

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Acuerdo No. 849 3 de marzo de 2016

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 central hidroeléctrica Amoyá La Esperanza

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. 473 del 3 de marzo de 2016 y,

CONSIDERANDO

1. Que en el Acuerdo 752 de 2015 (hoy 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, ISAGEN S.A. E.S.P. solicitó al CND mediante comunicación con número de radicado en XM 201544022186-3 del 30 de diciembre de 2015, el cambio de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de la central hidroeléctrica Amoyá La Esperanza.
3. Que XM S.A. E.S.P. mediante comunicación 001751-1 del 29 de enero de 2016 dio concepto favorable a la solicitud de modificación de los parámetros técnicos y los sistemas de control asociados a los generadores de la central hidroeléctrica Amoyá La Esperanza.
4. Que el Subcomité de Controles en su reunión 68 del 16 de febrero de 2016 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 central hidroeléctrica Amoyá La Esperanza.
5. Que el Comité de Operación en su reunión 268 del 25 de febrero de 2016 recomendó al CNO la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA:

PRIMERO. 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

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

central hidroeléctrica del río Amoyá La Esperanza como se muestra en los Anexos del presente Acuerdo que hacen parte integral del mismo.

SEGUNDO. El presente Acuerdo rige a partir del despacho que se realizará el 8 de marzo de 2016 para la operación del 9 de marzo de 2016.

Presidente,

Secretario Técnico,



DIANA M. JIMÉNEZ RODRÍGUEZ



ALBERTO OLARTE AGUIRRE

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 1. SIGLAS Y SIMBOLOGÍA USADAS

En el transcurso de los anexos que hacen parte de este documento, se usan las siguientes siglas:

- RV: Regulador de Velocidad / Gobernador de Velocidad (*Speed Governor*)
- RT: Regulador de Tensión (*AVR: Automatic Voltage Regulator*)
- PSS: Estabilizador de Sistema de Potencia (*Power System Stabilizer*)
- OEL: Limitador de Corriente de Excitación (*Over Excitation Limiter*)
- MEL: Limitador de Mínima Corriente de Excitación (*Minimum Excitation Limiter*)
- LVHZ: Limitador Volts/Hertz
- SCL: Limitador de Corriente Terminal (*Stator Current Limiter*)
- UEL: Limitador de Subexcitación (*Under Excitation Limiter*)
- RCC: Compensador de Corriente Reactiva (*Reactive Current Compensator*)
- ACC: Compensador de Corriente Activa (*Active Current Compensator*)

En el transcurso los anexos que hacen parte de este documento, se usan las siguientes variables:

- S: Potencia Aparente
- P : Potencia Activa
- Q: Potencia Reactiva
- FP: Factor de potencia
- Vt: Tensión Terminal del Generador
- It: Corriente Terminal del Generador
- W: Frecuencia, Velocidad o Rotación
- YD: Posición del actuador (distribuidor)
- YVD: Posición de la válvula distribuidora
- Vfd: Tensión de Campo (Excitación) del Generador
- Ifd: Corriente de Campo (Excitación) del Generador
- Control: Señal de control del regulador de tensión o velocidad
- H0 : Caída neta
- Tw: Tiempo de arranque del agua
- 2H: Constante de Inercia del conjunto generador-turbina
- D: coeficiente de amortiguamiento
- xd: reactancia de eje directo
- x'd: reactancia transitoria de eje directo
- x''d: reactancia subtransitoria de eje directo
- xq: reactancia de eje cuadratura
- x'q: reactancia transitoria de eje cuadratura
- x''q: reactancia subtransitoria de eje cuadratura
- xl: reactancia de dispersión
- T'do: Constante de tiempo transitoria de eje directo en circuito abierto
- T''do: Constante de tiempo subtransitoria de eje directo en circuito abierto
- T''qo: Constante de tiempo subtransitoria de eje cuadratura en circuito abierto
- xe: reactancia externa equivalente

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 2. DATOS TÉCNICOS GENERALES DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL RÍO AMOYÁ LA ESPERANZA.

En las tablas abajo son presentados los datos generales del generador, turbina y controladores (sistema de excitación y gobernador de velocidad) de cada una de las unidades 1 y 2 de la central hidroeléctrica de Amoyá.

Tabla 1 - Generador

Característica	Datos
Fabricante	VOITH HYDRO
Tipo de Generador	Sincrónico
Tipo del Rotor	Polos Salientes
Potencia Nominal	45,7 MVA
Voltaje Nominal	13,8 kV
Factor de Potencia Nominal	0,9
Voltaje de Excitación (air gap)	41,9 V
Corriente de Excitación Nominal	1018 A
Frecuencia Nominal	60 Hz
Número de Polos	14
Rotación Nominal	514,3 rpm
Rotación de embalamiento	925 rpm
Momento de Inercia	90 tm ²

Tabla 2 - Turbina

Característica	Datos
Fabricante	VOITH HYDRO
Tipo	Pelton Vertical
Potencia nominal (solo una unidad operando)	42,016 MW
Caída neta nominal	483 m
Caída neta nominal (solo una unidad operando)	511 m
Caudal nominal	9,2 m ³ /s

Tabla 3 - Sistema de Excitación y PSS

Característica	Datos
Fabricante	VOITH
Modelo	THYRICON

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Tipo del PSS	2B
PSS	Habilitado
LVHZ	Habilitado
UEL	Habilitado
SCL	Habilitado
OEL	Habilitado
RCC	Habilitado
ACC	Habilitado

Tabla 4 - Gobernador de Velocidad

Característica	Datos
Fabricante	VOITH - SIEMENS
Modelo	HYCON GC422

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 3

DIAGRAMAS DE BLOQUE Y TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE LA UNIDAD 1

Generador

Modelo de la Máquina Síncrona

Los diagramas según el eje directo y cuadratura están presentados en las figuras 1 y 2.

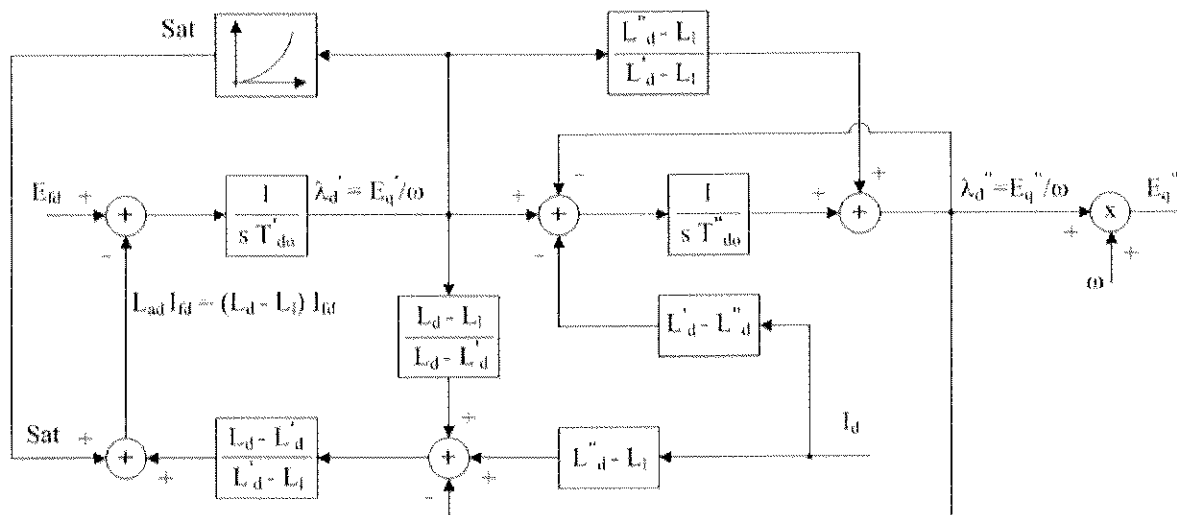


Figura 1 - Modelo de la Máquina Síncrona de Polos Salientes – Eje Directo

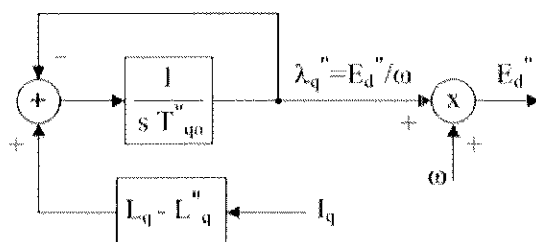


Figura 2 - Modelo de la Máquina Síncrona de Polos Salientes – Eje Cuadratura

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Parámetros del Generador

Tabla 5 – Datos Base del Generador y Simulaciones

Parámetro Base	Valor	Unidad
S	45,7	MVA
Vt	13,8	kV
It	1912	A
FP	0,90	-
N	514,3	rpm
W	60	Hz
Ifd (Entrehierro)	606,0	A
Vfd (Entrehierro R[25°])	44,17	V
Vfd (Entrehierro R[75°])	52,7	V
Rfd [25°C]	0,072886	Ohm
Rfd [75°C]	0,08693	Ohm

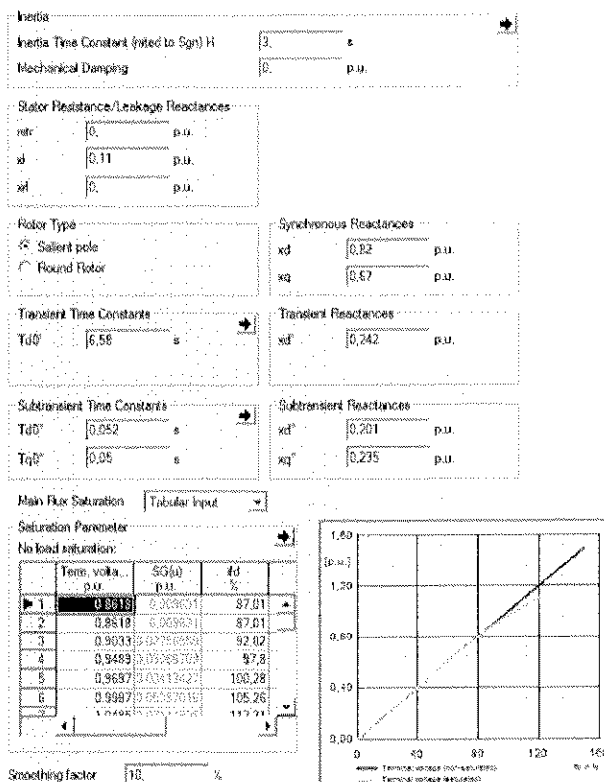


Figura 3 – Parámetros Calculados del Generador

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Convertor de Potencia (Digsilent = DRIVE)

DRIVE_Amy:

