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

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,

DIANA M. JIMÉNEZ RODRÍGUEZ

Secretario Técnico,

ALBERTO OLARTE AGUIRRE

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

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

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

ANEXO 3

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

Generador

Modelo de la Máquina Sincrónica

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

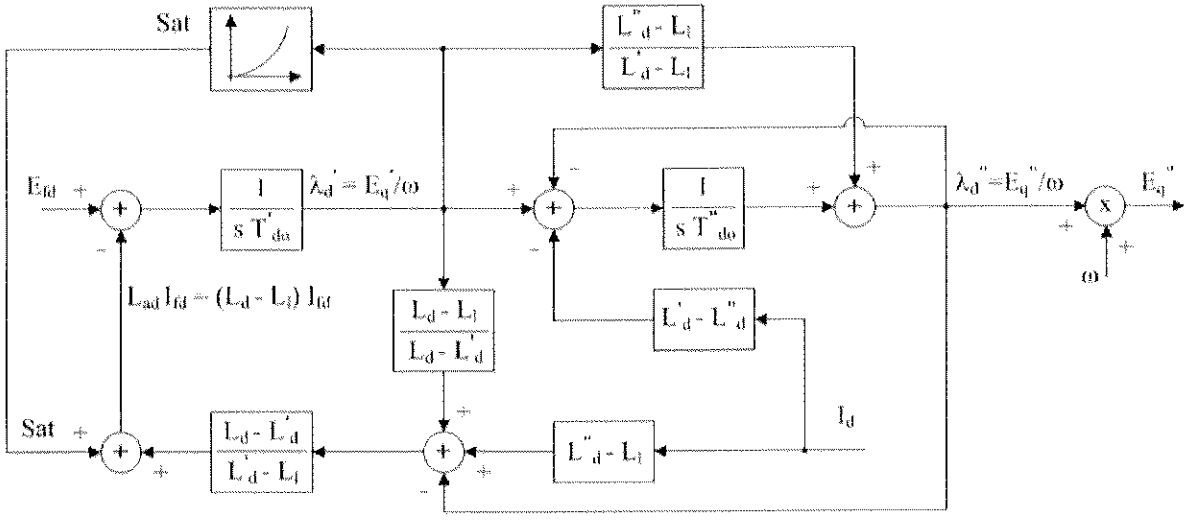


Figura 1 - Modelo de la Máquina Sincrónica de Polos Salientes – Eje Directo

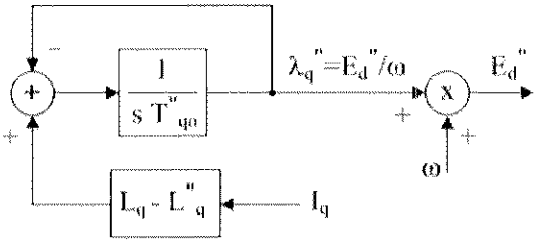


Figura 2 - Modelo de la Máquina Sincrónica de Polos Salientes – Eje Cuadratura

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 [25ºC]	0,072886	Ohm
Rfd [75ºC]	0,08693	Ohm

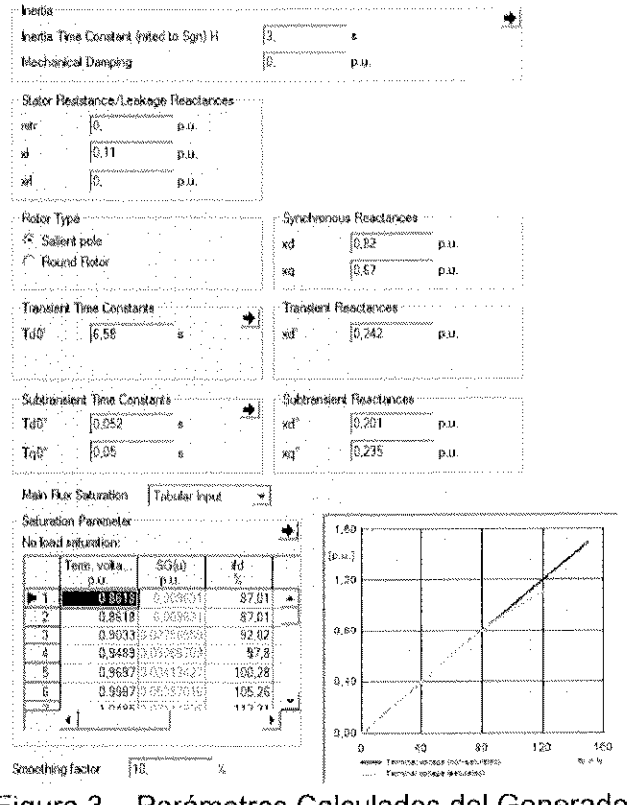


Figura 3 – Parámetros Calculados del Generador

Sistema de Excitación

Diagrama de Bloques y Parámetros

Control Automático (Digsilent = AVR)

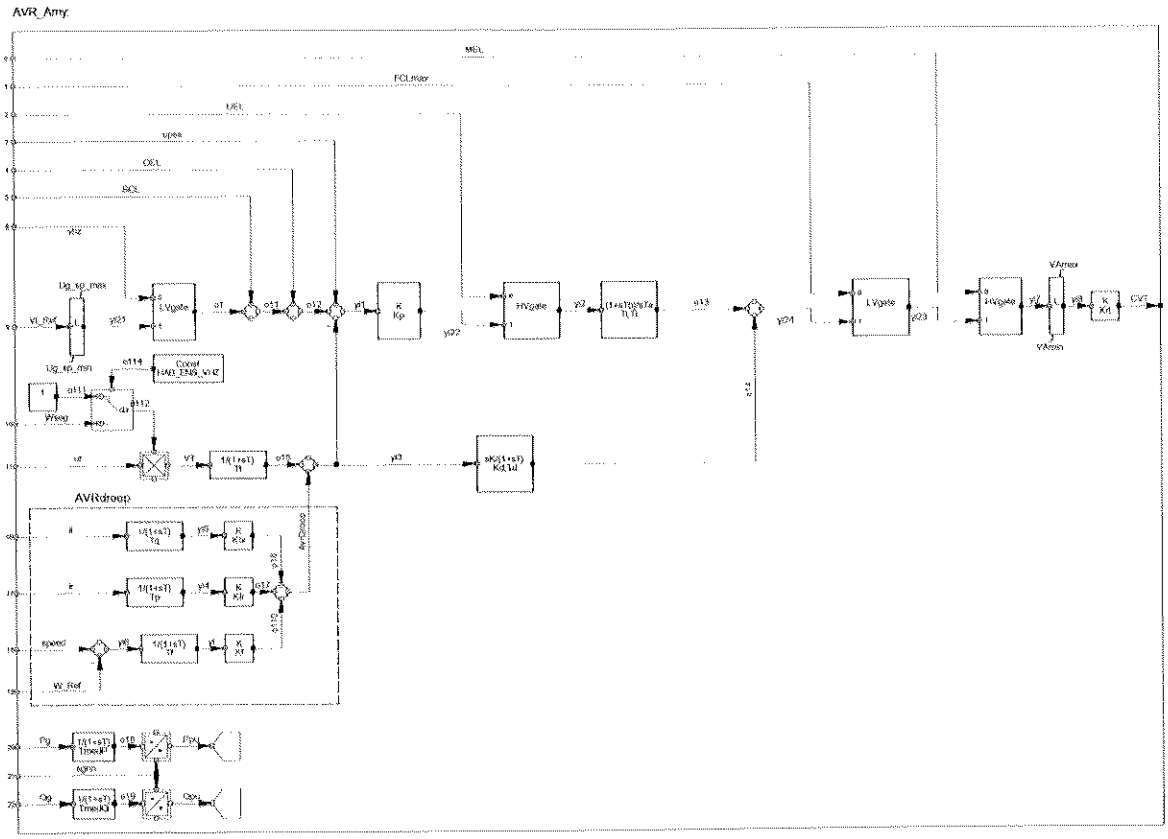


Figura 4 – Diagrama de bloques del sistema de excitación

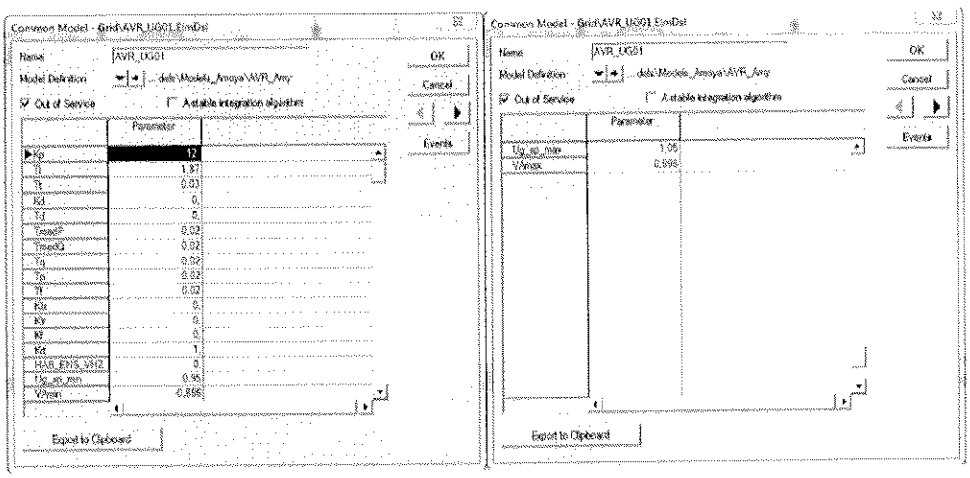


Figura 5 – Parámetros del sistema de excitación

Conversor de Potencia (Digsilent = DRIVE)

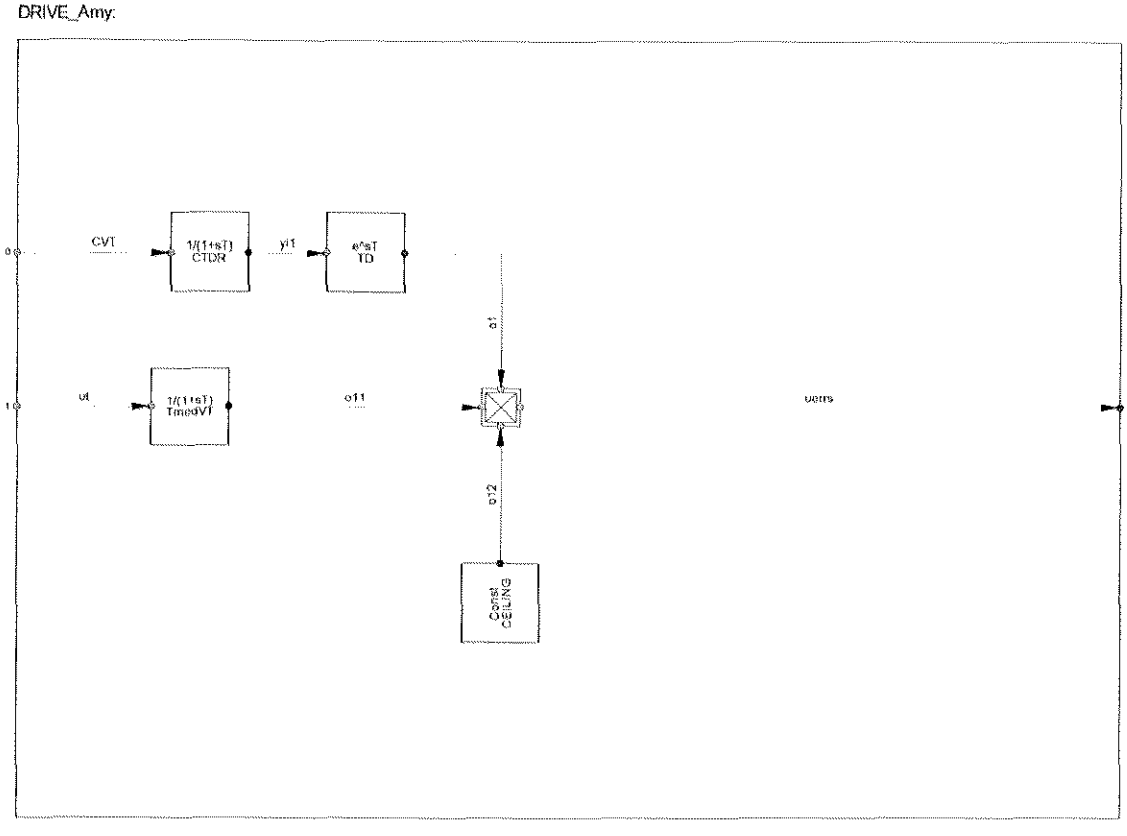


Figura 6 – Diagrama de bloques del conversor de potencia

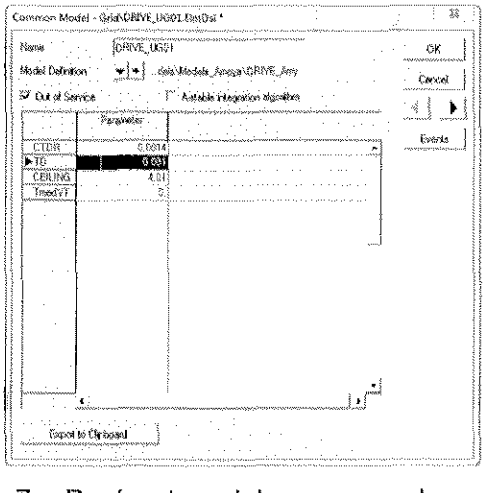


Figura 7 – Parámetros del conversor de potencia

LVHZ

LVHZ_Amy:

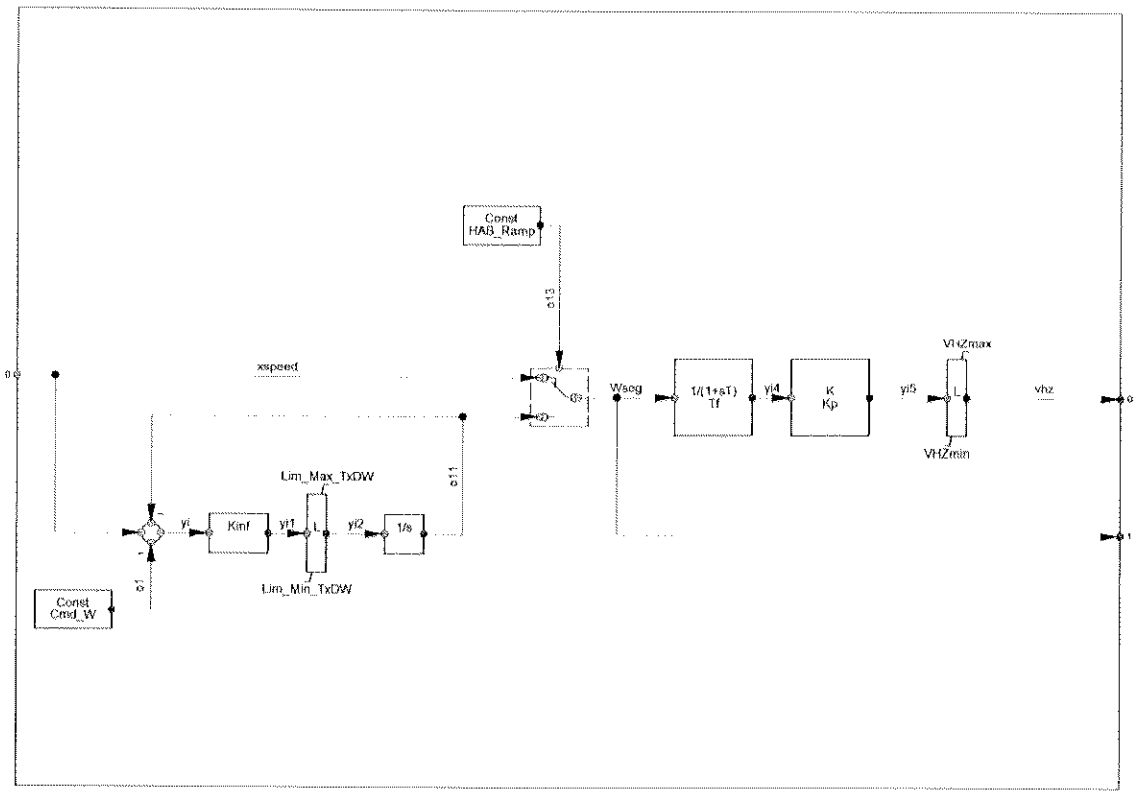


Figura 8 – Diagrama de bloques del limitador VHZ

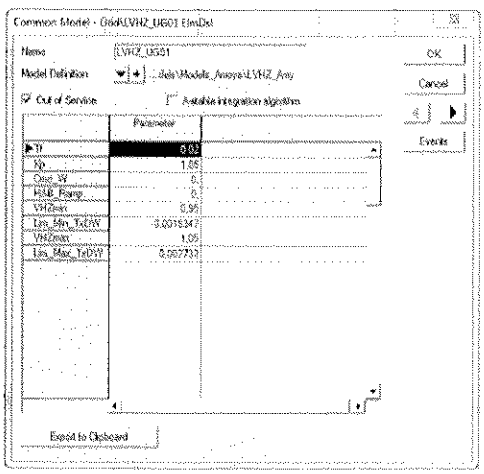


Figura 9 – Parámetros del limitador VHZ

OEL

OEL_Amy:

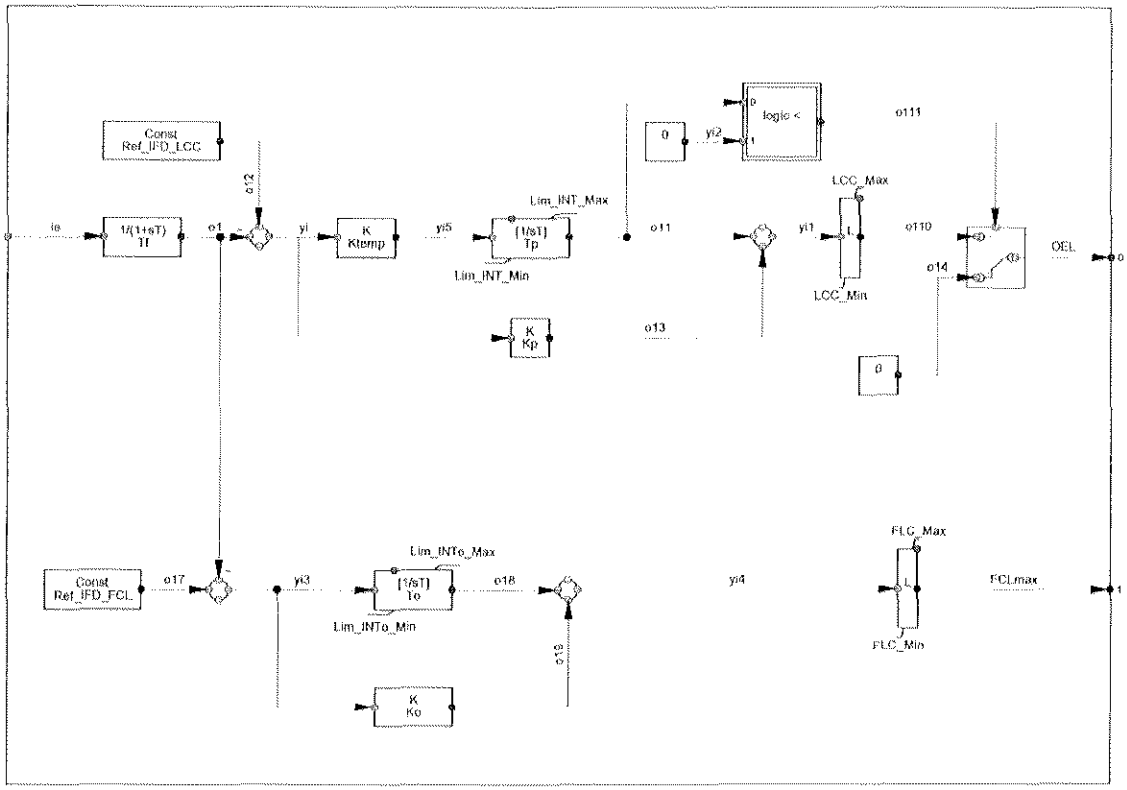


Figura 10 – Diagrama de bloques del limitador OEL

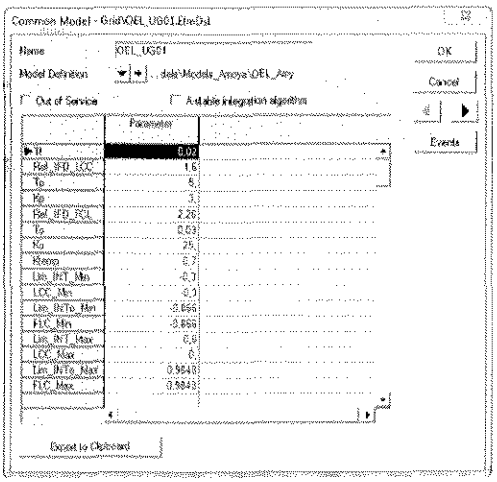


Figura 11 – Parámetros del limitador OEL

SCL

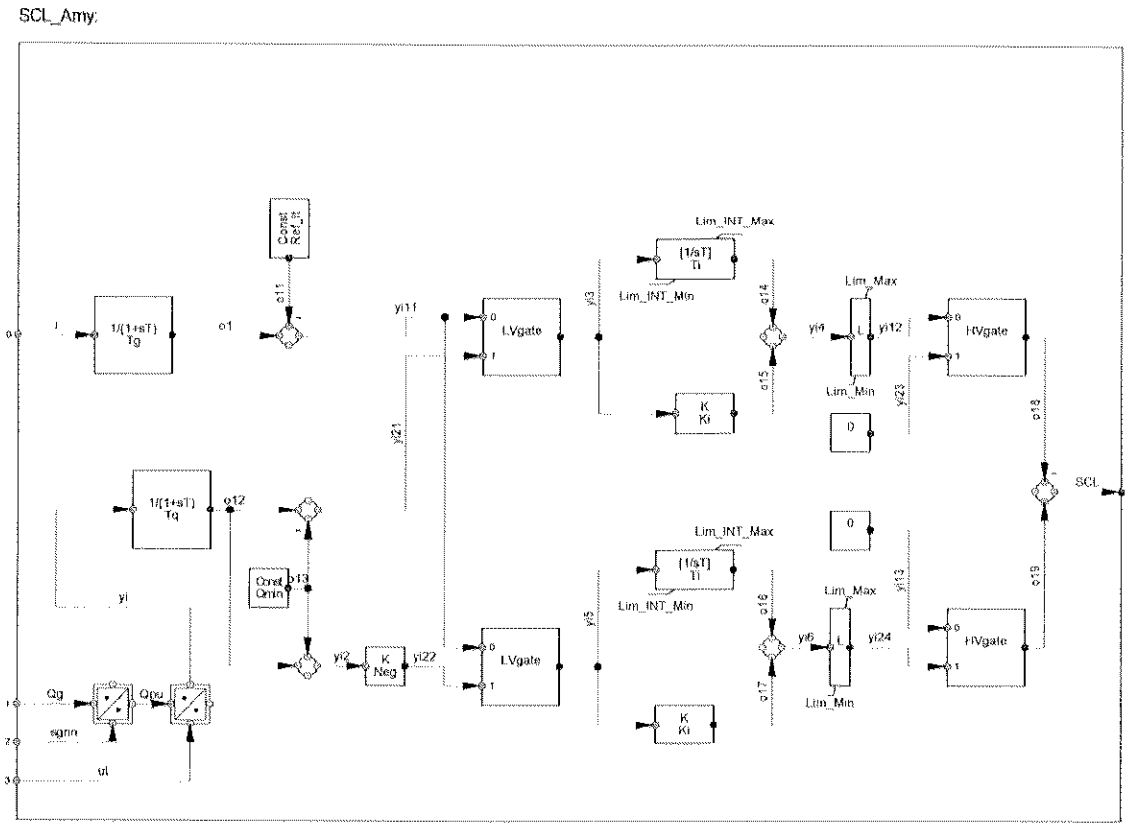


Figura 12 – Diagrama de bloques del limitador SCL

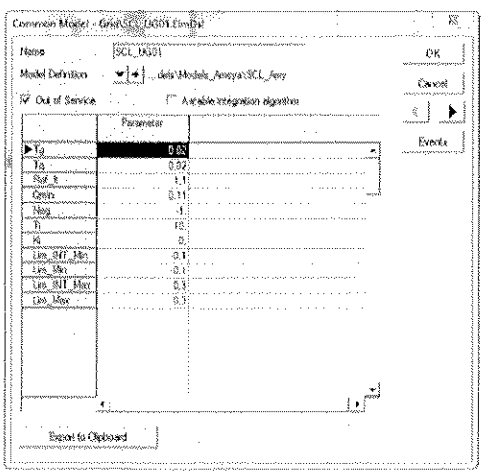


Figura 13 – Parámetros del limitador SCL

UEL

UEL_Amy:

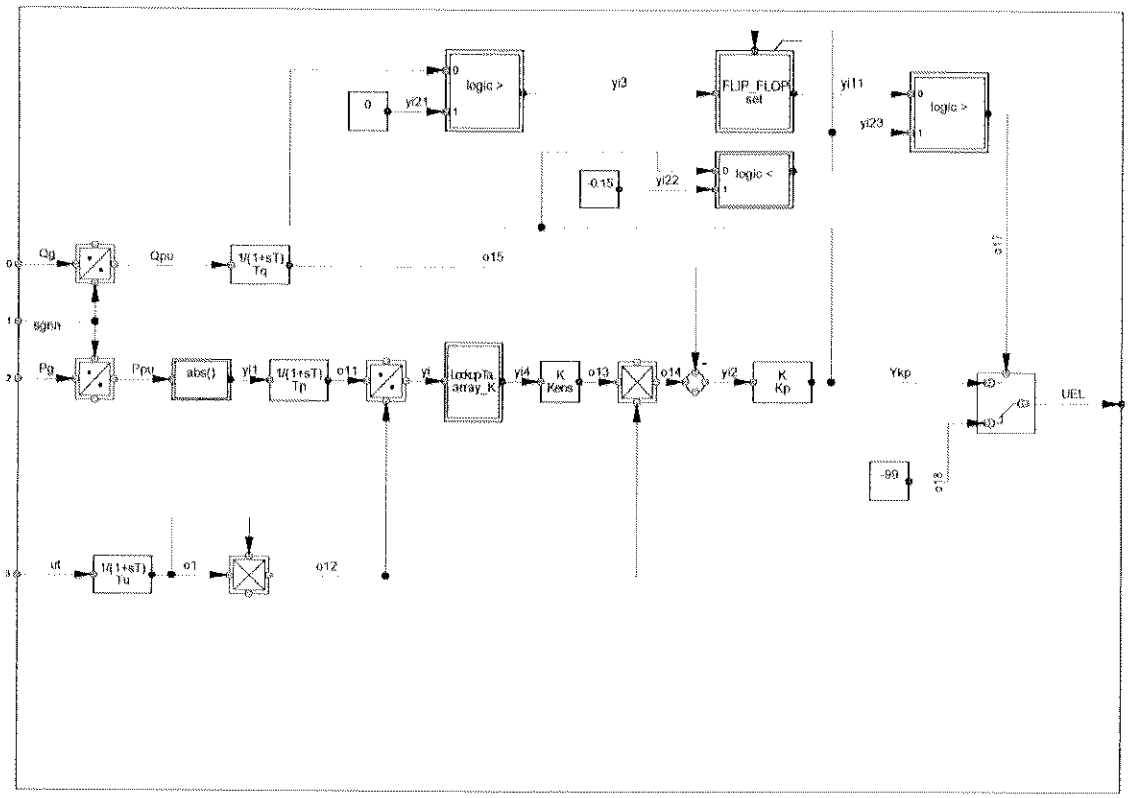


Figura 14 – Diagrama de bloques del limitador UEL

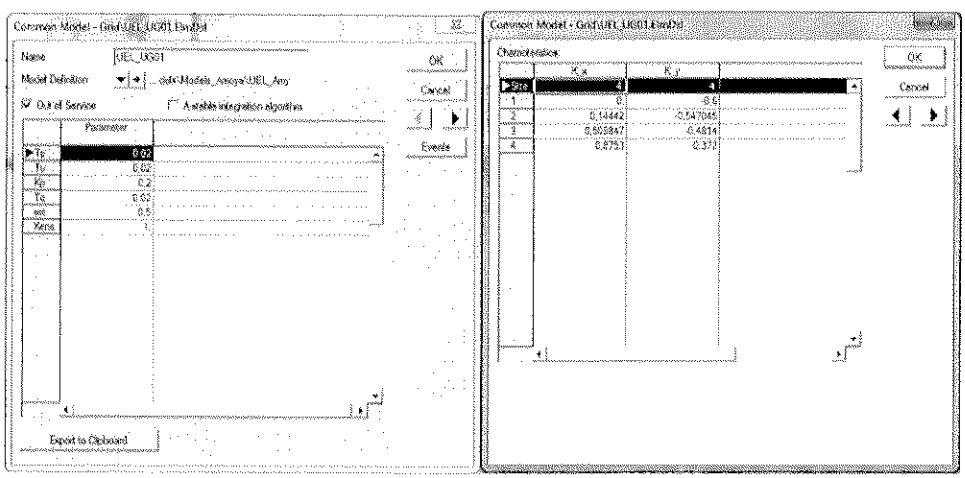


Figura 15 – Parámetros del limitador UEL

MEL

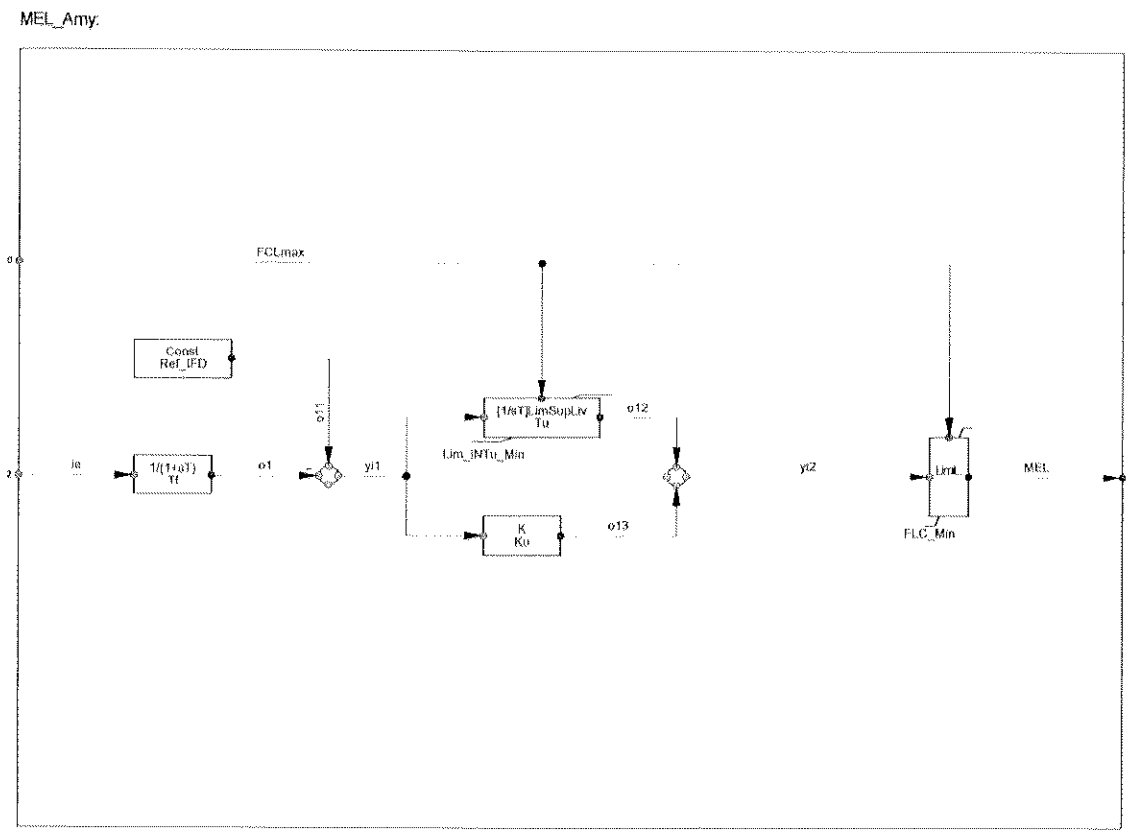


Figura 16 – Diagrama de bloques del limitador MEL

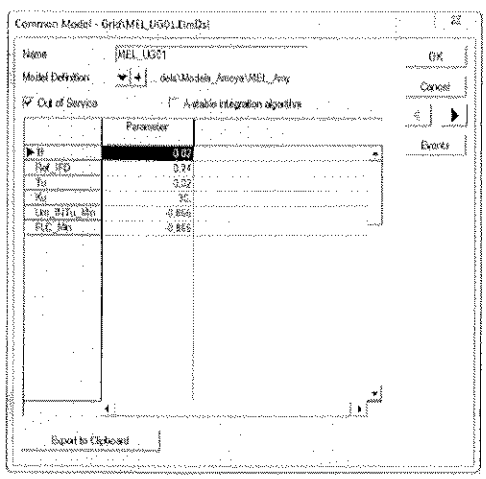


Figura 17 – Parámetros del limitador MEL

Estabilizador del Sistema de Potencia

Diagrama de Bloques y Parámetros

PSS

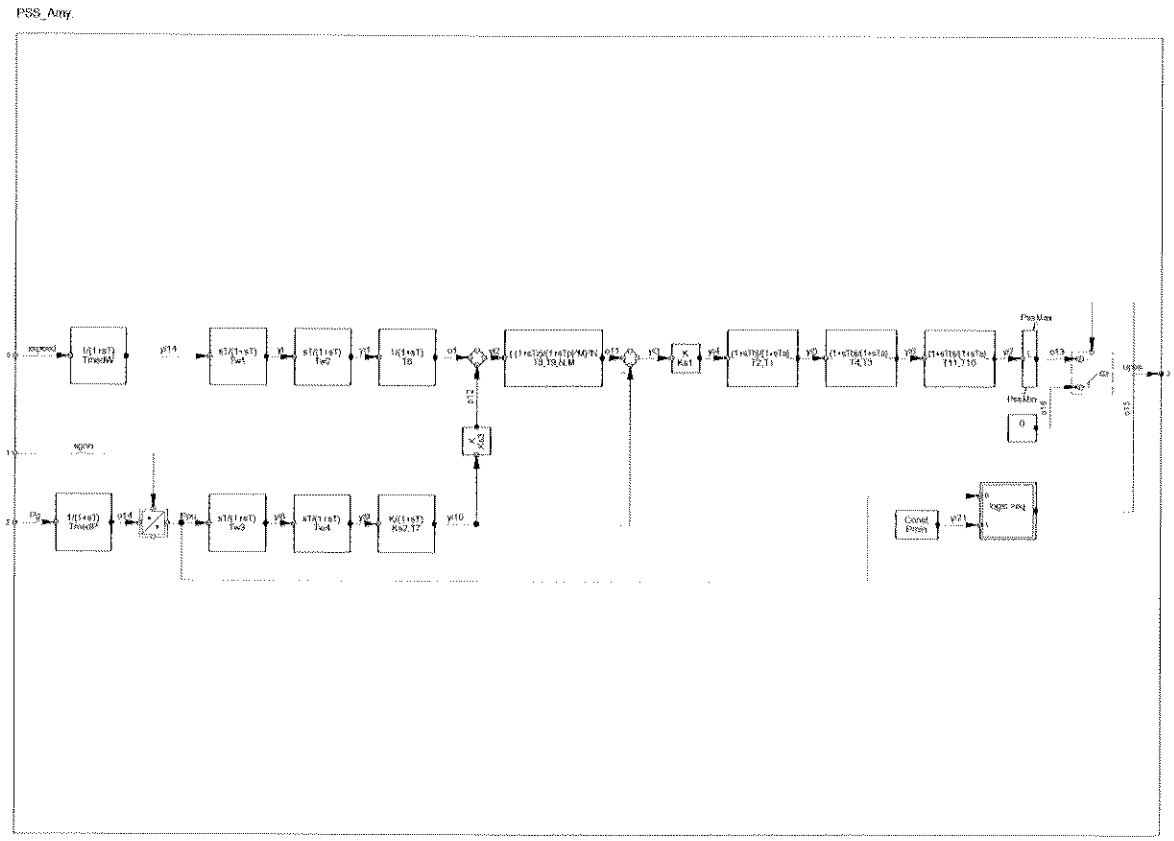


Figura 18 – Diagrama de bloques del Estabilizador de Sistema de Potencia

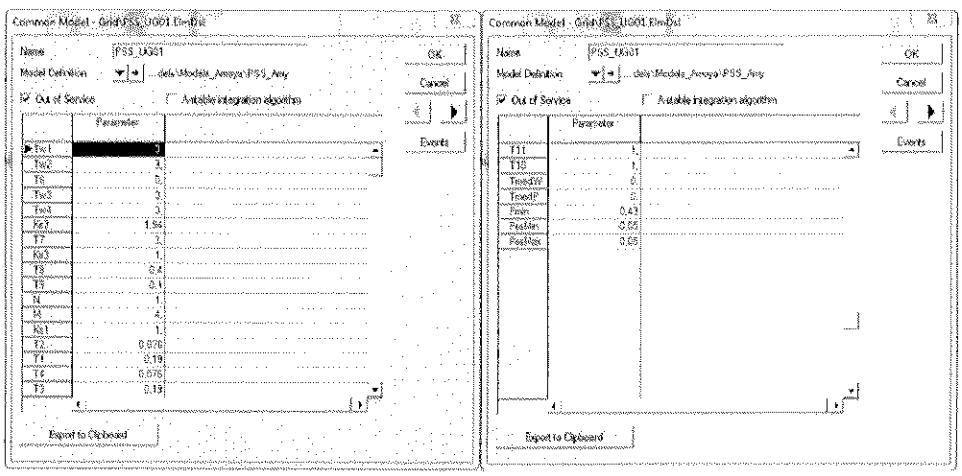


Figura 19 – Parámetros del Estabilizador de Sistema de Potencia

Regulador de Velocidad/Potencia y Turbina
Diagrama de Bloques y Parámetros

Control de Velocidad – UG01

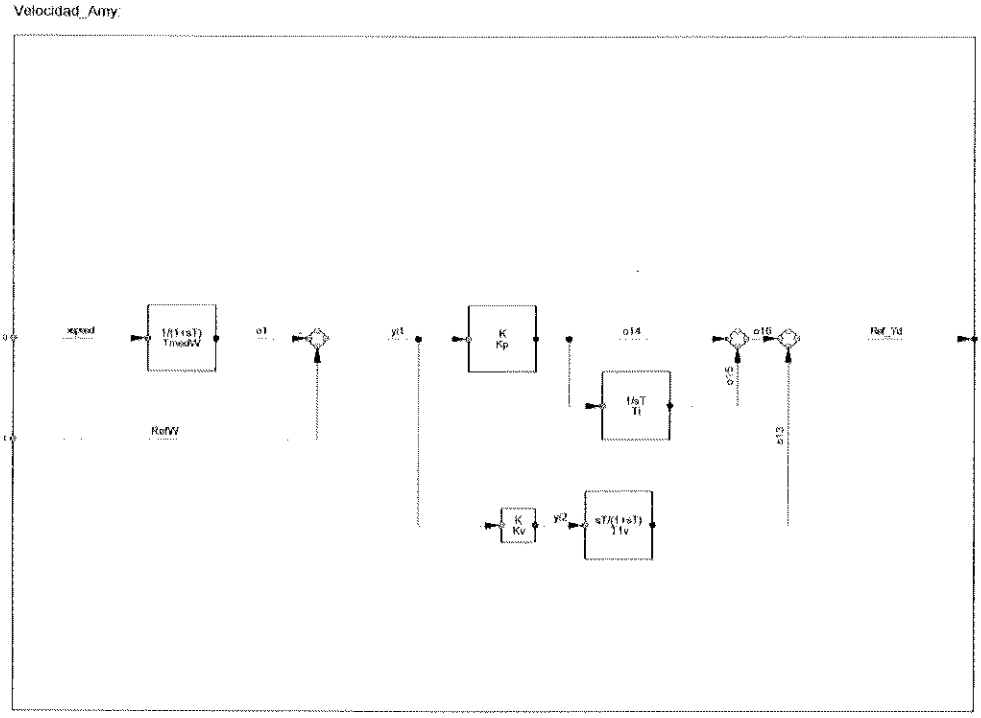


Figura 20 – Diagramas de bloques del Control de Velocidad

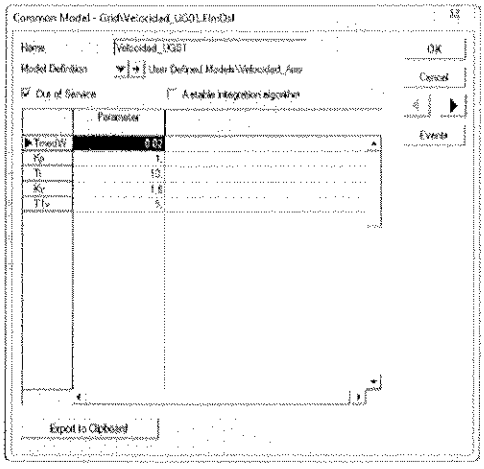


Figura 21 – Datos del Control de Velocidad

Control de Potencia – UG01

Potencia_Amy:

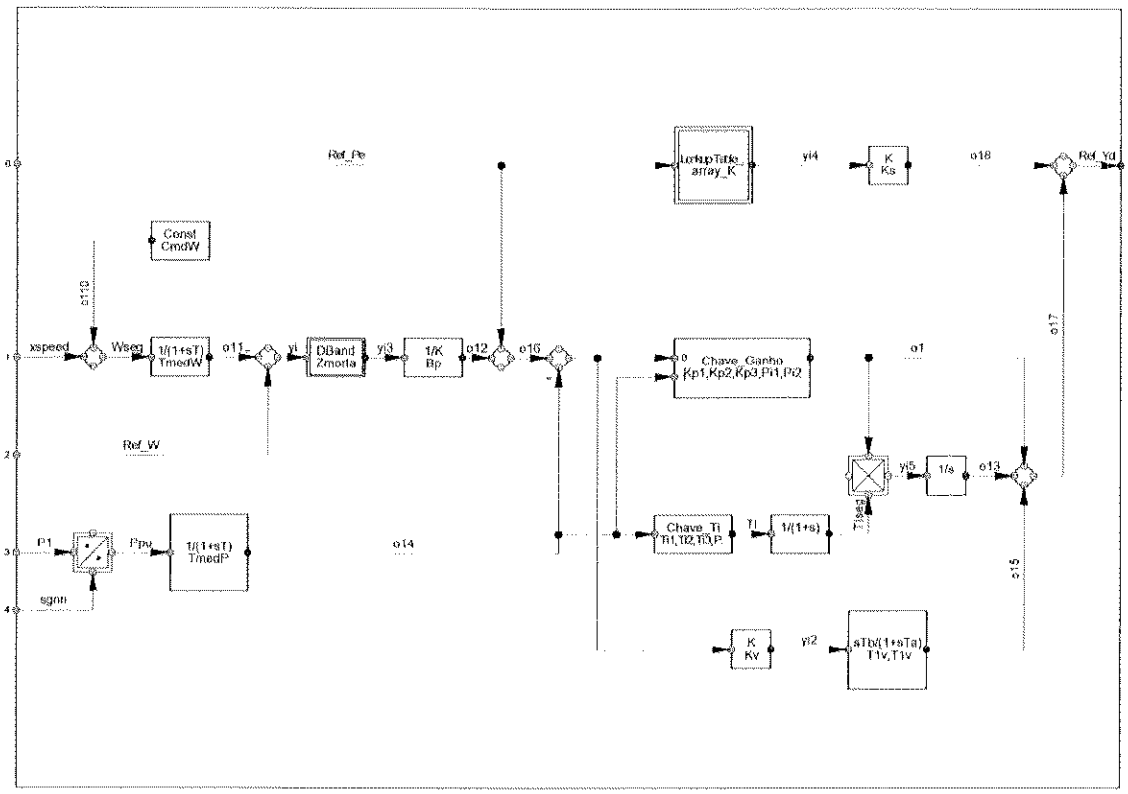


Figura 22 – Diagramas de bloques del Control de Potencia

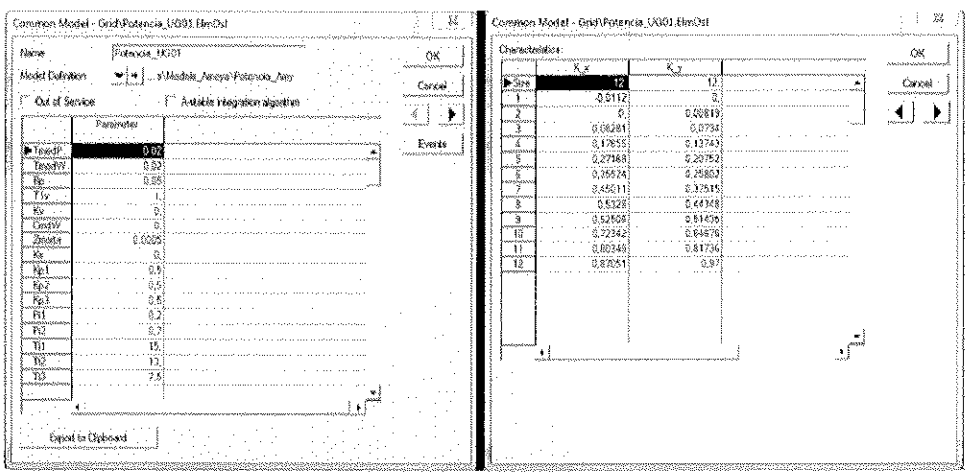


Figura 23 – Datos del Control de Potencia

Actuador – UG01

Actuador_Amy:

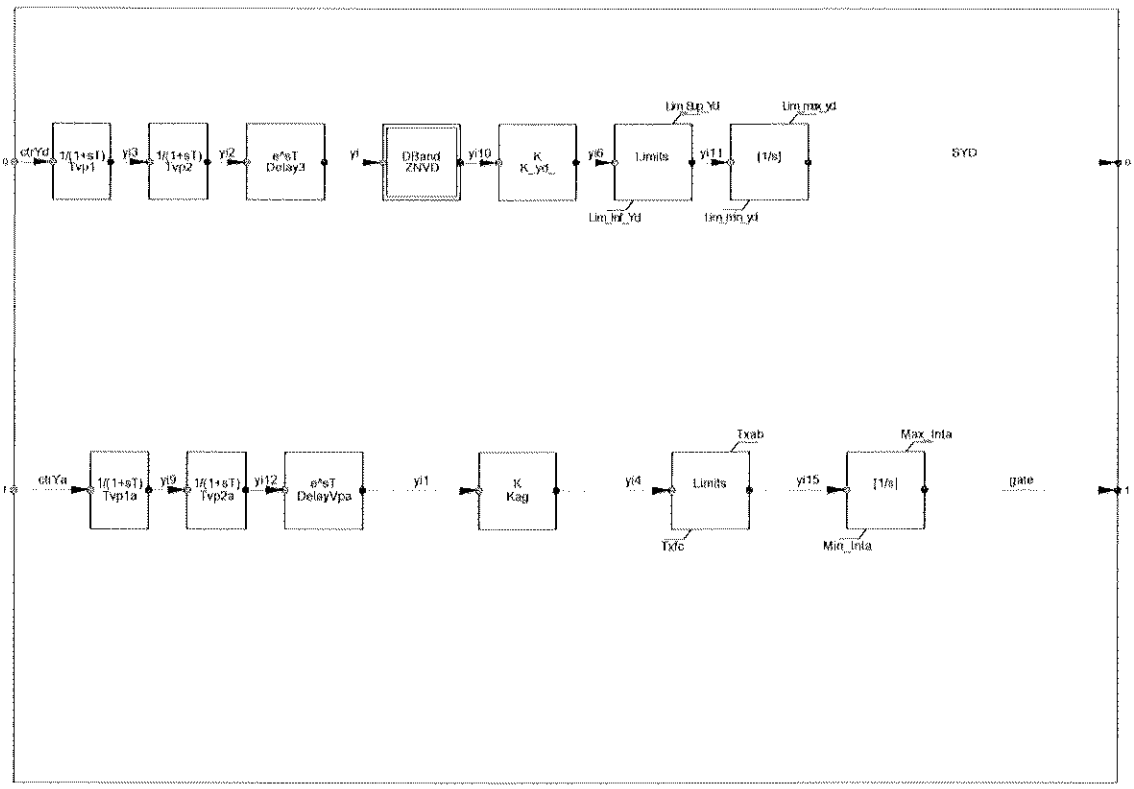


Figura 3 – Diagrama de bloques del Actuador

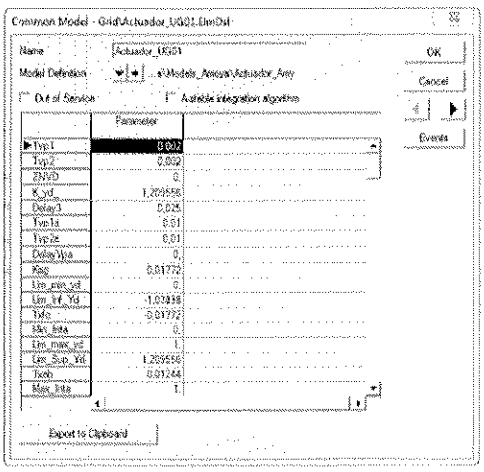


Figura 4 – Datos del Actuador

Control del Actuador – UG01

ControlY_Amy:

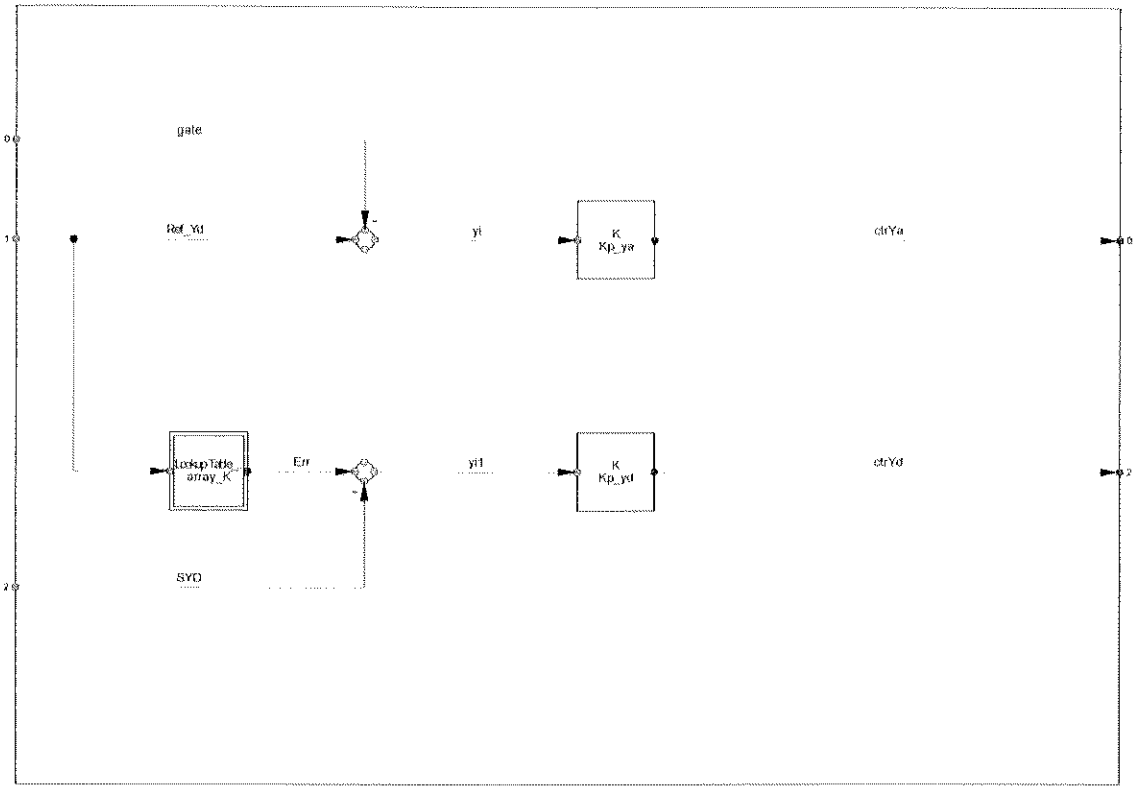


Figura 5 – Diagrama de bloques del Control del Actuador

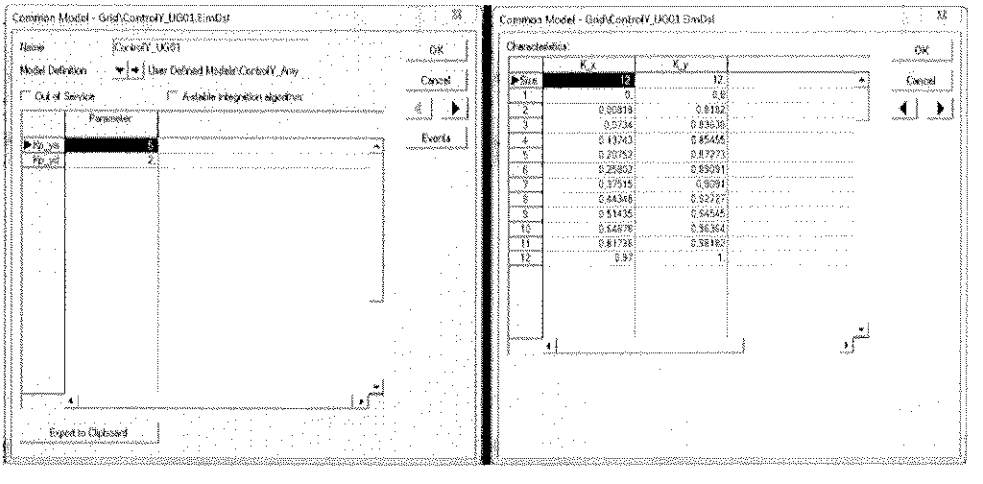


Figura 6 – Datos del Control del Control del Actuador

Conducto y Turbina – UG01

Conducto_Turbina_Amy:

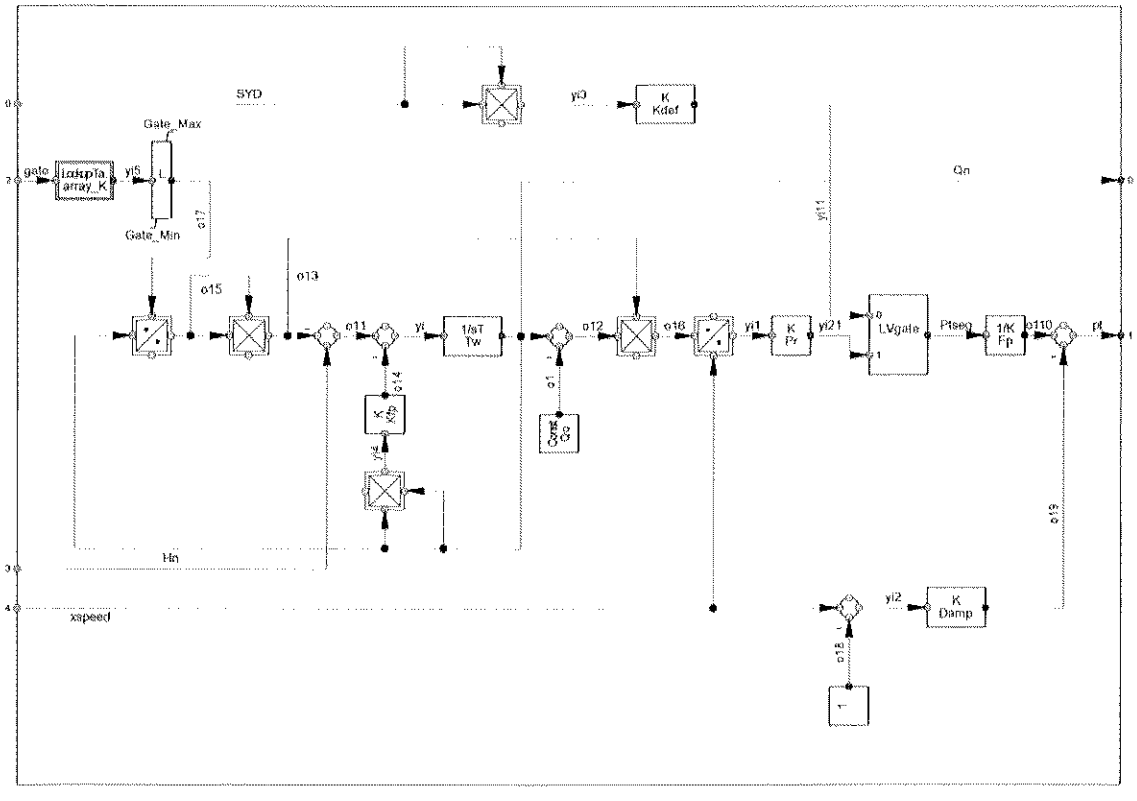
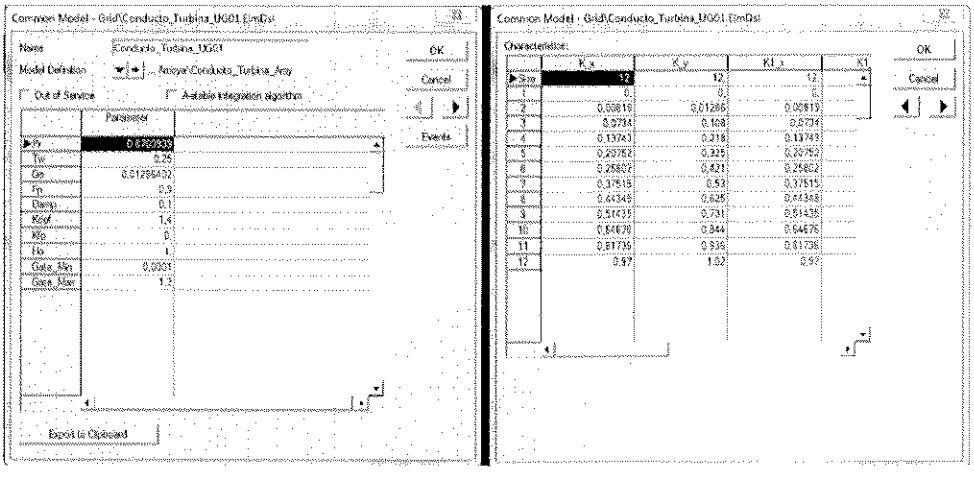


Figura 7 – Diagrama de Bloques del conducto y turbina



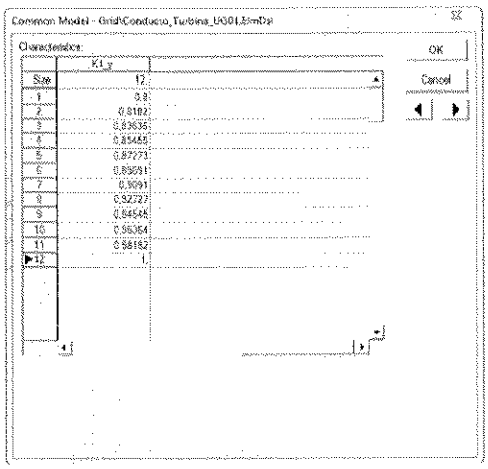


Figura 8 – Datos del conducto y turbina

Túnel

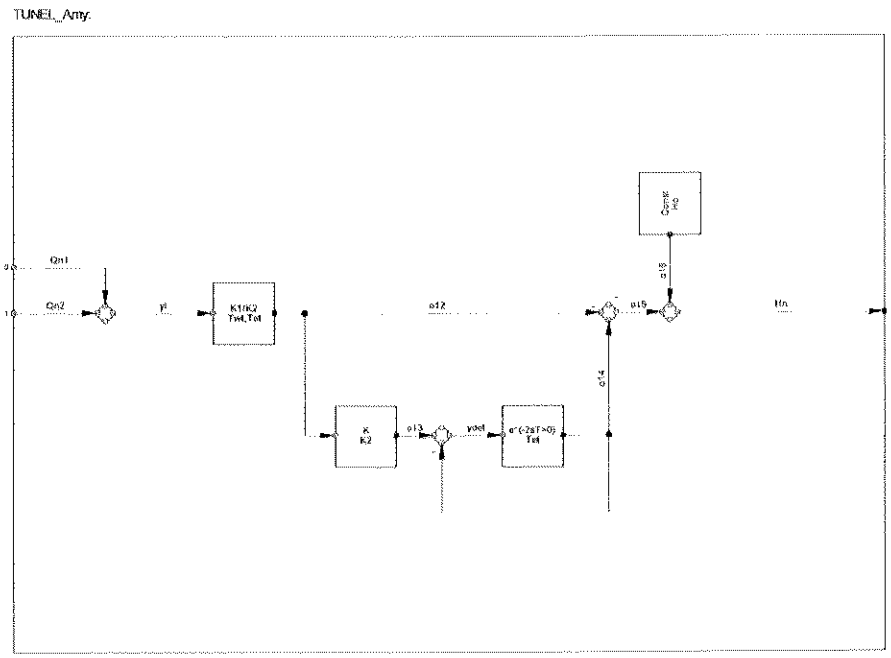


Figura 9 – Diagrama de Bloques del túnel

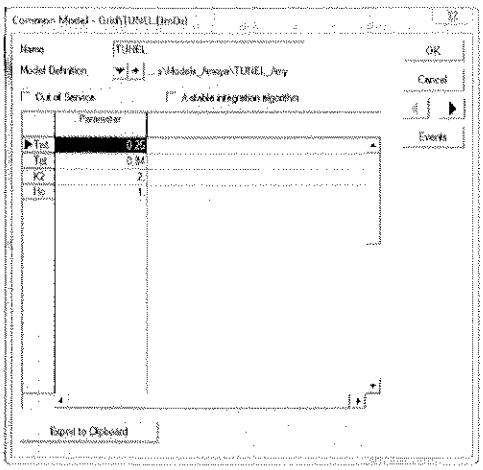


Figura 10 – Datos del túnel

Frame del Túnel

Frame_TUNEL_Amy:

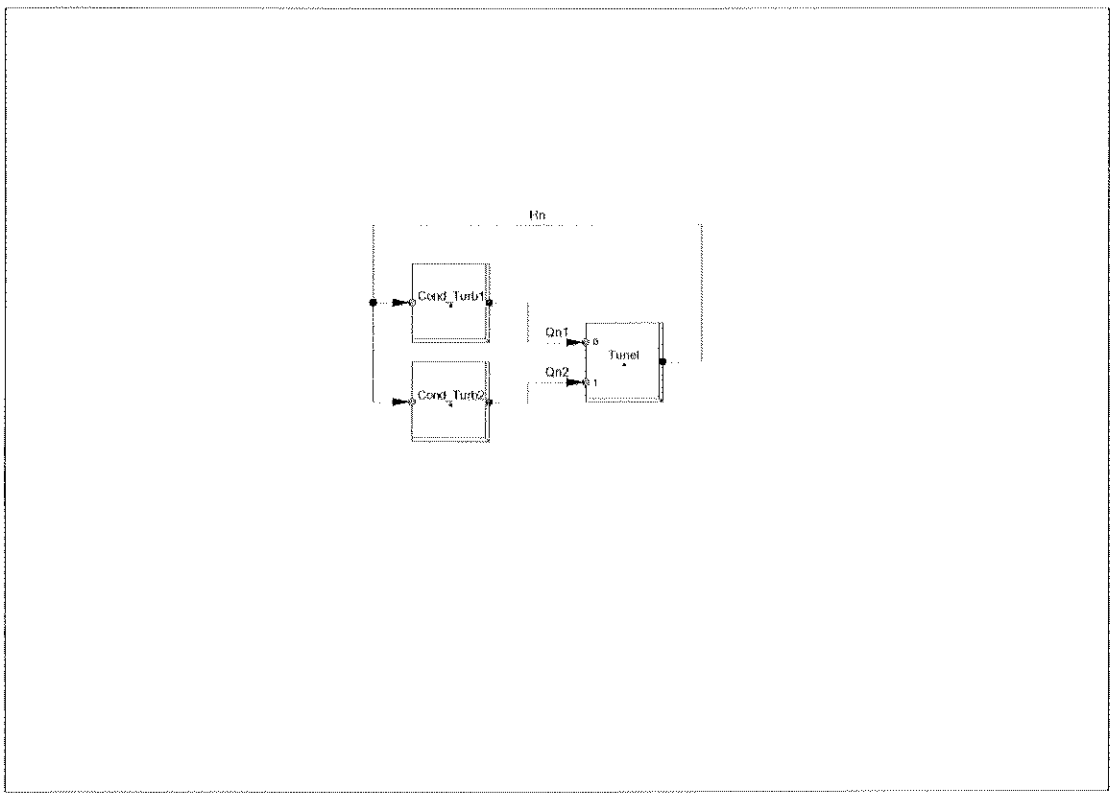


Figura 11 – Diagrama de Bloques del túnel

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

Generador

Modelo de la Máquina Sincrónica

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

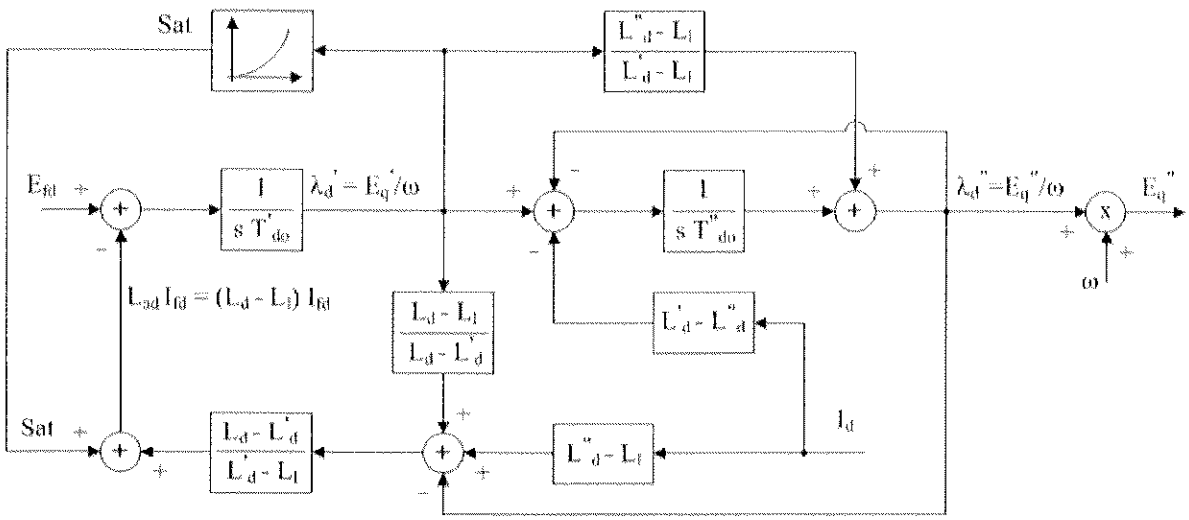


Figura 33 - Modelo de la Máquina Sincrónica de Polos Salientes – Eje Directo

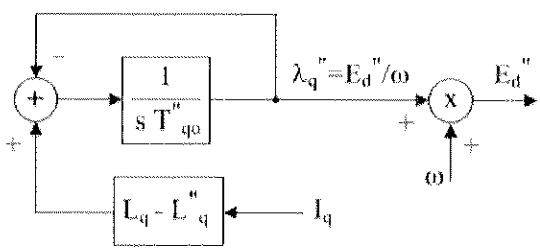


Figura 34 - Modelo de la Máquina Síncrónica de Polos Salientes – Eje Cuadratura

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 [25ºC]	0,073433	Ohm
Rfd [75ºC]	0,087582	Ohm

