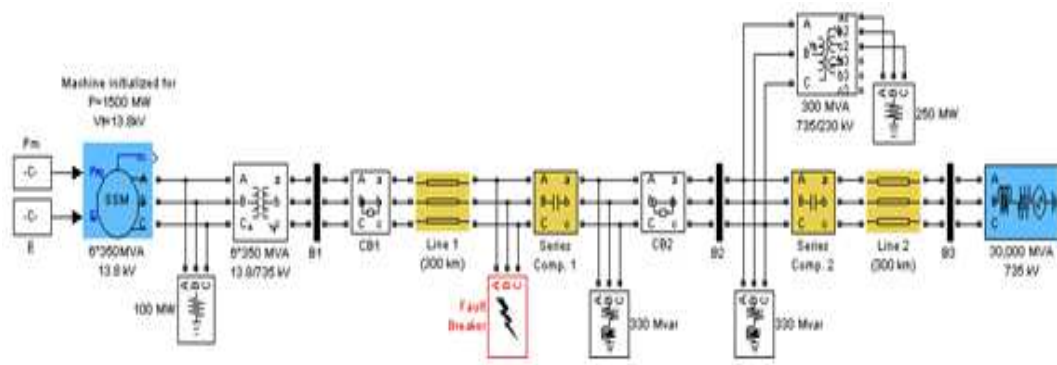


# 1. PRAKTIKA



## POTENTZIA SISTEMA ELEKTRIKO BATEN MODELATZE ETA SIMULAZIOA

Kurtsoa: 2016/2017

SORKUNTZA BANATUKO TEKNOLOGIAK

Fco. Javier Asensio De Miguel

## 1. PRAKTIKAREN GIDOIA

Praktika honetan, potentzia sistema elektrikoak simulatzeko, MATLAB-eko SimPowerSystems ToolBox-a erabiltzen ikasiko da. Horretarako, Simulink-erako sarrera labur bat egingo da, SimPowerSystems-en biblioteki esker ereduak integratu eta simulatzeko ingurune grafikoa dena.

Behin ohituta SimPowerSystems-en bibliotekako osagaiekin, aurretik eraturako ereduak erabiliz, sistema elektriko bat diseinatuko da eta honen gainean, simulazio batzuk egingo dira hurrengo aspektuak estudiantzeko **HELBURUAREKIN**:

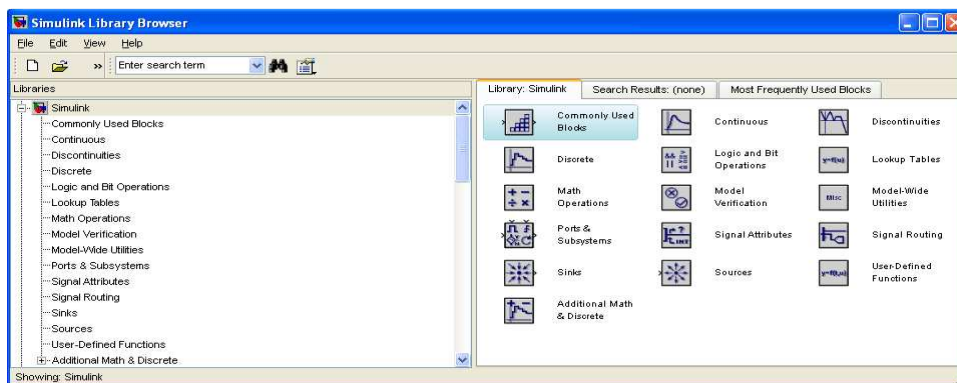
- Energiaren transmisioan emandako potentzia galeraren efektua.
- Potentzia erreaktiboaren kontsumo edo injekzioaren efektua.
  - o Tentsio-perfilen erregulazioa.

Simulazio kasu bakoitzerako, eredu bakoitzean (sorgailua, linea, karga, etab.) sartu behar diren datuak emango dira eta kasu bakoitzaren arabera, ikasleak sistema optimizatu beharko du aurretik emandako objektibo baten arabera, eta baliozkotuko da simulazioa erabiliz. Behin simulazioa eginda, ikasleak eskatutako simulazioen emaitzetatik ateratako grafikoak Word dokumentu baten txertatuko ditu. Halaber, simulazio bakoitzean erabilitako *.mdl* fitxategiak emango ditu. Horretarako, *.docx* eta *.mdl* fitxategiak dituen fitxategi konprimitu bat (*.7z*, *.rar*, edo *.zip*) sortuko da. Fitxategi horren izena taldekideen izen-abizenak jasoko ditu eta *egela* plataformaren bidez dagokion xedeetarako prestatu den atalean entregatuko da.