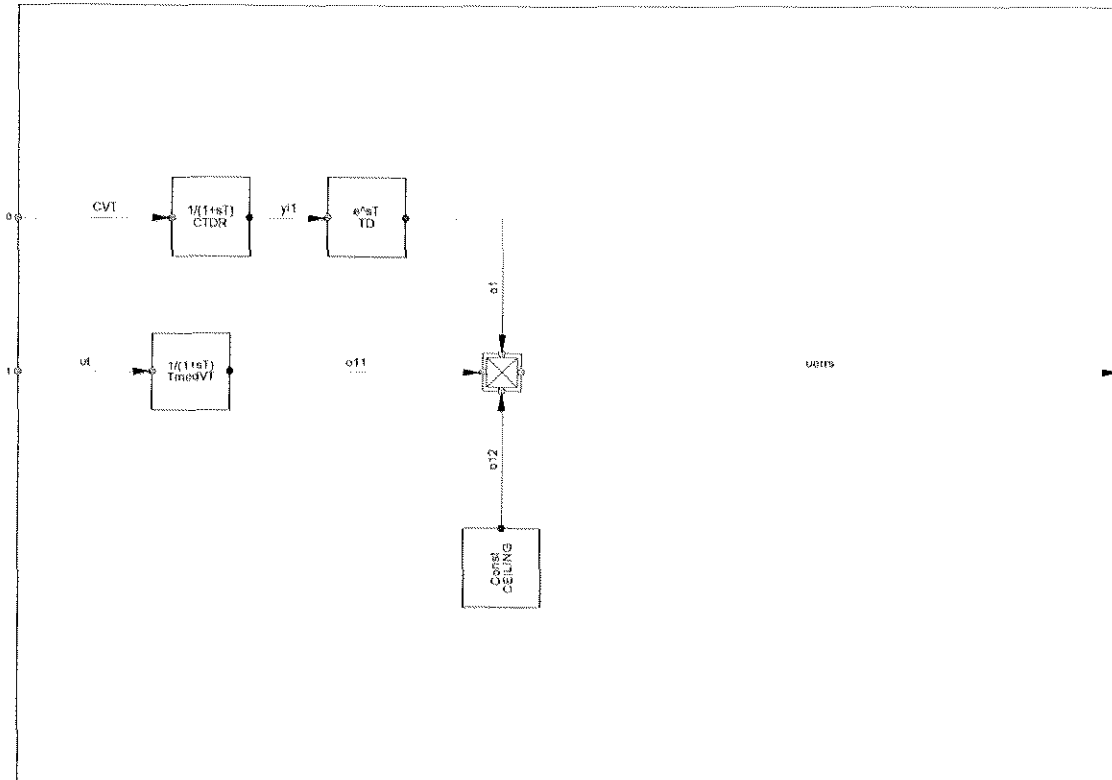


Figura 6 – Diagrama de bloques del convertor de potencia

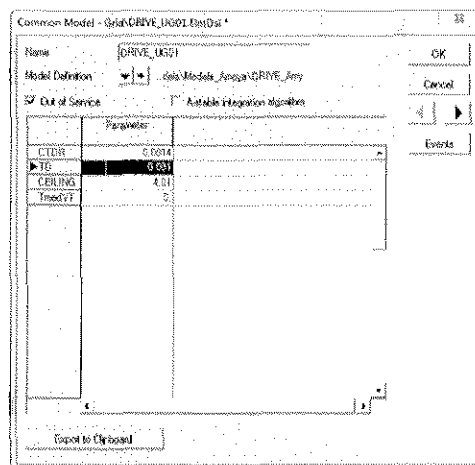


Figura 7 – Parámetros del convertor de potencia

LVHZ

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LVHZ_Amy:

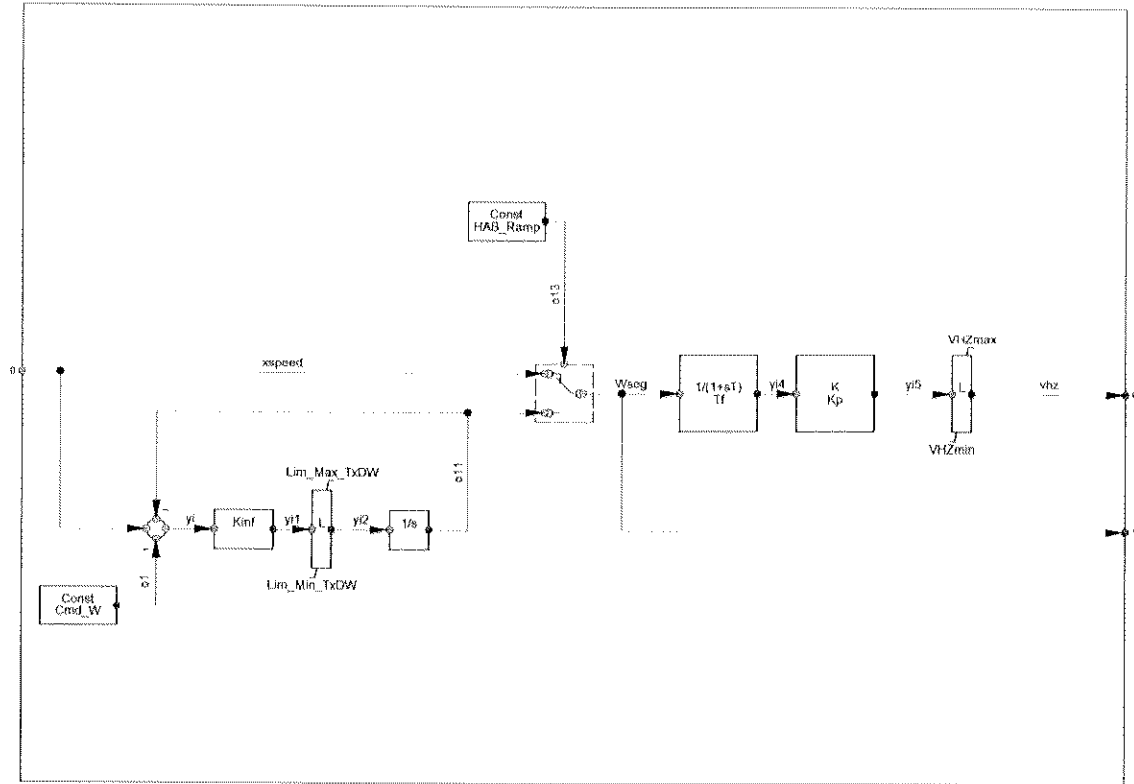


Figura 8 – Diagrama de bloques del limitador VHZ

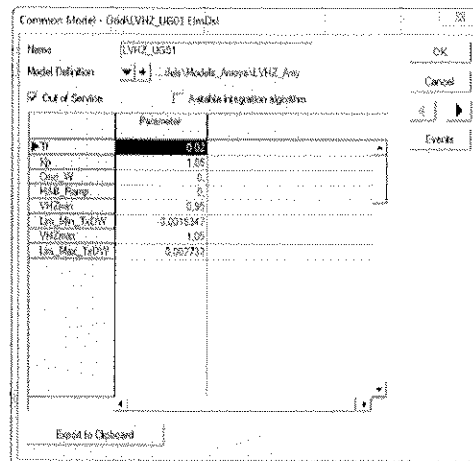


Figura 9 – Parámetros del limitador VHZ

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

OEL

OEL_Amy:

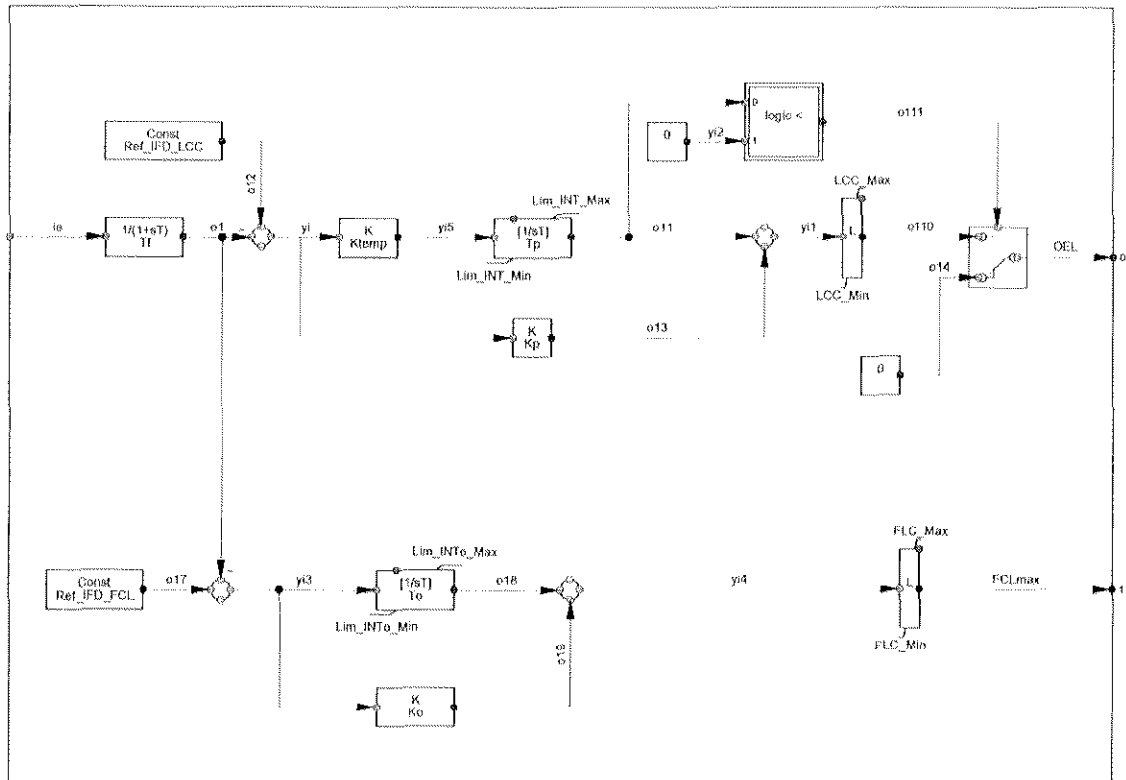


Figura 10 -- Diagrama de bloques del limitador OEL

Common Model - GridOEL_UG01.EneDra

Name: OEL_UG01

Model Definition: I:\data\Modulos_Amoya\OEL_Amy

☐ Out of Service ☐ Available integration algorithm

Parameter	Value
Ref_IFD_LCC	0.02
To	1.6
Kp	5
Ref_IFD_FCL	2.26
To	0.53
Ko	25
Ktemp	6.7
Lim_INT_Min	-4.0
LCC_Min	0.0
Lim_INTto_Min	-0.856
FCL_Min	-0.856
Lim_INT_Max	6.9
LCC_Max	6
Lim_INTto_Max	0.9848
FCL_Max	0.9848

Export to Clipboard

Figura 11 -- Parámetros del limitador OEL

SCL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

SCL_Amy.

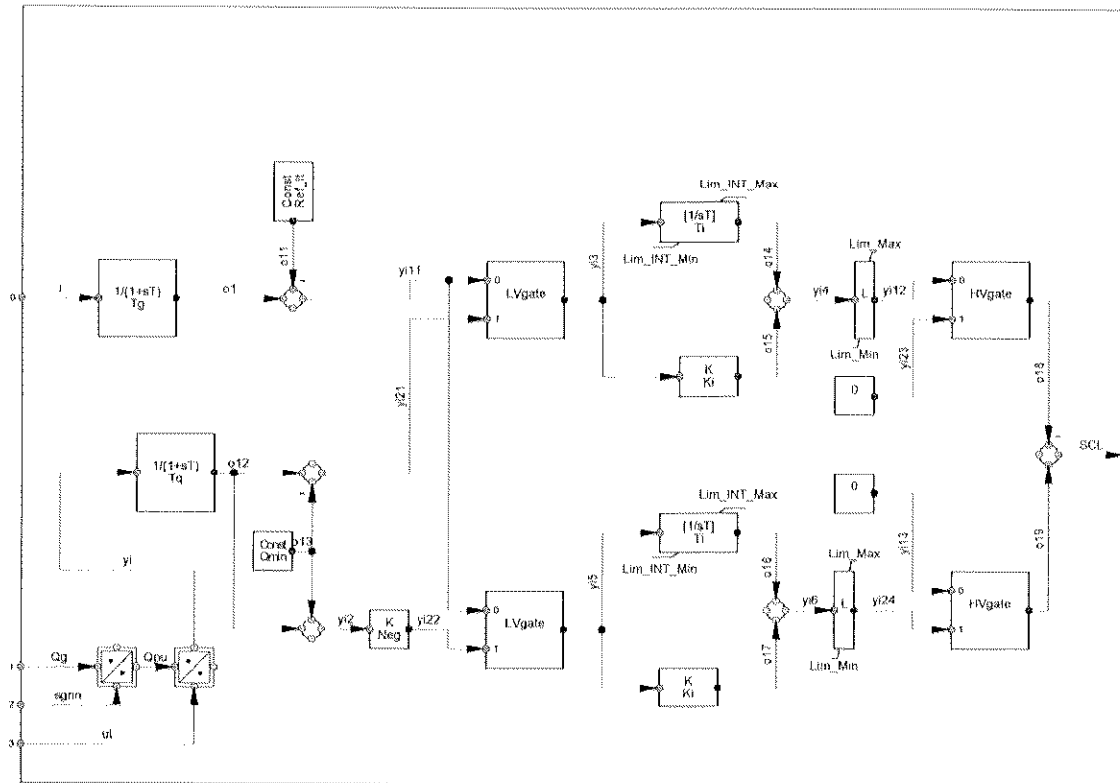


Figura 12 – Diagrama de bloques del limitador SCL

Common Model - Grid SCL - L001.Esim

Name: SCL_0001

Model Definition: del\Models_Amya\SCL_fery

☒ Out of Service ☐ Available integration algorithm

Parameter	Value
Tg	0.02
Tg	0.02
Qg	1.1
Qgd	0.11
Neg	-1
Ti	10
K	0.1
Lim_INT_Min	0.1
Lim_Min	0.1
Lim_INT_Max	0.3
Lim_Max	0.3

