



Consejo Nacional de Operación

Acuerdo 944 Por el cual se aprueba la incorporación de un cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a las unidades 1 y 2 de la planta Termosierra

Acuerdo Número:
N° 944

Fecha de expedición:
02 Marzo 2017

Fecha de entrada en vigencia:
08 Marzo 2017

Acuerdos relacionados: 11/02/2016 - Acuerdo 843, 04/06/2010 - Acuerdo 497.

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo general de la Resolución CREG 025 de 1995 y su Reglamento Interno y según lo aprobado en la reunión No. 509 del 2 de marzo de 2017, y

CONSIDERANDO

- 1 Que en el Acuerdo 843 de 2016 se establecieron los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN y se definieron las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación.
- 2 Que siguiendo el procedimiento para solicitar el cambio de parámetros técnicos de las plantas de generación del Acuerdo 497 de 2010, EPM E.S.P. solicitó al CND mediante comunicaciones con número de radicado en XM 201644030133-3 y 201644030134-3 del 28 de diciembre de 2016 el cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta de generación Termosierra.
- 3 Que XM S.A. E.S.P. mediante comunicación 002167-1 del 30 de enero de 2017 dio concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta de generación Termosierra, porque considera que las actualizaciones solicitadas no ponen en riesgo la operación del Sistema.
- 4 Que el Subcomité de Controles en la reunión 85 del 14 de febrero de 2017 dio su concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta de generación Termosierra.
- 5 Que el Comité de Operación en la reunión 289 del 23 de febrero de 2017 recomendó la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA:

- 1 Aprobar la incorporación de los cambios en los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de las unidades 1 y 2 de la planta de generación Termosierra, como se muestra en los Anexos del presente Acuerdo que hacen parte integral del mismo.
- 2 El presente Acuerdo rige a partir del despacho que se realizará el 7 de marzo de 2017 para la operación del 8 de marzo de 2017.

DIANA H. JIMÉNEZ R.
Presidente

Secretario Técnico

ANEXO 1 UNIDAD 1 TERMO SIERRA

Tabla 1. Parámetros del generador, transformador y la red eléctrica

Parámetros del generador, transformador elevador y la red eléctrica		
PARÁMETRO GENERADOR (La Sierra Gas Turbine Generator)	UNIDAD	VALOR
Fabricante	General Electric	
Tipo	Round	
Potencia aparente Nominal	Sn [MVA]	211.765
Potencia activa nominal	Pn [MW]	180.0002
Tensión de estator Nominal	Un [kV]	18
Factor de potencia	Cos (phi)	0.85
Velocidad Nominal	fn [rpm]	3600
Reactancia de Fuga del Estator.	xl [pu]	0.171
Reactancia sincrónica eje D (no saturado)	xd [pu]	2.167
Reactancia sincrónica eje Q (no saturado)	xq [pu]	2.089
Reactancia transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd' [pu]	0.274
Reactancia transiente sincrónica eje Q (no saturado)	xq' [pu]	0.655
Reactancia sub-transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd'' [pu]	0.187
Reactancia sub-transiente sincrónica eje Q (no saturado)	xq'' [pu]	0.18
Reactancia sub-transiente sincrónica eje D (saturado)	xd''sat [pu]	0.2
Stator Resistance	rstr	0.003
Constante de tiempo transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td'0 [s]	4.097
Constante de tiempo transiente (circuito abierto) sin carga eje Q	Tq'0 [s]	1.455
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td''0 [s]	0.083
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje Q	Tq''0 [s]	0.032
Constante de inercia (todo el eje incluyendo la turbina)	H [MWs/MVA]	5.25
Impedancia de secuencia cero	X0[pu]	0.1
Resistencia de secuencia cero	r0[p.u.]	0
Impedancia de secuencia negativa	X-[pu]	0.2
Resistencia de secuencia negativa	r2	0
TRANSFORMADOR (Sierra_Step_Up_Transformer)	UNIDAD	VALOR
Potencia Nominal	Sn [MVA]	185
Tensión nominal del primario	U1n [kV]	18
Tensión nominal del secundario	U2n [kV]	230
Tensión de corto circuito en secuencia positiva	uk [%]	11.44
Tensión de corto circuito en secuencia negativa	uk0 [%]	3
TOPOLOGÍA DE RED	UNIDAD	VALOR
Potencia de corto-circuito máxima del bus de Alta Tensión	[MVA]	6000
X/R	-	10

REGULADOR DE TENSION (AVR)

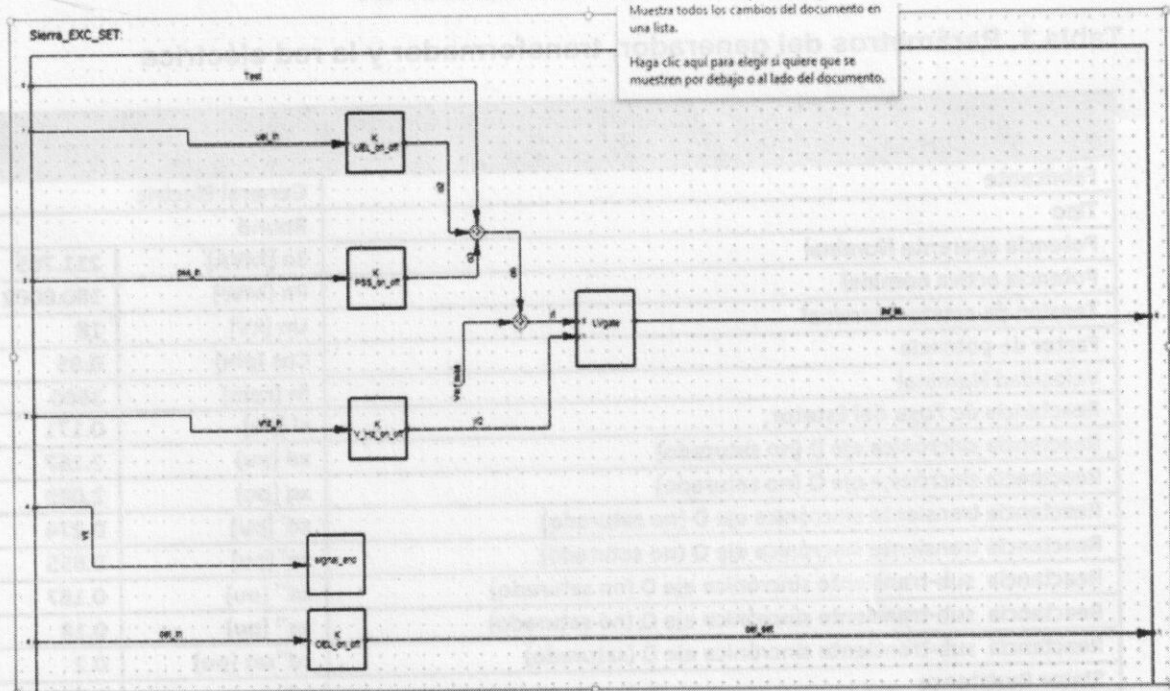


Figura 1. Modelo del referencia de AVR para las unidades a gas.

