

## ENSAYOS Y DETERMINACIÓN DE MODELOS DE LAZOS DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN UNIDADES GENERADORAS DEL SADI.

Jorge Luis Agüero  
IITREE-LAT  
Argentina

Mario César Beroqui,  
IITREE-LAT  
Argentina

Guillermo Oscar Layerenza  
IITREE-LAT  
Argentina

### **RESUMEN**

Se describen los ensayos y las técnicas de simulación empleadas para determinar el modelo y la correspondiente parametrización de Sistemas de Regulación de Velocidad (RAV) de una veintena de unidades generadoras del SADI (Sistema Argentino de Interconexión).

Estos modelos sirven para ser utilizados en estudios dinámicos del sistema y para habilitar unidades que participan en transacciones económicas por regulación primaria de frecuencia.

### **PALABRAS CLAVE**

Ensayos - Modelos - Regulación - Velocidad.

### **1.- Introducción**

En el actual marco regulatorio de la actividad del sector eléctrico, se exige a todas las unidades generadoras de electricidad del SADI (Sistema Argentino de Interconexión) la presentación de un modelo matemático de sus sistemas de regulación de velocidad aptos para realizar estudios de simulación en el sistema eléctrico. Estos modelos y sus parámetros deben ser verificados con mediciones directas realizadas en las unidades.

Además en el SADI se realizan transacciones económicas por regulación primaria de frecuencia (RPF). Estas transacciones se basan en la reserva puesta a disposición por las unidades habilitadas para RPF.

Para que una unidad sea habilitada para la RPF, debe cumplir ciertos requisitos:

- Estatismo permanente comprendido entre el 4 y 7 % en la banda de regulación.
- Banda muerta total menor que 0,1 % (50 mHz).
- Tiempo de establecimiento, en carga local, ante un cambio de carga, menor de 60 segundos, para unidades térmicas y 120 segundos para unidades hidráulicas.

El objeto de este trabajo es dar cuenta de las mediciones y modelado realizado de los lazos de regulación de velocidad de una veintena de unidades, ubicadas en distintos puntos del país.

Entre ellas, se encuentran aquellas que fueron modeladas por el IITREE en la campaña de mediciones correspondiente al Contrato Res. 285 de CAMMESA "Provisión de Recursos Estabilizantes para el SADI".

Por otro lado con los modelos obtenidos se analiza el comportamiento del lazo en relación a los requisitos a cumplir para participar en la regulación primaria de frecuencia.

La metodología consiste en simular el lazo de regulación de velocidad con el modelo propuesto y ajustar sus parámetros para lograr una coincidencia entre las respuestas reales y las simuladas.

### **2.- Ensayos y mediciones**

En la Figura 1 se presenta un esquema general de un lazo de regulación de velocidad.

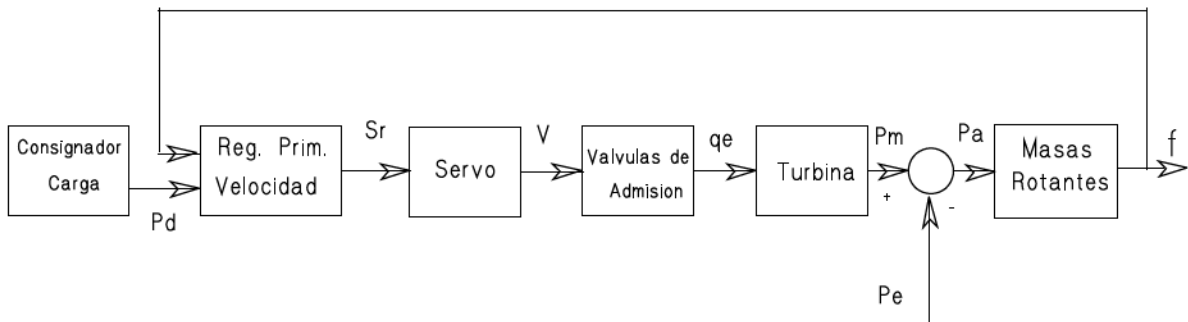
Se miden y registran en medio magnético la mayor cantidad de variables intermedias, típicamente:

- Frecuencia (f).
- Salida del regulador (Sr).
- Posición de válvula de admisión (V).
- Caudal de vapor de entrada a la turbina (qe).
- Potencia eléctrica (Pe).