Export to Clipboard

Figura 13 – Parámetros del limitador SCL

UEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

UEL_Amy:

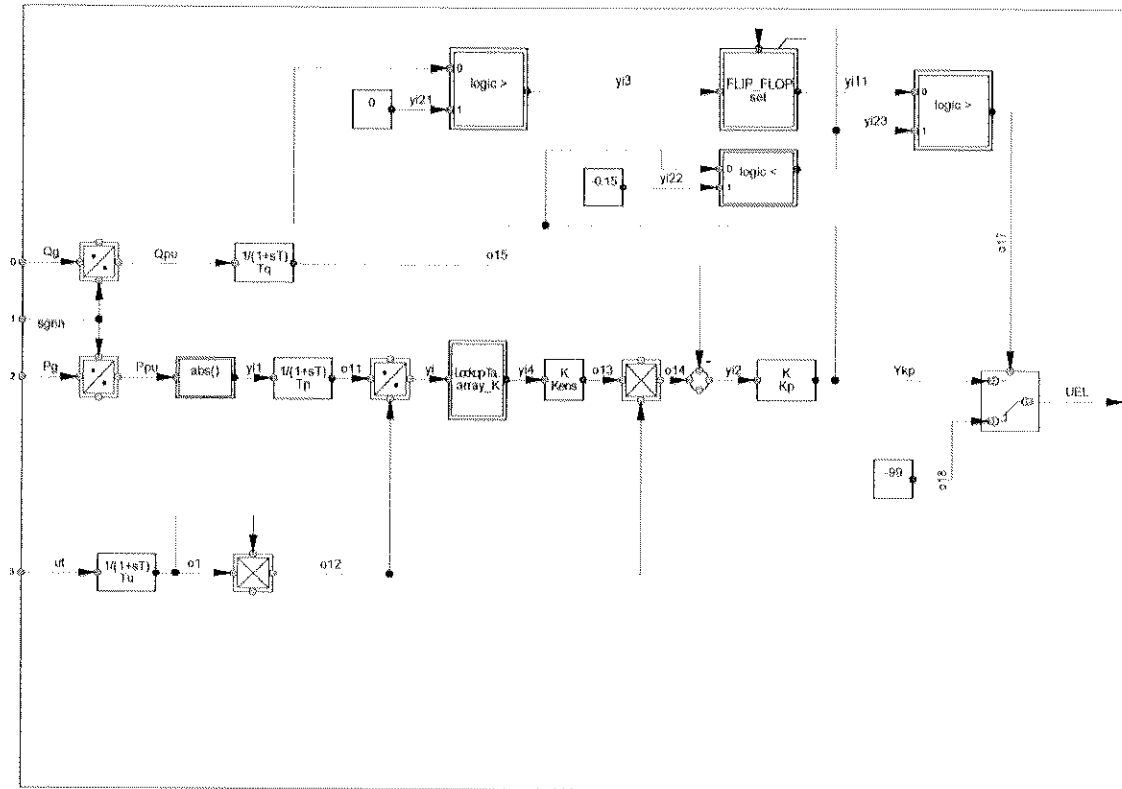


Figura 14 – Diagrama de bloques del limitador UEL

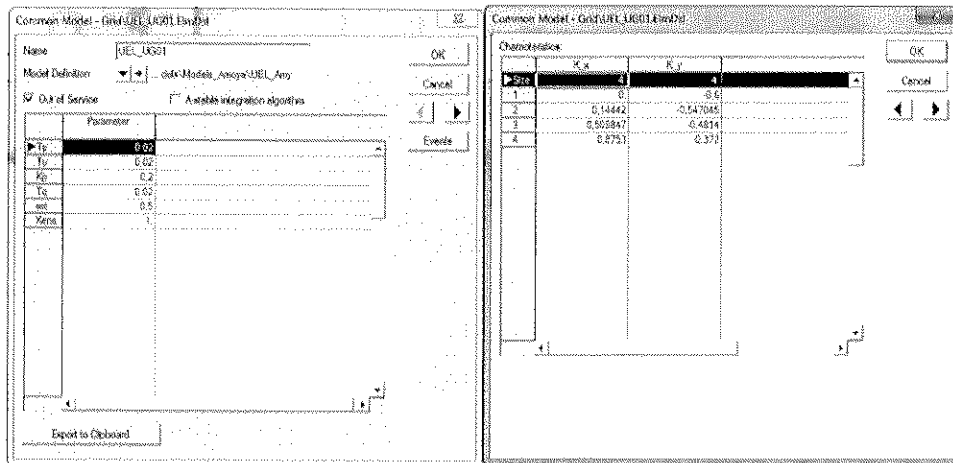


Figura 15 – Parámetros del limitador UEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MEL

MEL_Amy.

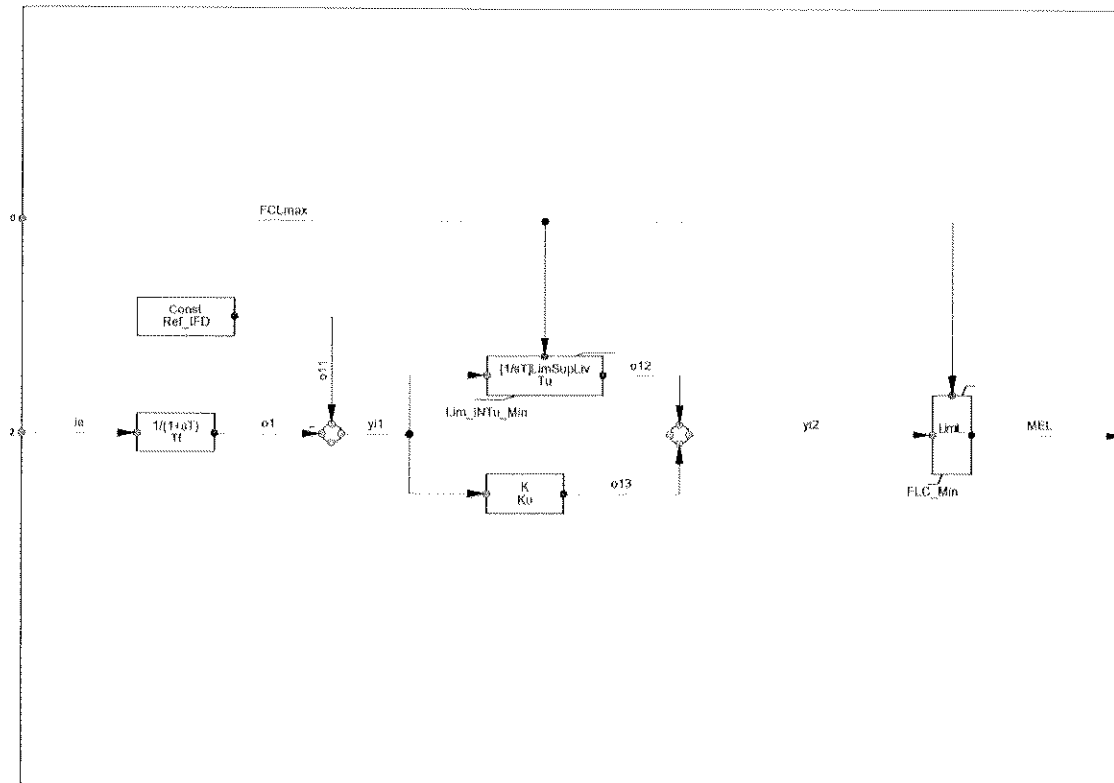


Figura 16 – Diagrama de bloques del limitador MEL

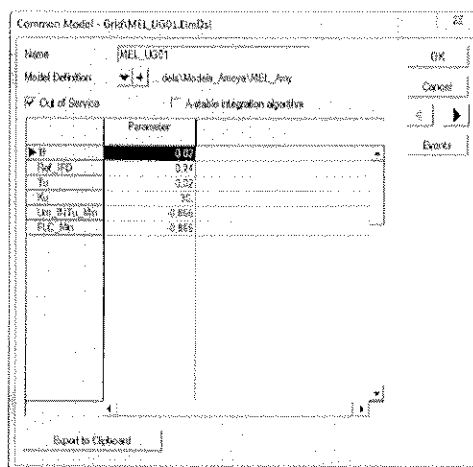


Figura 17 – Parámetros del limitador MEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Estabilizador del Sistema de Potencia

Diagrama de Bloques y Parámetros

PSS

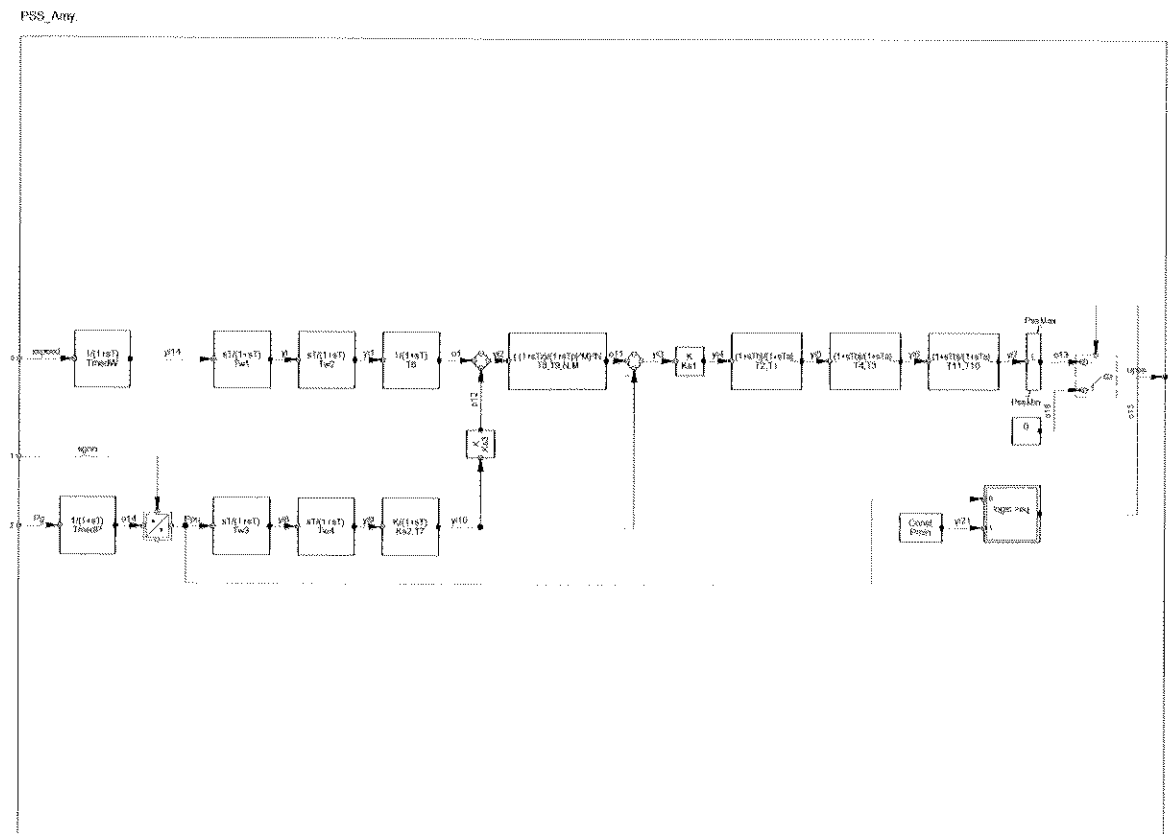


Figura 18 – Diagrama de bloques del Estabilizador de Sistema de Potencia

Common Model - Grid/PSS_U001.Dia.Dia		Common Model - Grid/PSS_U001.Dia.Dia	
Name	PSS_U001	Name	PSS_U001
Model Definition	...del'Modelo_Anyo/PSS_Any	Model Definition	...del'Modelo_Anyo/PSS_Any
☒ Out of Service	☐ Available integration algorithm	☒ Out of Service	☐ Available integration algorithm
Parameter		Parameter	
Tw1	3	T11	1
Tw2	1	T12	1
Tw3	0	TiredW	0
Tw4	2	TiredP	0
K01	1.54	PosMax	0.43
T2	1	PosMin	0.55
K02	1	PosMax	0.55
T0	0.4		
N	1		
K01	4		
K01	1		
T2	0.076		
T1	0.19		
T4	0.076		
T3	0.19		