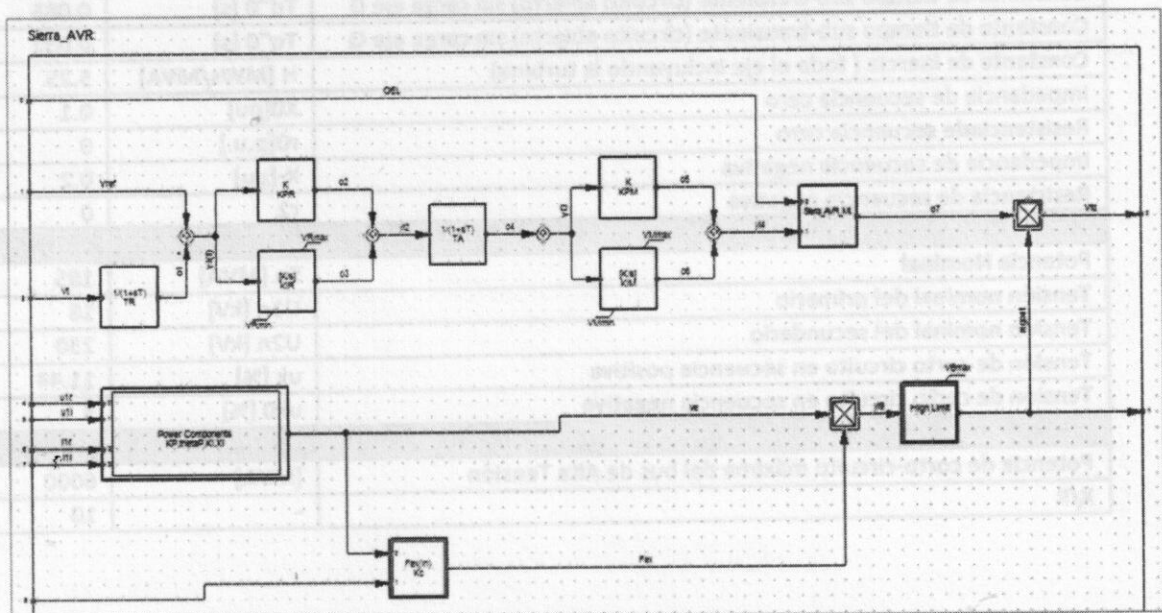


Figura 2. Modelo del AVR para las unidades a gas.

Tabla 2. Parámetros AVR

Parámetros AVR			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G1_AVR			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TR	[s]	0.01
1st Proportional Gain	KPR	[pu]	2.83
2nd Proportional Gain	KPM	[pu]	1
1st Integral Gain	KIR	[pu]	2.83
2nd Integral Gain	KIM	[pu]	0
Measurement Delay	TA	[s]	0.02
Line Compensation Voltage Component (Magnitud)	KP	[pu]	5.61
Voltage Component (angle)	thetaP	[deg.]	0
Line Compensation Current Component	KI	[pu]	0
Reactance of voltage component	XI	[pu]	0
Field Current Input Gain	Kc	[pu]	0.09
Voltage Regulator Minimum Output	VRmin	[pu]	-0.87
Fordward Minimum Output	VMmin	[pu]	-0.87
Voltage Regulator Maximum Output	VRmax	[pu]	1
Fordward Maximum Output	VMmax	[pu]	1
Exciter voltage limit	VBmax	[pu]	7.01

SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS)

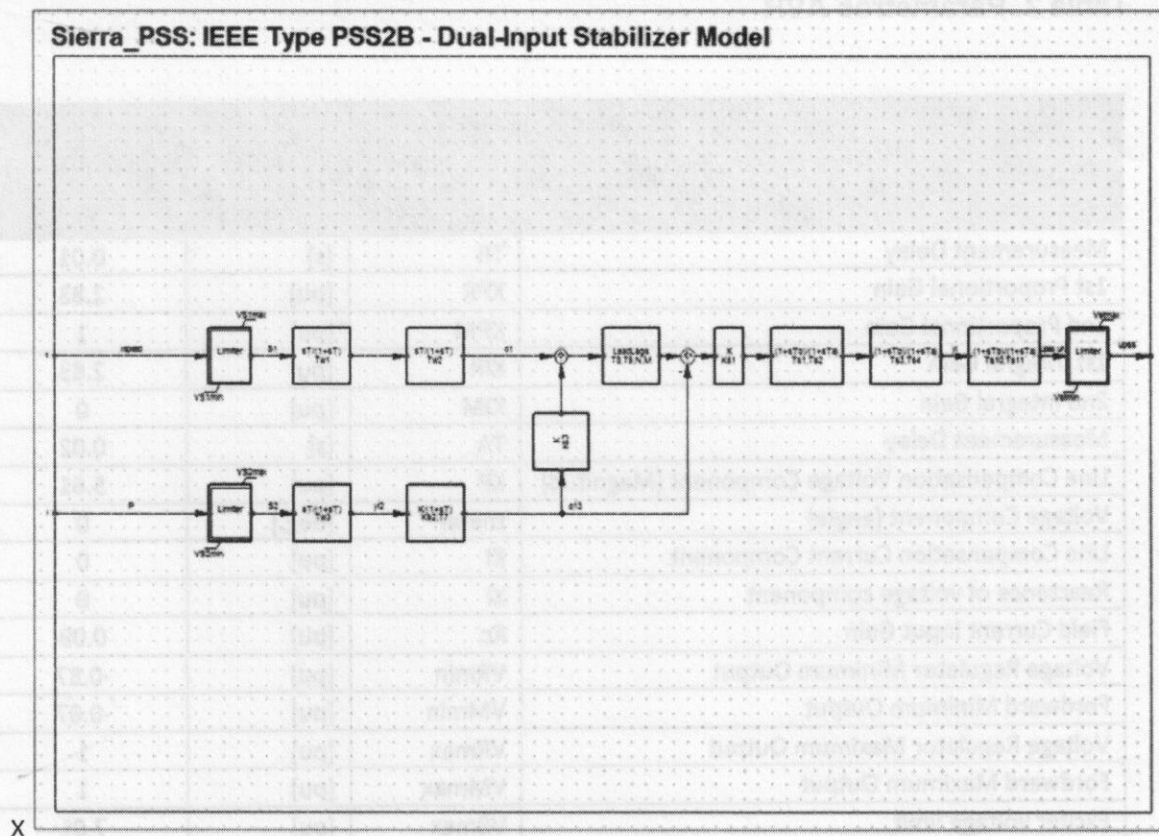


Figura 3. Modelo del PSS - Modelo.

Tabla 3. Parámetros PSS

SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS)

Parámetros PSS			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G1_PSS			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
1st Washout 1th Time Constant	Tw1	[s]	2
1st Washout 2th Time Constant	Tw2	[s]	2
2nd Washout 1th Time Constant	Tw3	[s]	2
2nd Signal Transducer Factor	Ks2	[pu]	0.19
2nd Signal Transducer Time Constant	T7	[s]	2
Washouts Coupling Factor	Ks3	[pu]	1
PSS Gain	Ks1	[pu]	7
1st Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts1	[s]	0.2
1st Lead-Lag Delay Time Constant	Ts2	[s]	0.04
2nd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts3	[s]	0.36
2nd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts4	[s]	0.12
Ramp Tracking Filter Deriv. Time Constant	T8	[s]	0.1
Ramp Tracking Filter Delay Time Constant	T9	[s]	0.5
Ramp Tracking Filter	N	[-]	1
Ramp Tracking Filter	M	[-]	5
3rd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts10	[s]	0.01
3rd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts11	[s]	0.01
Controller Minimum Output	Vstmin	[pu]	-0.1
Input Signal 1 Minimum Limit	VS1min	[pu]	-1
Input Signal 2 Minimum Limit	VS2min	[pu]	-1
Controller Maximum Output	Vstmax	[pu]	0.1
Input Signal 1 Maximum Limit	VS1max	[pu]	1
Input Signal 2 Maximum Limit	VS2max	[pu]	1

LIMITADOR DE SUBEXCITACIÓN (UEL)