## 2. SIMULINK-ERA KO SARRERA

Simulink domeinu anitzetako simulaziora eta ereduetan oinarritutako diseinura zuzenduta dagoen tresna bat da. Diseinua eta simulazioa sistema mailan, kodearen sorkuntza automatikoa eta sistema murgilduen etengabeko proba eta egiaztapena ahalitzen du. Ingurune grafiko batean garatzen da, non bloke-diagramak, bloke pertsonalizagarrien bibliotekak, eta *so/ver*-ak erabiliz, sistema dinamikoak modelatu eta simulatu ahal izango baitira. Simulink MATLAB-ekin integratzen da, beraz, analisi gehiago burutzearen, MATLAB-etik algoritmoak inportatu ereduetara eta simulazioaren emaitzak MATLAB-era esportatu ahal izango dira.

1. irudian Simulink-en bibliotekako osagaien oinarritzko blokea azaltzen da.



1. Irudia. Simulink-en bibliotekako osagaien oinarritzko blokea.

Ondoren, praktika hau egiteko erabiliko diren Simulink-en bibliotekako osagaien deskribapen labur bat azaltzen da.

### Simulink/Math Operations



Product

*Product* blokeak, bi sarrera emanez (bi eskalar, eskalar bat eta ez eskalar bat edo bi ez eskalarrak baina dimentsio berdinekoak), irteeran sarreren biderketaren emaitza ematen du.



Subtract

*Subtract* blokeak *Product* blokeak egiten duen funtzio berbera egiten du, baina kenketa bat eginez biderketaren orde.

### Simulink/Ports & Subsystems



Subsystem

*Subsystem* blokeak sistema batek duen azpisistema bat irudikatzen du. Bloke honek, irudika ditzake azpisistema birtualak bat edo ez birtualak. Diferentzia da, azpisistema ez birtualak kontrolatu daitezkeela barneko parametroak ebaluatuz gero.



Out1

*Out* blokea, sistema bat, azpisistema batetik kanpo dagoen beste sistema batekin konektatzeko erabiltzen da.

### Simulink/Signal Routing



Demux

*Demux* blokeak sarreran seinale bat emanda, seinale horren osagaiak erauzten ditu eta irteeran osagai horiek banan-banan ematen ditu.

### Simulink/Sinks



Scope

*Scope* blokea seinale bat grafikoki ikusarazteko erabiltzen da. Seinale bat baino gehiago grafiko berdinean bistaratu daitezke, edo sarrera gehiago gehitu blokerak seinale bakoitza grafiko ezberdinetan irudikatzearren.



To Workspace

*To Workspace* blokea, aldagai baten datuak *array* do estruktura eran biltegitatzeko erabiltzen da. Aldagai hau, Matlab-en *workspace*-ean gordetzen da, geroago, dituen datuekin eragiketak egin ahal izateko.