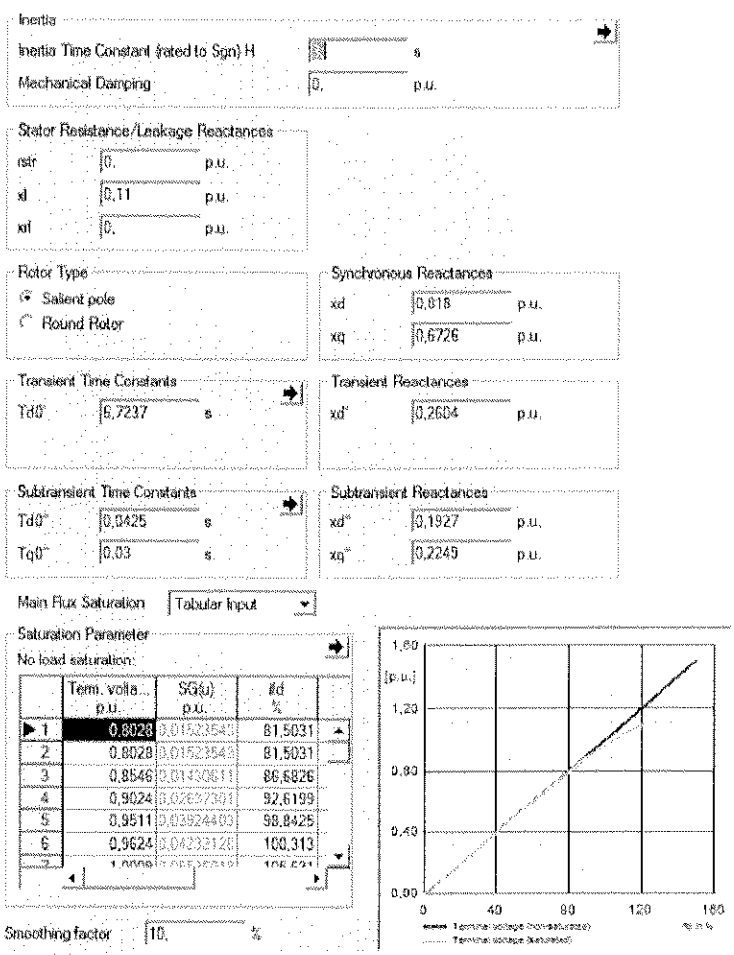


Figura 35– Parámetros Calculados del Generador

Sistema de Excitación

Diagrama de Bloques y Parámetros

Control Automático (Digsilent = AVR)

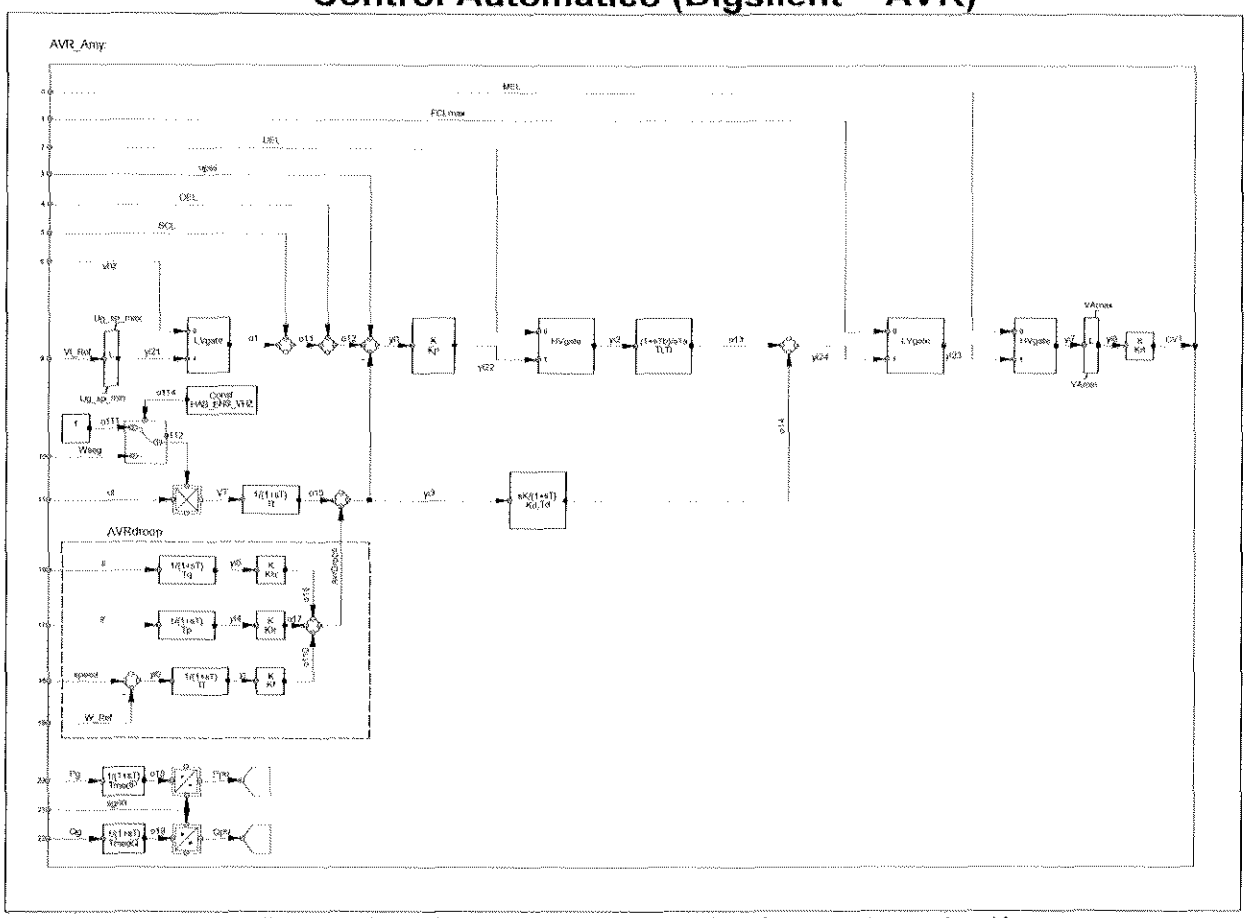


Figura 36 – Diagrama de bloques del sistema de excitación

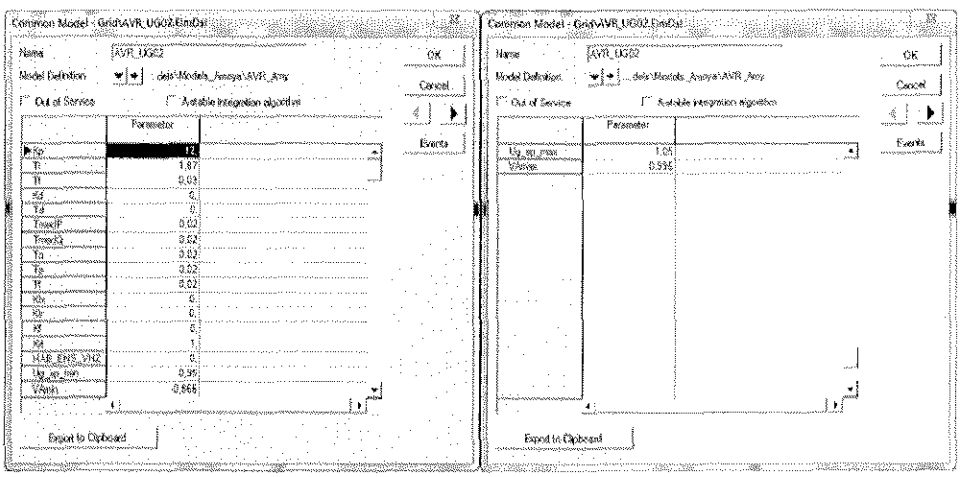


Figura 37 – Parámetros del sistema de excitación

Conversor de Potencia (Digsilent = DRIVE)

