkuitulaburra, elikaduran aldaketarik egin gabe inpedantzia mesprezagarria lukeen konexio ideal batengatik ordezkaturako balitz agertuko litzatekeen intentsitatea.
- **Hasierako zirkuitulabur-intentsitate simetrikoa I_{kss} ($I_{k''}$):** zirkuitulabur-intentsitate aurrekusiaren osagai simetrikoaren balio efikaza, zirkuitulaburra gertatzen den aldiunean.
- **Zirkuitulabur-intentsitatearen gandor balioa i_p :** zirkuitulabur-intentsitate aurrekusiaren aldiuneko balio maximoa. Balio hau, zirkuitulaburra gertatzen den aldiunearen menpe dago.
- **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 errealaren efektu termiko eta iraupen berdinak dituen intentsitate baten balioa.

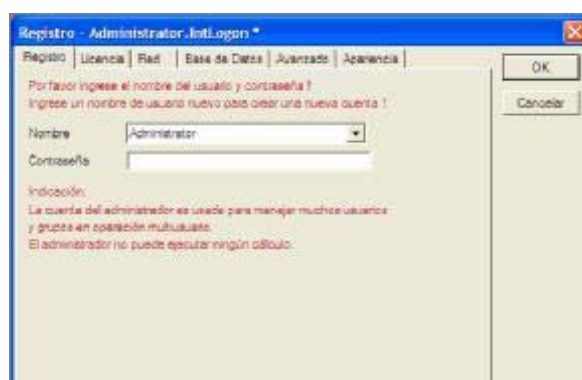
Hurrengo irudian sorgailu batetik hurbil gertatzen den zirkuitulabur baten korrontearen intentsitatearen kurba adierazten da:



12.2 POWERFACTORY DIGSILENT SOFTWAREA

12.2.1 SAIO-HASIERA ETA ERREGISTRO-LEIHOA

Power Factoryk proiektuak erabiltzearen arabera gordetzen ditu. Erabiltzaile bakoitzak bere profila dauka eta Administrari (“Administrador”) deituriko erabiltzailearen bitartez elkarbana dezakete informazioa. Programa hastean, hurrengo identifikazio-leihoa agertzen da:



Leiho honetan sartu beharreko datuak erabiltzailearen arabera aldatzen dira:

- Nombre : **Administrador** (administraria)

Aurredefinitutako pasahitza: Administrador

Ezaugarriak: administrariak ezin du inolako kalkulerik burutu, baina erabiltzaile guztien datuen inofrmazio lor dezake. Gainera, sistema eta datu-basean sortu eta egituratu ahal ditu.

- Nombre : **Demo**

Aurredefinitutako pasahitza: ez dago pasahitzik

Ezaugarriak: softwarearekin batera datozen adibideak baino ezin ditu ikusi.

- Nombre : **Usuario** (erabiltzailea)

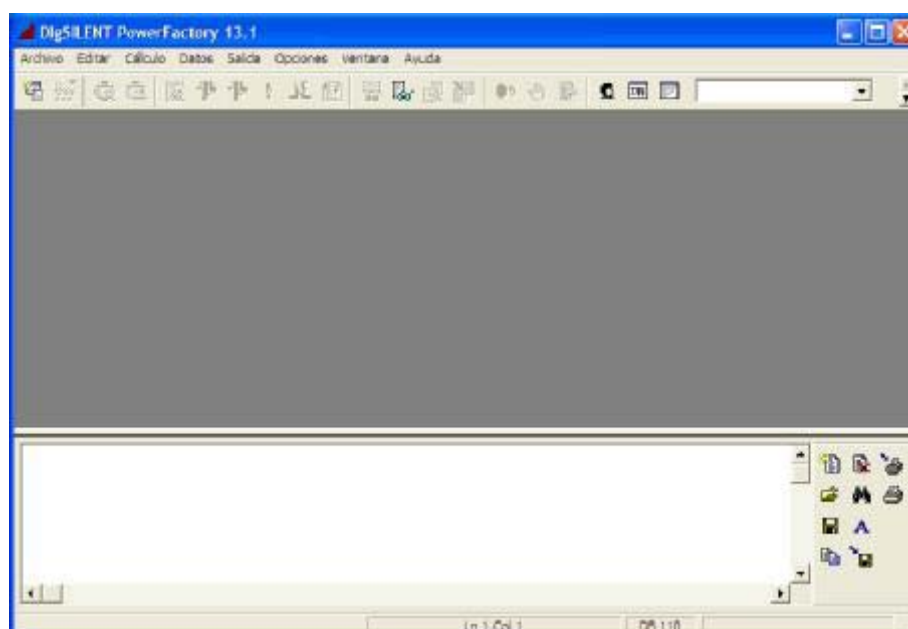
Pasahitza: erabiltzaileak definitutakoa

Ezaugarriak: datu-baseak sortu, kalkuluak burutu, simulazioak egin ahal ditu.

