



---

## IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS DINÁMICOS DE LOS GENERADORES DE YACYRETÁ EN ESTUDIOS DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

**Wilder M. Mereles Duarte, Dionicio González Torres**

**Entidad Binacional Yacyretá**

**Paraguay**

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo implementar los modelos dinámicos de los generadores de la Central Hidroeléctrica Yacyretá (CHY), para los Estudios en Transitorios Electromagnéticos. Dicho trabajo surge debido a la necesidad de conocer con un mayor grado de precisión, los efectos durante maniobras de energización y las múltiples contingencias, a fin de determinar magnitudes de tensiones y corrientes que servirán para definir las medidas de mitigación de estos efectos sobre los equipos eléctricos de la central.

Para lograr tal objetivo fueron modelados: el generador de 172,5 MVA, el Sistema de Excitación (AVR), Regulador Automático de Velocidad (RAV) y Estabilizador de Sistema de Potencia (PSS). El programa utilizado para el efecto es el ATPDraw, herramienta muy poderosa y utilizada para los fines más variados que van desde la especificación de equipamientos hasta reproducción de eventos eléctricos, siendo de aceptación mundial por su comprobada eficiencia.

En la construcción del AVR, RAV y PSS en el formato de ATPDraw se utilizó las rutinas de Models y Tacs, atendiendo la rigurosidad de los modelos físico-matemáticos del sistema eléctrico, cuidando el uso adecuado de las herramientas disponibles. Estos factores fueron decisivos para lograr un modelo capaz de prever comportamientos en diferentes escenarios.

Con el modelo completo de la máquina concluido, se realizó la validación del mismo comparándolos con los modelos dinámicos existentes en el formato PSSE, para la cual se han realizado simulaciones para un mismo escenario base en ATPDraw y PSSE. Los resultados de dichas simulaciones son analizados y comparados a fin de demostrar la robustez y desempeño de los modelos implementados para los estudios en transitorios. .

Finalmente se presenta los resultados de la comparación entre los valores provenientes de la simulación en ATPDraw y los registros de oscilación de la CHY ante un evento ocurrido.

### PALABRAS CLAVES

\*Modelos dinámicos, Transitorios Electromagnéticos, Central H. Yacyretá, Sistema de Excitación, Regulador Automático de Velocidad, Estabilizador de Sistema de Potencia, ATPDraw, Models, Tacs, PSSE.

## 1. Introducción

Para el inicio de la operación de la Central Hidroeléctrica de Yacyretá la Entidad ha encomendado los Estudios Eléctricos pertinentes necesarios para el inicio de suministro a los sistemas eléctricos de Paraguay y Argentina. Para ese entonces fue encomendada a Power Technologies Inc (PTI) la realización de los estudios completos en régimen estático y dinámico de la Central [2].

Como primera etapa de los estudios para régimen dinámico, PTI desarrollo los modelos en formato y lenguaje propios del Power System Simulator for Engineering (PSS/E) los modelos de: regulador de velocidad hidráulico (RAV), Sistema de excitación y regulador de tensión (AVR) y el Estabilizador de Sistema de Potencia (PSS).

Los modelos desarrollados desde entonces han sufrido modificaciones acompañando las actualizaciones tecnológicas sufridas en los sistemas de RAV, AVR y PSS, y los mismos están incluidos en la Base de Datos y Modelos para Estudios Eléctricos del SADI, administrada por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA). A partir de ahí es posible obtener los datos y modelos de la Central en PSSE a fin de simular la operación de la CHY ante escenarios de régimen estáticos y dinámicos que involucren a Yacyretá tanto en el sistema eléctrico Paraguayo como del sistema eléctrico Argentino [1,2,3 ].

Los recientes eventos referentes a la interconexión en 500 kV de la CHY con el sistema eléctrico paraguayo a través de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), han motivado la necesidad de incorporar dichos modelos para los estudios de transitorios electromagnéticos resultantes de las distintas maniobras y operaciones ejecutadas y que futuramente tienden a incrementarse a medida que avanza el proyecto de integración de la CHY al Sistema Eléctrico Paraguayo (SINP) interconectado en 500 kV[3,9].

## 2. Los modelos dinámicos de la CHY.

A continuación se describe brevemente los principales modelos dinámicos a ser considerados en el presente trabajo, los mismos fueron modelados por PTI y a partir de los modelos originales provistos por la empresas fabricantes. Los modelos aquí presentados están actualmente implementados en PSSE y forman parte de la base de datos que administra CAMMESA. Siendo estos modelos ampliamente validados y comprobados, los mismos serán utilizados como referencia en la realización de los modelos dinámicos en ATPDraw [8,9].

### 2.1. Sistema de excitación.

El sistema de excitación para los generadores de 172,5 MVA /13,2 kV son del tipo UNITROL y los mismos han sido modelados por PTI a través de un lenguaje propio del PSSE, que una vez compilados mediante un módulo de compilación, crean las librerías necesarias para la utilización de este modelo propio de usuario (USER MODELS) en la simulación dinámica del PSSE. El lenguaje utilizado recibe el nombre de Flecs y los mismos requieren de una compilación mediante la utilización del programa fortran [2,4,9].