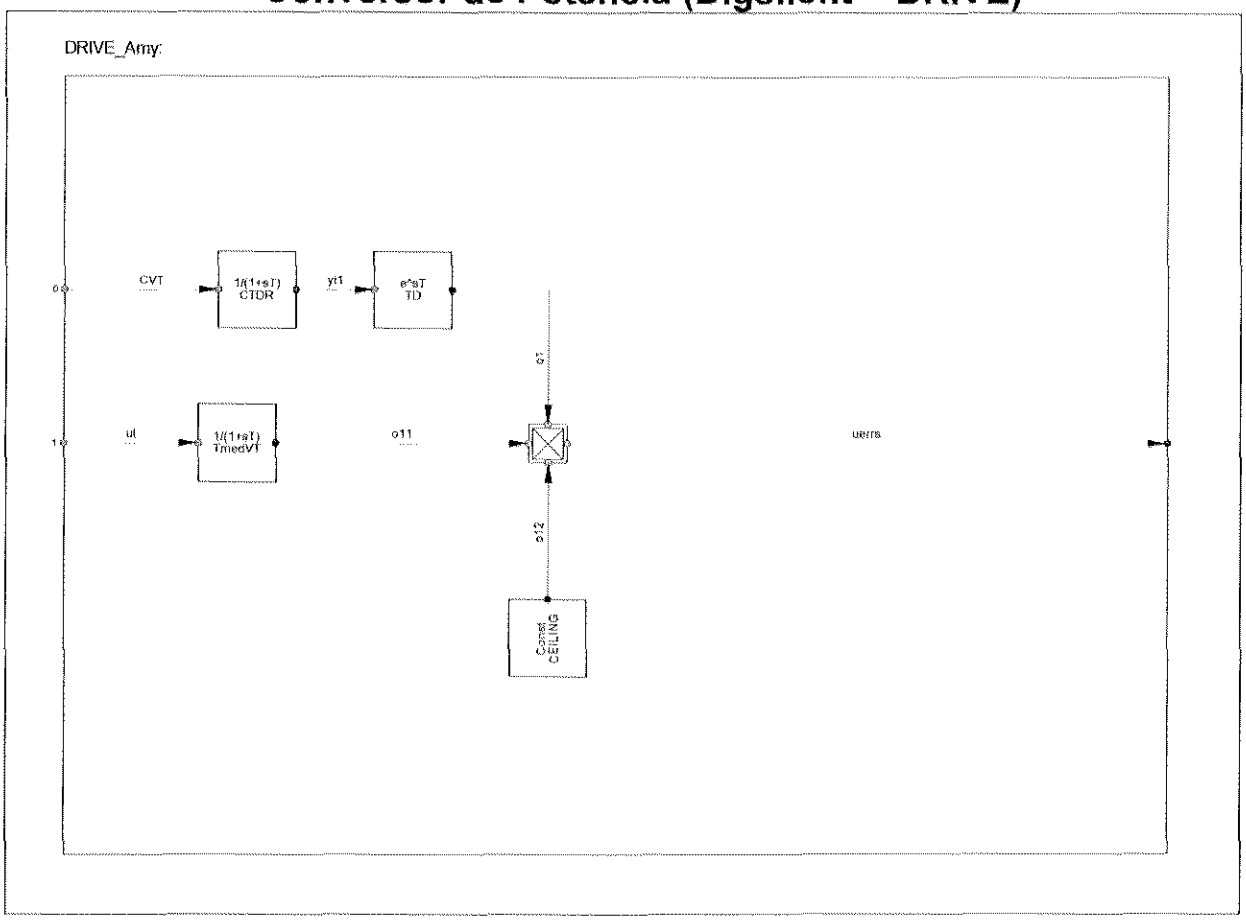


Figura 38 – Diagrama de bloques del conversor de potencia

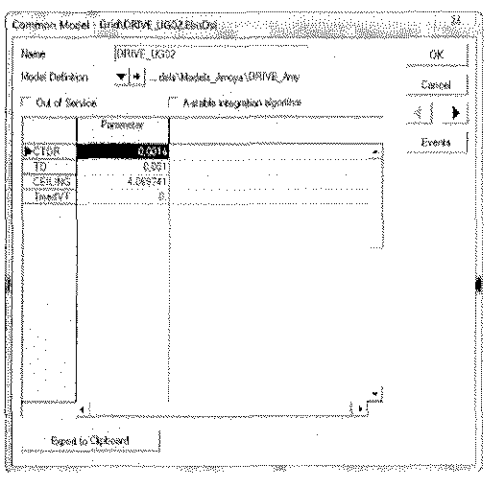


Figura 39 – Parámetros del conversor de potencia

LVHZ

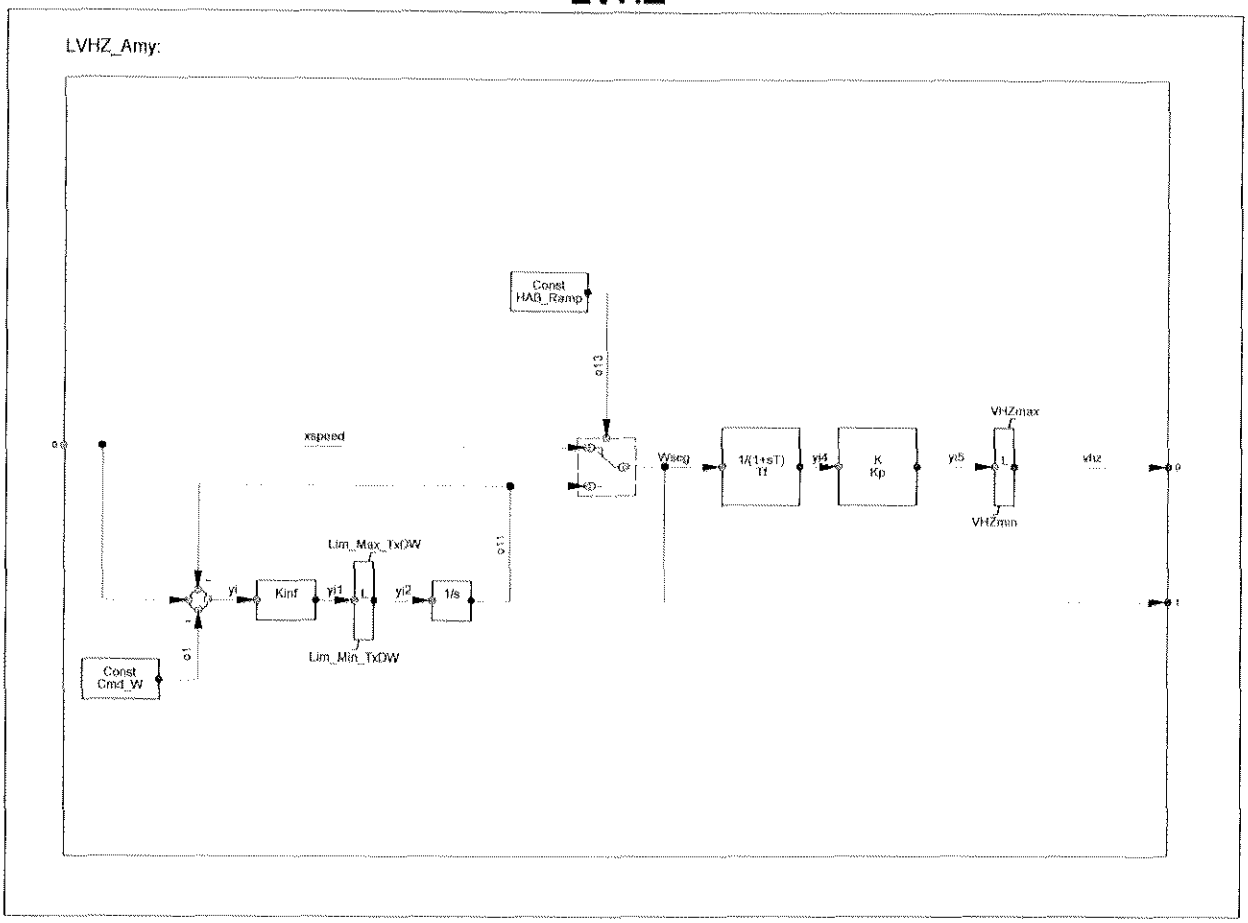


Figura 12 – Diagrama de bloques del limitador VHZ

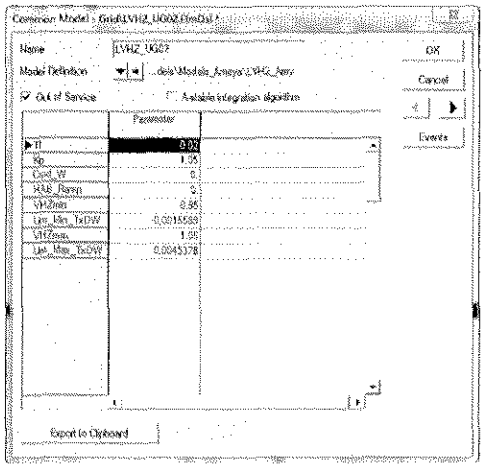


Figura 41– Parámetros del limitador VHZ

OEL

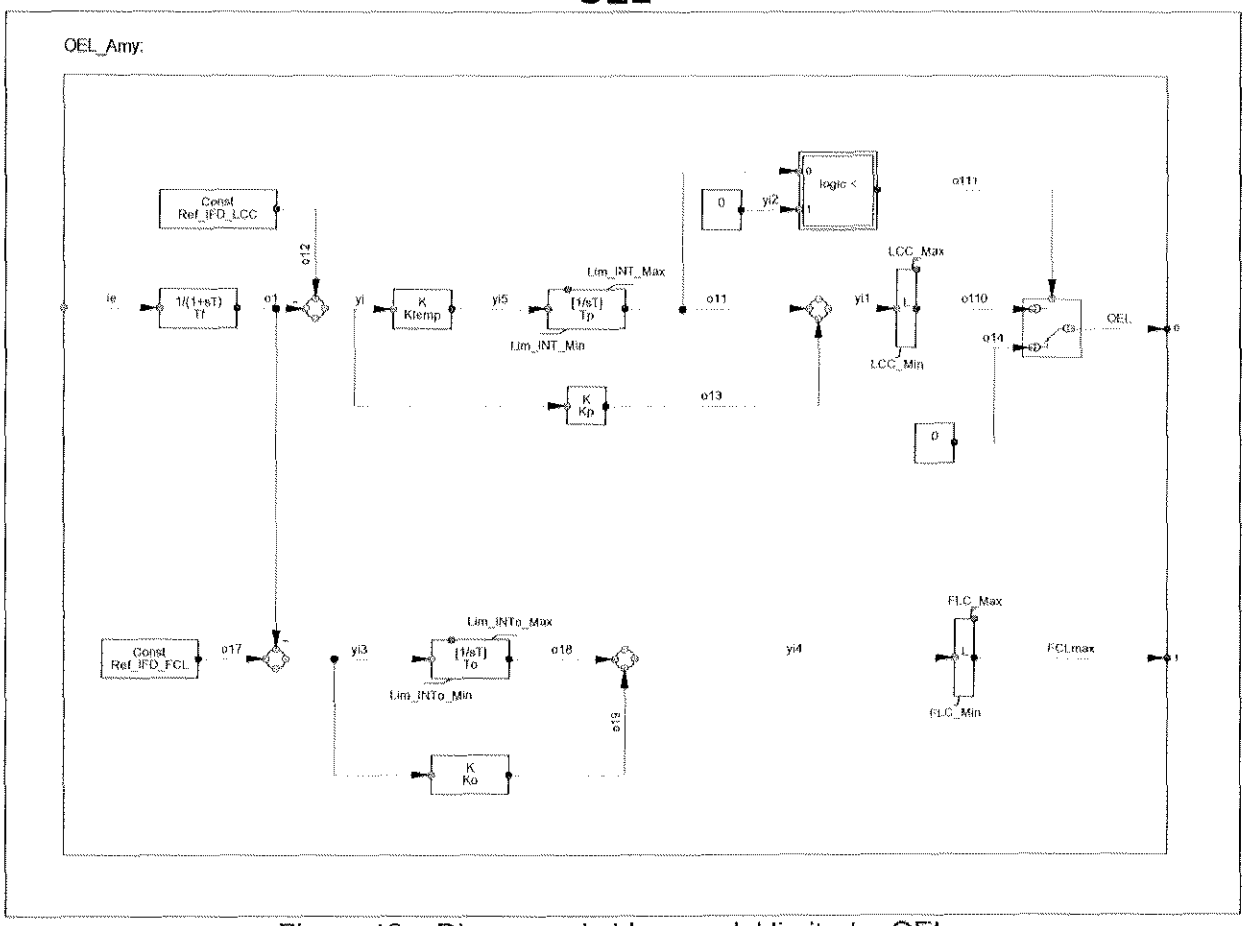


Figura 13 – Diagrama de bloques del limitador OEL

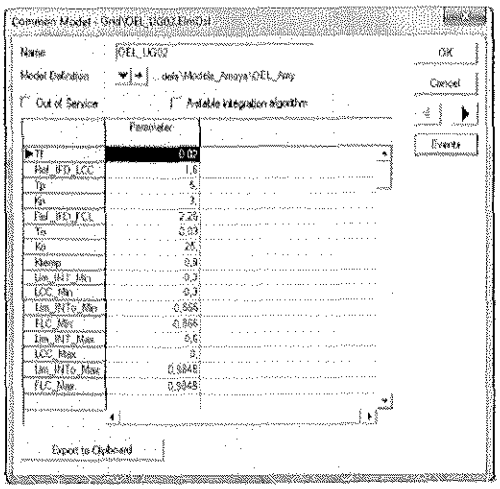


Figura 14 – Parámetros del limitador OEL

SCL

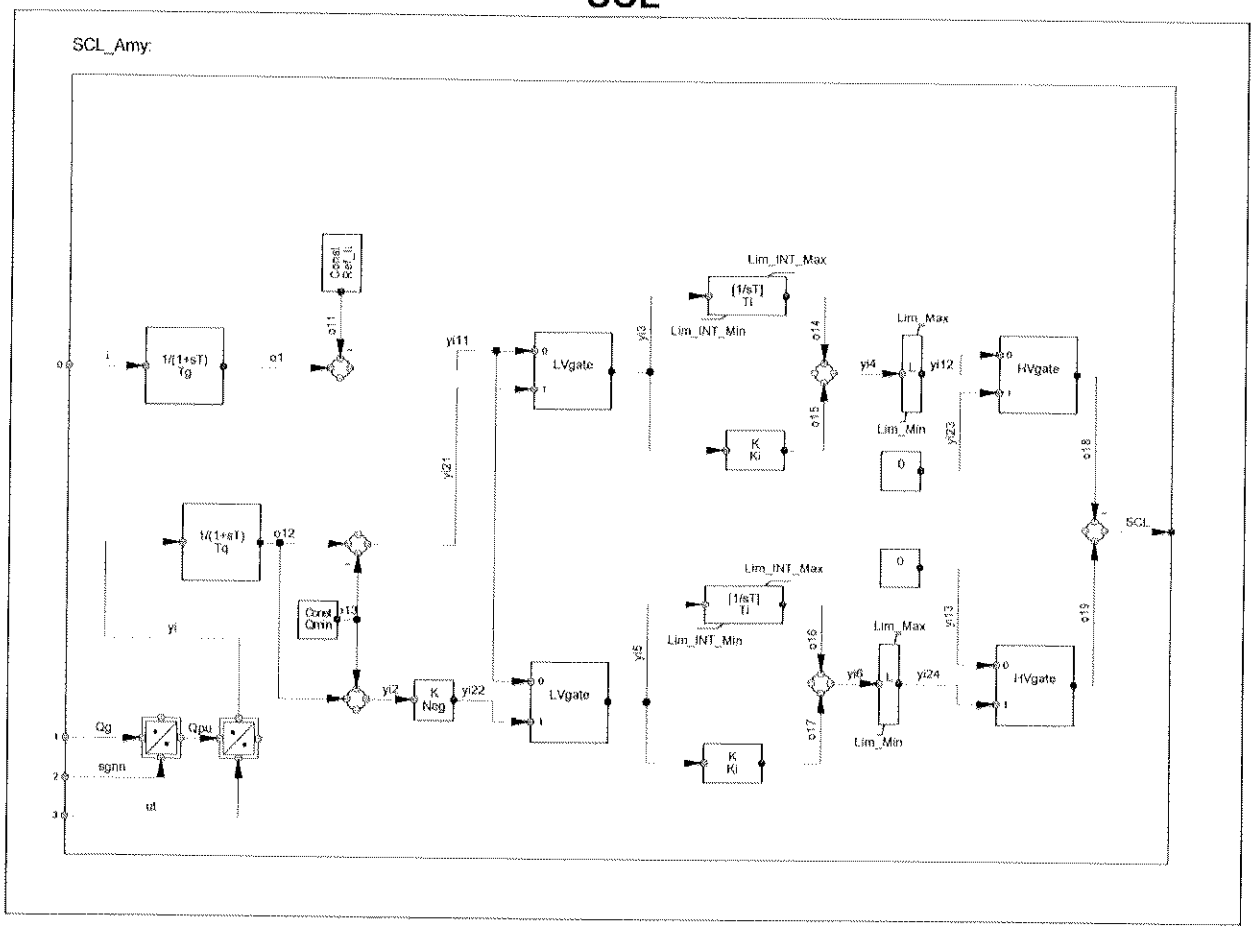


Figura 15 – Diagrama de bloques del limitador SCL

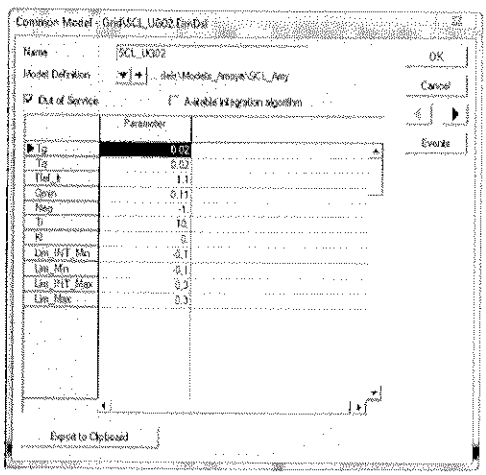


Figura 16 – Parámetros del limitador SCL

UEL

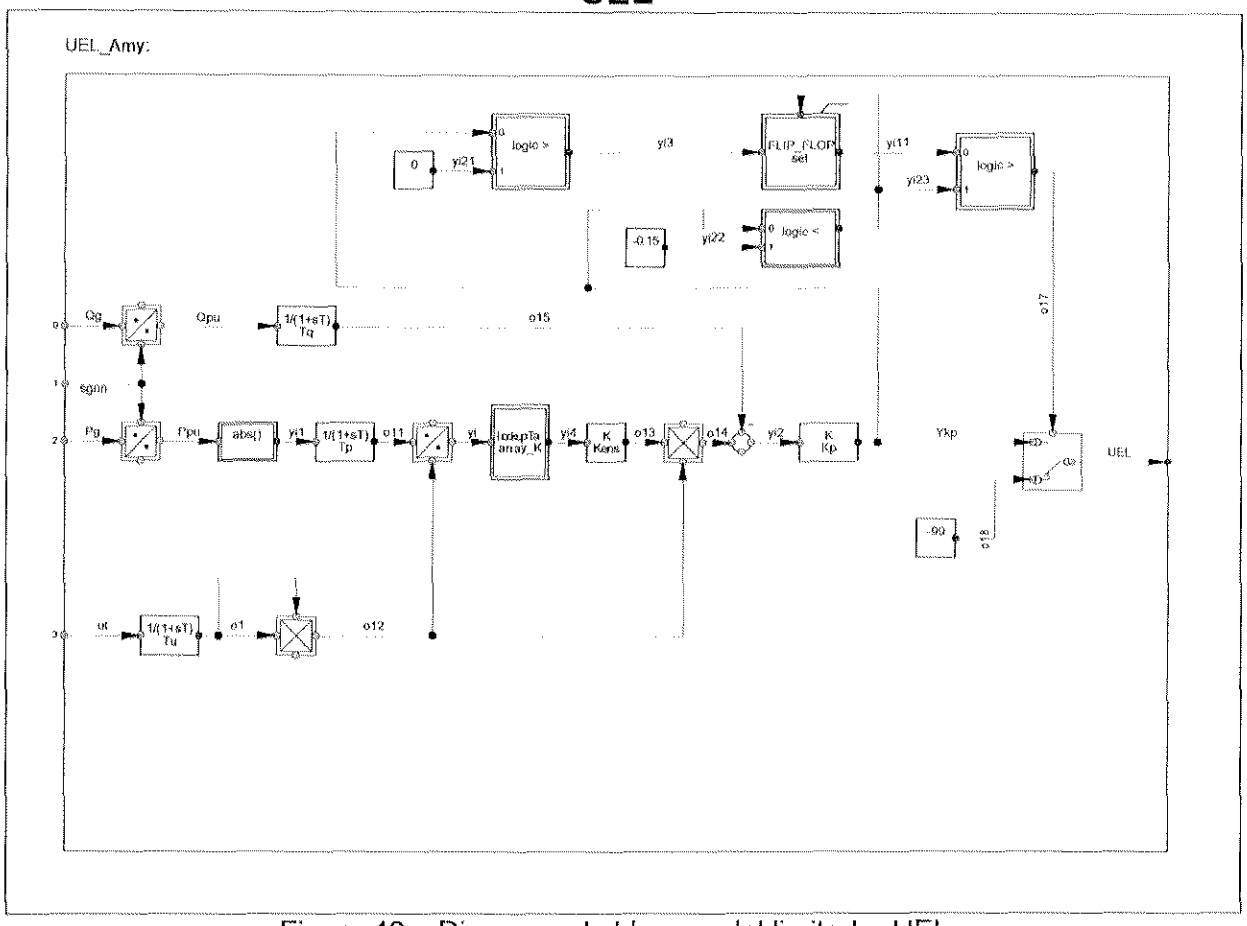


Figura 46 – Diagrama de bloques del limitador UEL

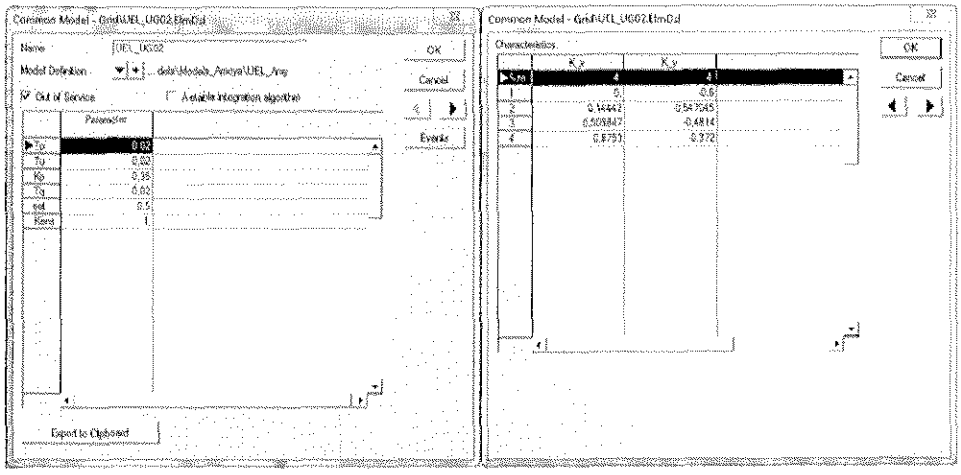
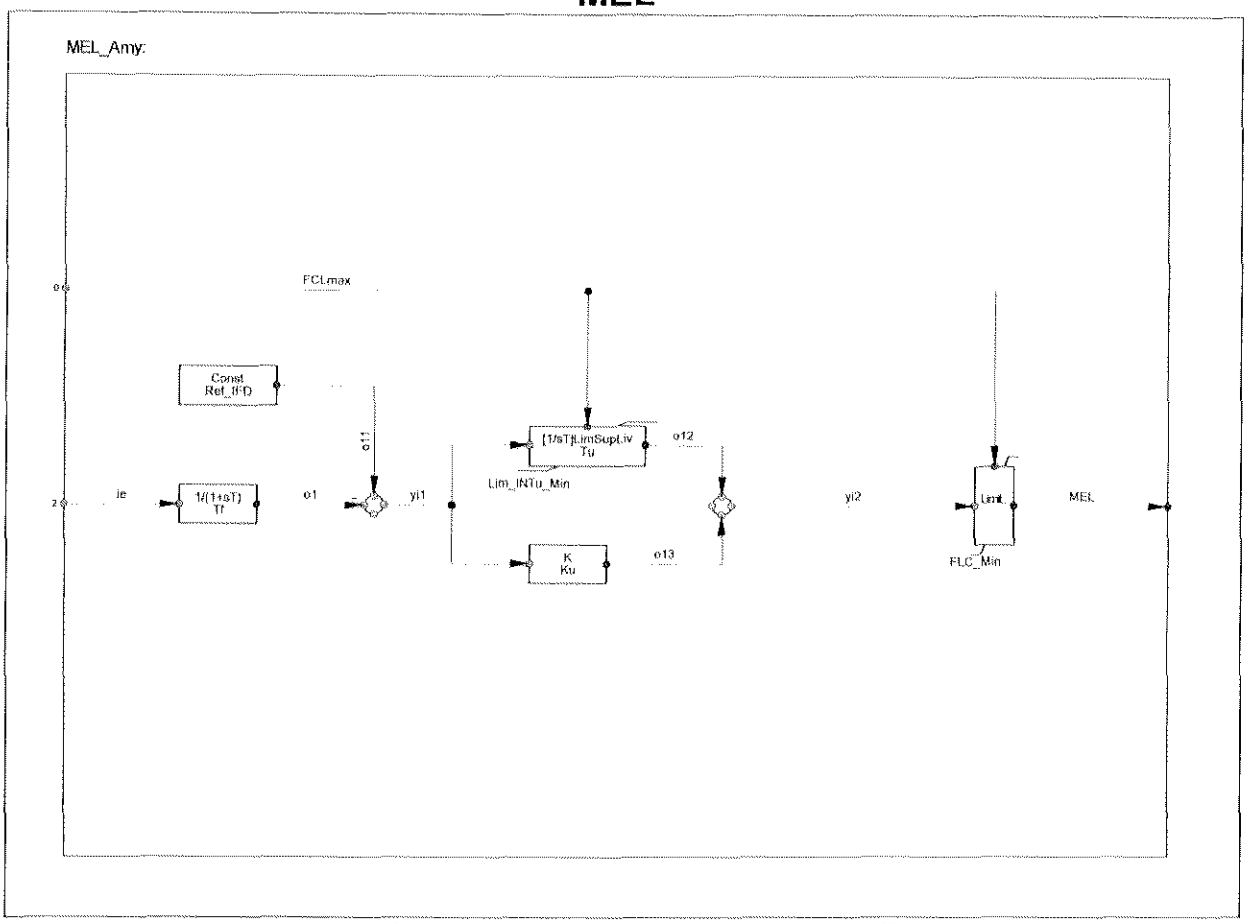