Erabiltzaile berri bat sortzeko idatz ezazu Nombre atalean izen hori eta dagokion pasahitza. Ondoren OK eman eta programak segituan galdetzen du ea erabiltzaile berri bat sortu nahi al den. Baietz erantzun. Horrela, aurrerantzean zuk burututako proiekturen batean lan egiteko identifikatu behar izango duzu.

12.2.2 LAN-INGURUNEA

Erregistro-leihoan OK eman ondoren, saioa hasi da eta hurrengo leihoa agertuko da:



Hurrengo elementuak agertzen dira:

1. Tituluaren barra
2. Menu-barra
3. Tresna-barra
4. Lan-arloa: proiektuaren lan-orriak, grafikoak eta diagramak agertzen dira.
5. Emaitz-atala: simulazioaren emaitzak edo akatsak agertzen ditu.
6. Egoera-barra
7. Emaitz-ataleko tresnak

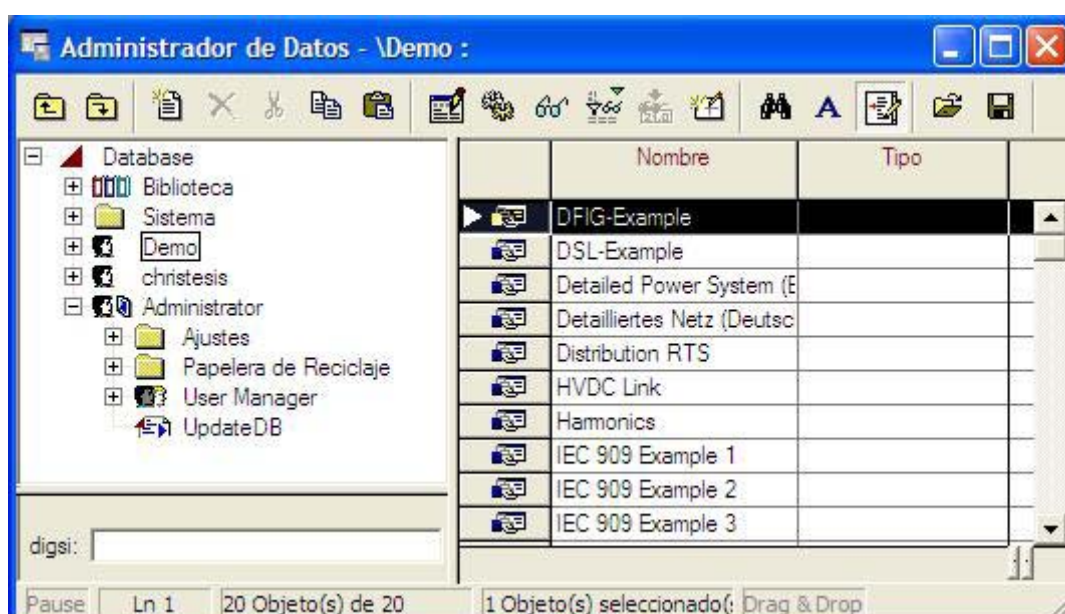
Datu-basea

Datu-basearen helburua proiektuetan existitzen den informazioa antolatzea da. Gainera, informazioa hau ireki, gorde, banatu, kopia, ebaki etab. Bezalako funtzioak egiteko gaitasuna dauka.

Datu-basean sartzeko, ondorengo bidea jarraitu: Archivo\Abrir un nuevo Administrador de base de Datos. Bide zuzenagoa tresna-barrako lehenengo ikonoa sakatzea da, irudian agertzen den bezalaxe.



Hurrengo karpetak existitzen dira:

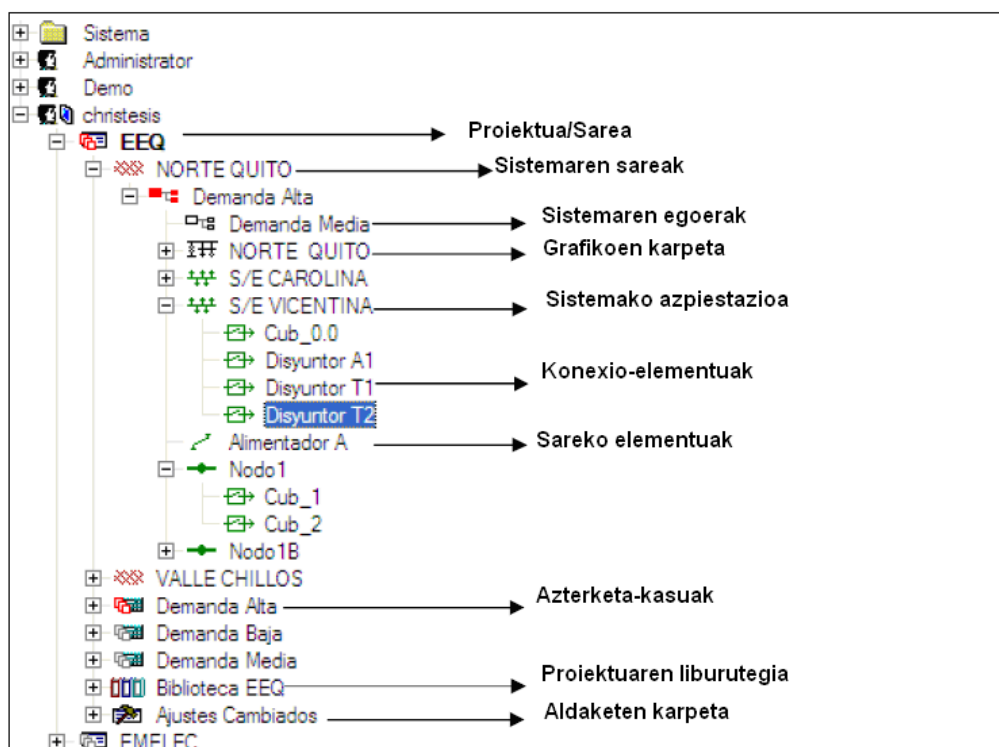


PowerFactoryn sartu bezain laister, erabiltzailearen izeneko karpeta bat sortzen da. Karpeta honen barruan egongo dira aurrerantzean sortuko diren proiektu eta fitxategiak.

Erabiltzailearen karpeta barruan karpeta berri bat sor daiteke sorgailu, linea eta kargen datuak gordetzeko, hau da, erabiltzaile-liburutegi bat. Horretarako, erabiltzailearen gainean eskuineko botoiarekin klik egin, *Nuevo* aukeratu eta azkenik *Carpeta*.

12.2.3 PROIEKTU BERRIAK SORTU

Power Factoryn proiektuak hierarkikoki ordenatzen dira, hurrengo irudian agertzen den bezala.




Ondoren, proiektuarekin batera sortutako karpeten esanahia azaltzen da:

- **Proiektuaren karpeta.** Sistemako informazio guztia gordetzen du. Informazioa azpikarpetetan edo azpisistemetan banatuta egon daiteke. Proiektu berri bat sortzeko: eskuineko botoiarekin klik egin Usuario\Nuevo\Proyecto. Leihu horretan proiektuaren izena jarri eta OK eman. Sare bat sortuko da orduan. Proiektu batek hainbat sare eduki ditzake.
- **Sare-karpeta.** Proiektu bat hastean sare bat sortzen da. Sistema elektrikoa ondoren gurutzatu edo lotu ahal diren sare ezberdinetan bana daiteke. Sare berri bat sortzeko: eskuineko botoiarekin klik Proyecto\Nuevo\Red.
- **Azterketa-kasua.** Proiektu bat sortzean, hasierako egoera bat eta azterketa-kasu bat ere sortzen dira aldi berean. Karpeta hauen bitartez proiektuaren informazioa hobeto antolatzen da, edozein unetan editatu ahal izateko. Azterketa-kasu berri bat sortzeko: eskuineko botoiarekin klik egin Proyecto\Nuevo\Caso de Estudio. Prozedura honekin ez da hartzen hasierako kasua erreferentzia modura, beraz, kasu guztiak abiarazi behar dira hasieratik. Aktibatuta dauden proiektu eta kasuen ikono gorri kolorekoa da
- **Azterketa.**
- **Gelak.** Elementu bat barrara konektatzeko erabiltzen diren terminalak dira. Etengailu bezala lan egiten dute, hau da, terminal hauen itartez elementuak zerbitzuz kanpo utz daitezke.
- **Doiketa-karpeta.** Erabiltzaileak konfiguraturako informazioa gordetzen da karpeta honetan.

Proiektu batean lan egin ahal izateko, aktibatuta egon behar da. Proiektu bat aktibatu edo desaktibatzeke, hurrengoko pausuak jarraitu behar dira: proiektuaren izenean ekuineko botoiarekin klik egin eta activar edo desactivar aukeratu. Prozesu hau burutzean, proiektua aktibatzen da *Azterketa-kasu* bati Sotuta. Erabiltzaile bakoitzak proiektu bat baino ezin du aktibatu aldiro eta proiektu bakoitzeko azterketa-kasu bat baino ezin daiteke aktibatu.

12.2.4 DIGSILENT-EN ZIRKUITULABURREN SIMULAZIOA

Zirkuitulaburreko kalkuluak burutzeko, hurrengoko pausuak jarraitu behar dira:

1. **Cálculo** menuan **Corto Circuito** aukera hautatu edo  ikonoan sakatu. Leiho berrian **IEC 60909 2001** metodoa aukeratu, zirkuitulabur mota hautatu eta zirkuitulaburraren kokapena zehaztu behar da. Barra guztietan zirkuitulaburrak simulatzeko **En barras solamente** hautatu behar da. Zirkuitulaburrak barra bakarrean simulatzeko, barran saguaren eskuineko botoiarekin klik egin **Calcular** azpimenuan **Corto Circuito** aukera hautatu.
2. **Ejecutar** botoia sakatzean, haribakarreko eskemaren gainean agertzen dira emaitzak.