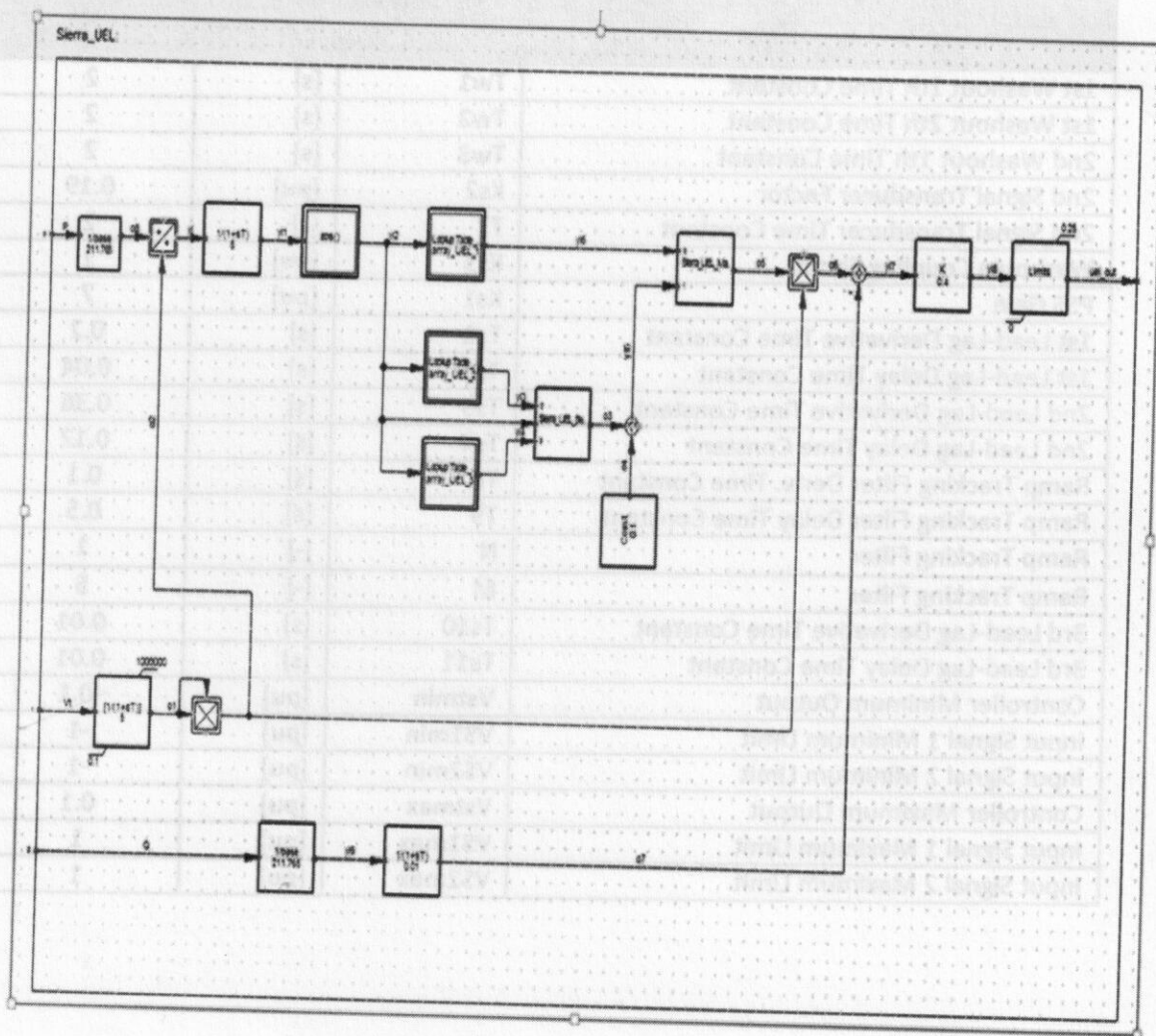


Figura 4. Modelo del limitador UEL.

Tabla 4. Parámetros UEL

Parámetros del limitador UEL			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G1_UEL			
Parámetro		Unidad	Valor utilizado
Ganancia proporcional	Kp	pu	0.8
Ganancia integral	Ki	r/s	0.5
UEL_1	x0	pu	0.11284
	x1	pu	0.40856
	x2	pu	0.70428
	x3	pu	0.970428
	x4	pu	1
	y0	pu	-4.44086
	y1	pu	-2.96057
	y2	pu	-1.48029
	y3	pu	-0.14803
	y4	pu	0
UEL_2	x0	pu	0
	x1	pu	0.12939
	x2	pu	0.258781
	x3	pu	0.388171
	x4	pu	0.517562
	x5	pu	0.646952
	x6	pu	0.711647
	x7	pu	0.776343
	x8	pu	0.841038
	x9	pu	0.905733
	x10	pu	0.970428
	y0	pu	-0.4164
	y1	pu	-0.4164
	y2	pu	-0.4164
	y3	pu	-0.4184
	y4	pu	-0.380603
	y5	pu	-0.325132
	y6	pu	-0.297276
	y7	pu	-0.279432
	y8	pu	-0.258796
	y9	pu	-0.228161
	y10	pu	-0.16803
UEL_3	x0	pu	0
	x1	pu	0.12939
	x2	pu	0.258781
	x3	pu	0.38861
	y0	pu	-0.442368
	y1	pu	-0.442096
	y2	pu	-0.429011

LIMITADOR DE SOBRE EXCITACIÓN (OEL)

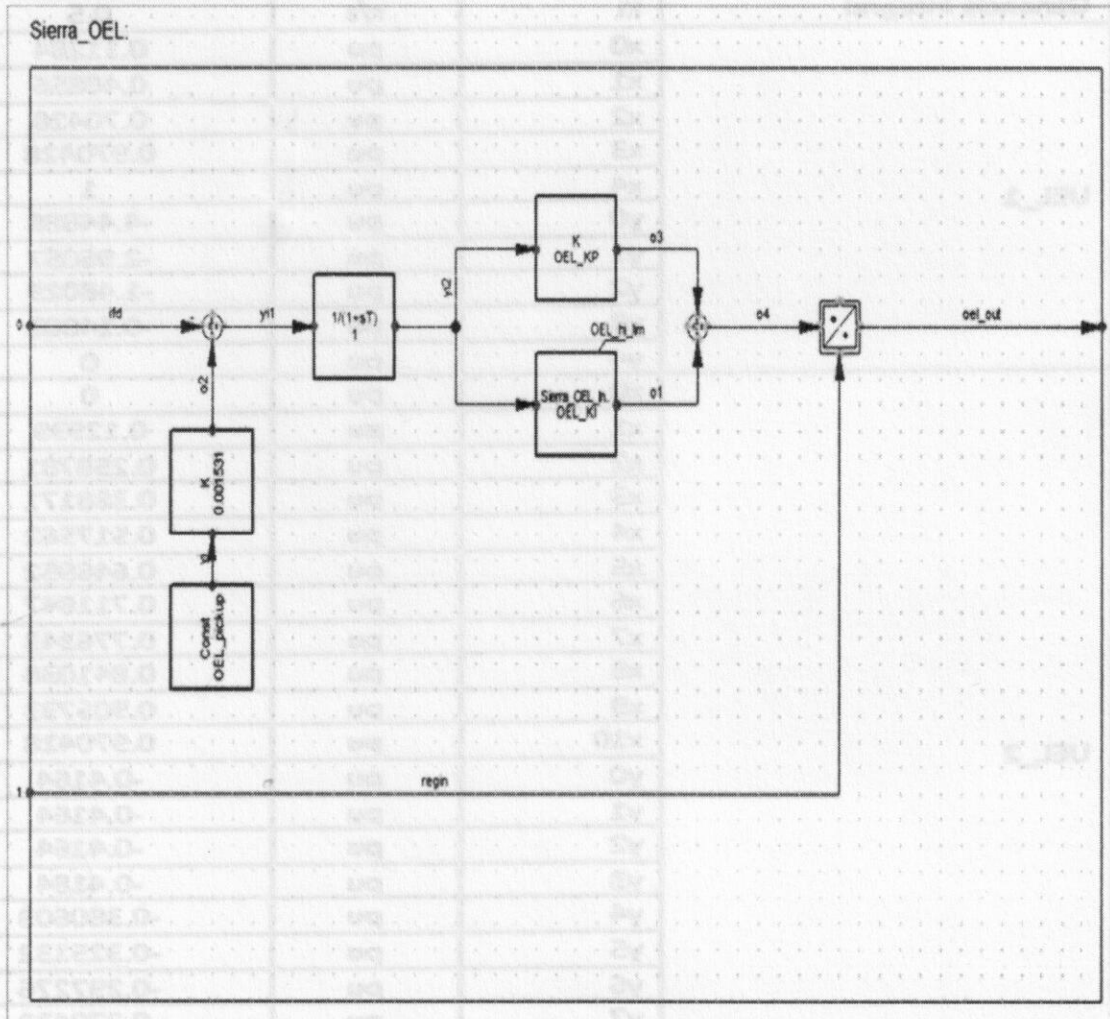


Figura 5. Modelo del OEL.