Los ensayos a realizar son básicamente tres:

- Verificación de la potencia máxima.

En este ensayo se indica a los operadores llevar la unidad a su potencia máxima y se registra durante una hora. Tiene por objeto establecer la potencia en referencia a la cual resulta la reserva para RPF que interviene en las transacciones económicas.



**Figura 1** - Diagrama en bloques general del lazo de regulación de velocidad

- Determinación del tiempo de lanzamiento.

En este ensayo se bloquea el regulador de velocidad, en general bajando el limitador de carga, para asegurar potencia mecánica constante. Se registra potencia eléctrica y frecuencia, ante variaciones importantes (aunque normales) de la frecuencia del sistema.

En estas condiciones las variaciones de potencia eléctrica están relacionadas exclusivamente con la derivada de la frecuencia a través del tiempo de lanzamiento.

Posteriormente, por simulación, ingresando con el registro de frecuencia se ajusta el valor del tiempo de lanzamiento para reproducir la potencia eléctrica registrada.

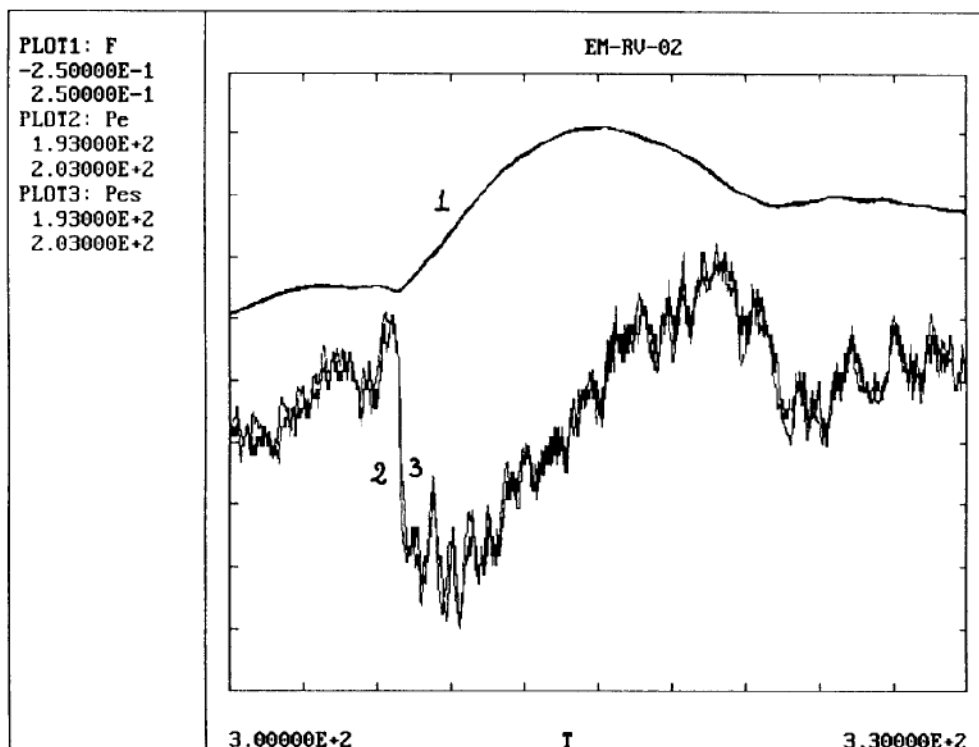
En la Figura 2 se muestra un ejemplo.

Este método resulta sencillo y conveniente en relación a la realización de un rechazo de carga para determinar el tiempo de lanzamiento.

- Determinación de los parámetros del lazo.

Este ensayo consiste simplemente en operar con la unidad realizando RPF y registrar todas las variables indicadas anteriormente ante variaciones importantes (aunque normales) de la frecuencia del sistema.