### Simulink/Sources



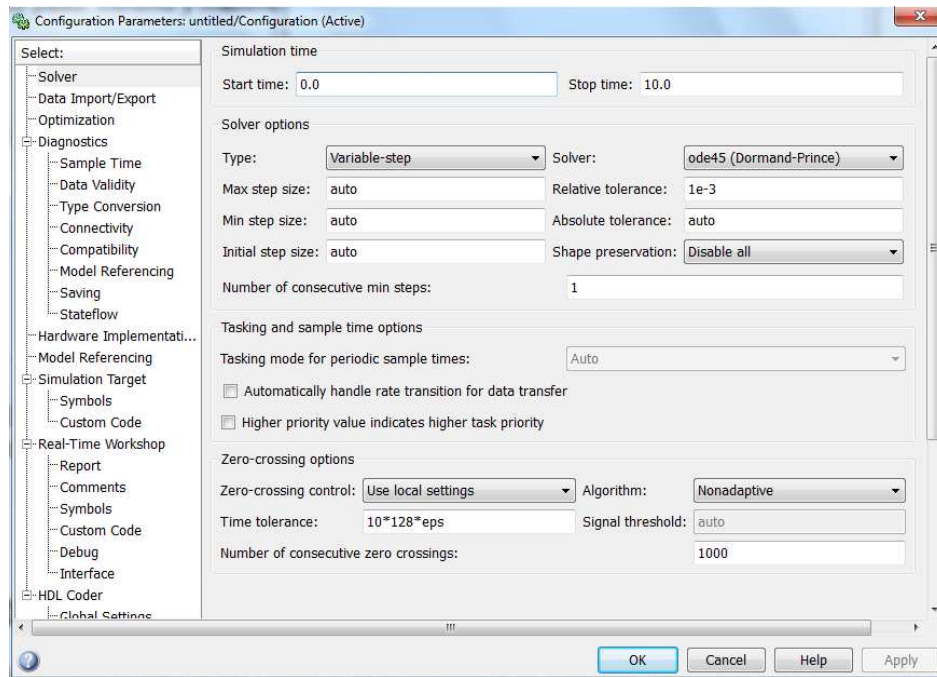
Constant

*Constant* blokeak balio erreal edo konplexu bat etengabeki sortzen du. Sortutako balioa, eskalarra, bektorea edo matrize bat izan daiteke.

## 2.1. SIMULAZIOAREN PARAMETROAK

*Simulation/Configuration Parameters*-en menu barnean simulazioa burutzeko parametroak aukeratu daitezke. Hauen artean, garrantzizkoenak simulazioaren denbora eta erabilitako *solver*-aren aukerak dira (pauso mota: finkoa edo aldagarria; *solver* mota: *Dormand-Prince*, *Euler*, *Runge-Kutta*, etab.; pausoaren tamaina: minimo eta maximoa; tolerantzia: erlatiboa eta absolutua, etab.).

2. Irudian *solver*-aren parametroak ezartzeko erabilitako elkarrizketa-koadroa ikus daiteke.



### 2. Irudia. Solver-aren parametroak ezartzeko erabiliko elkarrizketa-koadroa.

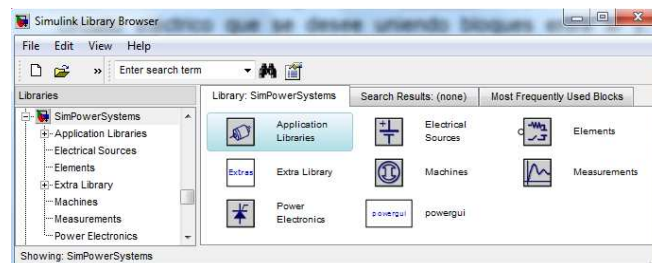
Praktika garatzean simulazioa prestatzeko eta datuen esportazioa analisiak egiteko beste aukera interesgarri batzuk erabiliko dira.

## 3. SIMPOWERSYSTEM-ERAKO SARRERA

SimPowerSystem Simulink bibliotekako ToolBox bat da, zirkuitu elektrikoak eta potentzia sistema elektrikoak modelatu eta simulatzeko erabiltzen dena.

Simulink-eko iinterfaze grafikoari esker, zirkuitu elektrikoak era arin batetan eraiki daitezke blokeak elkarri konektatuz, eta eredu behin simulatuta, magnitude elektrikoak grafikoki erakutsi edo Matlab-era esportatzea baimentzen du.

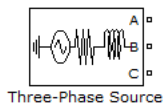
SimPowerSystems-eko bibliotekak 130 bloke baino gehiago eskaintzen ditu, 6 azpimultzotan eta osagai-estrako biblioteka batean sailkatuta. 3. irudian multzo hauen sailkapena azaltzen da.



### 3. irudia. SimPowerSystems-en bibliotekan aurki daitekeen osagai multzoak.

Ondoren praktika hau garatzeko SimPowerSystems-eko bibliotekaren osagaien deskribapen labur bat azaltzen da.

## SimPowerSystems/Electrical Sources



Three-Phase Source

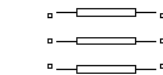
*Three-Phase Source* blokeak iturri trifasiko orekatu bat barne inpedantzia (RL) batekin inplementatzen du. Hiru iturri-tentsioak izarrean konektatuta daude. Neutroa lurrera konektatu edo barnetik konektatu egin daiteke. Iturriaren barneko erresistentzia eta induktantzia zuzenean zehaztu daitezke R eta L baloreak sartuz edo zirkuitulaburreko potentzia eta  $X / R$  erlazioa zehaztapenaren bidez.