Tabla 5. Parámetros OEL

Parámetros del limitador OEL			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G1_OEL			
Parámetro	Unidad	Valor Real	Descripción
OEL_pickup	A	1483.148	OEL Pickup Current
OEL_hi_lim	A	2458.4	OEL High Limit
OEL_KP	pu	1	Ganancia proporcional
OEL_KI	pu	1	Ganancia Integral

LIMITADOR RELACIÓN VOLTIOS – HERTZ (V/Hz)

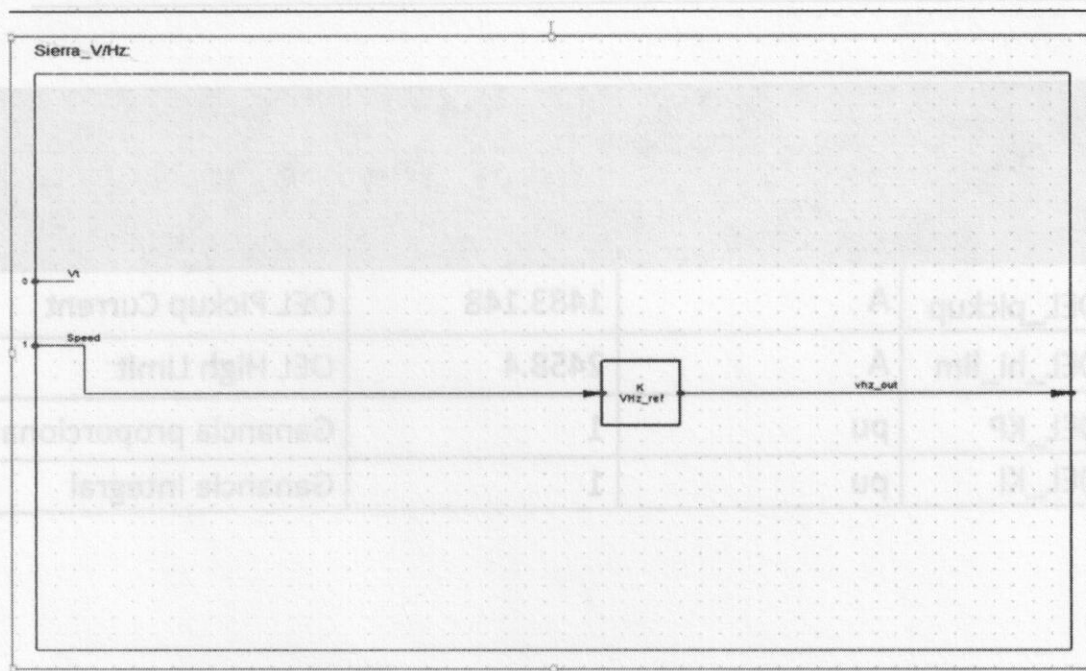


Figura 6. Modelo del limitador V/Hz.

Tabla 6. Parámetros V/Hz

Parámetros V/Hz			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G1_V/Hz			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
VHz Ratio Limit	VHz_ref	[p.u.]	1.09

TURBINA Y GOBERNADOR:

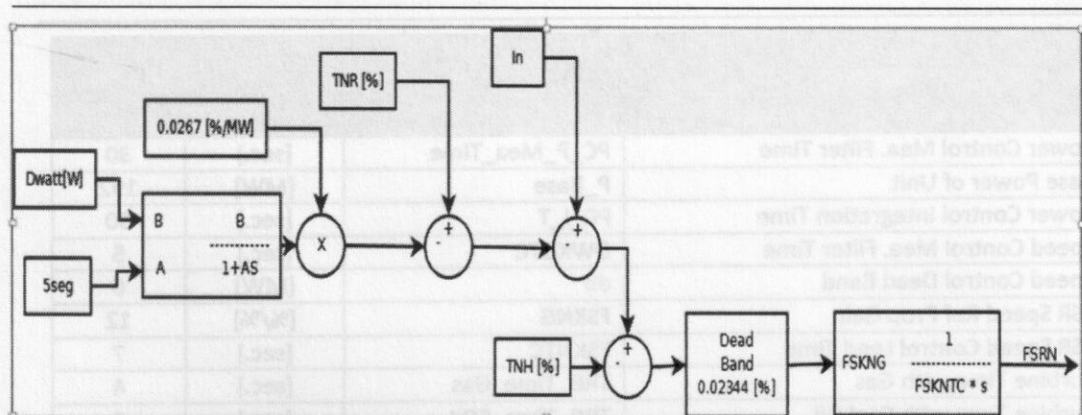


Figura 7. Lógica de Control lazo SPEED DROOP Unidades a Gas.