Figura 19 – Parámetros del Estabilizador de Sistema de Potencia

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Control de Potencia – UG01

Potencia_Amy:

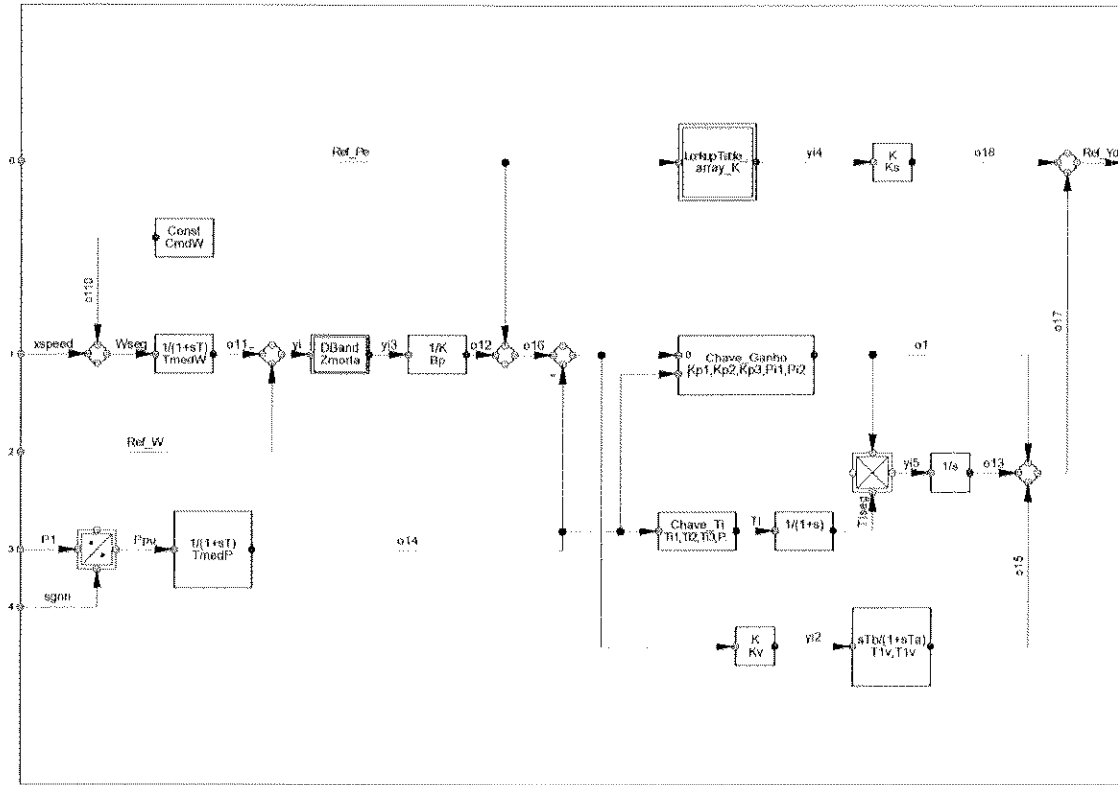


Figura 22 – Diagramas de bloques del Control de Potencia

Common Model - Grid/Potencia_UG01.BmDsl		Common Model - Grid/Potencia_UG01.BmDsl	
Name: Potencia_UG01		Characteristics:	
Model Definition: .../Madaki_Amya/Potencia_Amy		OK	
Out of Service: ☐ Available integration algorithm: ☐		Cancel	
Parameters:		Events:	
TmedP	0.02	1	0.0112
TmedW	0.02	2	0.00819
Rp	0.05	3	0.00819
Tv	1	4	0.1755
Kv	0	5	0.27983
UndW	0	6	0.25534
Brata	0.0025	7	0.45011
Rs	0	8	0.5323
Rd1	0.5	9	0.53059
Rd2	0.5	10	0.72342
Pd1	0.2	11	0.60249
Pd2	0.2	12	0.87051
Td1	15		
Td2	12		
Td3	7.5		
Export to Clipboard		OK	

Figura 23 – Datos del Control de Potencia

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Actuador – UG01

Actuador_Amy:

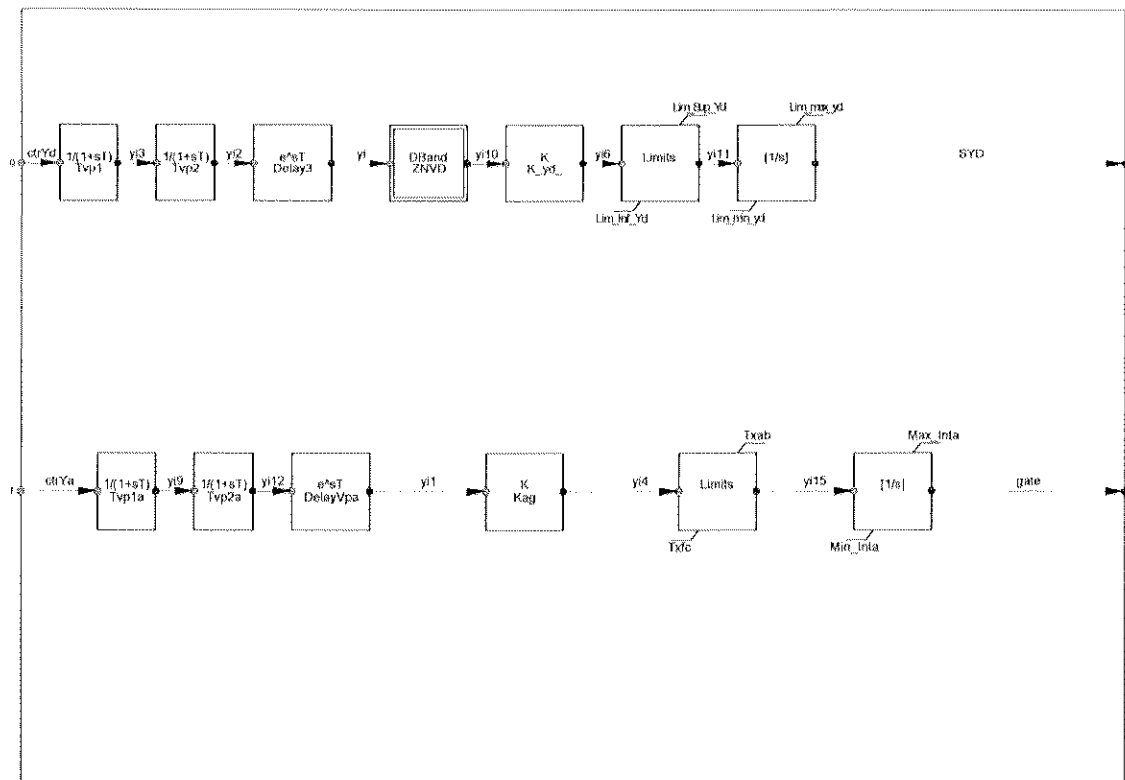


Figura 3 – Diagrama de bloques del Actuador

Common Model - GridActuador_UG01.LimDsl

Name: Actuador_UG01

Model Definition: e:\Models_Accesor\Actuador_Amy

Out of Service: ☐ Available integration algorithm

Parameter	Value
Tvp1	0.002
Tvp2	0.002
ZKVD	0
K _{Yd}	1.269556
Delay1	0.025
Tvp1a	0.01
Tvp2a	0.01
DelayVpa	0
Kag	0.01772
Lim _{sup_Yd}	0
Lim _{inf_Yd}	1.01336
Lim _{sup_Ya}	0.01772
Lim _{inf_Ya}	0
Lim _{max_Yd}	1
Lim _{sup_Yd}	1.269556
Lim _{inf_Ya}	0.01244
Max _{Inta}	1

Export to Clipboard

Figura 4 – Datos del Actuador

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Conducto y Turbina – UG01

Conducto_Turbina_Amy:

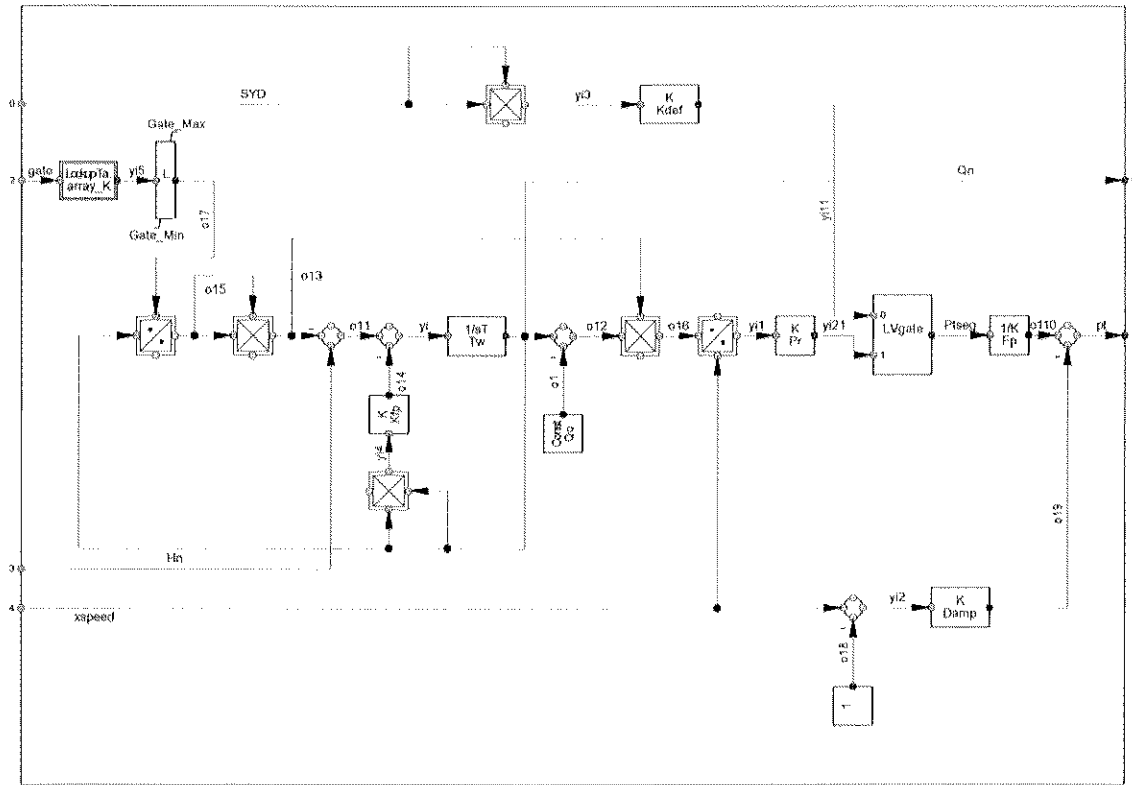
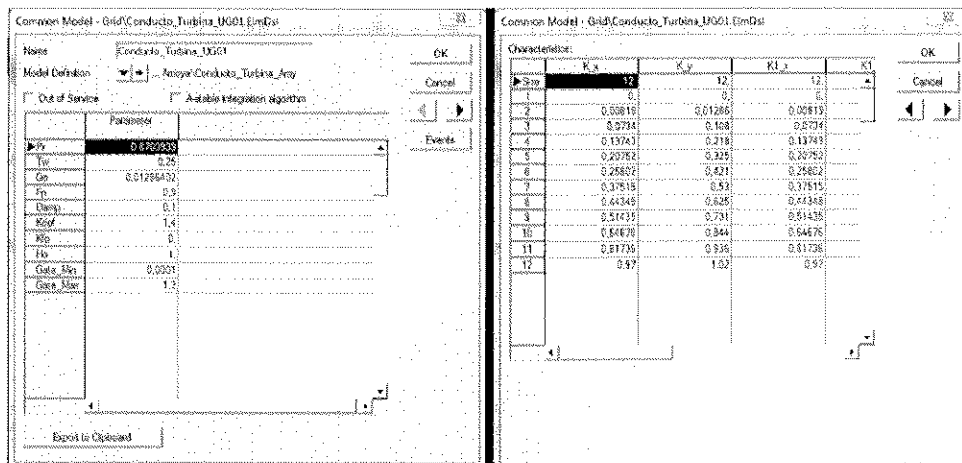