## SimPowerSystems/Elements



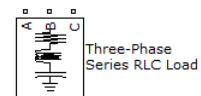
Connection Port

*Simulink/Ports & Subsystems*-en bibliotekako *Out* blokea bezala, *Connection Port* blokea sistema bat beste batekin elkarri konektatzeko erabiltzen da. Diferentzia da, bloke hau espezifikoa dela SimPowerSystem-eko magnitude elektrikoaren seinaleekin lan egiteko.



Distributed Parameters Line

*Distributed Parameters Line* blokea N-faseetan linearen parametro banatuen eredu bat inplementatzen du (distantziaren arabera). Linearen ereduaren gainean hurrengo parametroak adieraziko dira: fase-kopurua, R L C parametroak adierazteko frekuentzia (Hz), erresistentzia distantzia unitateko ( $\Omega/\text{km}$ ), induktantzia distantzia unitateko (H/km), kapazitantzia distantzia unitateko (F/km) eta lineako berezko luzeera (km).



Three-Phase Series RLC Load

*Three-Phase RLC Load* blokeak karga trifasiko orekatu bat seriean konektatutako RLC elementuen konbinazio baten bidez inplementatzen du. Kargak xurgatzen duen potentzia eraginkorra eta erreaktiboa, aplikaturiko tentsioaren karratuari proportzionala da. Espezifikaturiko frekuentzian, kargak inpedantzia konstantea du. Potentzia eraginkorra eta potentzia induktibo eta kapazitibo erreaktiboaren eskaerak bereizi daitezke.

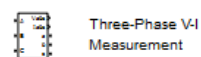
## SimPowerSystems/Extra Library/Measurements



RMS

*RMS* blokeak bat bateko tentsio edo intentsitatearen batez-besteko balio kuadratikoa neurtzen du (efikaza), uhin fundamentalak, amonikoak, eta korrante zuzeneko osagaiak kontuan hartuta. Horretarako seinalearen frekuentzia zehazten da.

## SimPowerSystems/Measurements



Three-Phase V-I Measurement

*Three-Phase V-I Measurement* blokea zirkuitu baten hiru faseetako tentsioak eta intentsitateak neurtzeko erabiltzen da. Seriean hiru fase dituen elementuekin konektatzen denean, bloke honek fase-lurra edo puntako fase-fase hiru tentsio eta intentsitateak itzultzen ditu.

## SimPowerSystems



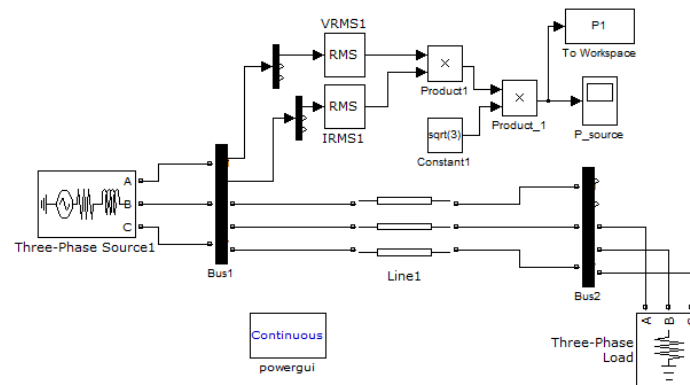
powergui

*Powergui* blokea SimPowerSystems-eko osagaiak duen edozein Simulink-eko zirkuitu bat ebatzi ahal izateko ezinbestekoa da. Bloke honetan zirkuituaren simulazioaren parametroak ezartzen dira.

## 4. TRANSMISIOAN EMANDAKO ENERGIA GALERAK

### 4.1. ENUNTZIATUA

4. irudiko zirkuitua implementatu iturri trifasiko bat, linearen parametro banatuen eredu bat eta karga trifasiko baten bidez. Zirkuitua simulatu eta  $V_{AB}$  tentsio konposatua eta A faseko linearen korrontea era grafiko batean adierazi. Sareak emandako potentzia, kargak kontsumitutako potentzia, eta transmisio linean Joule efektuagatik ematen diren galerak era grafiko batean adierazi.



4. irudia. Energia galerak kalkulatzeko zirkuitua.

OHARRA: Oinarritzko zirkuituan hainbat bloke gehitu dira eskatutako magnitudeak nola lor daitezkeen ideia bat izateko. Hurrengo atalean simulaziorako eredu bakoitzean sartu beharreko datuak azaltzen dira.