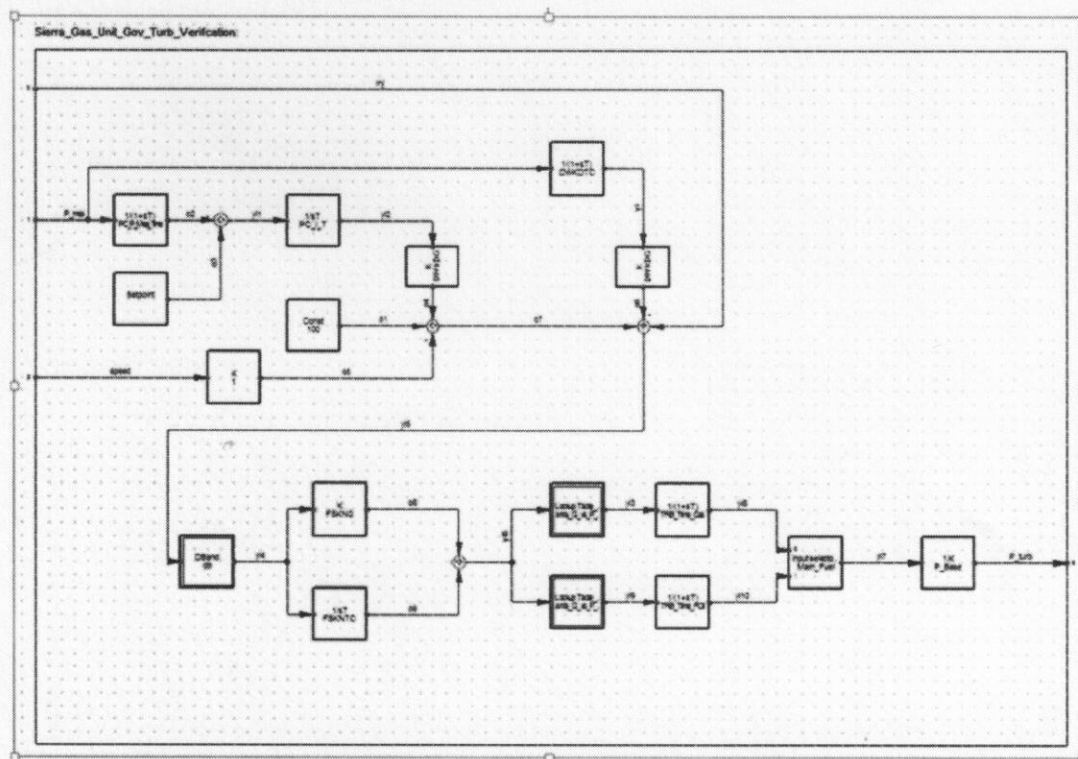


Figura 8. Modelo lazo de control de potencia y velocidad

Tabla7. Parámetros del regulador de Velocidad / Potencia

Parámetros regulador de Velocidad / Potencia			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> GUC_U1			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Power Control Mea. Filter Time	PC_P_Mea_Time	[sec.]	30
Base Power of Unit	P_Base	[MW]	192
Power Control Integration Time	PC_I_T	[sec.]	30
Speed Control Mea. Filter Time	DWKDTC	[sec.]	5
Speed Control Dead Band	db	[MW]	0
FSR Speed Ref Prop Gain	FSKNG	[%/%]	12
FSR Speed Control Lead Time	FSKNCTC	[sec.]	7
Turbine Time with Gas	TRB_Time_Gas	[sec.]	4
Turbine Time with Fuel Oil	TRB_Time_FOil	[sec.]	2
Speed Control Droop Setting	DWKDGC	[%/MW]	0.0267
0-> Gas---1-> Fuel Oil	Main_Fuel	[-]	1

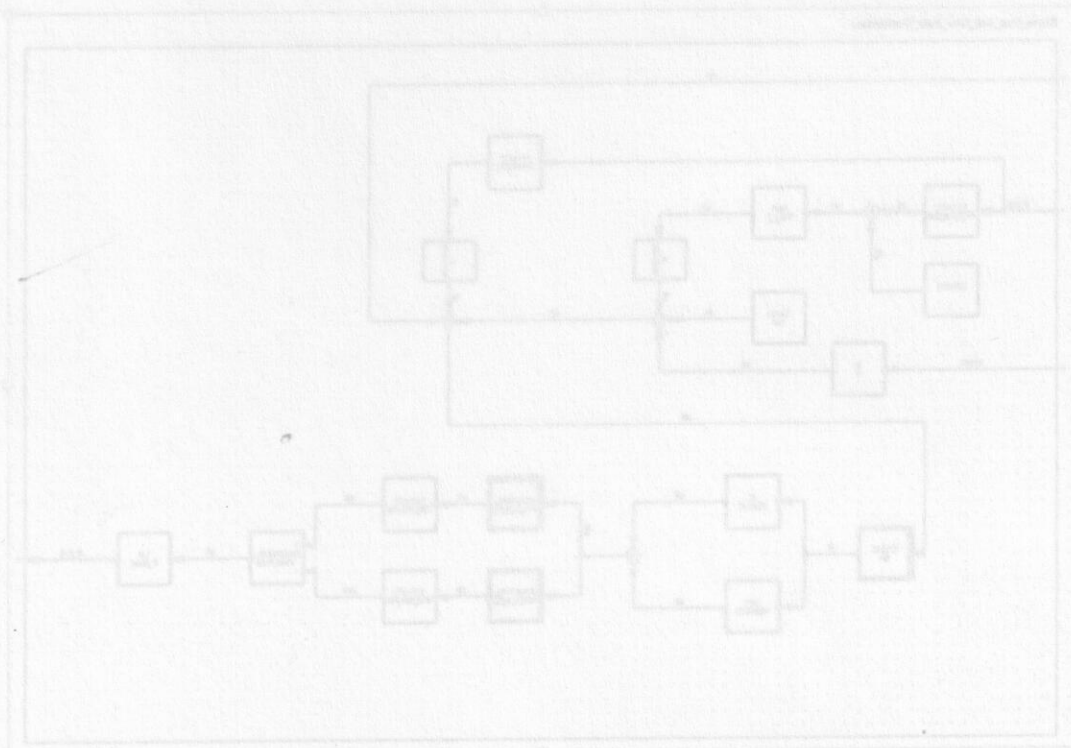


Figura 8. Modelo lazo de control de potencia y velocidad

Tabla 7. Parámetros del regulador de Velocidad / Potencia

ANEXO 2 UNIDAD 2 TERMOSIERRA

Tabla 1. Parámetros del generador, transformador y la red eléctrica

Parámetros del generador, transformador elevador y la red eléctrica		
PARÁMETRO GENERADOR (La Sierra Gas Turbine Generator)	UNIDAD	VALOR
Fabricante	General Electric	
Tipo	Round	
Potencia aparente Nominal	Sn [MVA]	211.765
Potencia activa nominal	Pn [MW]	180.0002
Tensión de estator Nominal	Un [kV]	18
Factor de potencia	Cos (phi)	0.85
Velocidad Nominal	fn [rpm]	3600
Reactancia de Fuga del Estator.	x1 [pu]	0.171
Reactancia sincrónica eje D (no saturado)	xd [pu]	2.167
Reactancia sincrónica eje Q (no saturado)	xq [pu]	2.089
Reactancia transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd' [pu]	0.274
Reactancia transiente sincrónica eje Q (no saturado)	xq' [pu]	0.655
Reactancia sub-transiente sincrónica eje D (no saturado)	xd'' [pu]	0.187
Reactancia sub-transiente sincrónica eje Q (no saturado)	xq'' [pu]	0.18
Reactancia sub-transiente sincrónica eje D (saturado)	xd''sat [pu]	0.2
Stator Resistance	rstr	0.003
Constante de tiempo transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td'0 [s]	4.097
Constante de tiempo transiente (circuito abierto) sin carga eje Q	Tq'0 [s]	1.455
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje D	Td''0 [s]	0.083
Constante de tiempo sub-transiente (circuito abierto) sin carga eje Q	Tq''0 [s]	0.032
Constante de inercia (todo el eje incluyendo la turbina)	H [MWs/MVA]	5.25
Impedancia de secuencia cero	X0[pu]	0.1
Resistencia de secuencia cero	r0[p.u.]	0
Impedancia de secuencia negativa	X-[pu]	0.2
Resistencia de secuencia negativa	r2	0
TRANSFORMADOR (Sierra_Step_Up_Transformer)	UNIDAD	VALOR
Potencia Nominal	Sn [MVA]	185
Tensión nominal del primario	U1n [kV]	18
Tensión nominal del secundario	U2n [kV]	230
Tensión de corto circuito en secuencia positiva	uk [%]	11.44
Tensión de corto circuito en secuencia negativa	uk0 [%]	3
TOPOLOGÍA DE RED	UNIDAD	VALOR
Potencia de corto-circuito máxima del bus de Alta Tensión	[MVA]	6000
X/R	-	10

REGULADOR DE TENSION (AVR)