Figura 7 – Diagrama de Bloques del conducto y turbina



CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Common Model - GridConducto_Turbina_0001.5.mDb

Características:

Size	K1.y
1	0.8
2	0.8182
3	0.8363
4	0.8545
5	0.8727
6	0.8909
7	0.9091
8	0.9273
9	0.9455
10	0.9636
11	0.9818
12	1

OK Cancel

Figura 8 -- Datos del conducto y turbina

Túnel

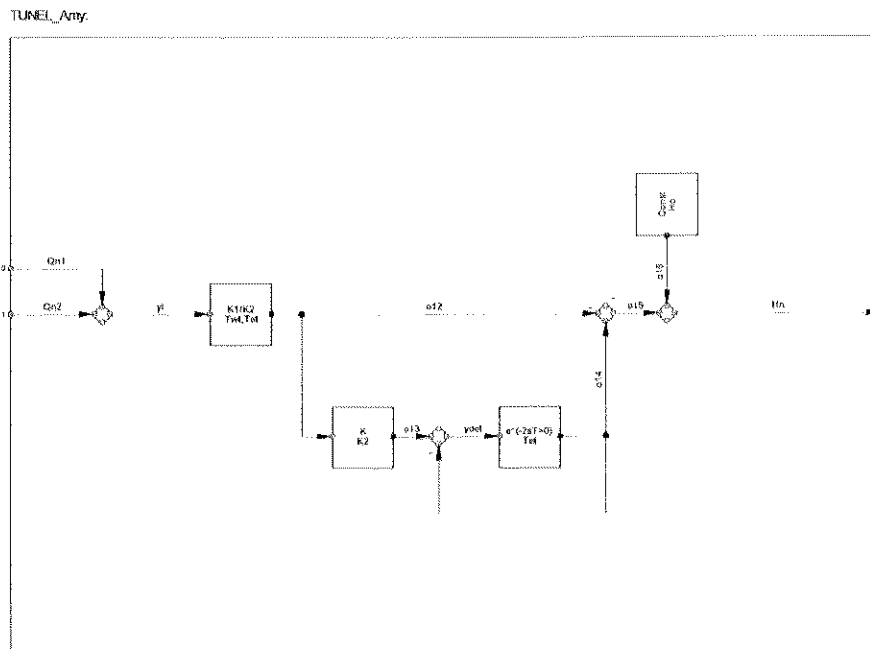


Figura 9 -- Diagrama de Bloques del túnel

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

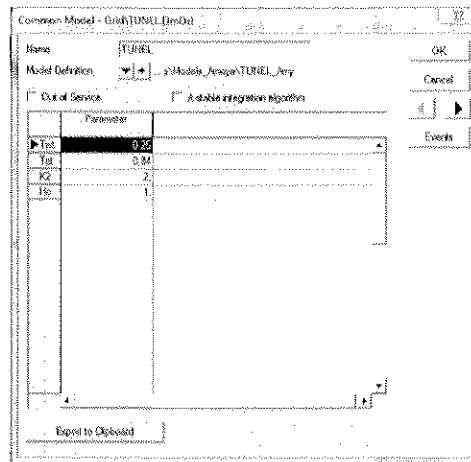


Figura 10 – Datos del túnel

Frame del Túnel

Frame_TUNEL_Army:

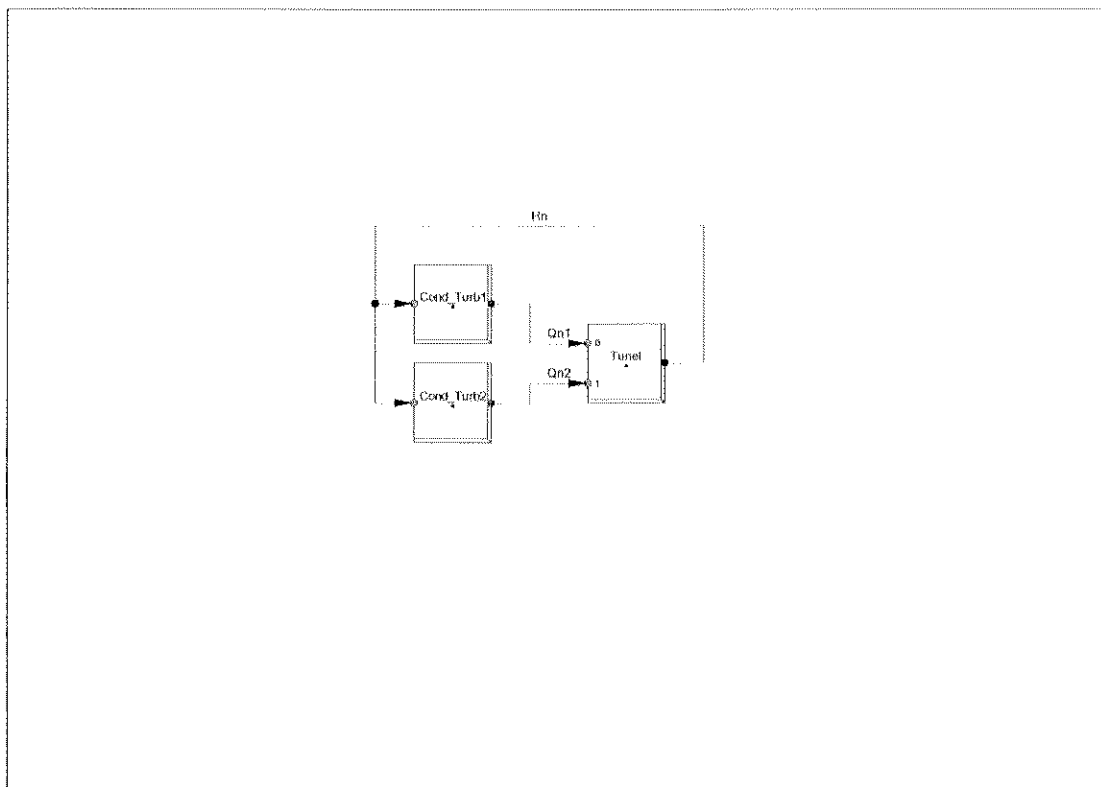


Figura 11 – Diagrama de Bloques del túnel

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

ANEXO 4 DIAGRAMAS DE BLOQUE Y TABLAS DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE LA UNIDAD 2

Generador

Modelo de la Máquina Síncrona

Los diagramas según el eje directo y cuadratura están presentados en las figuras 1 y 2.

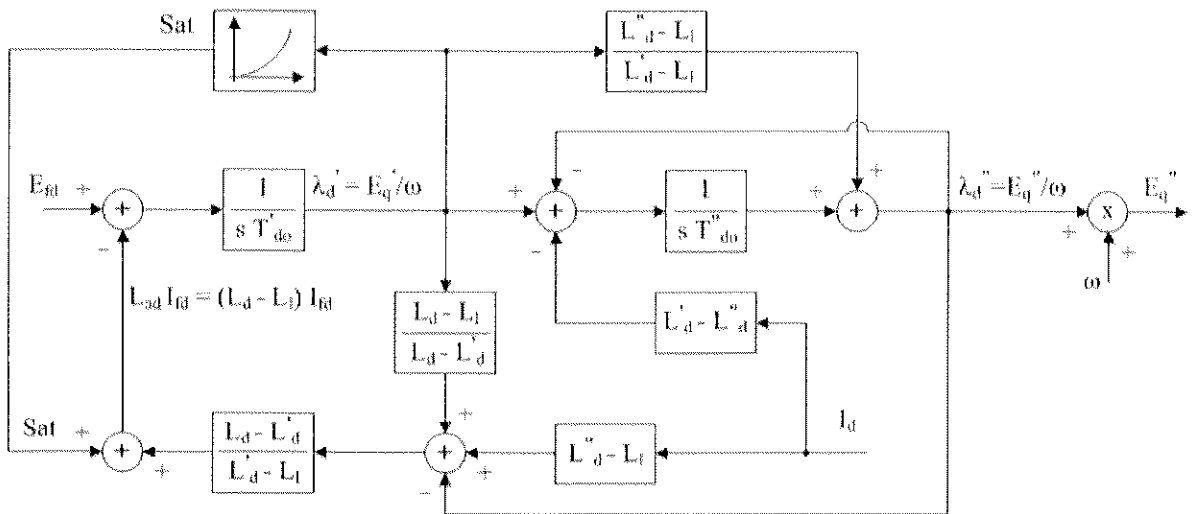


Figura 33 - Modelo de la Máquina Síncrona de Polos Salientes – Eje Directo

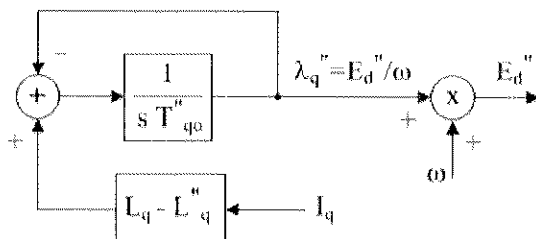


Figura 34 - Modelo de la Máquina Síncrona de Polos Salientes – Eje Cuadratura

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Parámetros del Generador

Tabla 5 – Datos Base del Generador y Simulaciones

Parámetro Base	Valor	Unidad
S	45,7	MVA
Vt	13,8	kV
It	1912	A
FP	0,90	-
N	514,3	rpm
W	60	Hz
Ifd (Entrehierro)	606,0	A
Vfd (Entrehierro R[25°])	44,5	V
Vfd (Entrehierro R[75°])	53,1	V
Rfd [25°C]	0,073433	Ohm
Rfd [75°C]	0,087582	Ohm

Inertia

Inertia Time Constant (rated to Sgn) H s

Mechanical Damping p.u.

Stator Resistance/Leakage Reactances

rsr p.u.

xl p.u.

xf p.u.

Rotor Type

☒ Salient pole

☐ Round Rotor

Synchronous Reactances

xd p.u.

xq p.u.

Transient Time Constants

Td0' s

Transient Reactances

xd' p.u.

Subtransient Time Constants

Td0'' s

Tq0'' s

Subtransient Reactances

xd'' p.u.

xq'' p.u.

Main Flux Saturation

Saturation Parameter

No load saturation:

	Term. volta... p.u.	SG(u) p.u.	Ifd %
1	0,8028	0,01523543	81,5031
2	0,8028	0,01523543	81,5031
3	0,8546	0,01430611	86,6826
4	0,9024	0,02657301	92,6199
5	0,9511	0,03924403	98,8425
6	0,9624	0,04232126	100,313
7	1,0000	0,04522200	106,224

Smoothing factor %

Figura 35– Parámetros Calculados del Generador

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Conversor de Potencia (Digsilent = DRIVE)