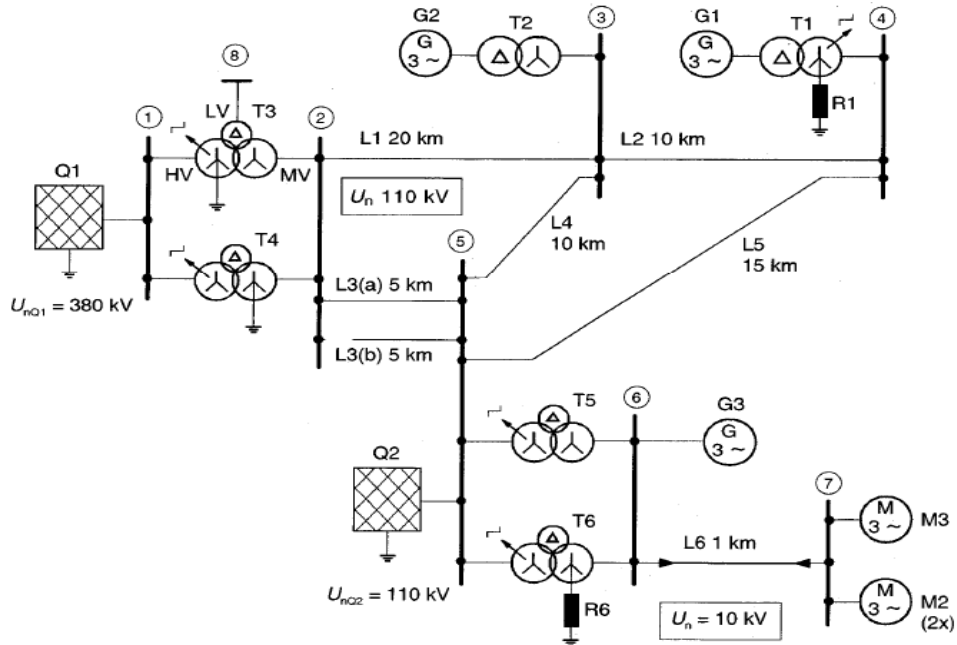
Emaitza-koadroetan lortutako emaitzak ikusi ahal izateko, saguaren eskuineko botoiarekin klik egin eta azpimenuan *Editar Formato para Nodos* aukeratu. Gurrengo leihoan *Modo de entrada* aukeratu, eta Seleccionar Variables ikonoa agertuko da. Bertan neurtutako aldagai guztiak aukeratu ahal izango dira.

Variables	Unidad	Descripción	Variables	Unidad	Descripción
Ikss	kA	Corriente inicial de cortocircuito	u1r	pu	Voltaje Secuencia Positiva, parte real
I	kA	Corriente de corto circuito	u1i	pu	Voltaje Secuencia Positiva, parte Imaginaria
phi	deg	Corriente de Fase, Angulo	U	kV	Magnitud del voltaje línea neutro
Skss	MVA	Potencia inicial de corto circuito	U1	kV	Magnitud de voltaje línea -línea
ip	kA	Corriente pico de cortocircuito	phiu	deg	Angulo del fasor de voltaje
lb	kA	Corriente de interrupción de cortocircuito	du	%	Desviación del voltaje
Sb	MVA	Potencia de interrupción de cortocircuito	urpref	pu	Voltaje de prefalla, parte real
lk	kA	Corriente de estado estable de cortocircuito	uipref	pu	Voltaje de prefalla, parte imaginaria
lth	kA	Corriente térmica equivalente de cortocircuito	upref	pu	Voltaje de prefalla, módulo
R	ohm	Impedancia de cortocircuito parte real	uprefpc	%	Voltaje de prefalla, módulo
X	ohm	Impedancia de cortocircuito parte Imaginaria	Upref	kV	Voltaje de prefalla fase -tierra, módulo
Z	ohm	Impedancia de corto circuito magnitud	U1pref	kV	Voltaje de prefalla fase -fase, módulo
phiz	deg	Generación potencia activa	phiupref	deg	Angulo del fasor de voltaje de prefalla fase-tierra
rSbase	pu/Sbase	Impedancia de cortocircuito parte real	phiui	deg	Angulo entre el voltaje y la corriente
xSbase	pu/Sbase	Impedancia de cortocircuito parte Imaginaria	cfac		Factor de voltaje
zSbase	pu/Sbase	Impedancia de corto circuito magnitud	idc	kA	Componente DC
ur	pu	Voltaje, parte real	lasv	kA	Corriente de Interrupción Asimétrica
ui	pu	Voltaje, parte imaginaria	lthload	%	Nivel de carga, Corriente térmica equivalente
u	pu	Magnitud de voltaje	lpload	%	Nivel de carga, Corriente pico de corto circuito
upc	%	Magnitud de voltaje	lthrtk	kA	Corriente nominal de corto tiempo
u1	p.u	Magnitud de voltaje	Tn	ms	Constante de tiempo de la red
u1pc	%	Magnitud de voltaje			

Barretan ezezik, garraio-linearen edozein puntutan ere sor daitezke zirkuitulaburrak. Linean eskuineko botoiarekin klik egin eta Calcular azpimenuan Cortocircuito aukeratu. Simulazio-parametroak konfiguratu ondoren, akats-puntuaren kokapena zehaztu behar da.