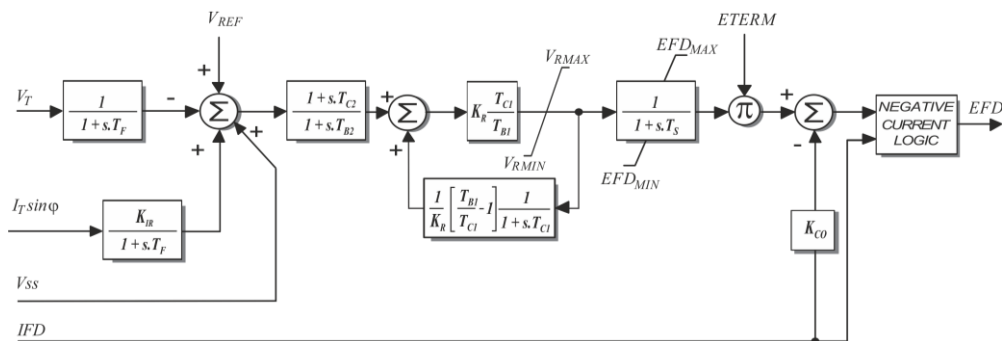


Fig. 1 Diagrama del modelo de sistema de excitación de Yacyretá [2,4].

### Parámetros

$T_F$	Tiempo de medición del filtro transductor	(s)	$T_{B1}$	Constante del primer controlador de atraso de tiempo (lag-time)	(s)
-------	---	-----	----------	---	-----

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

$T_S$	Constante de tiempo del regulador de tensión.	(s)	$T_{B2}$	Constante del segundo controlador de atraso de tiempo (lag-time)	(s)
$K_{IR}$	Factor de compensación de potencia reactiva	(p.u.)	$T_{C1}$	Constante del primer controlador de avance de tiempo (lead-time)	(s)
$K_R$	Ganancia del regulador de tensión	(p.u.)	$T_{C2}$	Constante del segundo controlador de avance de tiempo (lead-time)	(s)
$K_{CO}$	Constante de compensación para caída de tensión	(p.u.)	$EFD_{MAX}$	Límites máximos y mínimos para la salida del AVR	(p.u.)
			$EFD_{MIN}$		

El modelo creado fue denominado ABBSP2 y su modelo se encuentra en la base de datos mencionada anteriormente en un formato compatible propio del PSSE. En la fig. 1 se puede apreciar el modelo del ABBSP2 y la descripción de sus principales parámetros. La integración con los demás modelos se da a través de una compleja secuencia de integración de los modelos de usuario con los modelos propios del PSSE.

### 2.2. Estabilizador de Sistema de Potencia.

El Estabilizador de Sistema de Potencia es del tipo Reivax PWX600 y los mismos han sido implementados para cumplir con los requisitos de CAMESA a fin obtener una mejor performance dinámica para el sistema Argentino [5]. El nuevo modelo para la librería dinámica generada por PTI, se denomina PWX5P4 y su implementación se da en forma conjunta con el modelo ABBSP2 y de la misma forma mencionada en el modelo anterior [2,4,9].

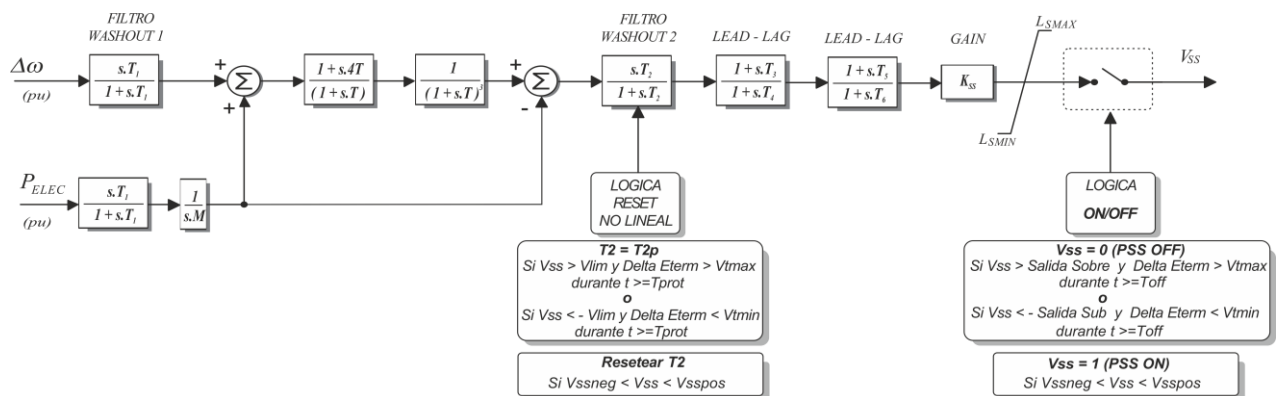


Fig. 2 Diagrama del Modelo de PSS de Yacretá [2,4]

#### Parámetros

$T$	constante de tiempo del filtro rastreador de rampa	(s)	$M$	constante de aceleración de la máquina ( $M=2H > 0$ )	(p.u.)
$T_1$	constante de tiempo del primer "reset"	(s)	$K_{SS}$	Ganancia del dispositivo	(p.u.)
$T_2$	constante de tiempo del segundo "reset"	(s)	$T_{2P}$	Constante de tiempo del segundo "reset" con protección anti-saturación.	(s)
$T_3$	constante de tiempo de avance del primer compensador	(s)	$T_{C2}$	Constante del segundo controlador de avance de tiempo (lead-time)	(s)
$T_4$	constante de tiempo de atraso del primer compensador	(s)	$LS_{MA}$	Límites máximos y mínimos para la salida del PSS	(p.u.)
$T_5$	constante de tiempo de avance del segundo compensador	(s)	$V_{tmax}$	Límites máximos y mínimos para la tensión en terminales de la máquina.	(p.u.)
$T_6$	constante de tiempo de atraso del segundo compensador	(s)	$V_{tmin}$		
$T_{off}$	Constante de tiempo de operación del PSS.	(s)	$T_{prot}$	Constante de tiempo de operación para protección anti-saturación.	(s)
			$V_{sspos}$	Límites máximos y mínimos en que la salida del estabilizador debe estar para normalizar su operación	(p.u.)
			$V_{ssneg}$		