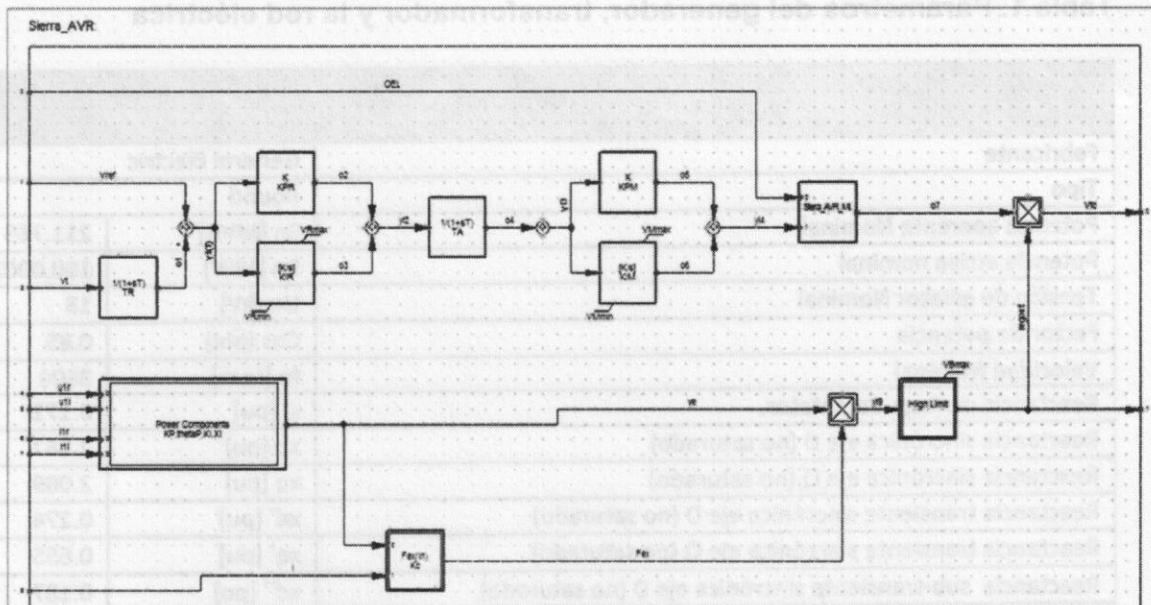


Figura 1. Modelo del AVR para las unidades a gas.

Tabla 2. Parámetros AVR

Parámetros AVR			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G2_AVR			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Measurement Delay	TR	[s]	0.01
1st Proportional Gain	KPR	[pu]	2.83
2nd Proportional Gain	KPM	[pu]	1
1st Integral Gain	KIR	[pu]	2.83
2nd Integral Gain	KIM	[pu]	0
Measurement Delay	TA	[s]	0.02
Line Compensation Voltage Component (Magnitud)	KP	[pu]	5.61
Voltage Component (angle)	thetaP	[deg.]	0
Line Compensation Current Component	KI	[pu]	0
Reactance of voltage component	XI	[pu]	0
Field Current Input Gain	Kc	[pu]	0
Voltage Regulator Minimum Output	VRmin	[pu]	-0.87
Fordward Minimum Output	VMmin	[pu]	-0.87
Voltage Regulator Maximum Output	VRmax	[pu]	1
Fordward Maximum Output	VMmax	[pu]	1
Exciter voltage limit	VBmax	[pu]	7.01

SISTEMA ESTABILIZADOR DE POTENCIA (PSS)

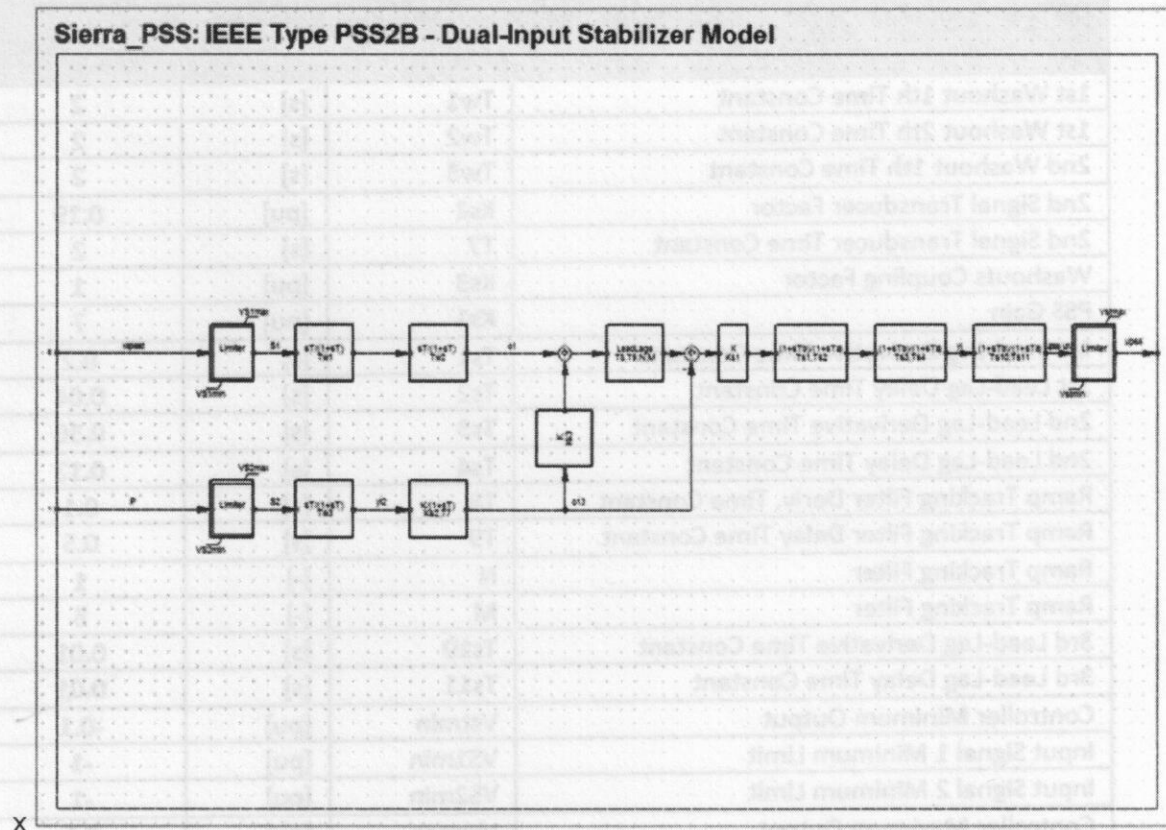


Figura 3. Modelo del PSS - Modelo.

Tabla 3. Parámetros PSS

Parámetros PSS			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G2_PSS			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
1st Washout 1th Time Constant	Tw1	[s]	2
1st Washout 2th Time Constant	Tw2	[s]	2
2nd Washout 1th Time Constant	Tw3	[s]	2
2nd Signal Transducer Factor	Ks2	[pu]	0.19
2nd Signal Transducer Time Constant	T7	[s]	2
Washouts Coupling Factor	Ks3	[pu]	1
PSS Gain	Ks1	[pu]	7
1st Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts1	[s]	0.2
1st Lead-Lag Delay Time Constant	Ts2	[s]	0.04
2nd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts3	[s]	0.36
2nd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts4	[s]	0.12
Ramp Tracking Filter Deriv. Time Constant	T8	[s]	0.1
Ramp Tracking Filter Delay Time Constant	T9	[s]	0.5
Ramp Tracking Filter	N	[-]	1
Ramp Tracking Filter	M	[-]	5
3rd Lead-Lag Derivative Time Constant	Ts10	[s]	0.01
3rd Lead-Lag Delay Time Constant	Ts11	[s]	0.01
Controller Minimum Output	Vstmin	[pu]	-0.1
Input Signal 1 Minimum Limit	VS1min	[pu]	-1
Input Signal 2 Minimum Limit	VS2min	[pu]	-1
Controller Maximum Output	Vstmax	[pu]	0.1
Input Signal 1 Maximum Limit	VS1max	[pu]	1
Input Signal 2 Maximum Limit	VS2max	[pu]	1