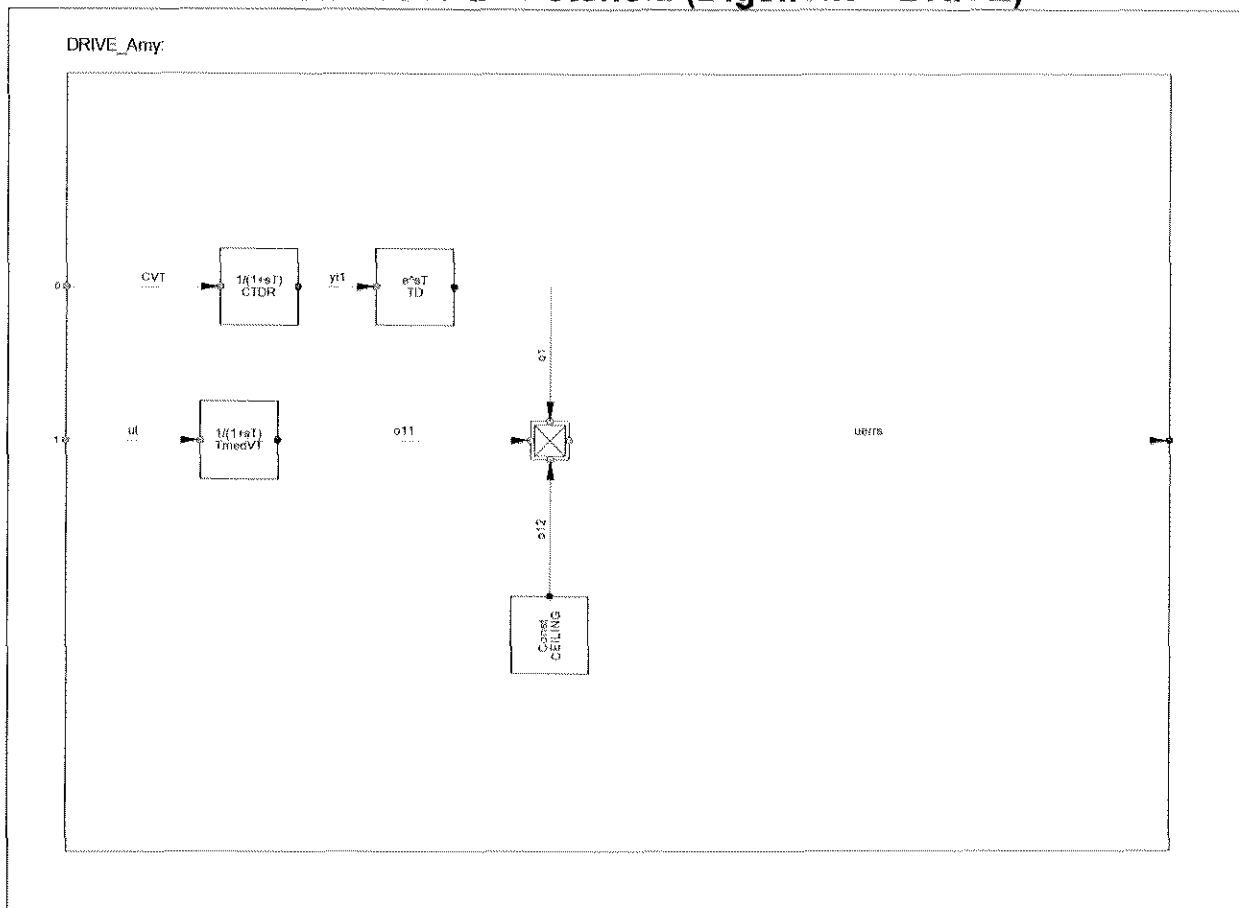


Figura 38 – Diagrama de bloques del conversor de potencia

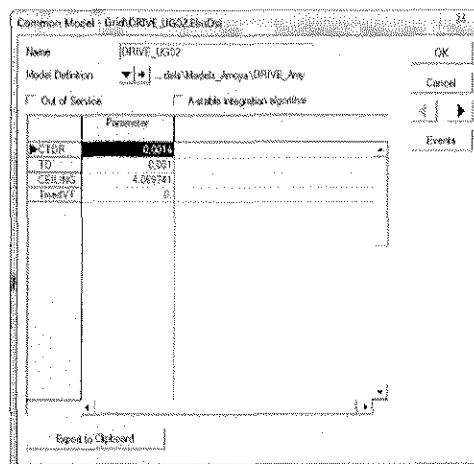


Figura 39 – Parámetros del conversor de potencia

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

LVHZ

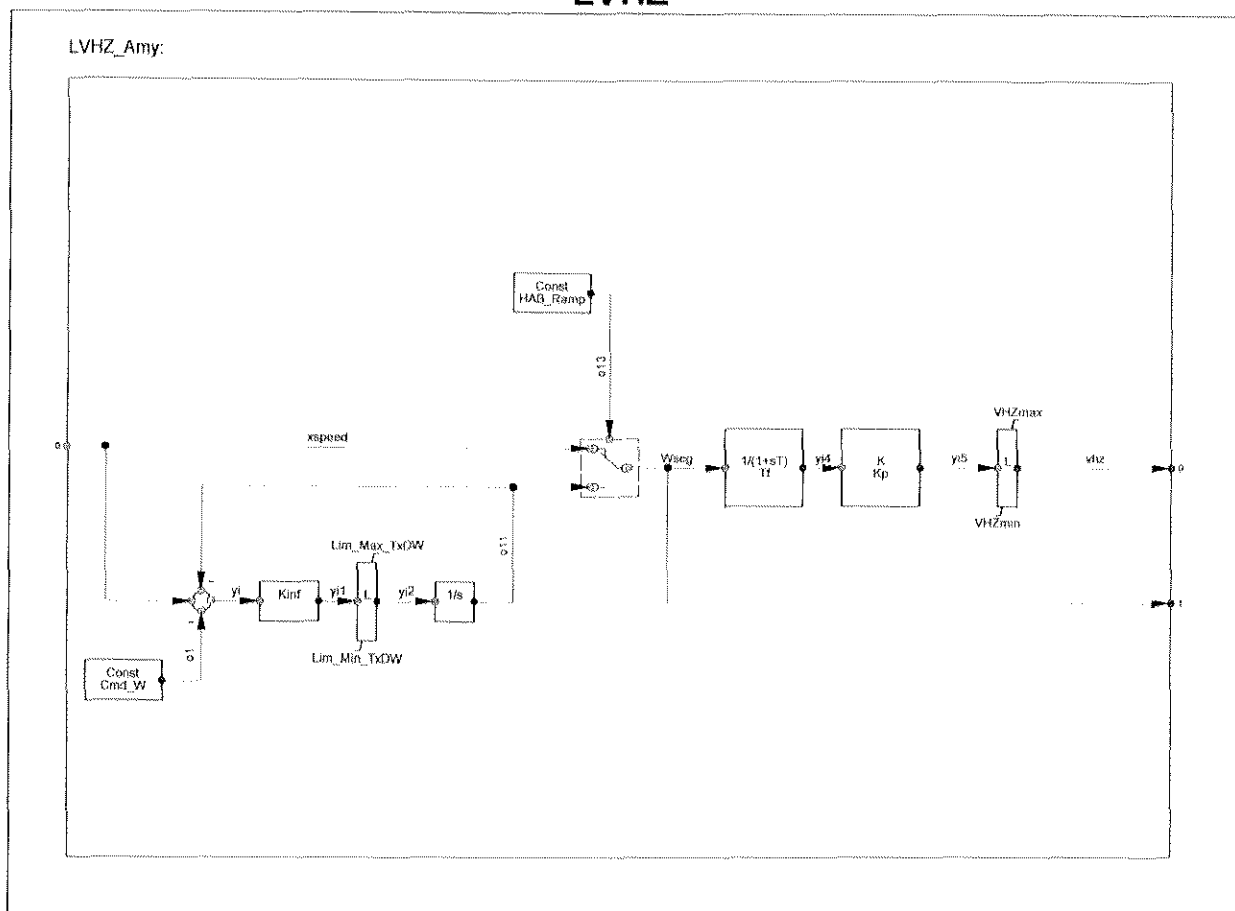


Figura 12 – Diagrama de bloques del limitador VHZ

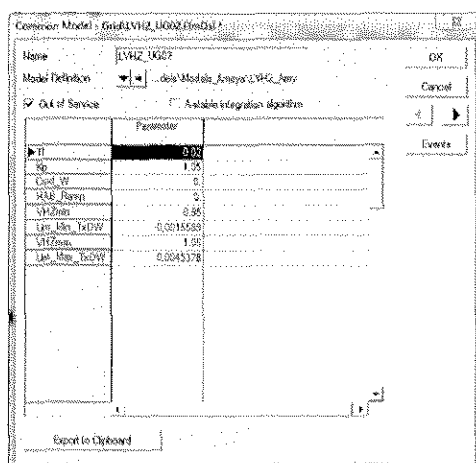


Figura 41– Parámetros del limitador VHZ

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

OEL

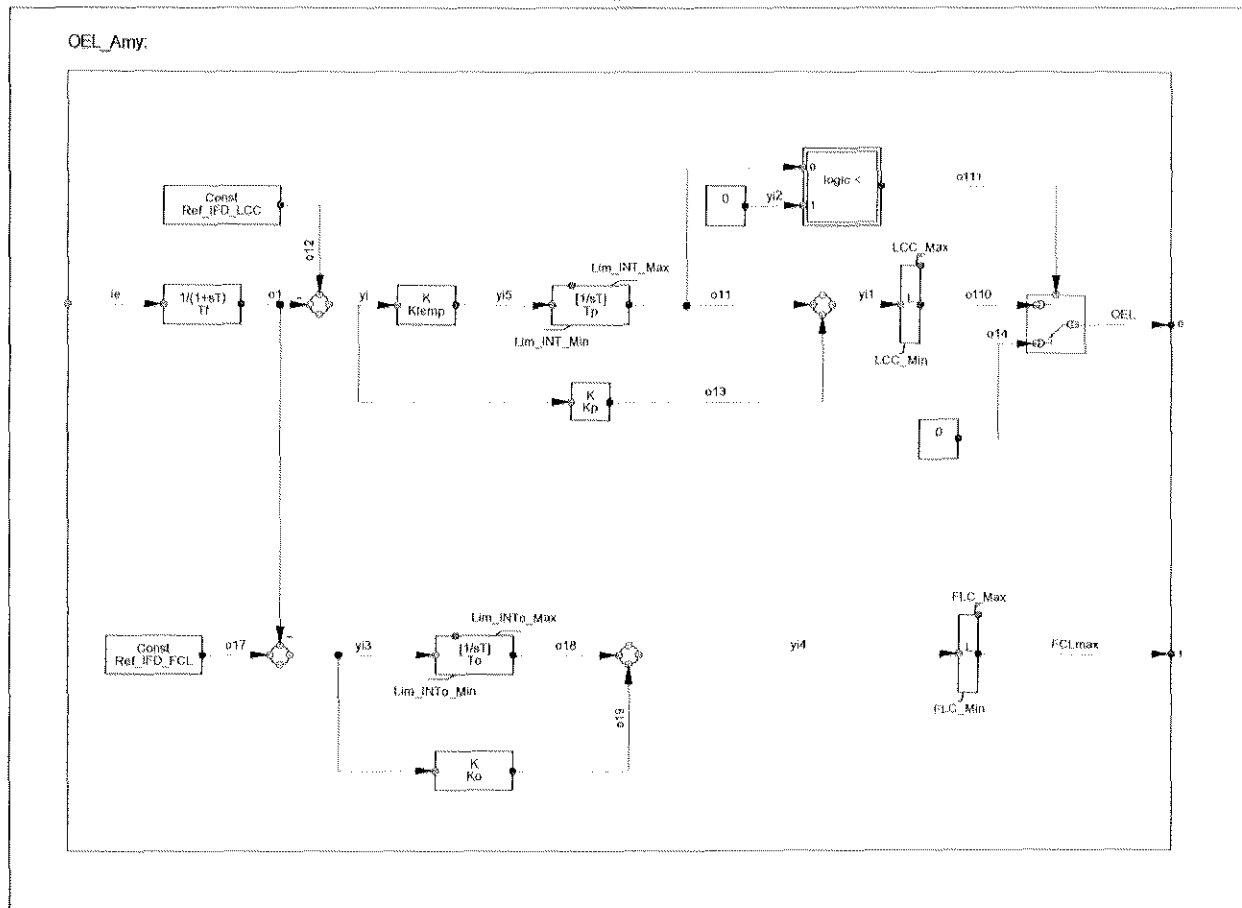


Figura 13 – Diagrama de bloques del limitador OEL

Conversion Model - Grid/OEL_1000_Euro2

Name: OEL_1000

Model Definition: .../Modelo_Amy/OEL_Amy

Out of Service: ☐ Available integration algorithm: ☐

Parameter	Value
Tf	0.02
Ref_IFD_LCC	1.6
Tp	5
Kp	3
Ref_IFD_FCL	2.25
To	0.03
Ko	25
Kemp	0.3
Lim_INT_Min	-0.3
LCC_Max	0.3
Lim_INTto_Max	0.845
FLC_Min	-0.845
Lim_INT_Max	0.6
LCC_Min	-0.3
Lim_INTto_Min	0.845
FLC_Max	0.845

Export to Clipboard

Figura 14 – Parámetros del limitador OEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