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

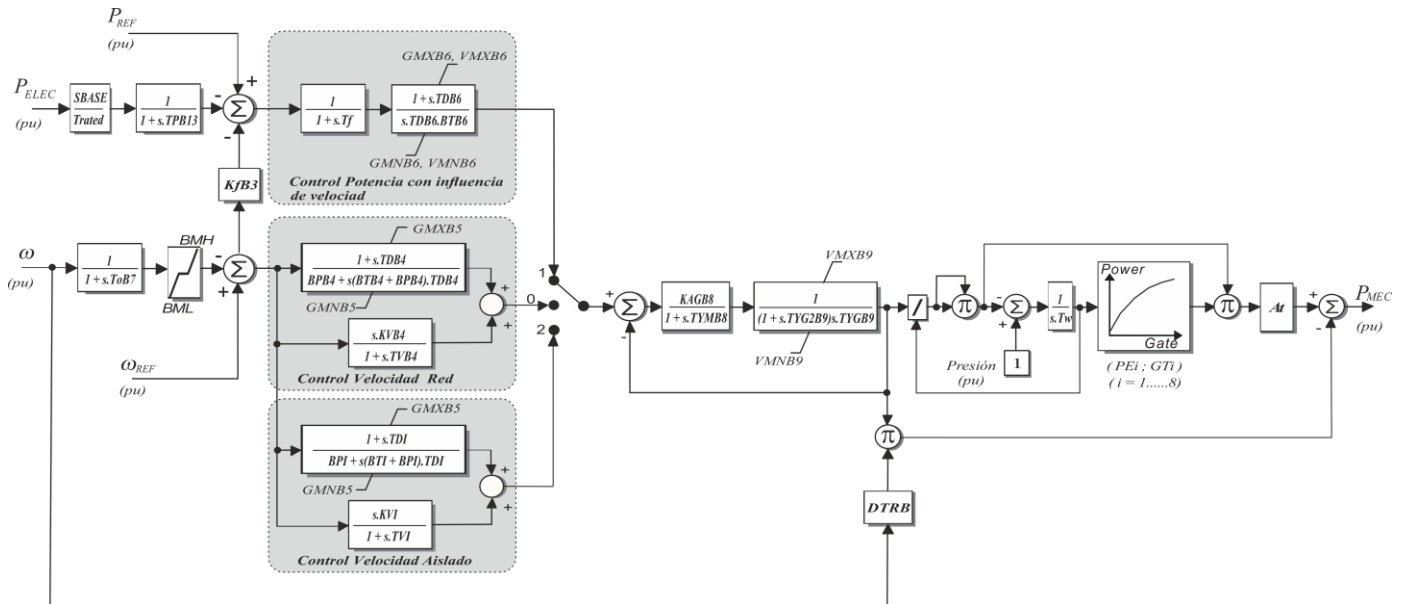
En la fig. 2, se puede apreciar el diagrama de bloques del modelo PWX5P4, la misma es muy similar al modelo PSS2A definida por IEEE [4] y a parte de la descripción de sus principales parámetros se puede apreciar las lógicas de operación de este dispositivo. La operación integrada con el modelo de excitación es obligada, siendo su opción para funcionar por separado totalmente nula.

**2.3. Regulador Automático de Velocidad.**

A partir del modelo de regulador automático de velocidad hidráulico de la empresa Voith Hydro, PTI desarrolla el modelo para la turbina de Yacretá, el modelo así obtenido está orientado a la investigación de la respuesta del regulador ante perturbaciones en la red [2,4,9].

El modelo incluye la simulación de límites de posición y velocidad, ubicados de la siguiente manera:

1. Control de Potencia
2. Control de Velocidad Red
3. Control de Velocidad Aislado



**Fig. 3 Diagrama del modelo de regulador automático de velocidad de Yacretá [2,4]**

**Parámetros**

$T_{OB7}$	constante de tiempo de medición de velocidad	(s)	$B_{TB6}$	Droop transitorio para control de potencia con influencia de velocidad	(p.u.)
$T_{PB13}$	Constante de tiempo de medición de potencia	(s)	$T_{DB6}$	Tiempo de integr. del regulador. Ctrl de potencia con infl. de velocidad	(s)
$T_{rated}$	Potencia base de medición	(MW)	$T_f$	Constante de tiempo auxiliar	(s)
$B_{MH}$	Límites superior e inferior de banda muerta de medición de velocidad.	(p.u.)	$G_{MXB6}$	Límites máximos y mínimos, excursión de alabes	(p.u.)
$B_{MI}$			$G_{MNB6}$		
$B_{TB4/TDI}$	Droop transitorio para control de velocidad red/aislado	(p.u.)	$V_{MXB6}$	Límites máximos y mínimos, velocidad de alabes.	(p.u.)
$B_{PB4/PBI}$	Droop permanente para control de velocidad red/aislado	(p.u.)	$V_{MNB6}$		
$T_{DB4/TDI}$	Tiempo de integración del regulador para control de velocidad	(s)	$A_t$	Factor de conversión a MVA del generador	(MVA <sup>-1</sup> )
$G_{MXB5}$	Límites máximos y mínimos, excursión de alabes	(p.u.)	$K_{fB3}$	Ganancia permanente	(p.u.)
$G_{MNB5}$			$T_w$	Constante de tiempo del agua	(s)
$K_{VB4/VI}$	Ganancia derivación para control de velocidad red/aislado	(p.u.)	$K_{AGB8}$	Ganancia control servomotor	(p.u.)