Tabla 3. Parámetros PSS

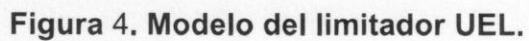


Tabla 4. Parámetros UEL

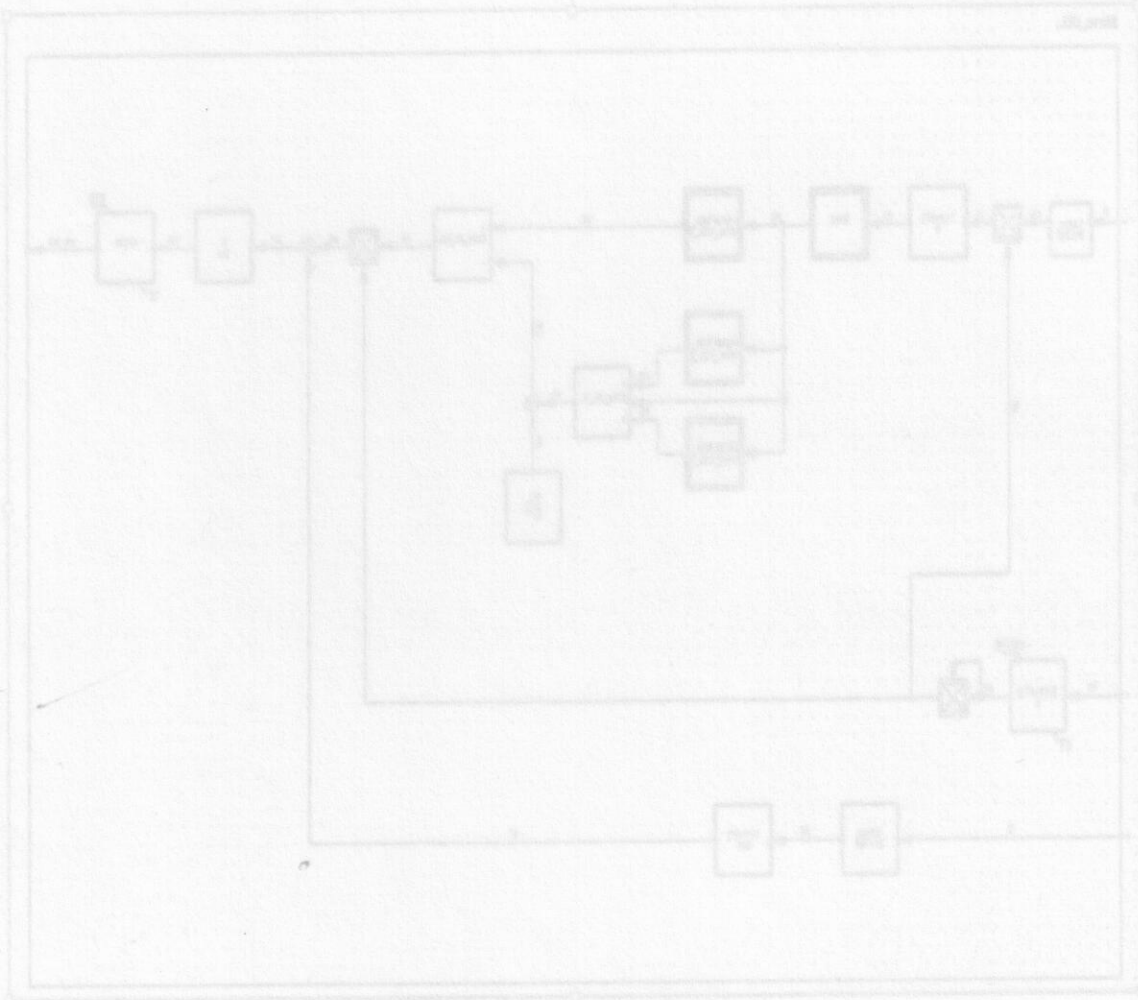


Figura 4. Modelo del limitador UEL



Consejo Nacional de Operación

Parámetros del limitador UEL			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La Sierra Verification >> G2_UEL			
Parámetro		Unidad	Valor utilizado
Ganancia proporcional	Kp	pu	0.8
Ganancia integral	Ki	r/s	0.5
UEL_1	x0	pu	0.11284
	x1	pu	0.40856
	x2	pu	0.70428
	x3	pu	0.970428
	x4	pu	1
	y0	pu	-4.44086
	y1	pu	-2.96057
	y2	pu	-1.48029
	y3	pu	-0.14803
	y4	pu	0
UEL_2	x0	pu	0
	x1	pu	0.12939
	x2	pu	0.258781
	x3	pu	0.388171
	x4	pu	0.517562
	x5	pu	0.646952
	x6	pu	0.711647
	x7	pu	0.776343
	x8	pu	0.841038
	x9	pu	0.905733
	x10	pu	0.970428
	y0	pu	-0.4164
	y1	pu	-0.4164
	y2	pu	-0.4164
	y3	pu	-0.4184
	y4	pu	-0.380603
	y5	pu	-0.325132
	y6	pu	-0.297276
	y7	pu	-0.279432
	y8	pu	-0.258796
	y9	pu	-0.228161
	y10	pu	-0.16803
UEL_3	x0	pu	0
	x1	pu	0.12939
	x2	pu	0.258781
	x3	pu	0.38861
	y0	pu	-0.442368
	y1	pu	-0.442096
	y2	pu	-0.429011
	y3	pu	-0.4184

ak.

LIMITADOR DE SOBRE EXCITACIÓN (OEL)

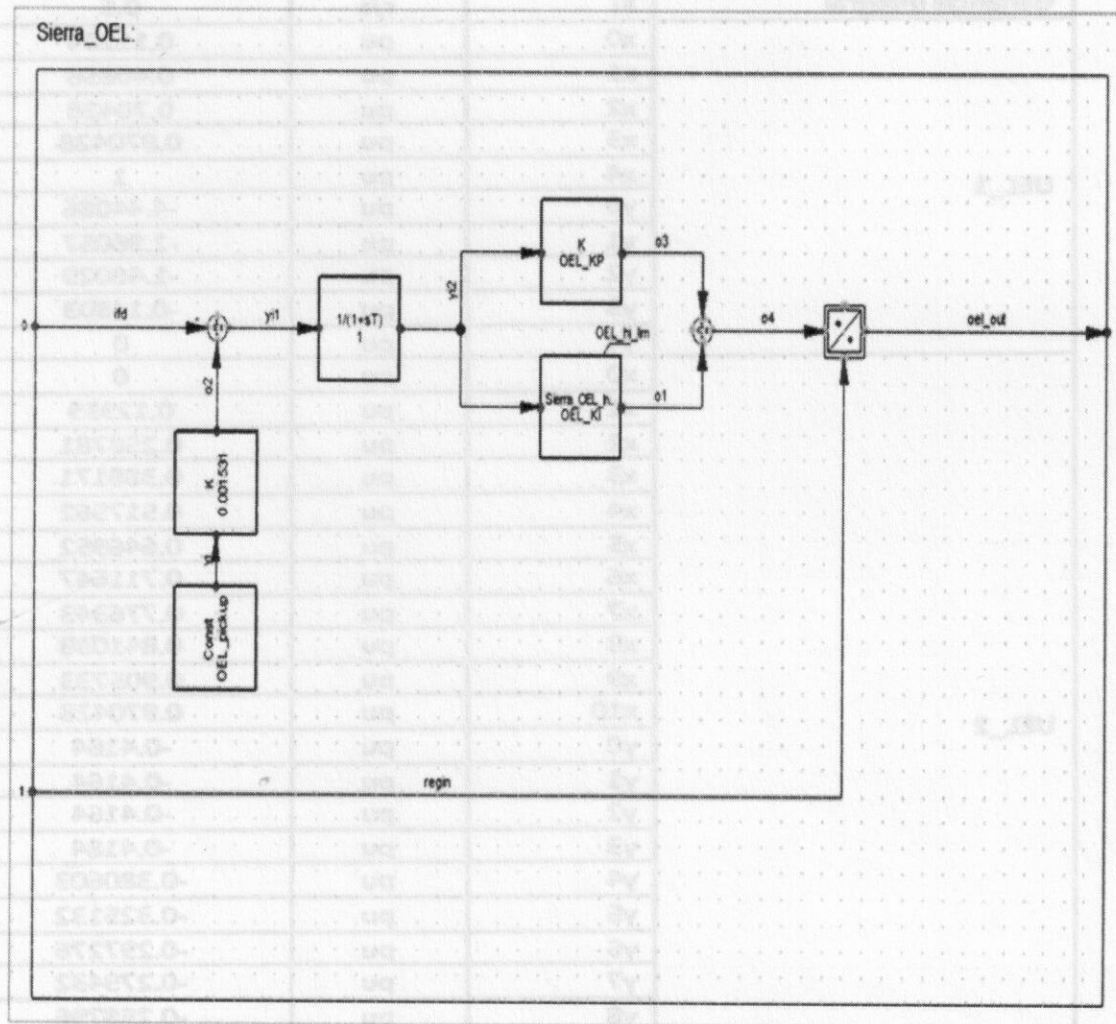


Figura 5. Modelo del OEL.