Posteriormente, por simulación, ingresando con el registro real correspondiente a la entrada de cada bloque de la Figura 1, se obtiene su salida simulada. Los parámetros de cada bloque son ajustados para lograr una coincidencia con su salida real.



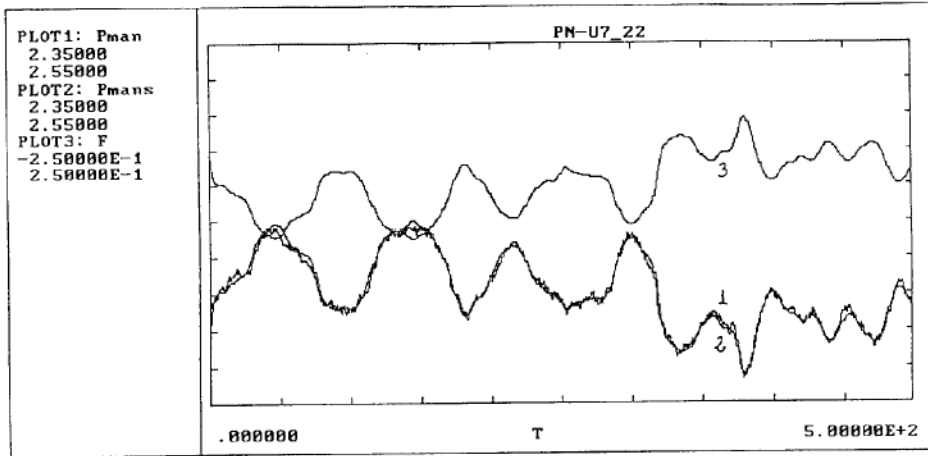
**Figura 2** - Registros de potencia eléctrica real (Pe) y simulada (Pes) con caudal constante (potencia mecánica constante). Registro de frecuencia.

En las Figuras 3, 4 y 5 se muestran ejemplos de salidas de regulador, caudal y potencia mecánica.

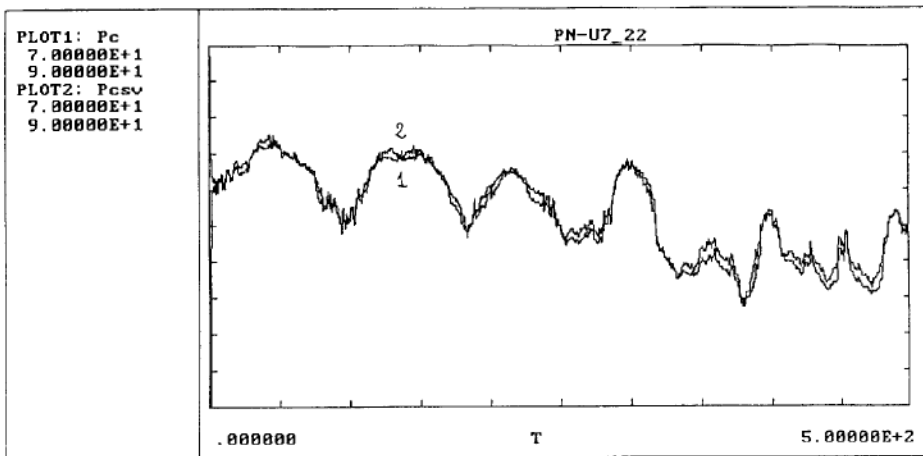
forma habitual en que requieren los modelos los programas de análisis dinámico.

Una vez determinados todos los bloques se reescalan para expresar las variables en por unidad, que es la