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

$T_{VB4/VI}$	Constante tiempo derivación para control de velocidad red/aislado	(s)	$T_{YMB8}$	Constante de tiempo control del servomotor.	(s)
$D_{TRB}$	Amortiguamiento hidráulico	(p.u.)	$T_{YGB9}$	Tiempo de integración del servomotor	(s)
$P_{Eib} G_{Ti}$ $i=1...8$	Puntos de la curva Alabe-Potencia	(MW,p.u)	$T_{YG2B9}$	Constante de tiempo del servomotor.	(s)
			$V_{MXB9}$	Límites máximos y mínimos,	(p.u.)
			$V_{MNB9}$	velocidad de alabes.	

En la fig. 3, se observa el diagrama de bloques del RAV, el mismo es denominado RAVYA3 y ha sufrido modificaciones acompañando las actualizaciones tecnológicas del equipo. La operación de este modelo es independiente del modelo de excitación, siendo su aplicación netamente a criterio de los objetivos del estudio a realizar.

### 3. Los modelos dinámicos en ATPDraw.

Para la concepción de los modelos dinámicos de AVR, RAV y PSS, descriptos anteriormente, fueron utilizados como modelo de referencia los diagramas de bloques de cada uno de los modelos citados. Se han utilizado las herramientas TACS y MODELS con la que cuenta el ATPDraw a fin de lograr un modelado robusto y estable a fin de que los resultados de estos modelos estén dentro de los criterios aceptables de precisión cuando comparados con los resultados obtenidos del PSSE [2,4,8].

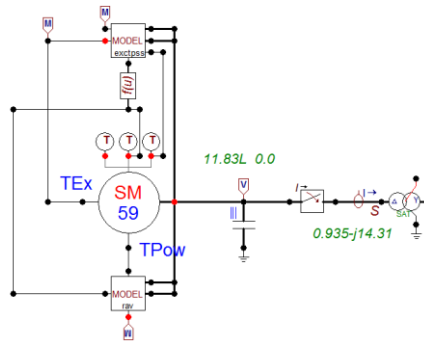


Fig. 4 Vista completa de los modelos implementados en ATPDraw

#### 3.1. Sistema de excitación y Estabilizador de Sistema de Potencia.

El primer modelo obtenido es el de la fig. 5, en el mismo se presenta un modelado en la que se integran el AVR + PSS, esto se obtiene de la integración completa de ambos diagramas de bloques en un único elemento utilizando MODELS. Esto se debe a que fueron obtenidos mejores resultados y un mejor control en cuanto a la operación coordinada de ambos modelos utilizando un algoritmo que englobe ambos elementos. Con esto también se consigue mejores resultados en la implementación de los criterios de actuación del PSS y en la determinación de las condiciones iniciales de los bloques para el inicio de la simulación [5,6,8,9].

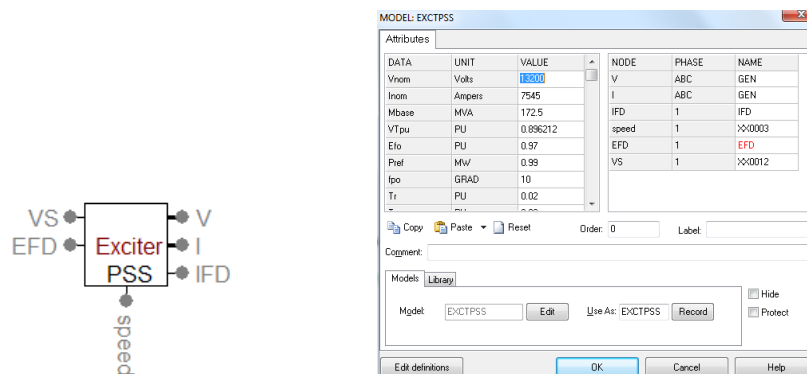


Fig. 5 Vista parcial del modelo AVR+PSS implementado en ATPDraw

### 3.2. Regulador Automático de Velocidad.

La fig. 6 presenta el modelado del RAV, en este caso también es utilizado MODELS para modelar este elemento en ATPDraw y todo esto a partir del diagrama de bloques de la fig. 3. Para la obtención de los valores de velocidad síncrona de la máquina, así como otras variables de estado del modelo de generador se utilizaron TACS, con esto se ha logrado realizar los ajustes necesarios en la hora de realizar la compatibilidad de la señal de entrada proveniente del modelo de máquina SM-59 y los diagramas de bloques que originalmente estaban diseñados para los modelos provenientes de la librería del PSSE [5,6,7,8,9].

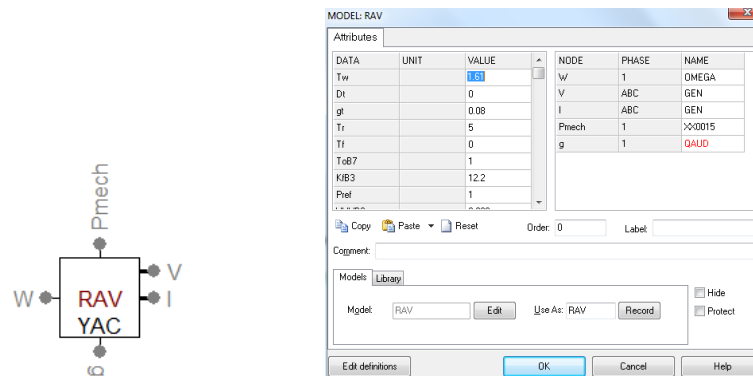


Fig. 6 Vista parcial del modelo RAV implementado en ATPDraw

### 4. Análisis dinámico de los modelos.

Para la prueba de funcionamiento de los modelos dinámicos implementados en ATPDraw se ha modelado el sistema eléctrico de potencia presentado en la fig. 7, donde se puede notar la operación de una máquina de Yacretá conectada a través de una línea en 500 kV a un sistema de potencia representado por una máquina equivalente, es el mismo caso de análisis de máquina vs barra infinita (SMIB) [11]. Para este caso se ha modelado la máquina equivalente a partir de los resultados de potencia de cortocircuito obtenidos del análisis de falla trifásica y monofásica aplicada en la barra de la E.S. Rincón (Escenario valle 2015) [1,4].