Tabla 5. Parámetros OEL

Parámetros limitador OEL			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G2_OEL			
Parámetro	Unidad	Valor	Descripción
OEL_pickup	A	1483.308	OEL Pickup Current
OEL_hi_lim	A	2458.4	OEL High Limit
OEL_KP	pu	1	Ganancia proporcional
OEL_KI	pu	1	Ganancia Integral

LIMITADOR RELACIÓN VOLTIOS – HERTZ (V/Hz)

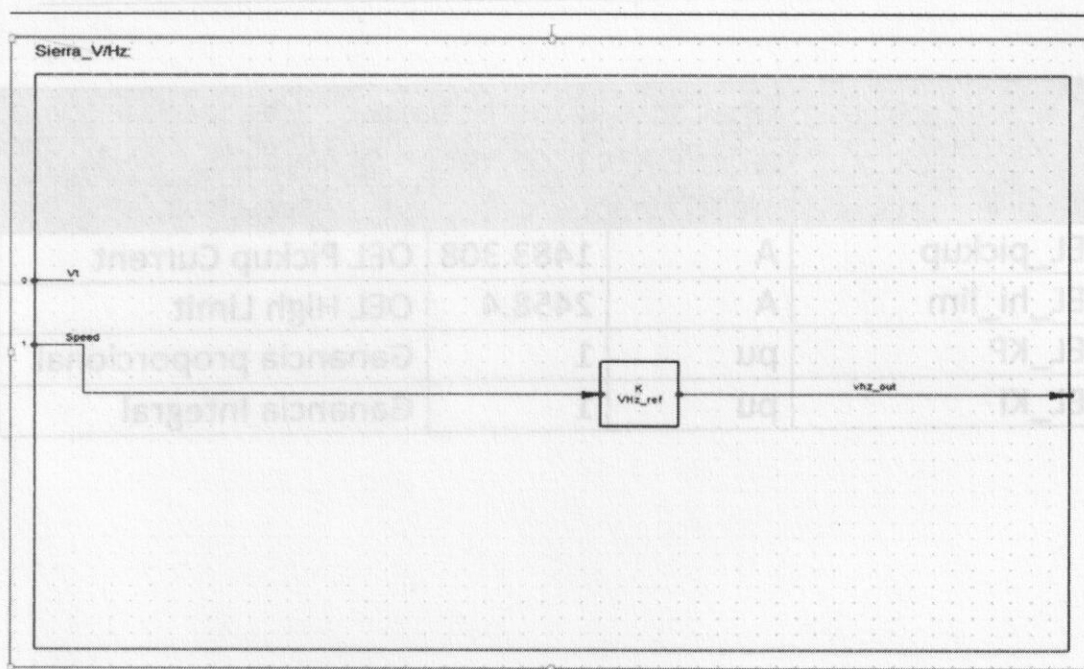
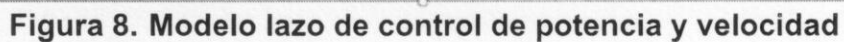
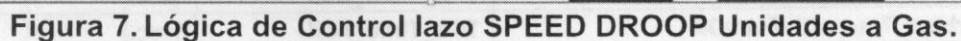


Figura 6. Modelo del limitador V/Hz.

Tabla 6. Parámetros V/Hz

Parámetros V/Hz			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> G2_V/Hz			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
VHz Ratio Limit	VHz_ref	[p.u.]	1.09

TURBINA Y GOBERNADOR:



Acuerdo 944

Parámetros regulador de Velocidad / Potencia			
Network Model >> Network Data >> Grid >> La_Sierra_Verification >> GUC_U2			
Descripción	Parámetro	Unidad	Valor
Power Control Mea. Filter Time	PC_P_Mea_Time	[sec.]	30
Base Power of Unit	P_Base	[MW]	192
Power Control Integration Time	PC_I_T	[sec.]	30
Speed Control Mea. Filter Time	DWKDTC	[sec.]	5
Speed Control Dead Band	db	[MW]	0
FSR Speed Ref Prop Gain	FSKNG	[%/%]	12
FSR Speed Control Lead Time	FSKNTC	[sec.]	7
Turbine Time with Gas	TRB_Time_Gas	[sec.]	4
Turbine Time with Fuel Oil	TRB_Time_FOil	[sec.]	2
Speed Control Droop Setting	DWKDGD	[%/MW]	0.0267
0-> Gas---1-> Fuel Oil	Main_Fuel	[-]	0

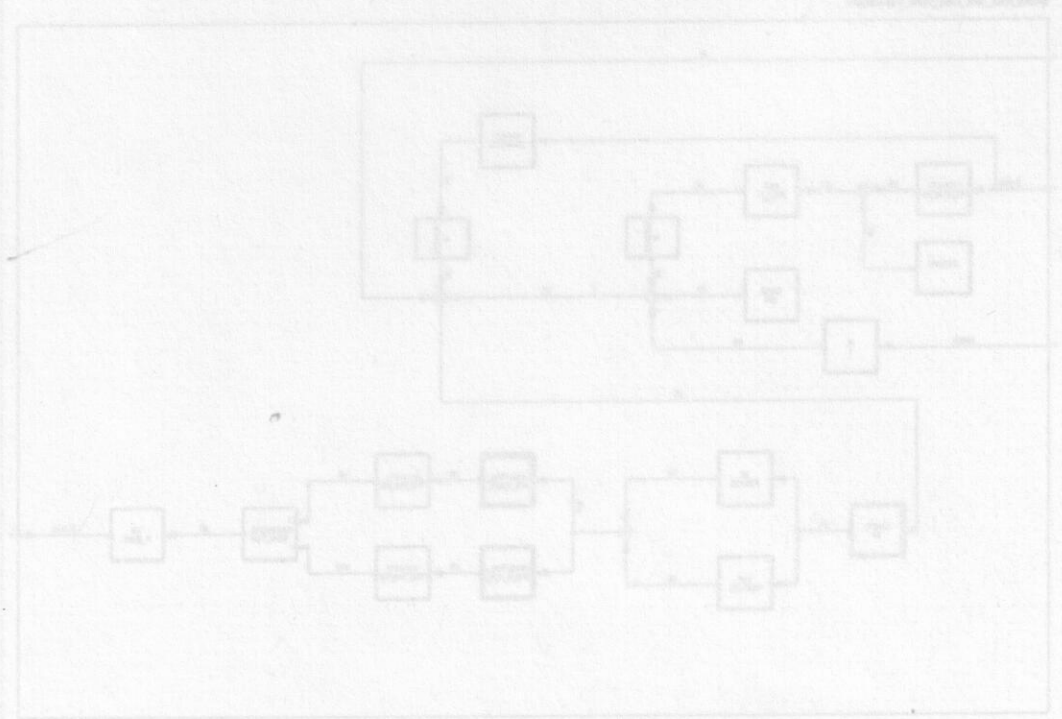


Figura 8. Modelo lazo de control de potencia y velocidad

Tabla 7. Parámetros del regulador de Velocidad / Potencia