12.3 ENTSEGU-SISTEMA

Praktika egiteko erabiliko dugun sistema 1. irudian agertzen duguna izango da, IEC 60.909-0:2.000 arautik aterata (ik. UNE 21.239-4:2.002 araua). Irudiaren ondoren sistema honen ezaugarri-datu elektrikoak ematen dira.



G1 + T1 = S1: Grupo de generación con cambiador de tomas en carga
 G2 + T2 = S2: Grupo de generación sin cambiador de tomas en carga
 Red de 10 kV con puesta a tierra resonante, R6: Bobina de supresión de arco
 ①...⑧ barras y puntos de cortocircuito

1 Irudia. Entsegu-sarea.

Datos de los equipos eléctricos:

Redes de alimentación

Q1: $U_{nQ} = 380 \text{ kV}$; $I_{kQ\text{máx.}} = 38 \text{ kA}$ ($c_{\text{máx.}} = 1,1$); $R_Q/X_Q = 0,1$; $X_{(0)Q}/X_Q = 3$;
 $R_{(0)Q}/X_{(0)Q} = 0,15$.

Q2: $U_{nQ} = 110 \text{ kV}$; $I_{kQ\text{máx.}} = 16 \text{ kA}$ ($c_{\text{máx.}} = 1,1$); $R_Q/X_Q = 0,1$; $X_{(0)Q}/X_Q = 3,3$;
 $R_{(0)Q}/X_{(0)Q} = 0,2$.

Grupos de generación

S1: $U_{rG} = 21 \text{ kV}$; $S_{rG} = 150 \text{ MVA}$; $x_d^* = 0,14 \text{ p.u.}$; $x_{\text{dat}} = 1,8 \text{ p.u.}$; $\cos\phi_{rG} = 0,85$; $R_G = 0,002 \Omega$ (operado sólo en la región sobreexcitada)
 $U_{rTHV}/U_{rTLV} = 115 \text{ kV}/21 \text{ kV}$; $S_{rT} = 150 \text{ MVA}$; $u_{rT} = 16\%$; $u_{Rr} = 0,5\%$; YNd5 con cambiador de tomas en carga $p_T = \pm 12\%$; $X_{(0)T}/X_T = 0,95$; $R_{(0)T}/R_T = 1,0$.

S2: $U_{rG} = 10,5 \text{ kV}$; $S_{rG} = 100 \text{ MVA}$; $p_G = \pm 7,5\%$; $x_d^* = 0,16 \text{ p.u.}$; $x_{\text{dat}} = 2,0 \text{ p.u.}$; $\cos\phi_{rG} = 0,9$; $R_G = 0,005 \Omega$
 $U_{rTHV}/U_{rTLV} = 120 \text{ kV}/10,5 \text{ kV}$; $S_{rT} = 100 \text{ MVA}$; $u_{rT} = 12\%$; $u_{Rr} = 0,5\%$; YNd5 sin cambiador de tomas o tomas sin carga.
 $X_{(0)T}/X_T = 1,0$; $R_{(0)T}/R_T = 1,0$.

Generador

G3: $U_{iG} = 10,5$ kV; $S_{iG} = 10$ MVA; $p_G = \pm 5\%$ (para el cálculo se supone un valor constante $U_G = U_{iG}$);
 $x_d = 0,1$ p.u.; $x_{d\text{sat}} = 1,8$ p.u.; $\cos\phi_G = 0,8$; $R_G = 0,018$ Ω

Transformadores de red

T3 = T4: Transformadores de red de tres devanados YNyn,d5 con cambiador de tomas en carga en el lado de alta tensión, $p_T = \pm 16\%$. Puesta a tierra del neutro: T3 en el lado de alta tensión, T4 en el lado de media tensión.

$U_{iTHV} = 400$ kV; $U_{iTMV} = 120$ kV; $U_{iTLV} = 30$ kV;
 $S_{iTHV} = 350$ MVA; $S_{iTMV} = 350$ MVA; $S_{iTLV} = 50$ MVA;
 $u_{kHVMV} = 21\%$; $u_{kHVLV} = 10\%$; $u_{kMVLV} = 7\%$;
 $u_{RiHVMV} = 0,26\%$; $u_{RiHVLV} = 0,16\%$; $u_{RiMVLV} = 0,16\%$;
 $X_{(0)TMV}/X_{iTMVHV} = 2,1$; $R_{(0)TMV}/R_{iTMVHV} = 1,0$ (véase el apartado 2.2).