SCL

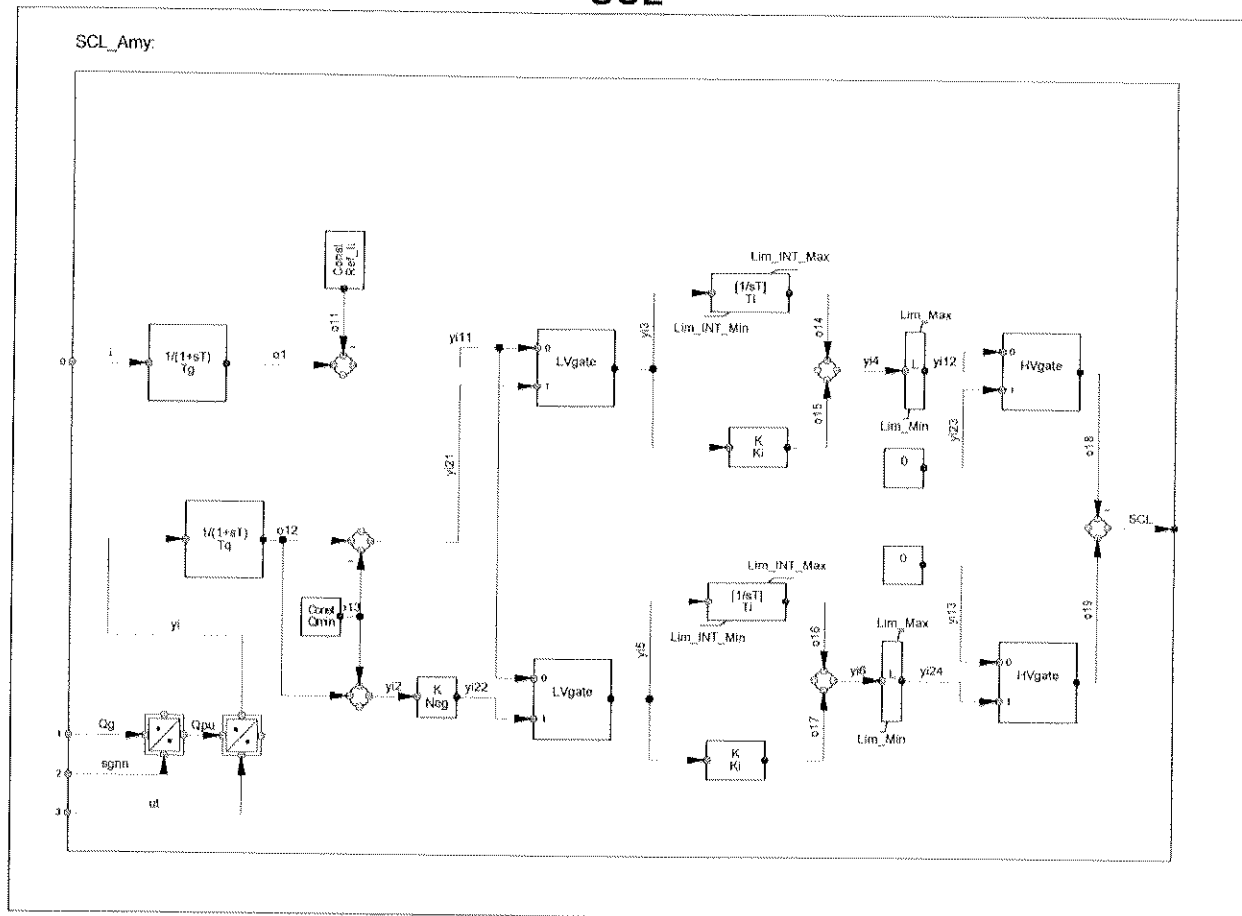


Figura 15 – Diagrama de bloques del limitador SCL

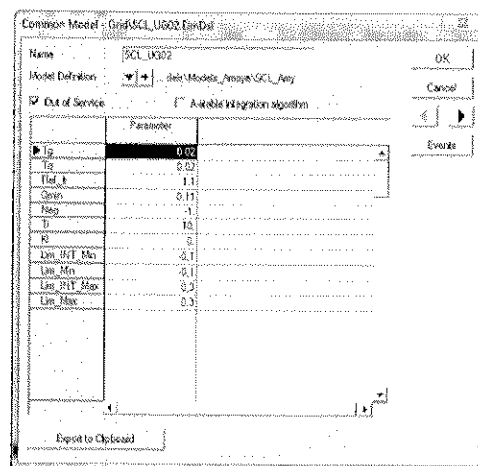


Figura 16 – Parámetros del limitador SCL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

UEL

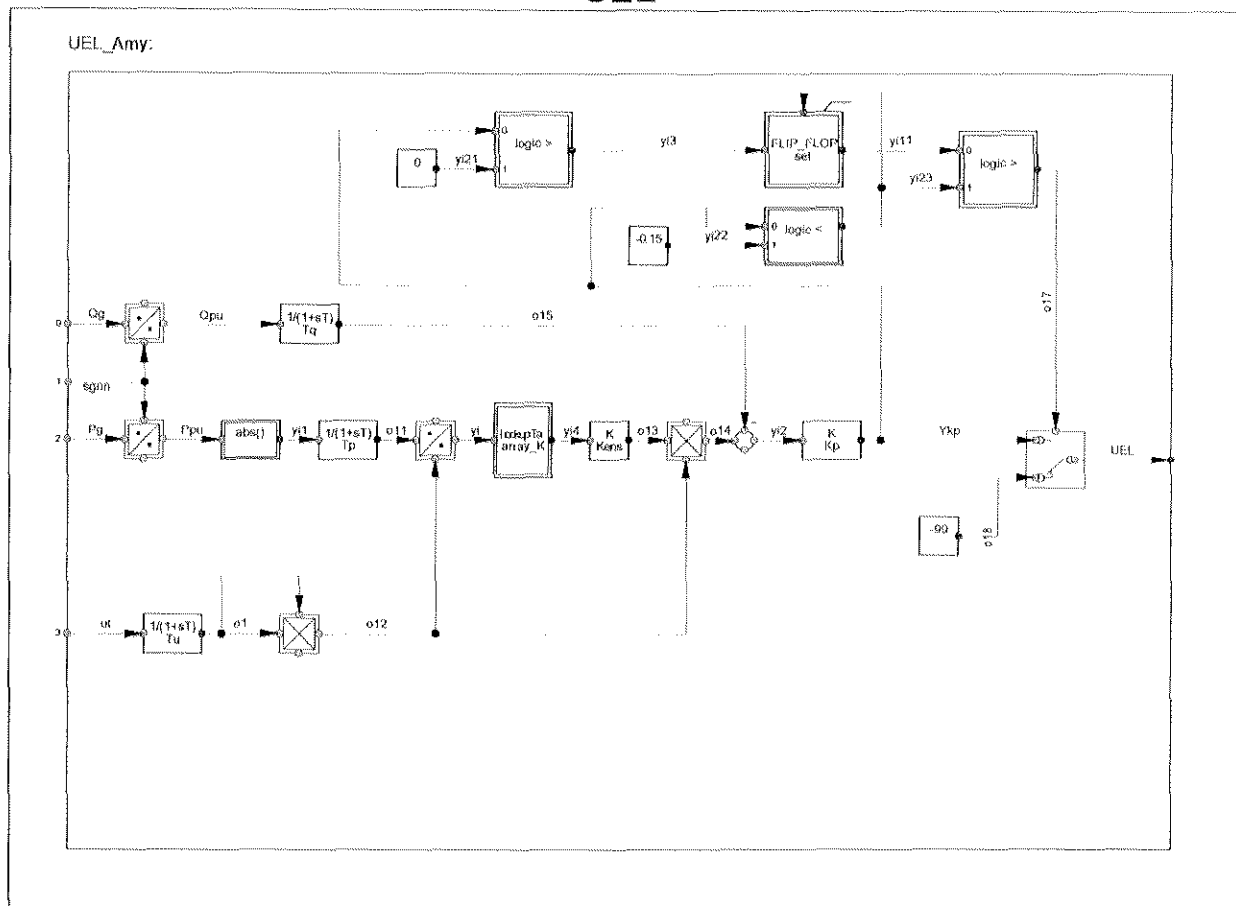


Figura 46 – Diagrama de bloques del limitador UEL

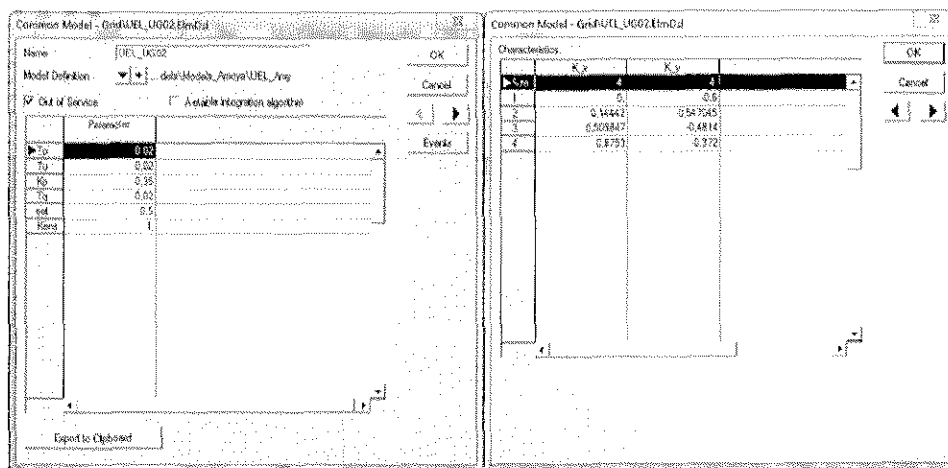
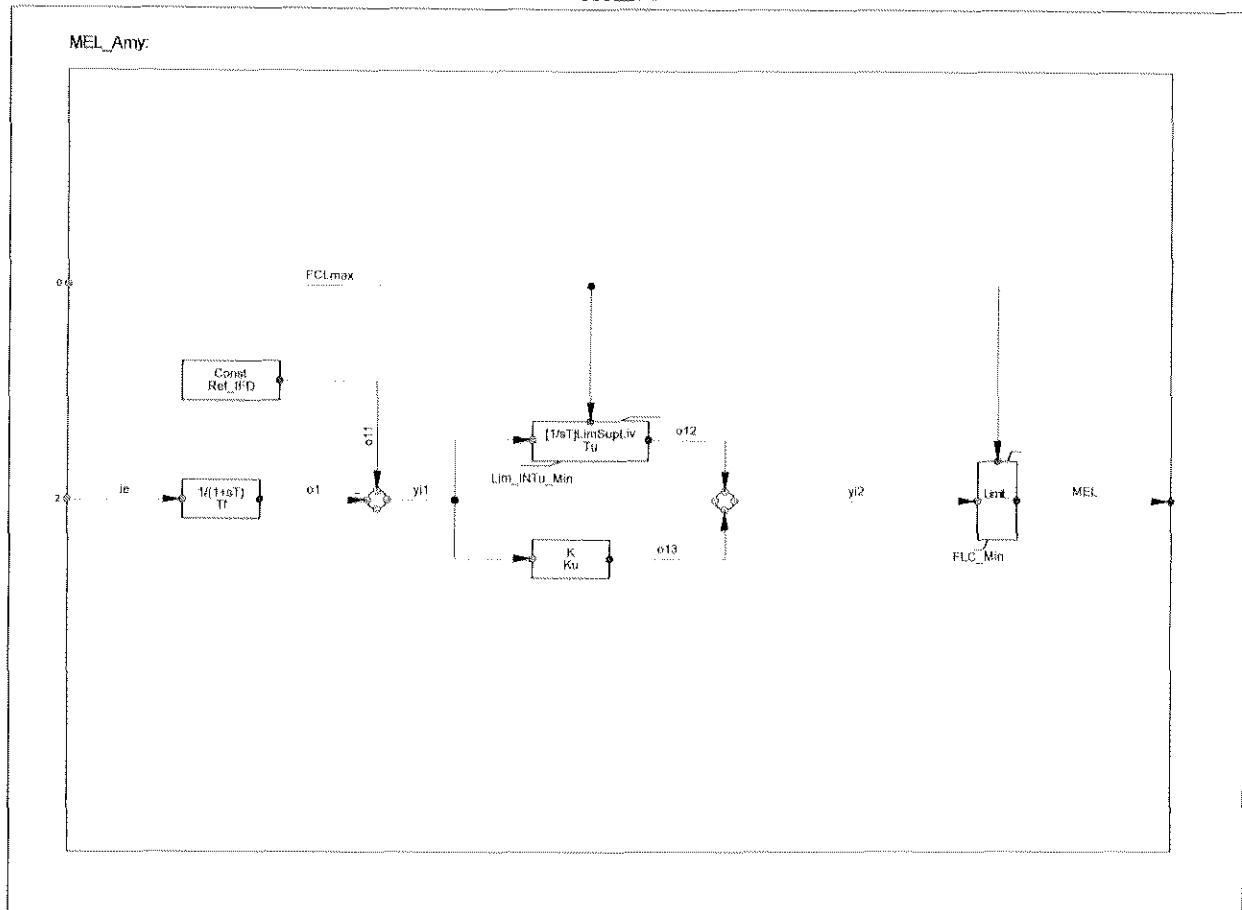