Figura 47 – Parámetros del limitador UEL

MEL



48 – Diagrama de bloques del limitador MEL

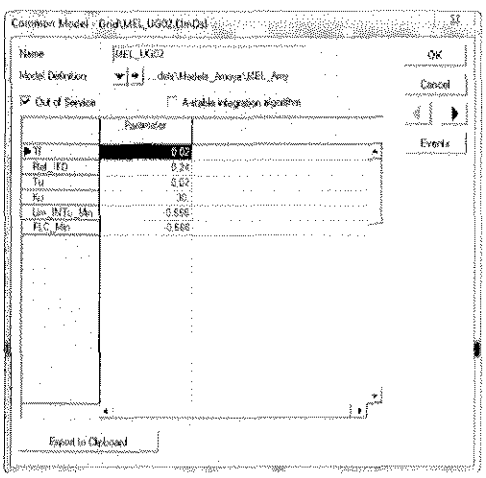


Figura 49 – Parámetros del limitador MEL

Estabilizador del Sistema de Potencia

Diagrama de Bloques y Parámetros

PSS

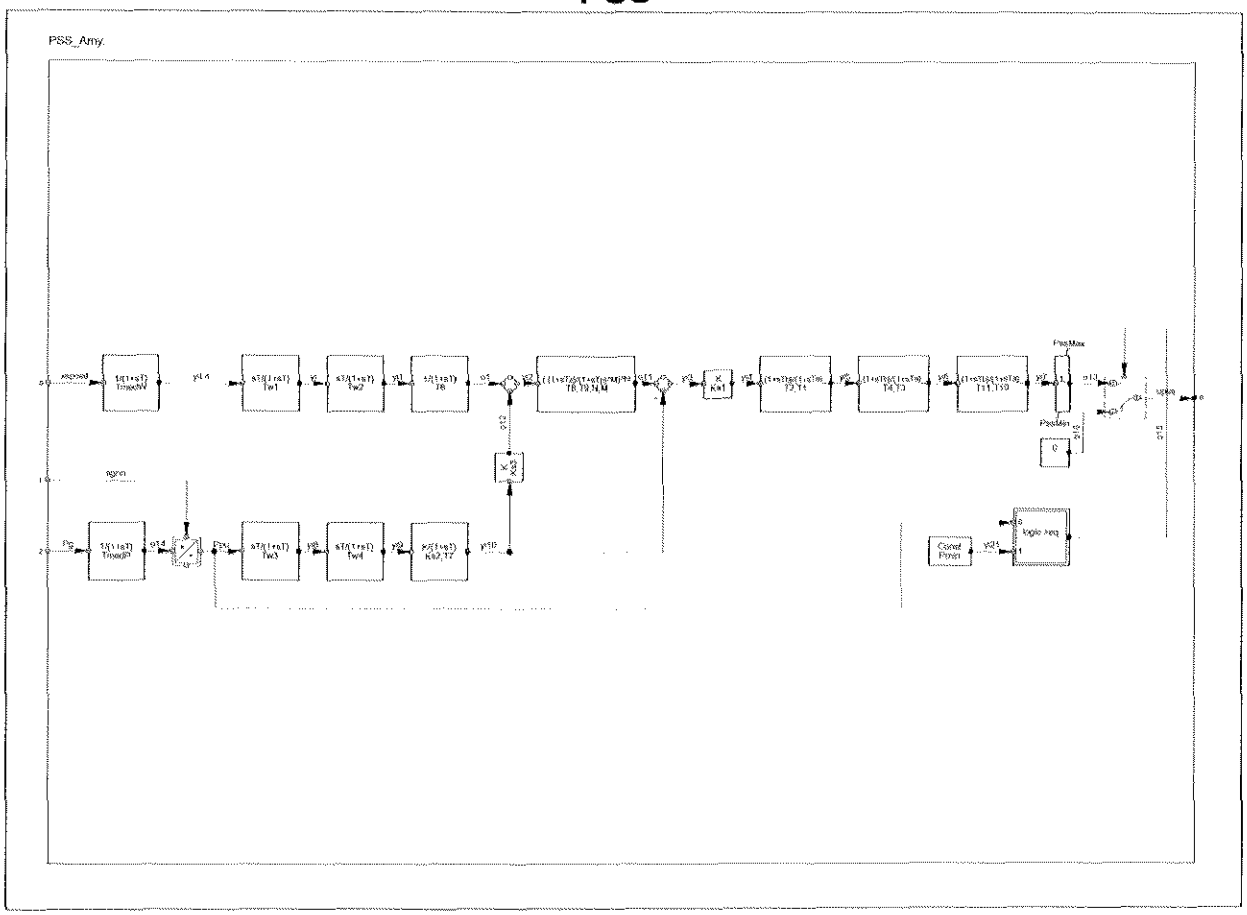


Figura 17 – Diagrama de bloques del Estabilizador de Sistema de Potencia

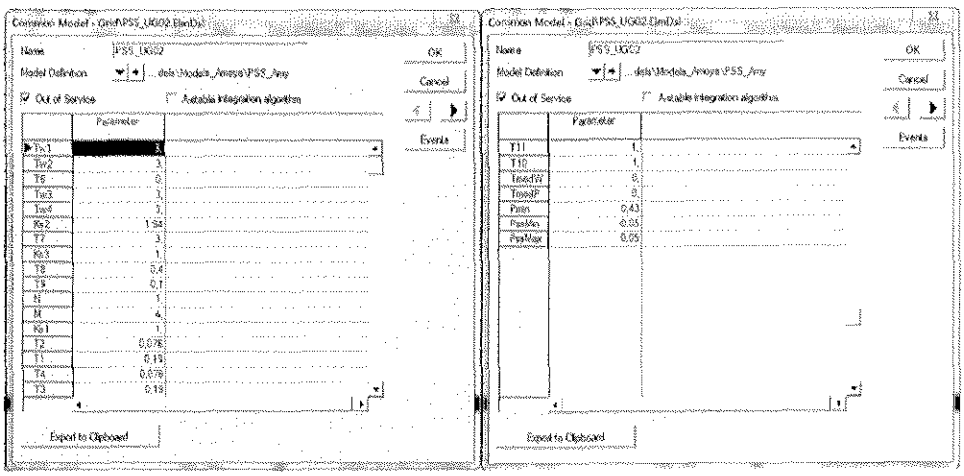


Figura 51 – Parámetros del Estabilizador de Sistema de Potencia

Regulador de Velocidad/Potencia y Turbina

Diagrama de Bloques y Parámetros

Control de Velocidad – UG02

Velocidad_Amy:

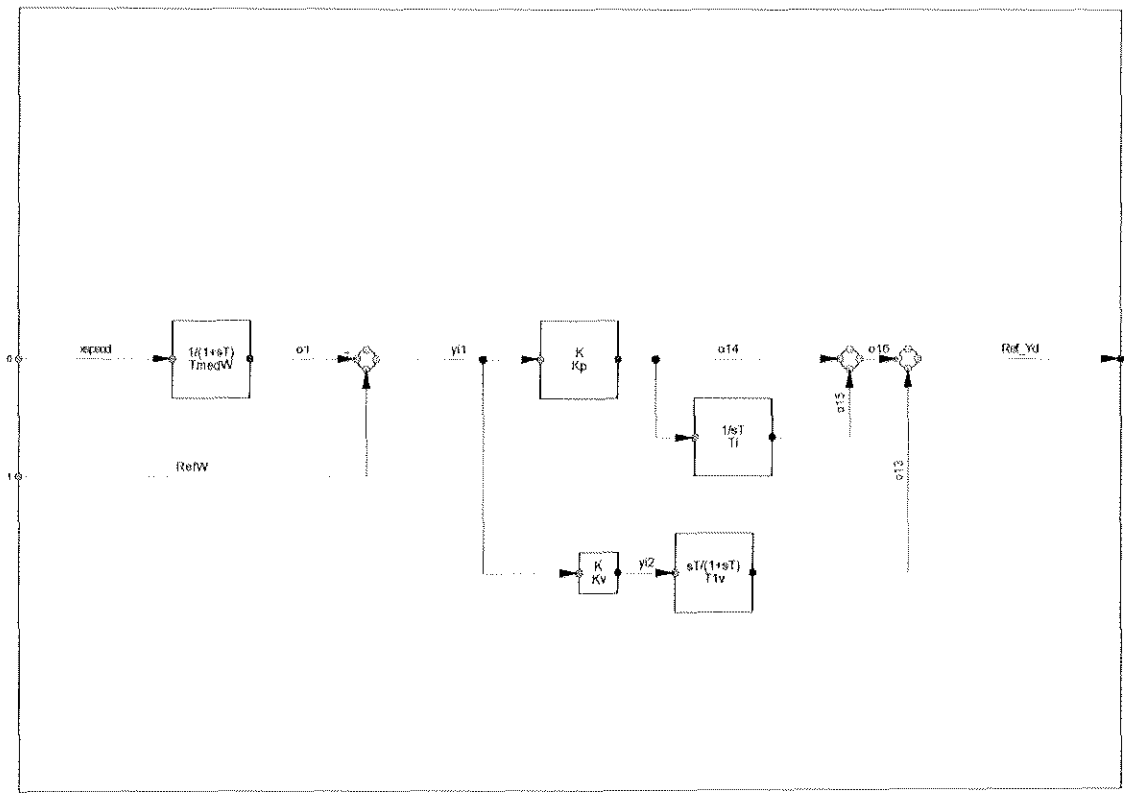


Figura 52 – Diagramas de bloques del Control de Velocidad

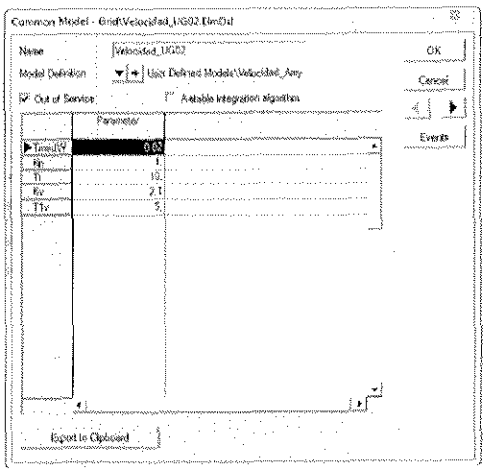


Figura 53 – Datos del Control de Velocidad

Control de Potencia – UG02

Potencia_Amy:

