

11.0 RELE INDICADOR DE SENTIDO DE ENERGIA

11.1 Función

Es el módulo responsable de verificar el sentido del flujo de energía, una vez concluida la maniobra de paralelo. El **relé indicador de sentido de energía (RISE)**, entra en acción cuando se invierte el sentido del flujo de energía, esto es: cuando el generador, por alguna razón comienza a trabajar como motor, consumiendo energía de la línea.

11.2 Forma de Actuar

Durante la operación de puesta en paralelo un temporizador accionado por el **módulo monitor de tensión**, retarda la acción del "RISE" a los efectos de que éste, no detecte el funcionamiento inicial como motor del generador; condición ésta necesaria para el método de conexión en paralelo presentada en este informe. Una vez concluida la operación de paralelo el "RISE", se encuentra en alerta y en el caso que el generador actúe como motor, envía al cierre el sistema, desacoplando el paralelo.

11.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL RISE

11.3.1 Introducción Teórica:

Se denomina sentido **directo** del flujo de energía al que tiene lugar desde la fuente hacia el sumidero; esto es: **del generador a la carga**.

Para hacer un análisis simplificado del funcionamiento, supongamos que trabajamos en corriente continua y tenemos un circuito como el de la fig.11-a, en este circuito, la corriente circula hacia la derecha, mientras que el voltímetro marca una tensión positiva, si conmutamos entre sí la fuente y la carga, el voltímetro va a seguir indicando tensión positiva, pero en cambio por el amperímetro va a circular una corriente igual a la anterior pero de sentido contrario, fig. 11-b. Es precisamente este cambio de sentido de la corriente el único índice del intercambio entre fuente y carga, o sea del cambio del flujo de energía (que en la fig. 11-a va de izquierda a derecha y en la fig. 11-b de derecha a izquierda).

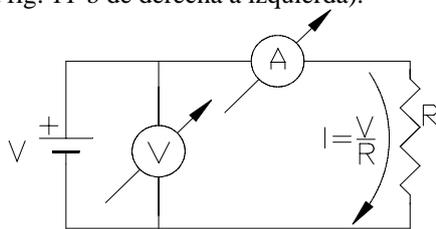


Fig. 11-a

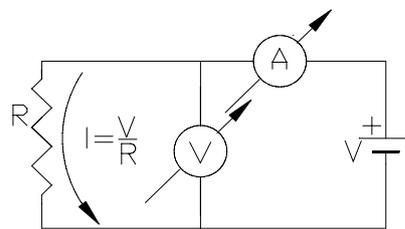


Fig. 11-b

En el caso de un sistema de corriente alterna, en todo instante vale el mismo análisis, consideremos entonces los circuitos de la fig. 12a y b. Las variables muestran el estado eléctrico del circuito luego del intercambio carga-generador.

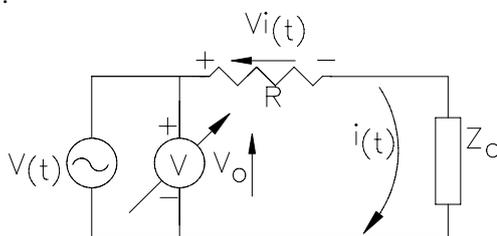


Fig. 12-a

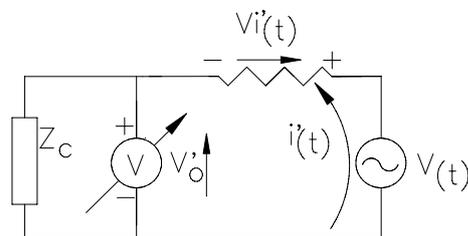


Fig.12-b

De ambos circuitos se desprende:

$$\begin{aligned} V_0 &= V'_0 & v_0(t) &= v'_0(t) \\ i(t) &= -i'(t) & v_1(t) &= -v'_1(t) \end{aligned}$$

Se ve que nada ha cambiado en el circuito, salvo una inversión de 180° en la onda de corriente. Si se grafican los valores instantáneos de $v(t)$ e $i(t)$, (fig.13) se observa que el dispositivo deberá detectar la fase de la onda de corriente respecto de la tensión, o lo que es lo mismo, para el caso más general ($Z_c=R_c+jX_c$) verificar si la onda de corriente está atrasada un ángulo ϕ o adelantada ($180^\circ - \phi$) con respecto a la onda de tensión.

En el caso en que el defasaje sea ϕ , en atraso diremos que está trabajando “en directa” (fig. 12-a) y cuando el defasaje sea ($180^\circ - \phi$), en adelanto, será “en inversa” (fig. 12-b).

Para nuestro caso particular, el diseño considera solamente cargas con componente imaginaria inductiva, debido a que es poco probable encontrar estados de carga capacitiva. Entonces el ángulo ϕ de defasaje será en atraso y su valor estará siempre comprendido entre 0° y 90° .