T5 = T6: Transformador de red de tres devanados YNyn,d5, tratado aquí como un transformador de dos devanados, es decir: $u_{kr} = u_{kHVMV}$ (véase la figura 16 y el apartado 2.2)

$U_{iTHV}/U_{iTMV} = 115$ kV/ 10,5 kV; $S_{iT} = 31,5$ MVA; $u_{kr} = 12\%$; $u_{Rr} = 0,5\%$.

Motores asincronos

M1: $U_{iM} = 10$ kV; $P_{iM} = 5$ MW; $\cos\phi_{iM} = 0,88$; $\eta_{iM} = 97,5\%$;
 $I_{LR}/I_{iM} = 5$; $p = 1$ (par de polos)

M2: Dos motores en paralelo con $P_{iM} = 2$ MW cada uno:
 $U_{iM} = 10$ kV; $P_{iM} = 2$ MW; $\cos\phi_{iM} = 0,89$; $\eta_{iM} = 96,8\%$;
 $I_{LR}/I_{iM} = 5,2$; $p = 2$.

Reactancias

R1: $X_{R1} = 22$ Ω ; $R_{R1} \ll X_{R1}$ (reactancia de limitación de la corriente de cortocircuito);

R6: Bobina de supresión de arco para la red de 10 kV con puesta a tierra resonante del neutro.

Tiempo de retardo mínimo

$t_{\text{min}} = 0,1$ s, para el cálculo de μ y q

Tabla 10
Líneas aéreas y cables

N°	ℓ	$\underline{Z}'_{(0)} = \underline{Z}'$	$\underline{Z}'_{(0)}$	Notas
	km	Ω/km	Ω/km	
L1	20	0,12 + j 0,39	0,32 + j 1,26	Por circuito de línea doble
L2	10	0,12 + j 0,39	0,32 + j 1,26	
L3(a)	5	0,12 + j 0,39	0,52 + j 1,86	
L3(b)	5	0,12 + j 0,39	0,52 + j 1,86	
L4	10	0,096 + j 0,388	0,22 + j 1,10	
L5	15	0,12 + j 0,386	0,22 + j 1,10	
L6	1	0,082 + j 0,086	–	cable de 10 kV

Tabla 11
Impedancias (corregidas si es necesario) de los equipos eléctricos (véase la figura 16)
referidas al lado de 110 kV. $Z_{(2)} = Z_{(1)} = Z$

Equipo	Sistema de secuencia directa Z Ω	Sistema homopolar $Z_{(0)}$ Ω	Notas
Q1	$Z_{Q1} = 0,631933 + j 6,319335$	-	
Q1t	$Z_{Q1t} = 0,056874 + j 0,568740$	-	
Q2	$Z_{Q2} = 0,434454 + j 4,344543$	$Z_{(0)Q2} = 2,867398 + j 14,336991$	
T3=T4	$Z_{T3AMV} = 0,045714 + j 8,096989^{1)}$ $Z_{T3BMV} = 0,053563 - j 0,079062^{1)}$ $Z_{T3CMV} = 0,408568 + j 20,292035^{1)}$	$Z_{(0)T4MV} = 0,107281 + j 18,195035^{3)}$	$K_{TAB} = 0,928072^{2)}$ $K_{TAC} = 0,985856^{2)}$ $K_{TBC} = 1,002890^{2)}$
T5=T6	$Z_{T5MV} = 2,046454 + j 49,072241$	-	$K_T = 0,974870$
S1	$Z_{S1} = 0,498795 + j 26,336676$	$Z_{(0)T1} = 0,439059 + j 13,340874^{4)}$	$K_S = 0,995975$
S2	$Z_{S2} = 1,203944 + j 35,340713$	-	$K_S = 0,876832$
G3	$Z_{G3} = 0,017790 + j 1,089623$	-	$K_G = 0,988320$
G3t	$Z_{G3t} = 2,133964 + j 130,705301$	-	
M1	$Z_{M1} = 0,341497 + j 3,414968$	-	
M1t	$Z_{M1t} = 40,964124 + j 409,641243^{5)}$	-	
M2 (2)	$Z_{M2} = 0,412137 + j 4,121368$	-	Dos motores de
M2t (2)	$Z_{M2t} = 49,437719 + j 494,377190^{5)}$	-	2 MW en paralelo
L1	$Z_{L1} = 2,4 + j 7,8$	$Z_{(0)L1} = 6,4 + j 25,2$	
L2	$Z_{L2} = 1,2 + j 3,9$	$Z_{(0)L2} = 3,2 + j 12,6$	
L3 (DL)	$Z_{L3} = 0,3 + j 0,975$	$Z_{(0)L3} = 1,3 + j 4,65$	Doble línea
L4	$Z_{L4} = 0,96 + j 3,88$	$Z_{(0)L4} = 2,2 + j 11,0$	
L5	$Z_{L5} = 1,8 + j 5,79$	$Z_{(0)L5} = 3,3 + j 16,5$	
L6	$Z_{L6} = 0,082 + j 0,086$	-	Cable
L6t	$Z_{L6t} = 9,836281 + 10,316100$	-	
R1	-	$Z_{(0)R1} = 0,0 + j 66,0$	$Z_{(0)R1} = 3Z_{R1}$

1) Impedancias equivalentes referidas al lado de MT (índice MT) y corregidas (véase la figura 7 de la Norma CEI 60909-0).