Para validar el modelo propuesto se ha montado el mismo caso utilizando el ATPDraw y el PSSE, siendo aplicado a los 1 segundos (estando el sistema en estable de operación), una falla trifásica severa (80 ms de duración) en los extremos de la barra del lado de 500 kV del transformador elevador de la máquina de 172,5 MVA, que en ese mismo instante se halla generando a potencia nominal, es decir, suministrando 155 MW al sistema de barra infinita.

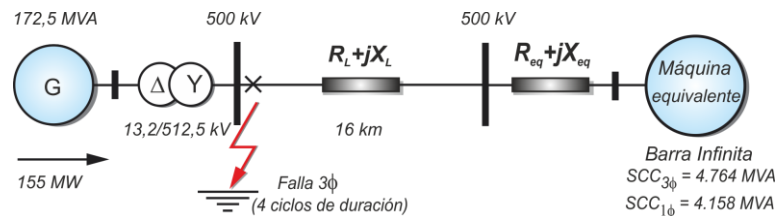


Fig. 7. Diagrama esquemático del sistema de potencia a estudiar.

A fin de verificar la robustez y performance de los modelos fueron utilizados los modelos de AVR, RAV y PSS tanto para el modelo de ATPDraw como para el modelo en PSSE.

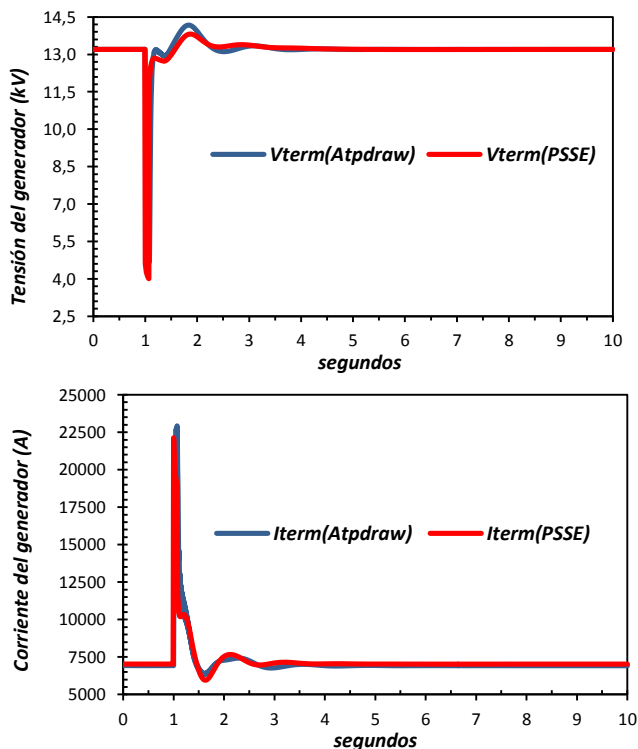
### 5. Resultados

Los resultados de las simulaciones son presentados a continuación, los mismos muestran los comportamientos de los modelos ante el escenario de operación seleccionado. Para este trabajo solo son presentadas aquellas magnitudes que son más representativos para el caso de estudio, en la que se busca demostrar la validez de los modelos implementados en ATP.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Para una mejor comprensión de los resultados son agrupados en señales que corresponden a la parte eléctrica de la máquina y señales de la parte mecánica.

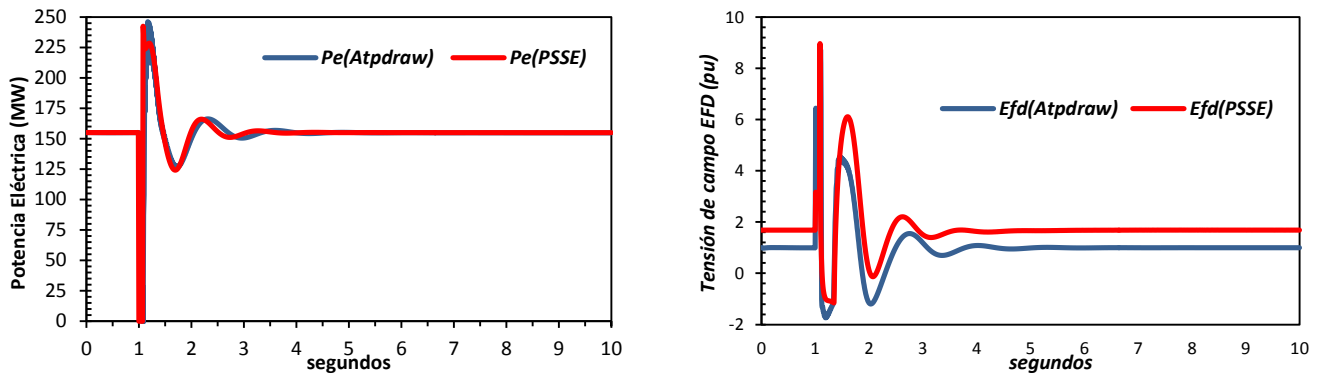
Como primeros resultados de este análisis se tiene la fig. 8, donde es posible observar los resultados de las simulaciones realizadas en ATPDraw y PSSE en cuanto al comportamiento de las magnitudes eléctricas de la tensión y corriente en las terminales del generador de 13,2 kV y 172,5 MVA. En las dos comparaciones es factible evidenciar la similitud del comportamiento de los modelos de simulación. Para una falla de 80 ms aplicada del lado de alta tensión de la máquina se puede observar que las magnitudes de pico máximo de tensión y corriente son prácticamente idénticas con una diferencia de apenas 2,6 % entre picos de  $V_{term}$  (ATPDraw y PSSE), mientras que para la corriente ocurre lo mismo, con una diferencia entre picos de corriente  $I_{term}$  de 3,6 %. Una vez despejada la falla en ambos casos la máquina vuelve al estado de equilibrio en prácticamente a los 4 segundos.