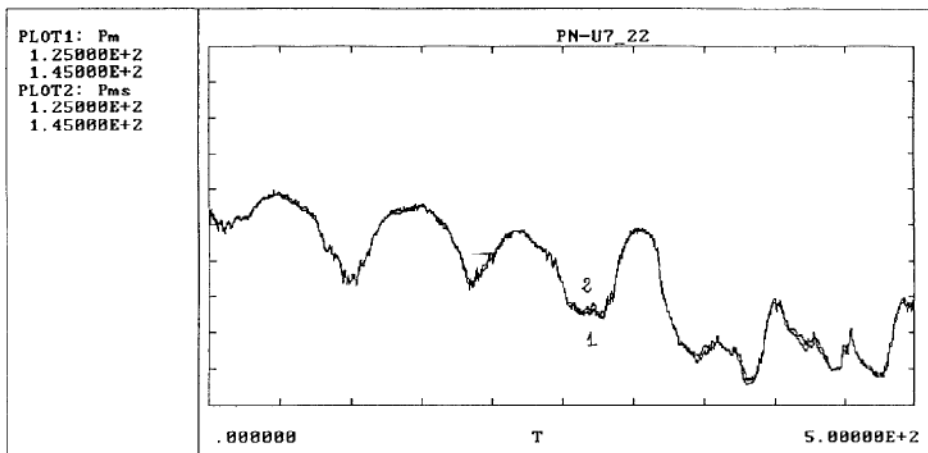
Con este modelo completo, se chequea por simulación el tiempo de establecimiento, en una condición de carga local.



**Figura 3** - Registro de la presión de mando real (Pman) y simulada (Pmans). Registro de frecuencia.



**Figura 4** - Registros de la presión de la rueda Curtis (caudal) real (Pc) y simulada (Pcsv).



**Figura 5** - Registros de la potencia mecánica real (Pm) y simulada (Pms).

### 3.- Unidades ensayadas y analizadas

En la Tabla I se presentan una veintena de unidades analizadas por el IITREE-LAT, con la metodología descripta, se indican la unidad, su ubicación y el tipo de unidad.

Los problemas más frecuentemente encontrados fueron:

- Bandas muertas excesivas, sobre todo en unidades de vapor, con reguladores de tipo mecánico por desgaste de sus partes móviles.

- Incorrecto ajuste del cruce de válvulas de admisión de vapor.
- Incorrecto ajuste en unidades tipo turbogas. Dado que estas unidades son muy rápidas, es necesario reducir su ganancia en altas frecuencias, para evitar la participación del lazo de velocidad en las oscilaciones electromecánicas del sistema. Algunas unidades estaban ajustadas con ganancias en alta frecuencia superiores aún a la correspondiente al estatismo permanente.

**TABLA I - LAZO DE VELOCIDAD**

CENTRAL	UNIDAD	UBICACIÓN	TIPO DE UNIDAD
Neuquén	1	Loma de la Lata (Neuquén)	Tgas
Neuquén	2	Loma de la Lata (Neuquén)	Tgas
Neuquén	3	Loma de la Lata (Neuquén)	Tgas
Nuevo Puerto	5	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Nuevo Puerto	6	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Costanera	6	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Güemes	13	Gral. Guemes (Salta)	Tvap
Costanera	7	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
M. Maranzana	1	Río IV (Córdoba)	Tgas
M. Maranzana	2	Río IV (Córdoba)	Tgas
Costanera	3	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Luis Piedrabuena	30	Bahía Blanca (Buenos Aires)	Tvap
Los Reyunos	1	San Rafael (Mendoza)	Híd.
Agua del Toro	1	San Rafael (Mendoza)	Híd.
Agua del Cajón	3	Neuquén (Neuquén)	Tgas
Agua del Cajón	6	Neuquén (Neuquén)	Tgas
Costanera	4	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Puerto Nuevo	7	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Puerto Nuevo	8	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Puerto Nuevo	9	Buenos Aires (Capital Federal)	Tvap
Embalse	1	Embalse Río III (Córdoba)	Nuclear

### 4.- Conclusiones

- Se ensayaron los lazos de regulación de velocidad de una veintena de unidades de generación del SADI.
- Los ensayos se realizan con la unidad en paralelo, utilizando las variaciones normales de frecuencia.
- Con la información disponible a priori y los ensayos se

establecen modelos y parámetros que son verificados por simulación con las respuestas reales.

- Como resultado de esta actividad se mejora la calidad de la base de datos del sistema, aumentando la confiabilidad de los estudios que hacen uso de ella. Además se verifican los requisitos exigidos para participar en las transacciones económicas por RPF.