2) Cálculo de los factores de corrección, véase el apartado 2.2. (véase el apartado 3.3.3 de la Norma CEI 60909-0).

3) Corregido con K_{TBC} , véase el apartado 2.2 (véase el apartado 3.3.3 de la Norma CEI 60909-0).

4) Corregido con $K_S = 0,995975$.

5) Z_{M1t} en paralelo con Z_{M2t} : $(22,401898 + j 224,018979) \Omega$.

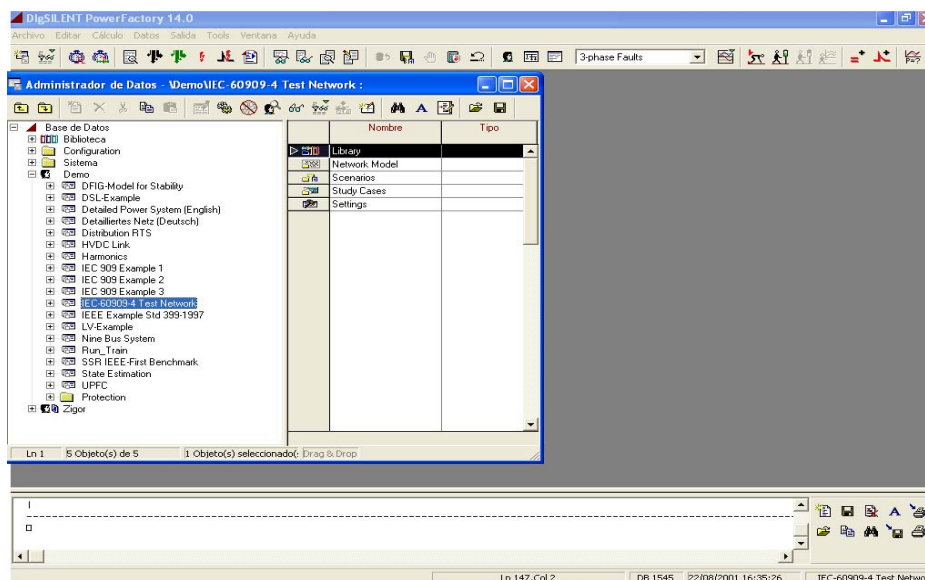
Los resultados están dados con seis decimales. La última cifra ha sido redondeada.

12.4 PRAKTIKAREN GARAPENA

Aztertuko dugun sistema PowerFactory programaren bidez modelizatu dugu. Eredua erabiltzen hasteko, hurrengo pausuak jarraitu behar dira:

1. PowerFactory programa hasi: mahaigaineko ikonoan sakatu edo hasierako menutik: **Inicio --> Todos los programas --> DiGSILENT Software --> PowerFactory 14.**
2. Erregistro-leihoan izen berri bat sartu eta pasahitza hutsik utzi.
3. Programa irekitzean, datu-administraria irekin behar da, bertatik kudeatzean baitira proiektu guztiak.

Horretarako lehenengo ikonoan sakatu edo menuan: **Archivo**, **Abrir Administrador de Datos** aukeratu. Irudian agertzen den leihoa irekiko da. Bertan, ereduaren liburutegiak eta erabiltze ezberdinak agertzen dira. Momentuan aktibo dagoen erabiltzailearen izenaren ondoan ikono bereizgarria agertzen da.



4. Demo erabiltzailearen *IEC-60909-4 Test Network* proiektua kopia ezazu sortu berri duzun erabiltzailearen atalean. Horretarako, Demo erabiltzailearen gainean jar zaitez saguarekin eta ezkerreko botoiarekin egin ezazu klik bikoitza, Orduan, karpetak irekiko dira. Erabiliko dugun proiektua aukeratu bertan eta saguaren eskuineko botoia sakatu eta copiar aukera hautatu. Gero, itsats ezazu proiektu hori sortu berri duzun erabiltzailearen atalean.
5. Proiektuarekin lan egiteko, aurretik aktibatu egin behar da. Horretarako, gainean jarri, eta saguaren eskuineko botoiari eman eta Activar aukeratu.