**Fig. 8. Curvas de comparación para: tensiones y corrientes en terminales del generador.**

Esta similitud de comportamiento también se refleja cuando se observa la fig. 9, donde se pueden apreciar las curvas de potencia eléctrica y tensión de excitación (Efd). Para la primera curva los picos obtenidos en PSSE son de 242 MW y en ATPDraw de 246 MW, valores prácticamente idénticos considerando que solo representa 1,65 % de diferencia entre uno y otro pico registrado. Ya para la tensión de excitación se observa un desfase en cuanto a los valores en estado estable para la tensión de excitación aunque para el pico máximo ambos llevan a aproximadamente 9 p.u. (8,73 pu ATPDraw y 8,96 pu PSSE) de tensión de campo. En cuanto a la similitud en el formato de onda es evidente que en ambas curvas existen alto grado de concordancia en cuanto al comportamiento de oscilación y estabilización de la Efd, es importante destacar que estos resultados son productos de la aplicación del AVR+PSS, es decir que se refleja la actuación del modelo del PSS conjuntamente con el modelo del circuito de excitación.

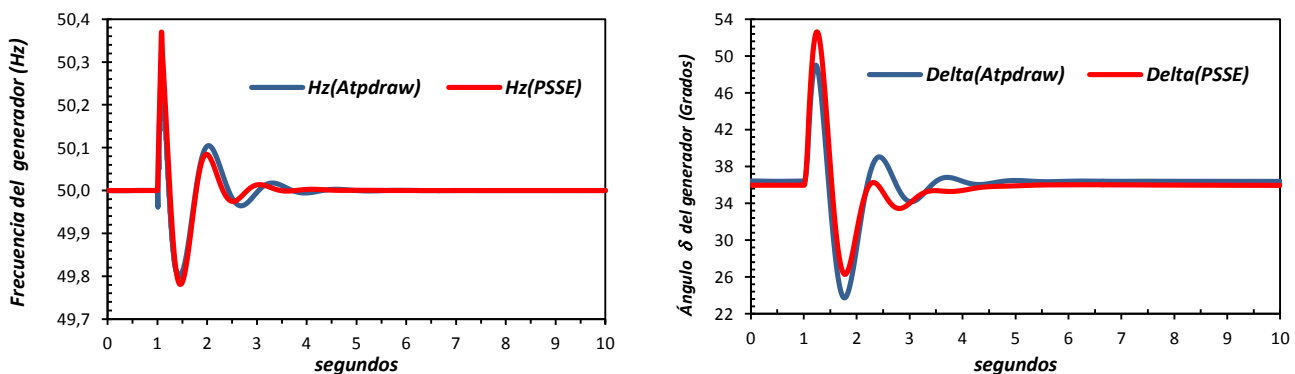
XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016



**Fig. 9 Curvas de comparación para: potencia eléctrica de salida y tensión de excitación del generador.**

Uno de los principales motivos de la diferencia encontrada en la Efd y en otros resultados expuestos en adelante, se debe en gran medida a los algoritmos de resolución internos propios de cada programa, que se refleja con la adopción de filtros y factores de ajustes utilizados internamente para cada modelo y en cada programa. Mientras el PSSE posee varios modelos para la representación de generadores síncronos tales como GENSAL, GENSAE, GENROU, el ATPDRAW solo dispone del modelo SM-59 como modelo más completo que permite interactuar con los modelos definidos por el usuario ya sea con los TACS o MODELS, en cuanto al desarrollo de circuitos de excitación y de torque mecánico.

En cuanto a las señales que provienen del comportamiento mecánico del generador, se puede observar el comportamiento de la frecuencia y del ángulo de par  $\delta$  del generador, donde la fig. 10, presenta ambos comportamientos, de las cuales se puede inferir que tanto la frecuencia y estabilidad angular son idénticos a los obtenidos por el PSSE. Para el caso de la frecuencia se puede decir que ambos modelos llegan a un máximo de 50,37 Hz y un mínimo de 49,78 Hz, para una estabilización total a los 4 segundos aproximadamente. Ya para la medida de la estabilidad del generador expresada por el ángulo  $\delta$  se puede ver que hay pequeñas diferencias en cuanto a los picos alcanzados pero manteniéndose la concordancia en cuanto al tiempo de estabilización.