Figura 47 – Parámetros del limitador UEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

MEL



48 – Diagrama de bloques del limitador MEL

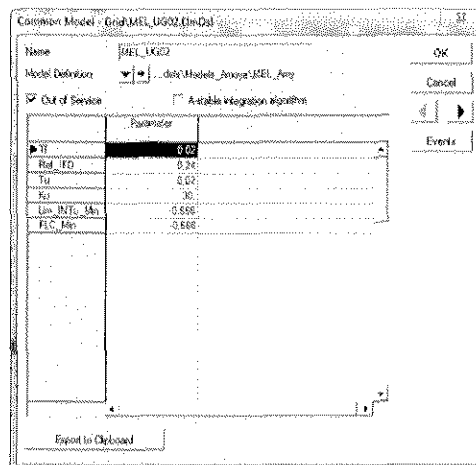


Figura 49 – Parámetros del limitador MEL

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Actuador – UG02

Actuador_Amy:

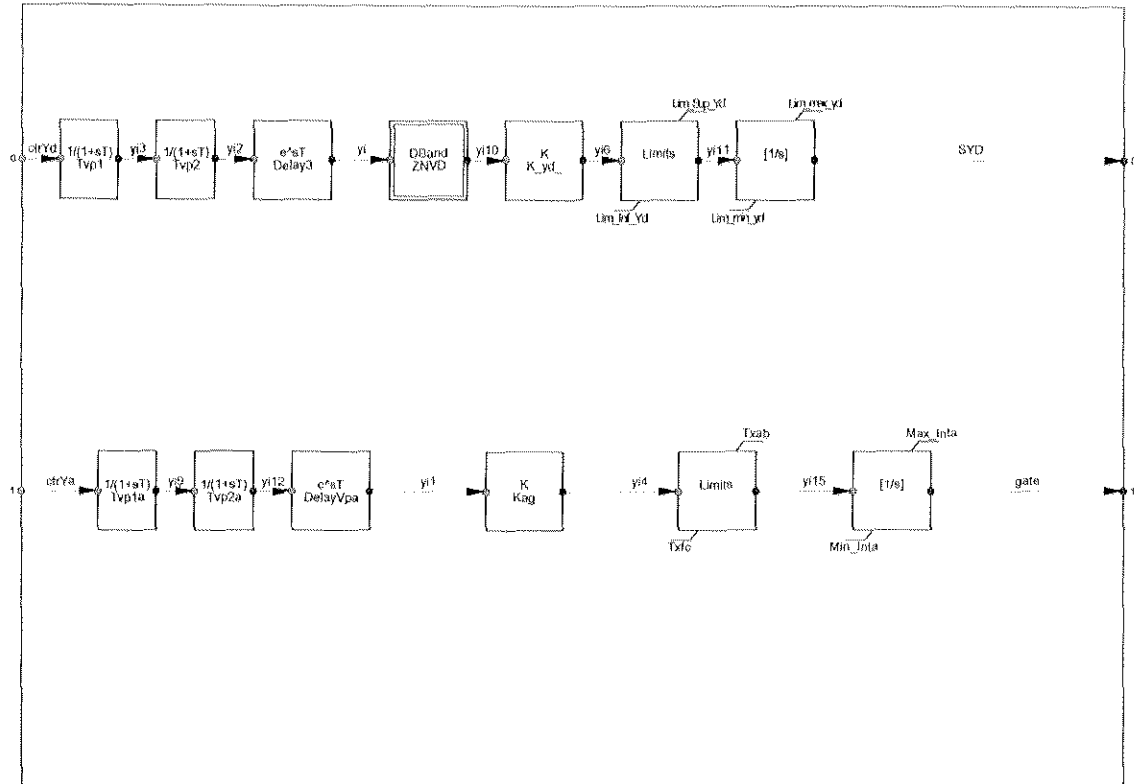


Figura 56 – Diagrama de bloques del Actuador

Common Model - Grid/Actuador_UG02.lin2d4

Parameter	Value
Tvp1	0.002
Tvp2	0.002
ZNVD	0
K_yd1	1.181029
Delay3	0.025
Tvp1a	0.01
Tvp2a	0.01
DelayVpa	0
Kag	0.01477
Lim_Sup_Yd	0
Lim_Inf_Yd	-1.15845
Txf0	0.01477
Max_Inta	0
Lim_Sup_Yd	1
Tvp1	1.181029
Tvp2	0.012245
Max_Inta	1

Export to Clipboard

Figura 57 – Datos del Actuador

Conducto y Turbina – UG02

[illegible]

Common Model - GasTurbine_Turbine_U002.Hwnd

Model Definition

Name: GasTurbine_U002

Model Definition: ☐ Out of Service ☐ Available (negative values)

Parameters:

Parameter	Value
Size	12
R	0.0
R2	0.0
Q	0.0299452
P0	0.0
Losses	0.1
KLR	1.2
St	0.0
H0	1.0
Gate_Min	0.0001
Gate_Max	1.2

Characteristic

Size	R	R2	KLR	K1
12	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.00704	0.01285	0.00704	0.01285
3	0.07021	0.114	0.07021	0.114
4	0.133	0.2158	0.133	0.2158
5	0.2438	0.3129	0.2438	0.3129
6	0.29462	0.419	0.29462	0.419
7	0.35118	0.522	0.35118	0.522
8	0.41327	0.625	0.41327	0.625
9	0.4791	0.724	0.4791	0.724
10	0.53845	0.817	0.53845	0.817
11	0.72585	0.936	0.72585	0.936
12	0.97	1.0	0.97	1.0

Export to Clipboard

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Common Model - GridConducto_Turbina_U002.EimDat

Size	K1 y	I2
1	0.8	
2	0.8162	
3	0.8336	
4	0.8515	
5	0.8722	
6	0.8901	
7	0.9081	
8	0.9272	
9	0.9454	
10	0.9636	
11	0.9818	
12		1

Figura 61 – Datos del conducto y turbina

Túnel

TUNEL_Any:

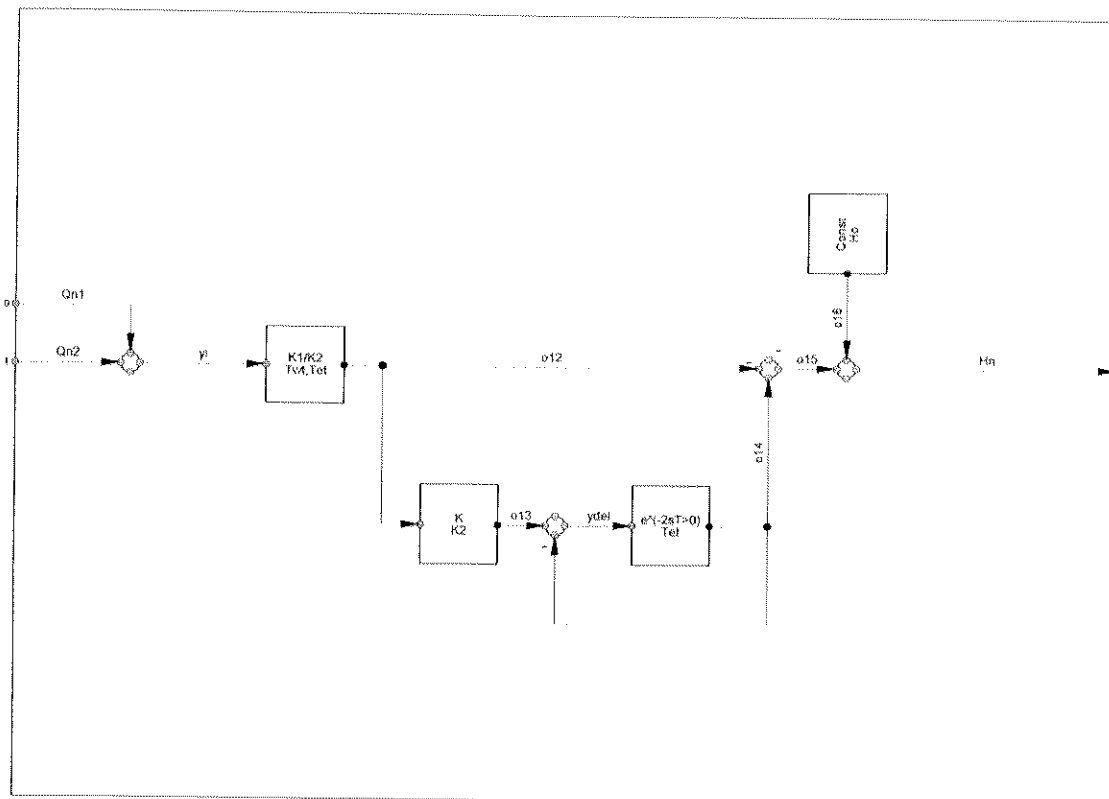


Figura 62 – Diagrama de Bloques del túnel

CONSEJO NACIONAL DE OPERACIÓN CNO

Parameter	Value
Turb1	0.25
Turb2	0.04
K2	2
H0	1

Figura 63 -- Datos del túnel

Frame del Túnel

Frame_TUNEL_Amy.

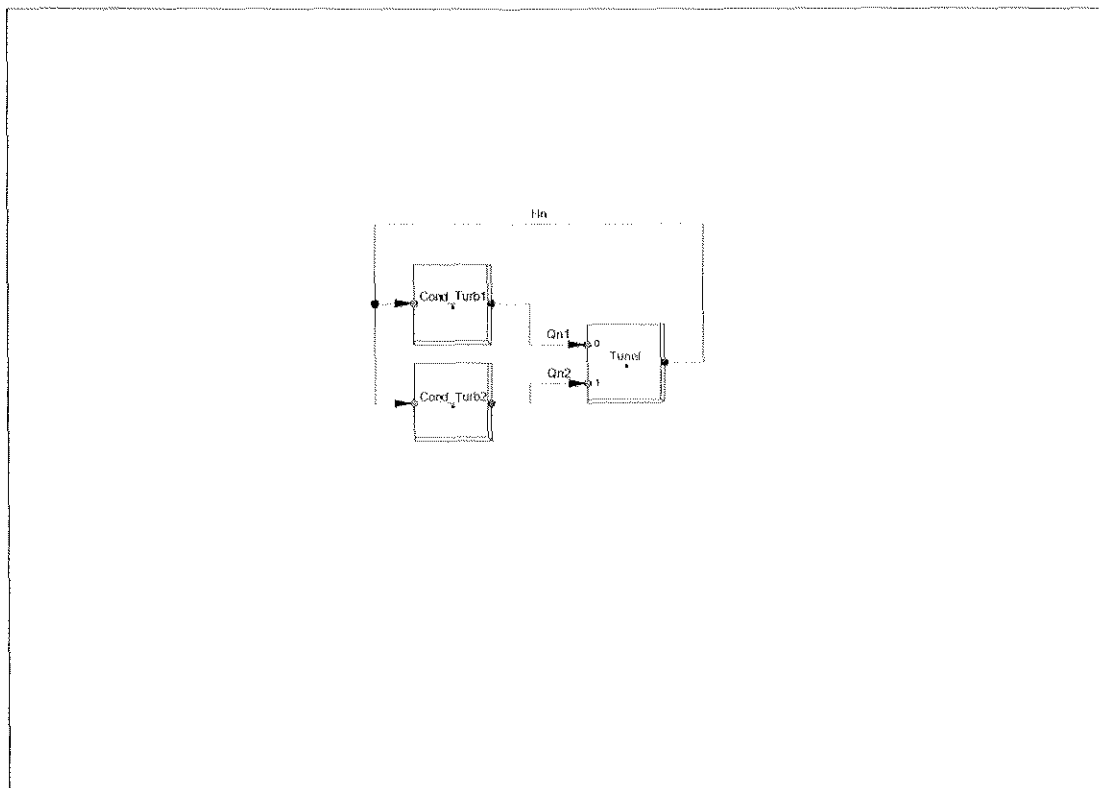


Figura 64-- Diagrama de Bloques del túnel