

# **SECUENCIA DE ARRANQUE Y PARADA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MARCEL LANIADO DE WIND**

Gabriel Dueñas Reina<sup>1</sup>, Danny López Garcia<sup>2</sup>, Germán Benitez Siguenza<sup>3</sup>,  
Juan Saavedra M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Eléctrico en Potencia 2004

<sup>2</sup> Ingeniero Eléctrico en Potencia 2004

<sup>3</sup> Director de tópicos, Ingeniero Eléctrico de Potencia, Escuela Superior  
Politécnica del Litoral, 1985, Postgraduado EE.UU., Universidad Missouri-  
Roya, 1971, Profesor de la ESPOL desde 1971.

## **RESUMEN**

En la presente tesis se describen los pasos que deben seguirse en la secuencia de Arranque y Parada de la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”. Así como los diferentes bloqueos que se pueden presentar cuando la central esta en operación normal o en proceso de Arranque o Parada.

En el capítulo I se describen los equipos mas importantes que constituyen la central, Se describe la chimenea de equilibrio, tubería de presión, válvula mariposa, turbina, generador, transformador, subestación, líneas de

transmisión.. En el capítulo II se describen los Sistemas que se relacionan con la Secuencia de Arranque y Parada de la Central, el sistema de control oleodinámico, sistema de circulación de aceite del cojinete combinado, sistema de inyección de l cojinete combinado, sistema de agua de enfriamiento, sistema de control distribuido, sistema de protecciones. En el capítulo III se explican todos los pasos que se deben llevar a cabo en la secuencia de arranque como en la de parada, mientras que en el capítulo IV se analiza los problemas de interrupción en la operación de las unidades de generación, o en la secuencia de arranque y/o parada por la actuación de los bloqueos y se analiza un caso de interrupción ocurrido anteriormente. Por ultimo se establecen las conclusiones y recomendaciones del caso.

## **INTRODUCCIÓN**

El propósito de la tesis es brindar información general de la Central Hidroeléctrica “MARCEL LANIADO DE WIND” y de manera particular de su Secuencia de Arranque, Parada y Bloqueo, ya que esta a pesar de ser completamente automatizada puede ser operada en el modo manual (paso a paso por medio del operador) o a través del modo automático.

La Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind” forma parte del sistema nacional interconectado y ayuda a satisfacer la demanda del mercado eléctrico mayorista. Esta central esta constituida por 3 unidades de

generación cada una con una capacidad de 71 Mw. , es decir aportan un total de 213 Mw. , lo que corresponde a una producción de energía aproximada de 600 millones de Kwh. por año.

Ya que esta central, es la más moderna del país se considera que este material servirá para que el lector actualice e incremente sus conocimientos en el estudio de las Centrales Hidroeléctricas.

## **CONTENIDO**

### **I DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “MARCEL LANIADO DE WIND”**

La Tesis ha sido desarrollada presentando primeramente los elementos hidromecánicos y eléctricos que constituyen la Central para familiarizar al lector con los controles que se van a aplicar sobre estos elementos.

### **2. SISTEMAS QUE SE RELACIONAN CON LA SECUENCIA DE ARRANQUE Y PARADA DE LA CENTRAL”MARCEL LANIADO DE WIND”**

#### **2.1 Sistema de Control Oleodinamico**

Este sistema controla la apertura y cierre de la válvula mariposa y la velocidad de la turbina a través de aceite en movimiento a una presión regulada.

## **2.2 Sistema de Circulación de Aceite del Cojinete Combinado**

El propósito de este sistema es lubricar y enfriar el cojinete combinado, por tal motivo el sistema se activa desde el inicio de la secuencia de arranque de la unidad hasta la parada total del mismo.

## **2.3 Sistema de Inyección de Aceite del Cojinete Combinado**

Este sistema logra la formación de una película de aceite en el cojinete de empuje, que debe mantenerse en el momento de arranque y parada de la unidad de generación.

## **2.4 Sistema de Agua de Enfriamiento**

Tiene como propósito reducir la temperatura del aceite utilizado en los intercambiadores de calor y suministrar agua s a los diferentes sistemas de la Central; proporciona agua al sistema de ventilación, aire acondicionado, sistema contra incendio de transformadores, sello del eje de la turbina.

## **2.5 Sistema de Control Distribuido(DCS)**

El DCS registra, transmite y controla todas las variables de la Central de manera automática, tales como: el regulador de velocidad, protecciones, sincronización y servicios auxiliares, etc.

## **2.6 Sistema de Protecciones**

El sistema de protecciones tiene como objetivo detectar condiciones indeseables dentro de su área asignada, por medio de la desconexión de equipos, evitando así serios daños.