**Fig. 10 Curvas de comparación para: frecuencia y el ángulo de par  $\delta$  del generador.**

El comportamiento de la turbina hidráulica está demostrado a través de la potencia mecánica desarrollada por el modelo del RAV, este a su vez suministra el valor de potencia de impulsión al modelo del generador. En la fig. 11 se observa el desempeño de modelo propuesto vs el modelo original, donde se observa que en ambos casos los modelos son idénticos pero con pequeño desfase en el valor obtenido que está próximo a los 0,03 % (155,01 MW para PSSE y 155,06 para ATPDraw para t=0 seg). El tiempo de simulación se extendió a los 100 segundos a fin de verificar la robustez y estabilidad del modelo desarrollado.



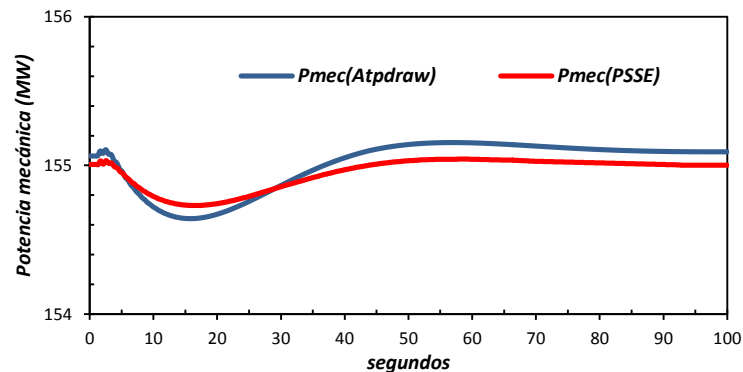
XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
 25 y 26 de Agosto de 2016


Fig. 11 Comparación de potencia mecánica del generador

## 6. Análisis de un caso real

El día 30 de noviembre de 2014, se ha energizado por primera vez en 500 kV la Estación Ayolas (ANDE), donde este evento se constituyó como un icono más que importante en el proceso de interconexión en 500 kV entre la CHY y la ANDE. Para dicha maniobra se ha adoptado la utilización de un generador de Yacyretá para la realización de las maniobras de energización de la Línea Paraguaya N° 1 (LP1, de 16 km), a su tensión original de diseño, es decir en 500 kV. Seguido a esto se procede a reducir la tensión a aproximadamente 0,93 p.u (465 kV) en los extremos de Yacyretá a fin de iniciar la primera energización del Autotransformador N°2 (TR2) de 375 MVA 500/220/13,8 kV, propiedad de la ANDE y ubicado en ES Ayolas. Esta maniobra ha sido registrada en el equipo oscilo-perturbógrafo de la CHY y sus valores han proporcionado información valiosa para los estudios de transitorios que futuramente deberá afrontar la CHY en el proceso de integración en 500 kV con el Sistema Eléctrico Paraguayo [1,3,10].

Por tal motivo, este trabajo muestra los resultados de la aplicación de los modelos desarrollados en ATPDraw para la maniobra de la mencionada energización que consistió en un arranque en negro de la unidad N° 20, seguido por la energización de la LP1 y subsecuentemente la energización en tensión reducida del TR2. En la fig. 12 se presenta un esquema del modelo de simulación elaborado a fin de reproducir la maniobra del día 20 de noviembre del 2014 [3,10].

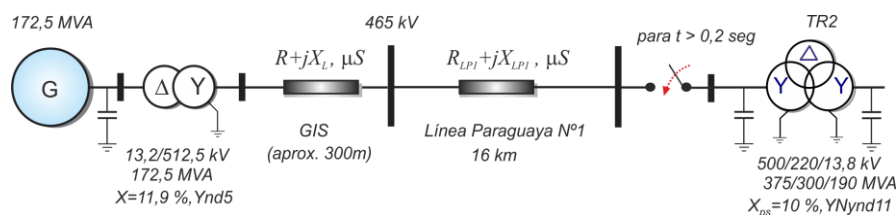
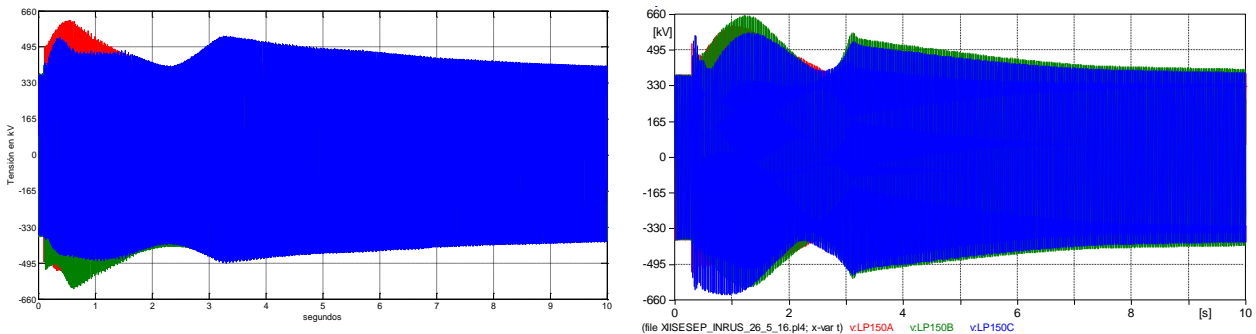


Fig. 12 Esquema de la energización del TR2.