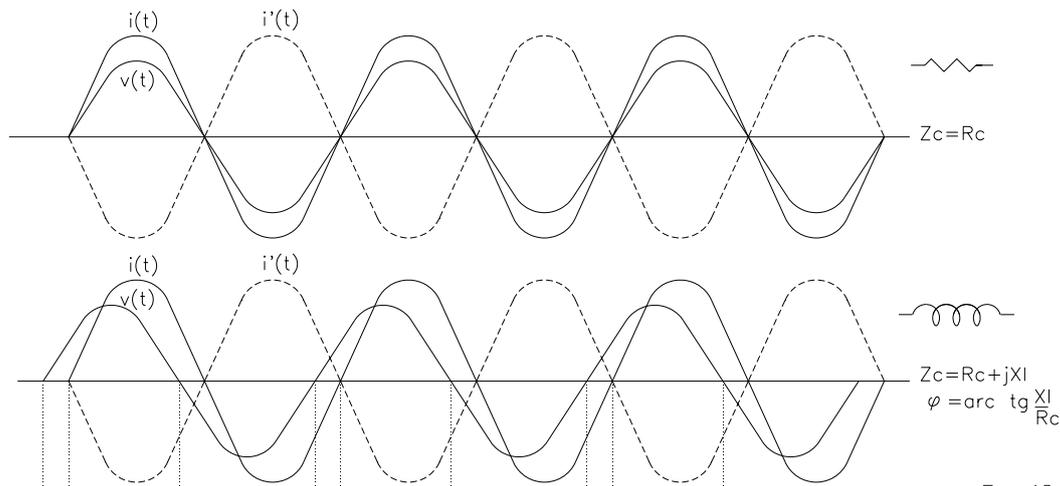


Fig. 13

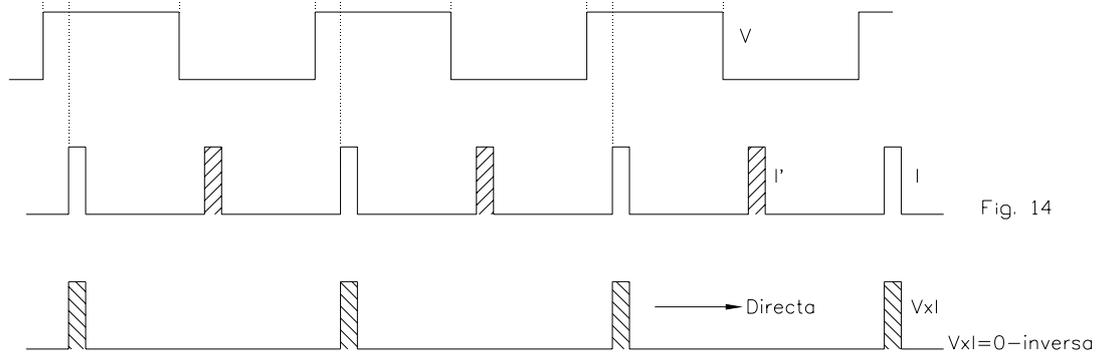


Fig. 14

11.4 Principio de Funcionamiento

El principio de funcionamiento resulta de comparar en todo momento el defasaje entre la corriente de carga y la tensión de línea.

11.5 Diagrama en Bloque

El circuito está formado por los siguientes bloques, ver fig. 15.

- Conformador de corriente.
- Monoestable de 300 μ seg.
- Conformador de tensión.
- Compuerta “AND”.
- Monoestable de 120 mseg.

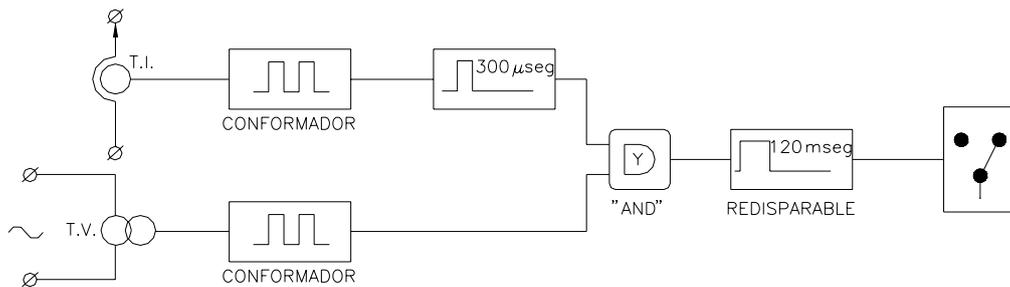


Fig.15

A las salidas de los conformadores de señal, de corriente y de tensión, se obtienen ondas cuadradas proporcionales; una angosta y otra ancha respectivamente, las que sumadas disparan el monoestable de 120 mseg.