## **3. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “MARCEL LANIADO DE WIND”**

La secuencia de arranque y parada puede ser automática o manual, la selección del tipo de secuencia se lo realiza previamente con la maquina parada. Cuando se selecciona modo automático el arranque de la unidad es controlado por el DCS y en el modo manual el arranque de la unidad se lo ejecuta a través del operador. En este caso el operador selecciona el momento en el cual hace avanzar la secuencia al paso siguiente hasta llegar al final de la secuencia o simplemente detenerse en un paso intermedio y después ordenar la parada.

Los pasos que constituyen la secuencia de arranque son los siguientes;

- Paso 3: Arranque de bomba de aceite del regulador de velocidad, bomba de circulación del cojinete combinado y del sistema de inyección, apertura de la válvula del agua de enfriamiento y aplicación de frenos.

- Paso 4: Válvula de aislamiento del sistema de regulación abierta.
- Paso 5: Desvió de la válvula mariposa abierta.
- Paso 6: Válvula mariposa abierta.
- Paso 7: Desbloqueo del regulador de velocidad y frenos desaplicados.
- Paso 8: Regulador de velocidad insertado.
- Paso 9: Excitación insertada.
- Paso 10: Unidad en rotación y con tensión.
- Paso 11: Unidad de sincronismo insertada (sincronización).
- Paso 12: Regulación de apertura – turbina en regulación de potencia.
- Paso 13: Unidad en generación.

La secuencia de arranque empieza en el paso 3 debido a que el paso uno está compuesto por las condiciones iniciales satisfechas (CIS) que involucra: frenos aplicados, válvula de aislamiento cerrada, válvula mariposa cerrada, bombas apagadas, cerrojo del sistema de velocidad hidráulico cerrado máquina parada, etc.. El paso dos fue eliminado porque involucraba muchos riesgos (válvula mariposa

abierta y máquina parada). También existe el paso cero que es el estado inicial o DCS desconectado.

Los pasos que constituyen la secuencia de parada son los siguientes:

- Paso 14: Potencia Reactiva Cero y potencia Activa Cero.
- Paso 15: Disyuntor del Generador Abierto.
- Paso 16: Excitación Desaplicada y Bomba del Sistema de Inyección de Aceite Arrancada.
- Paso 17: Regulador Electrónico de Velocidad Apagado y Bloqueo del Regulador Hidráulico de Velocidad.
- Paso 18: Frenos Aplicados.
- Paso 19: Cierre de la Válvula de Aislamiento.
- Paso 20: Bombas y Extractores de Aceite Apagados, Cierre de Válvula del Agua de Enfriamiento y Desinserción de Frenos.

#### **4. PROBLEMAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA SECUENCIA DE ARRANQUE Y PARADA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “MARCEL LANIADO DE WIND”**