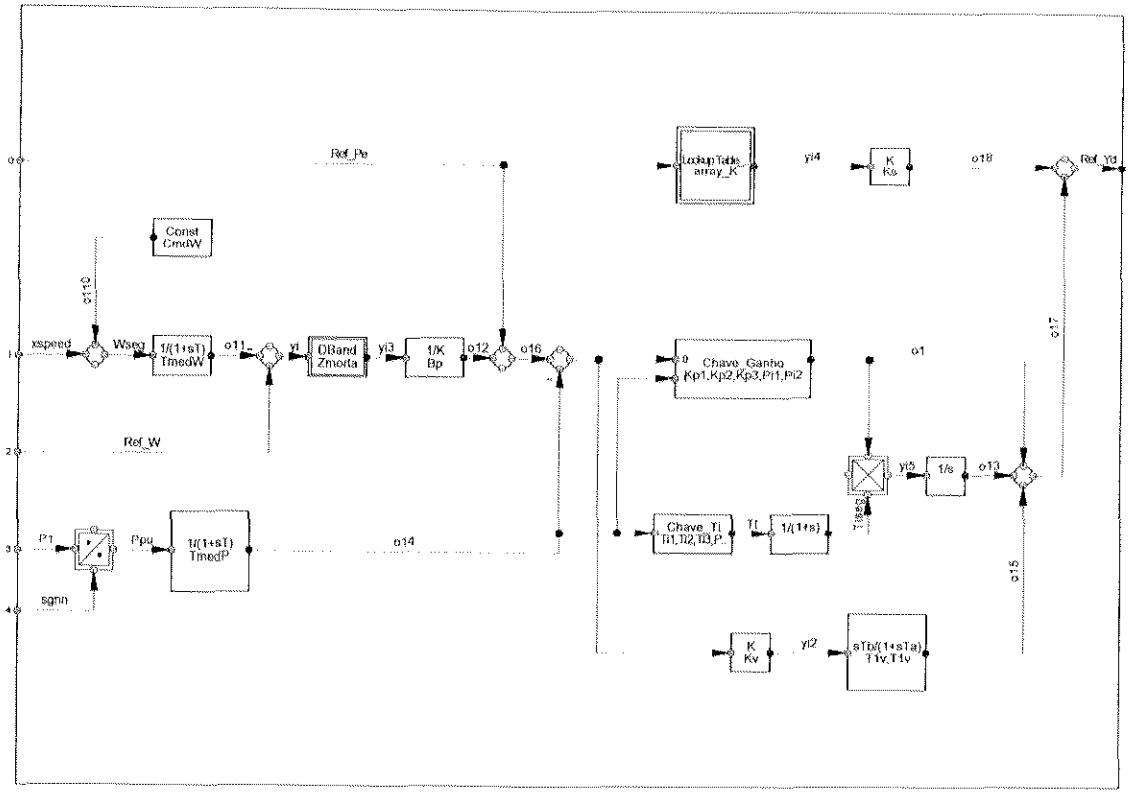


Figura 54 – Diagramas de bloques del Control de Potencia

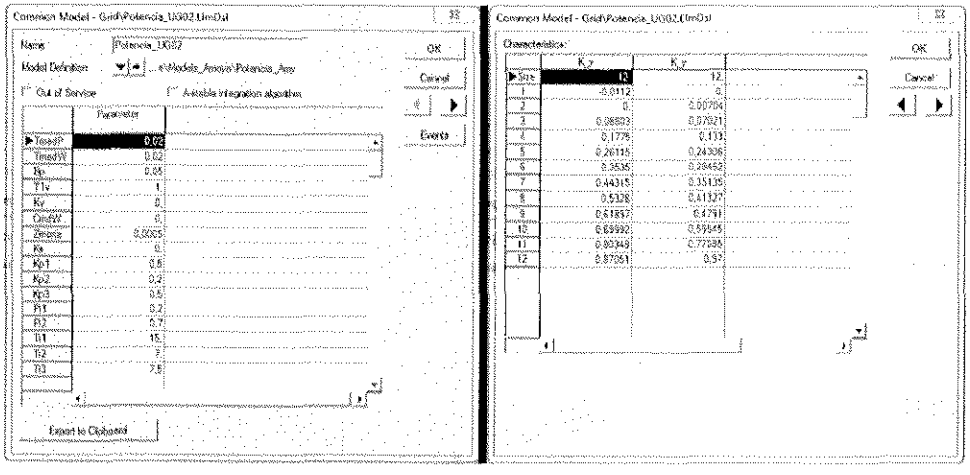


Figura 55 – Datos del Control de Potencia

Actuador – UG02

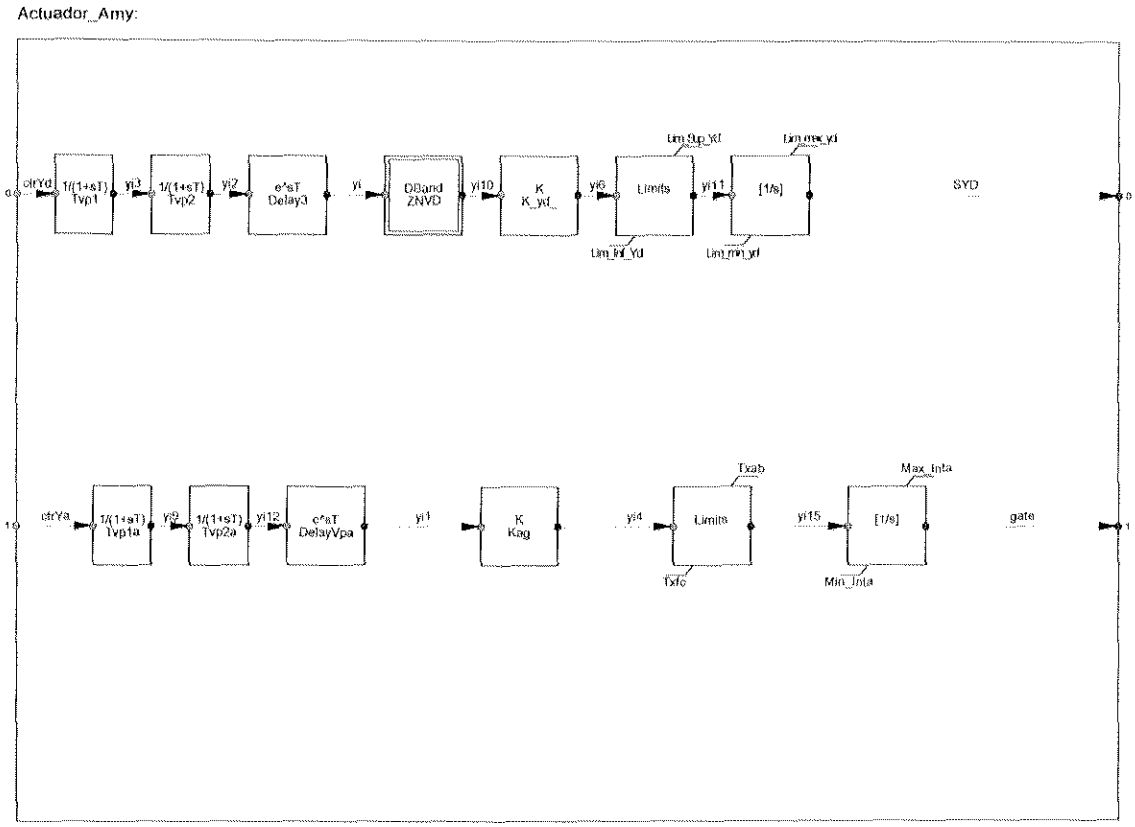


Figura 56 – Diagrama de bloques del Actuador

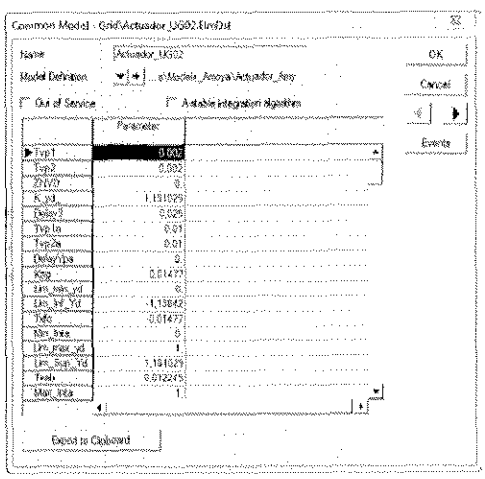


Figura 57 – Datos del Actuador

Control del Actuador – UG02

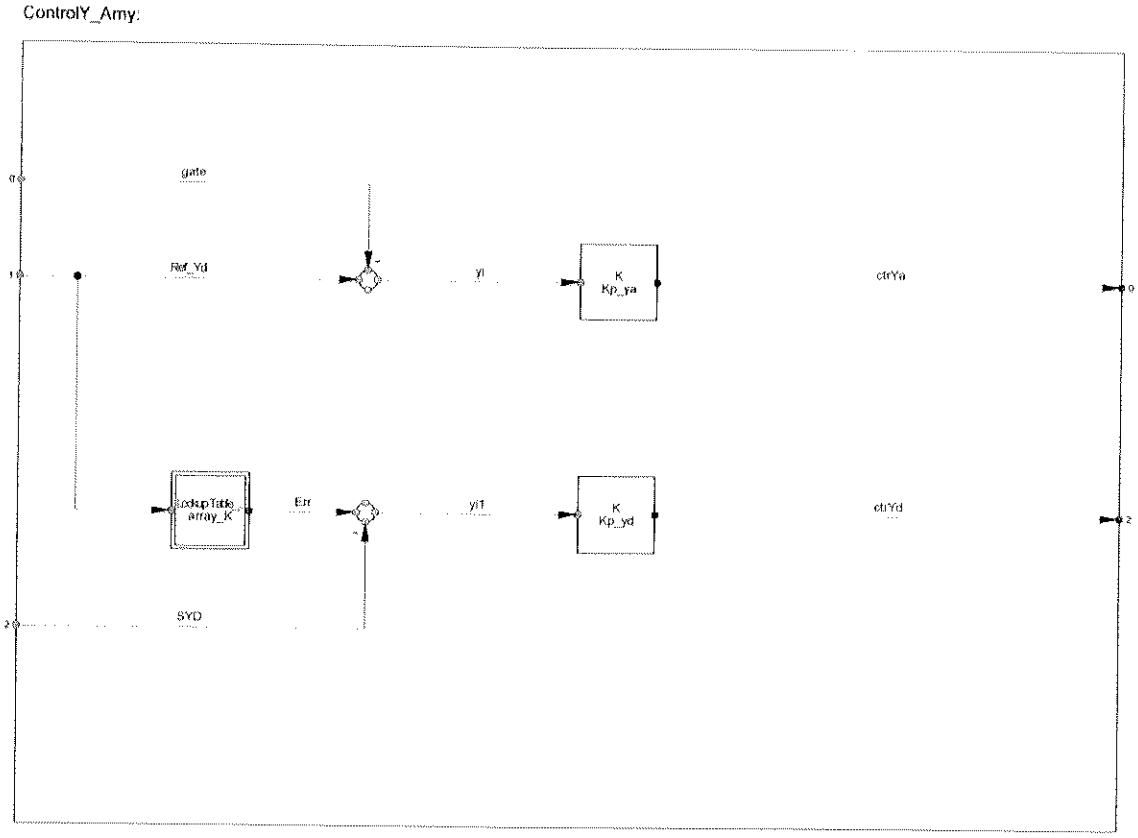


Figura 58 – Diagrama de bloques del Control del Actuador

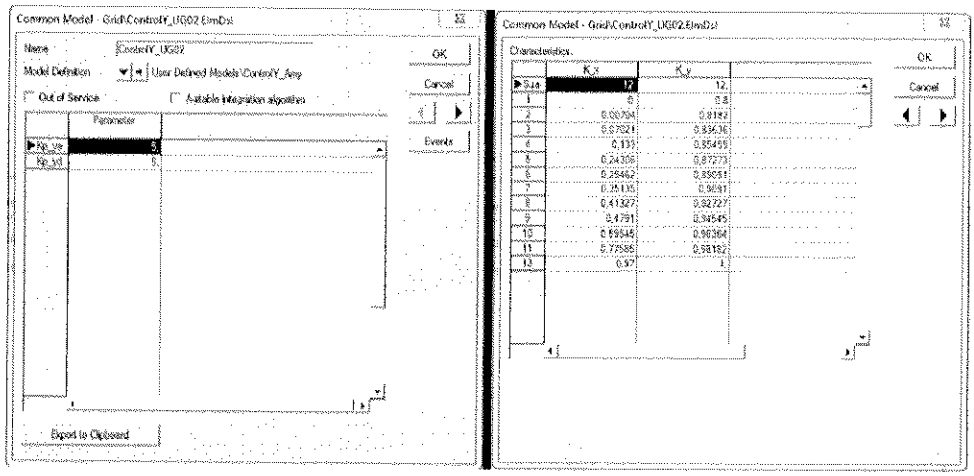


Figura 59 – Datos del Control del Control del Actuador

Conducto y Turbina – UG02

Conducto_Turbina_Amy:

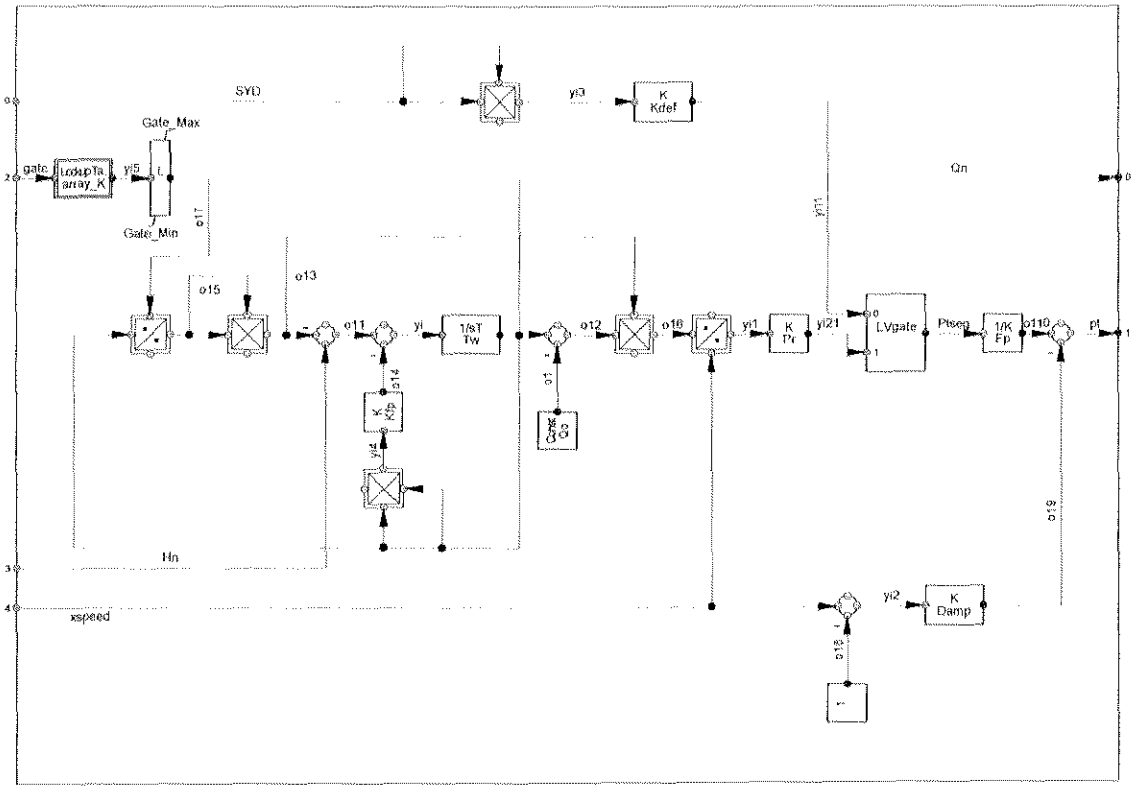
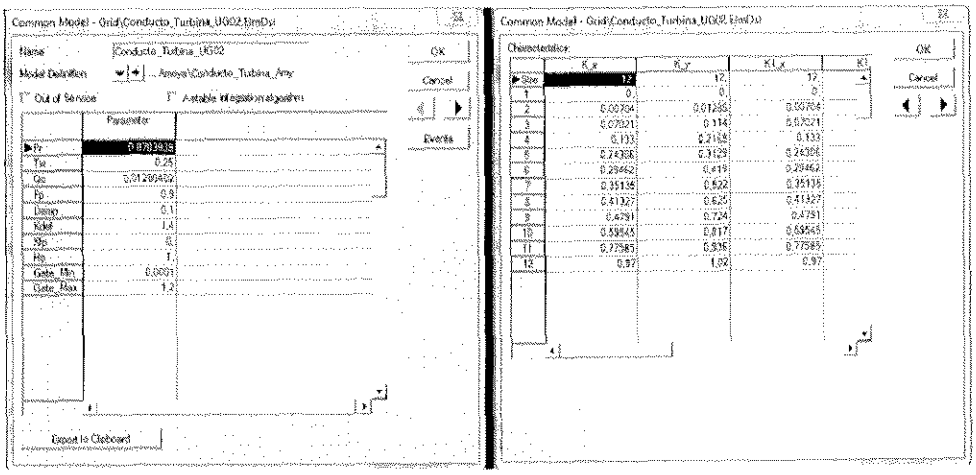


Figura 60 – Diagrama de Bloques del conducto y turbina



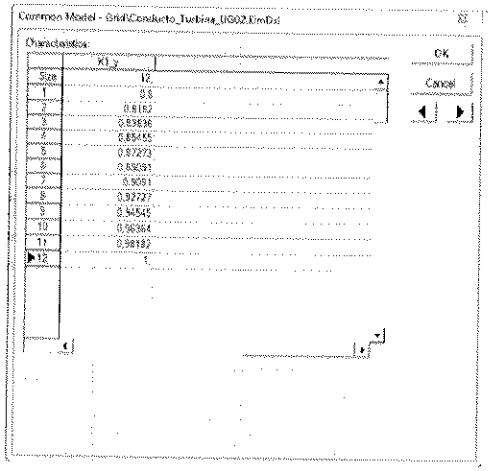


Figura 61 – Datos del conducto y turbina

Túnel

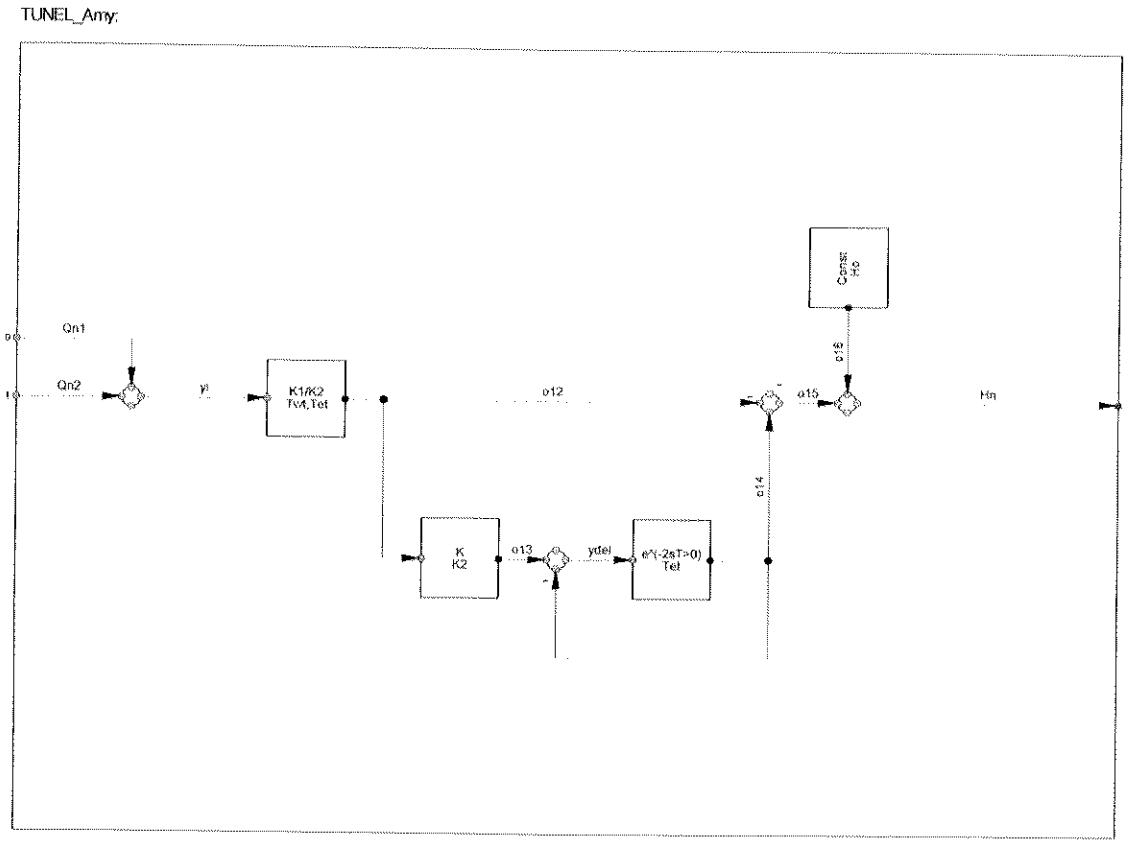


Figura 62 – Diagrama de Bloques del túnel

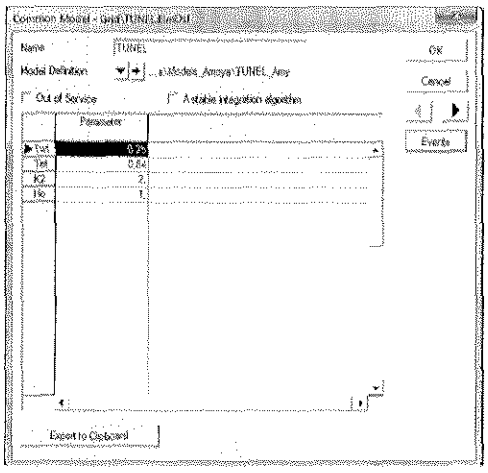


Figura 63 – Datos del túnel

Frame del Túnel

Frame_TUNEL_Amy:

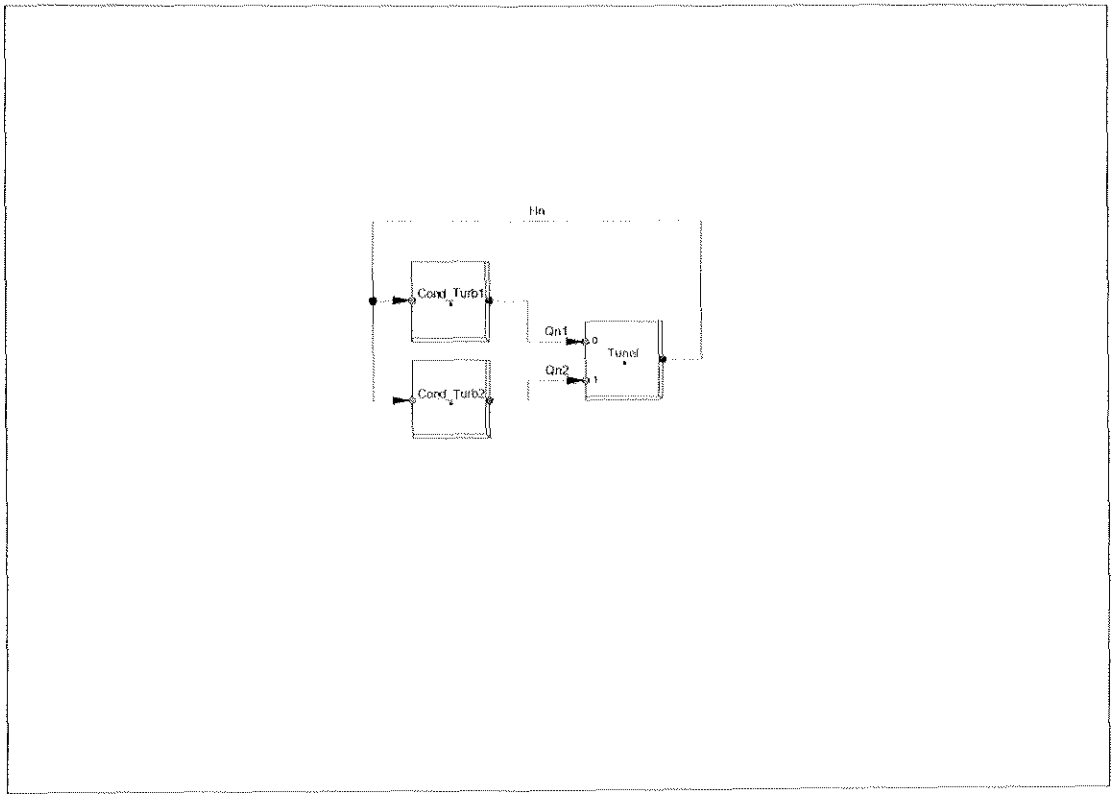


Figura 64– Diagrama de Bloques del túnel