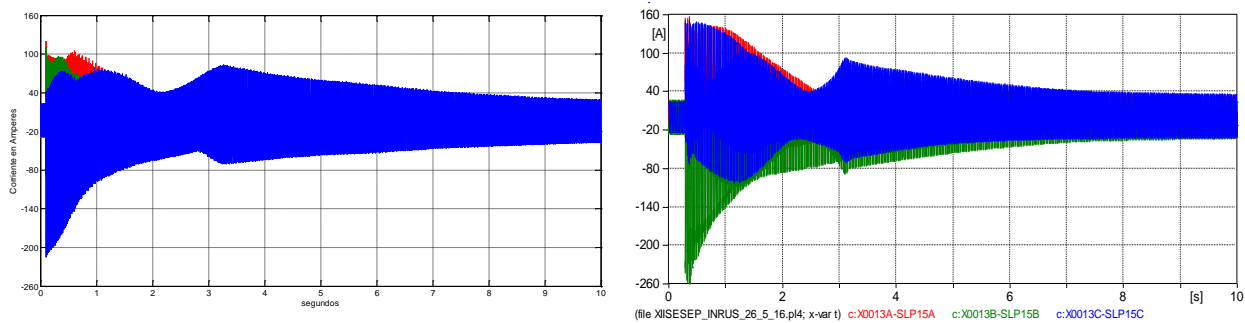
En una primera comparación de la efectividad del modelo de simulación, se observa la fig.13, en la misma se puede apreciar primeramente la gráfica de la sobretensión registrada en el extremo de salida de la GIS (SF6-500 kV). En la segunda figura se tiene la sobretensión obtenida del modelo de simulación implementado, en ambos casos se destaca la similitud entre las curvas, que prácticamente durante todo el tiempo analizado mantienen la misma característica. Se puede destacar que los registros apunta a un pico máximo de tensión alcanzado de 640 kV<sub>pp</sub> y como producto de la simulación para el mismo caso analizado es de 655 kV<sub>pp</sub>, valor considerado óptimo para los objetivos del estudio.

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
 25 y 26 de Agosto de 2016



**Fig. 13 Comparación de sobretensión registrada y simulada durante la energización del TR2.**

En cuanto a la corriente de Inrush registrada durante la energización y la corriente de Inrush simulada, principalmente se destaca la forma de las curvas de las corrientes resultantes del proceso de energización, siendo idénticas en forma y en el tiempo de atenuación de las corrientes, por ejemplo para los 10 segundos en ambos casos los picos están por debajo de 40 Amperes.



**Fig. 14 Comparación de la corriente de Inrush registrada y simulada.**

## 7. Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos, en cuanto a la construcción e implementación de los modelos dinámicos en ATPDraw de los modelos de la máquina de Yacyretá a partir modelos de usuario del PSSE, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- 1- Se ha logrado implementar satisfactoriamente en el ATPDraw a través de los MODELS y TACS, los modelos dinámicos del generador de Yacyretá conjuntamente con sus modelos propios de AVR, PSS y RAV, utilizando como referencia los modelos desarrollados por PTI en formato del PSSE.
- 2- En la validación de los modelos se ha demostrado precisión, robustez y estabilidad de dichos modelos, con un análisis comparativo entre el ATPDraw y el PSSE para un escenario de falla trifásica severa con una máquina conectada a una barra infinita. A pesar de las diferencias inherentes a los algoritmos propios de cada programa que se reflejan en algunas diferencias constatadas en el estudio, es muy resaltante el alto grado de concordancia entre los resultados de ambas simulaciones.
- 3- Con la aplicación de los modelos desarrollados para el caso de la energización del TR2 se ha logrado comprobar que cuanto más riguroso es el modelo físico-matemático empleado, tanto mayor será la eficiencia demostrada en los resultados, siendo estos factores decisivos para el logro de un modelo confiable para los estudios de transitorios eléctricos del sistema de potencia de la CHY.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

---

## 8. Referencias

- [1]. Mereles D.W., González T. D. “Estudio de la interconexión provisoria de la CHY-ANDE a través de la LP2”. XI Seminario del Sector Eléctrico Paraguayo – CIGRÉ. Setiembre de 2014.
- [2]. Entidad Binacional Yacyretá. Estudio para la inserción de la Central Hidroeléctrica Yacyretá en los Sistemas eléctricos Argentino, Paraguayo y Uruguayo, con la posibilidad de intercambio con Brasil. Estudios sobre el Regulador de velocidad. Power Technologies Inc (PTI)-PTI Report #R55-97. Año 1997
- [3]. Administración Nacional de Electricidad (ANDE). Índice de ensayos de los Autotransformadores Trifásicos Siemens de 375/300/190 MVA – 500/220/13,8 kV. Año 2014
- [4]. Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA). Base de Datos y Modelos para Estudios Eléctricos del SADI. Año 2014
- [5]. IEEE Power & Energy Society. IEEE Tutorial Course Power System Stabilization Via Excitation Control. 09TP250. Año 2007.
- [6]. REIVAX Automação e Controle. Implantación de Estabilizadores de Sistema de Potencia en La Argentina.  
Fuente:<http://reivax.com/wp-content/uploads/2014/08/Artigo-T%C3%A9cnico-Implanta%C3%A7%C3%A3o-de-PSS-na-Agertina-.pdf>
- [7]. Working Group on Prime Mover and Energy Supply Models for System Dynamic Performance Studies. Hydraulic turbine and Turbine Control Models for System Dynamic Studies. 91SM462-2PWRS.
- [8]. ATPDRAW-v5.6 for Windows. Users' Manual. László Prikler, Hans Kristian Høidalen. Año 2009
- [9]. PSSE-v32.0.5. Users' Manual. Siemens Energy, Inc., Siemens Power Technologies International (Siemens PTI). Año 2010.
- [10]. Entidad Binacional Yacyretá. Registros del oscilo perturbógrafo, energización del SINP en 500 kV. 30 de noviembre de 2014
- [11]. Demello F., Concordia F. “Concepts of Synchronous Machine Stability as Affected by Excitation Control”. IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYMTEMS, VOL. PAS-88, NO. 4, APRIL 1969.