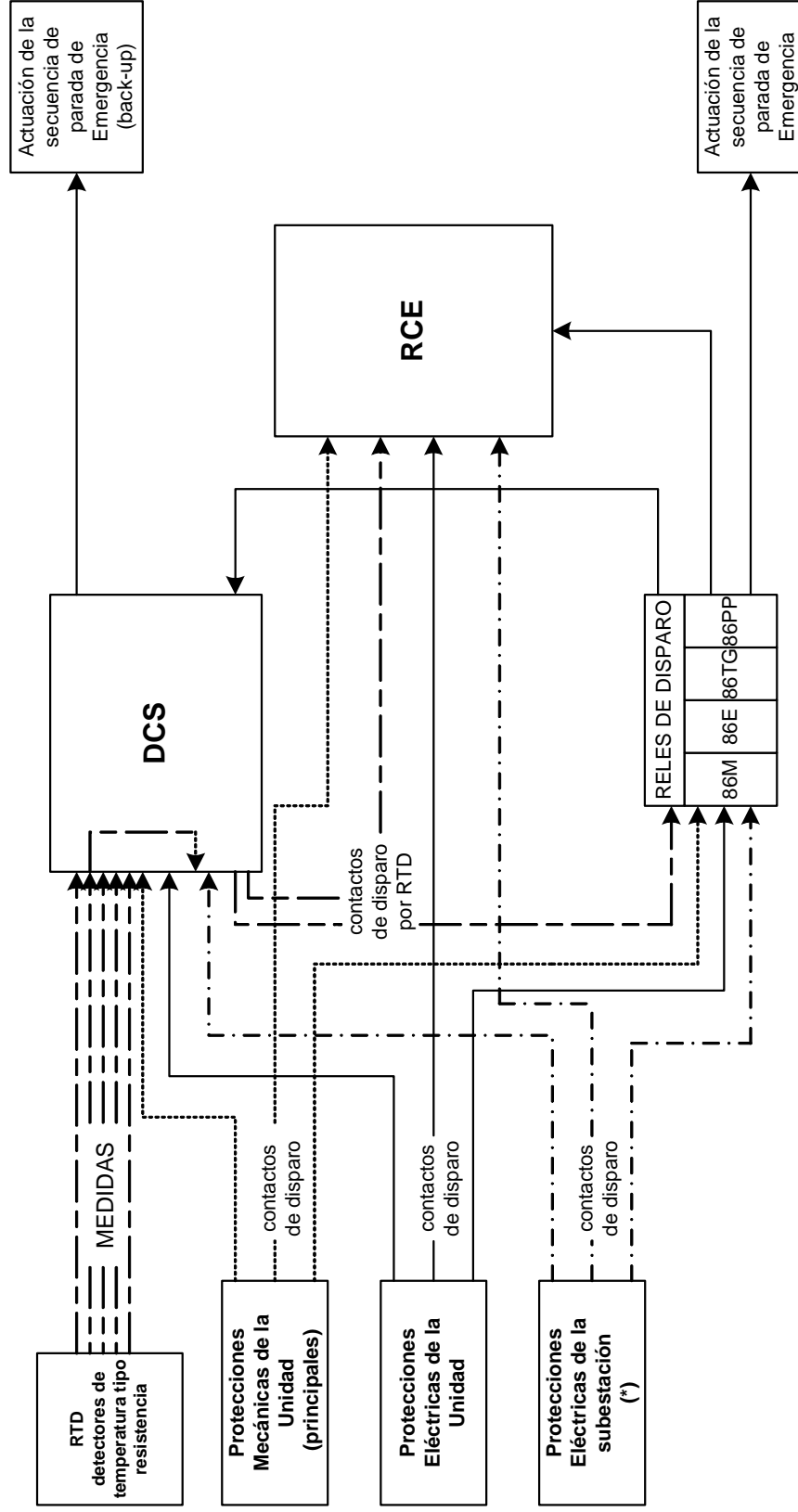
#### **4.1 Intervención de bloqueos**

El bloqueo de la unidad puede darse por la actuación de los reles 86M, 86E 86TG, 86PP y/o por el sistema de control distribuido. Un esquema es el siguiente:



# ANEXO 1.11

## Esquema de Actuación de las Protecciones, Conexión y Transmisión de los Contactos de Disparo



## **4.2 Interrupción de la secuencia de arranque**

Se presenta una falla en el paso 9 de la secuencia de arranque (Excitación Insertada) en la unidad de generación 2, lo cual provocaba el paro de la unidad, el cual se debió, luego del análisis, a malos contactos en el lazo de control.

Todas las variables de la Central son manejadas automáticamente y debido a que cuenta con un gran stock de repuestos en bodega y personal altamente calificado, constituye una de las Centrales mas confiables del país.

## **CONCLUSIONES**

La construcción de una central hidroeléctrica es sin lugar a duda un proyecto de gran importancia para el desarrollo del país, sin embargo no se han construido muchas, debido a su alto costo de inversión y a la falta de atención en esta área por parte de los gobiernos de turno, no obstante la mas reciente en construirse es la central hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind y la diferencia principal con el resto de centrales hidroeléctricas esta en su sistema de control automatizado, lo que permite tener control total de todos los sistemas y de esta manera brinda la facilidad de realizar el arranque y parada de la central en forma automática.

Gracias a que el proceso de arranque y parada se lo realiza de una manera automática, que brinda mucha confiabilidad y seguridad, se tiene un bajo porcentaje de error humano.

Con este sistema existe mas simplicidad en el proceso de arranque y parada de la central, ya que el arranque se lo realiza en tan solo once pasos y la parada en siete pasos. Lo cual proporciona alta velocidad de respuesta, el tiempo que tarda en arrancar una unidad de generación desde que se aplasta el botón de pedido de arranque en generación hasta que la unidad esta completamente arrancada es de 12 minutos.

De acuerdo a lo experimentado hasta la actualidad en la centra, se tiene que el proceso de arranque se realiza con éxito del 99%.

La implementación del sistema automatizado no representa un alto costo comparado con la inversión que se realiza en la construcción de la central, se estima que el costo del sistema automatizado es inferior al 1% del costo de la central. Dicho valor no es sustancial comparado con las grandes ventajas que se obtienen con el mismo.

## **REFERENCIAS**

1. Diseños y planos “As Built” de la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”

2. CEDEGE- CONSORCIO CDP, Manual de Operación y mantenimiento de la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”, Equipos de Protección y Medición, Volumen 19A,1999
3. CEDEGE- CONSORCIO CDP, Manual de Operación y Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”, Equipos de Protección y Medición, Volumen 19C,1999
4. CEDEGE- CONSORCIO CDP, Manual de Operación y mantenimiento de la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”, Equipos de Protección y Medición, Volumen 19D,1999
5. CEDEGE – CAF, Supervisión y Fiscalización del la Construcción de la Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind” (Informe final, 2000)
6. SAAVEDRA JUAN, “Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind”(Seminario, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000)

---

Ing. Juan Saavedra M.  
DIRECTOR DEL TÓPICO