### 4.2. SARRERA-DATUAK

#### a. Tentsio-iturri trifasikoa

- Linearen tentsio efikaza: 11 kV.
- A faseko fase-angelua:  $0^\circ$ .
- Frekuentzia: 50 Hz.
- Barne-konexioa: lurrera.
- Iturriaren erresistentzia:  $0,8929 \Omega$ .
- Iturriaren induktantzia: 16,58 mH.

#### b. Transmisio-linea

- Fase kopurua: 3.
- Erabilitako frekuentzia: 50 Hz.
- Luzera-unitateko erresistentziaren matrizea: 
$$\begin{pmatrix} 0.102 & 0.069876 & 0.068719 \\ 0.069876 & 0.098852 & 0.067279 \\ 0.068719 & 0.067279 & 0.096701 \end{pmatrix}$$
- Luzera-unitateko induktantziaren matrizea: 
$$\begin{pmatrix} 0.0018709 & 0.00098121 & 0.00094507 \\ 0.00098121 & 0.0018729 & 0.00092353 \\ 0.00094507 & 0.00092353 & 0.0018756 \end{pmatrix}$$
- Luzera-unitateko kapazitatearen matrizea: 
$$\begin{pmatrix} 1.0461e-8 & -2.549e-9 & -2.2076e-9 \\ -2.549e-9 & 1.0195e-8 & -1.9722e-9 \\ -2.2076e-9 & -1.9722e-9 & 9.9007e-9 \end{pmatrix}$$
- Linearen luzera: 35,8 km.

### c. Karga trifasikoa

- Konfigurazioa: izarra lurrera.
- Linearen tentsio nominala ( $V_{RMS}$ ): 11 kV.
- Frekuentzia: 50 Hz.
- Potentzia eraginkorra P: 100 kW.
- Potentzia errektibo induktiboa:  $Q_L$ : 0.
- Potentzia errektibo kapazitiboa  $Q_C$ : 0.

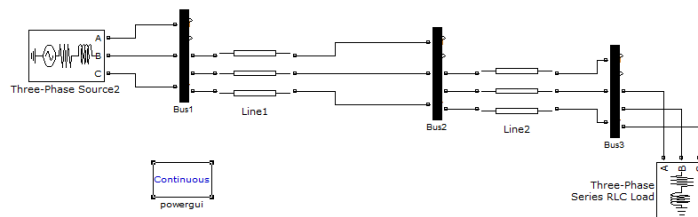
OHARRA 1: Simulazioetarako, 300ms-ko simulazio-denbora hartu. Pausu aldakor batekin ebatzi, solver od45-a eta 1e-5-ko tolerantzia erlatibo batekin.

OHARRA 2: Workspace-ara esportaturiko datuen mugaketa eragozteko, "Limit data points to last" aukera Simulation/Configuration Parameters/Data Import/Export menutik ez-aukeratuta moduan jarri.

## 5.TENTSIO PERFILAK. KONPENTSAZIOA.

### 5.1. ENUNTZIATUA

4. irudiko zirkuituari 38,5 km-ko linea zati bat gehitzen zaio, ondorioz 5. irudiko zirkuitua daukagu. Aurreko zirkuituan oinarrituta .mdl fitxategi berri bat sortu.



5. irudia. Tentsio perfila konpentsatzeko zirkuitua.

- Kargan 200 kW-ko kontsumo baterako, adierazi grafikoki kargaren tentsioa (bus3-RMS) eta linean ematen den tentsio-erorketa (RMS).
- Efektu induktiboa. Gehitu 200 kVAr-ko kontsumo bat kargan eta adierazi berriro kargaren tentsioa eta linean ematen den tentsio-erorketa. Adierazi grafiko berdin batean kargaren lineako  $V_{AB}$  tentsioa, hau konektatu baino lehen eta ondoren.
- Sorgailu bati derrigorrezko ZZOO-etan parte hartzeko sarean konektatzearen agindua eman zaio. Sorgailu hau "bus2" korapiloan konektatzen da, eta bere funtzioa, "bus3"-an ematen den tentsio-erorketa konpentsatzea da. Lortu simulazioaren bidez, sorgailu honek injektatu behar lukeen potentzia errektiboa "bus3"-an tentsio nominala berreskuratzeko. Adierazi 4 grafikoko irudi batean bus1 eta bus3-en A fasearen lineako intentsitatea eta lineako  $V_{AB}$  tentsioa hurrenez hurren.

### 5.2. SARRERA-DATUAK

Atal honetarako 4. atalean emandako datu berberak erabili, enuntziatuan ematen direnak izan ezik.