12.5 KLASE BUKAERAN BUELTATU BEHARREKO GALDERAK

1. **Zirkuitulabur motaren eragina.** Azter ezazu zirkuitulaburreko intentsitatearen aldaketa zirkuitulabur motaren arabera. Hasierako konfiguraziotik abiatuta, simula itzazu zirkuitulaburrak **En barras solamente** aukerarekin. Bete ezazu hurrengo taula:

Akats- bara	Zirkuitulabur trifasikoa i_p [kA]		Zirkuitulabur monofasikoa i_p [kA]	
	Max	Min	Max	Min
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

- Ze zirkuitulabur motarekin lortzen dira zirkuitulaburreko korronteak altuenak?
- IEC 60.909:2001 arauaren arabera, ze kalkulu-hipotesi hartzen dira kontuan zirkuitulabur-intentsitate maximo eta minimoak kalkulatzeko?

2. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximo 5. barran eta bete ezazu hurrengo taula:

Elementua	1. KASUA: Ebaketa-denbora = 0,1s Akatsaren iraupena =1,0s			2. KASUA: Ebaketa-denbora= 0,05s Akatsaren iraupena =1,0s			3. KASUA: Ebaketa-denbora = 0,1s Akatsaren iraupena =3,0s		
	I_b [kA]	i_p [kA]	I_{th} [kA]	I_b [kA]	i_p [kA]	I_{th} [kA]	I_b [kA]	i_p [kA]	I_{th} [kA]
L3(a)									
L3(b)									
L4									
L5									
Q2									
T5									
T6									
BATURA									
5. barra									

Azter ezazu ebaketa-denboren eta zirkuitulaburraren iraupenaren eragina 5. barran lortutako intentsitateetan:

- I_{th} balioan ba al dauka eraginik akatsaren iraupenak? Zergatik?
- I_b balioan ba al dauka eraginik ebaketa-denborak? Zergatik?

- ip balioan ba al dauka eraginik ebaketa-denborak? Zergatik?

Taulan argi ikus daiteke 5. barrako zirkuitulabur-intentsitateak nondik datozen.

- Zergatik ez dator bat batura 5. barrako balioekin?

5. barraren dimentsionamendua:

- Zein da 5. barrarako erabiliko den diseinu-irizpidea 1. KASUrako?
- Zein da 5. barrara iristen diren adarretan kokatutako etengailuetan erabiliko den diseinu-irizpidea 1. KASUrako?

L3(a) eta L3(b) lineen dimentsionamendua:

- Zein da L3(a) eta L3(b) lineetan erabiliko den diseinu-irizpidea 1. KASUrako?

3. Akats-puntuaren eragina.

- a. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximoa (1. KASUA) 1., 2., eta 5. barretan. Azter ezazu Q1 elementuaren ekarpena kasu bakoitzean:

Elementua	Zirkuitulaburra 1. barran	Zirkuitulaburra 2. barran	Zirkuitulaburra 5. barran
Icc Q1en			
Icc barran			

- Zergatik aldatzen da Q1 elementuaren ekarpena akats-puntuaren kokapenaren arabera?

b. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximoa L6 linean, akatsaren kokapena aldatuz.

	Akatsa L6n luzeraren %25era	Akatsa L6n luzeraren %50era	Akatsa L6n luzeraren %75era
I_{cc} akats-puntuan [kA]			

- Ze gertatzen da 7. barrako zirkuitulabur-intentsitatearekin? Zergatik?

4. **Linearen luzeraren eragina.** L6 kablearen luzera 1 km-tik 4 km-ra aldatzen da. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximoa 7. barran.

Elementu	L6 1 km			L6 4 km		
	I _b [kA]	I _{th} [kA]	I _p [kA]	I _b [kA]	I _{th} [kA]	I _p [kA]
7. barra						

- Ze gertatzen da 7. barrako zirkuitulabur-intentsitatearekin? Zergatik?

5. **Motoreak.** Zerbitzuz kanpo uzten dira 7. barrara lotuta dauden motoreak. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximo bat 7. barran. Ebaketa-denbora 0,1s eta zirkuitulaburraren iraupena 1,0 s izango dira.

Elementua	Motoreak zerbitzuan			Motoreak zerbitzuz kanpo		
	I _b [kA]	I _{th} [kA]	I _p [kA]	I _b [kA]	I _{th} [kA]	I _p [kA]
7. barra						

- Ze gertatzen da 7. barrako zirkuitulabu-intentsitatearekin? Zergatik?

Sar ezazu M2 motore berri bat 7. barran. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximo bat 7. barran, aurreko baldintza berberetan.

- Ze gertatzen zaio 7. barrako i_p zirkuitulaburreko gandor-intentsitateari? Zergatik?

6. **Sarearen topologiaren eragina.** L3(b) linea galtzen da. Simula ezazu zirkuitulabur trifasiko maximoa 5. barran (1. KASUA). Bete ezazu hurrengo taula lortutako balioekin:

Elementua	1. KASUA: Ebaketa-denbora = 0,1s Zirkuitulaburraren iraupena=1,0s		
	I_b [kA]	i_p [kA]	I_{th} [kA]
L3(a)			
L3(b)			
L4			
L5			
Q2			
T5			
T6			
BATURA			
5. barra			

- Ze ekarpen aldatzen dira? Zergatik?