11.6 Modo de Operación

El bloque conformador de tensión entrega a su salida una onda cuadrada proporcional a la onda sinusoidal de entrada, obtenida de un amplificador operacional en configuración no inversor, con una ganancia alta del orden de 10000, de forma de obtener una onda cuadrada prácticamente con el cruce por cero de la primer onda (fig.16). De la misma manera que actúa el conformador de tensión lo hace el de corriente, pero a su salida existe un monoestable por un período de 300 μ seg, por lo que se obtiene un pulso de este ancho y coincidente con el cruce por cero de la corriente.

La unidad comparadora está constituida por una compuerta "AND", a la que llega la muestra conformada de tensión y la muestra conformada de corriente, que en el caso de estar trabajando "en directa", el cero de corriente estará en retraso con respecto al cero de tensión y a la salida de la compuerta comparadora, se tendrá un pulso exactamente igual al pulso de corriente. En el caso de estar trabajando "en inversa", el punto de corriente se defasa en 180° respecto al anterior y por lo tanto la salida del comparador se mantendrá en cero.

Trabajando en directa el pulso de salida de la compuerta "AND" mantiene alta la salida del monoestable de 120 mseg., que está formado por un circuito integrado monoestable redispensible (1/2 CD4098), y cuando se trabaja en inversa, no habrá pulsos a la entrada del monoestable por lo que su salida se mantendrá bajo.

La salida del monoestable redispensible excita un transistor PNP cuando la señal sea cero y energiza un relevador que acciona el circuito de cierre del sistema.

11.7 El Circuito

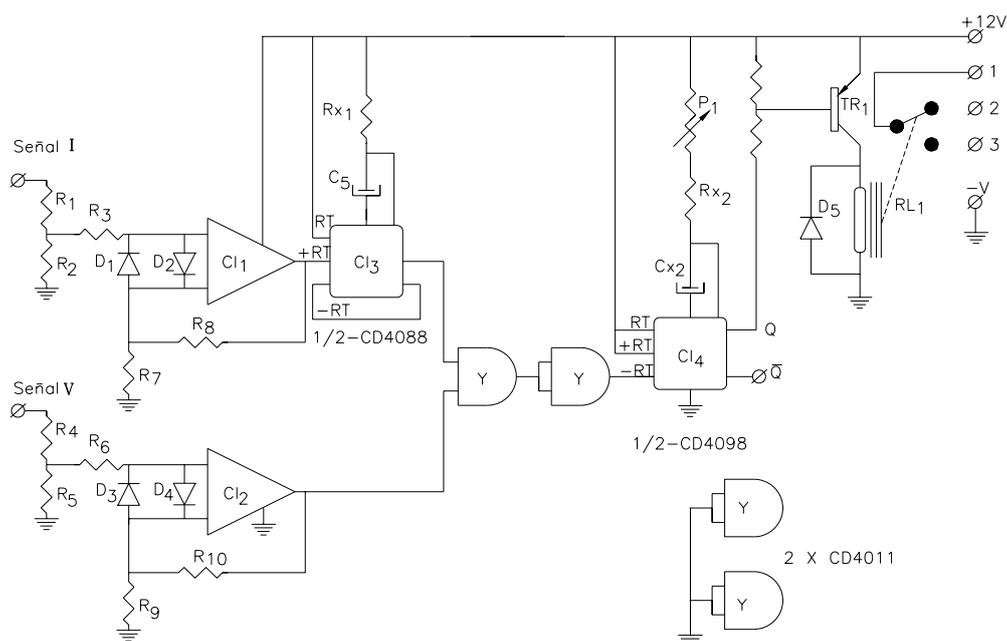


Fig.16

12.0 MODULO DE COMANDO

12.1 Diagramas Funcionales

12.1.1 Contactor de puesta en paralelo

Al llegar a la velocidad de sincronismo se cierra el contacto V1 (ver Fig.18). Si hay energía en las tres fases de la línea de gran potencia, T1 se encuentra cerrado por lo que permite llegar tensión a la bobina del contactor P, el cual permanece retenido por el contacto auxiliar P1.

El contactor P (del paralelo), permanece activado hasta que T1 se libre por falta de tensión o se oprima el botón de parada (Fig. 18).

12.1.2 Circuito de potencia del servo motor:

Acciona en uno u otro sentido el servo motor de corriente continua que abre o cierra el alabe regulador de la turbina, indicando la maniobra los diodos luminosos (LED) LD₅ y LD₆ (ver Fig.19).

13.0 DIAGRAMA FUNCIONAL DE COMANDO

13.1 Sistema Automático

13.1.1 Operación de apertura

Cuando retorna la energía eléctrica luego de un eventual corte, se acciona T2 (ver Fig.20), enviando tensión continua al contacto I1 y al temporizador TM1, que retarda la actuación del "RISE". El contacto I1 se encuentra en reposo ya que el sistema no llegó aún a la corriente de trabajo. También F1 se encuentra en reposo ya que no hay anomalía de funcionamiento. Cuando se dan las condiciones anteriores opera el relé de comando de apertura del alabe.

La operación de apertura culmina cuando se llega al valor consigna de la corriente generada o por el accionamiento del switch final de carrera de apertura (SFCA).

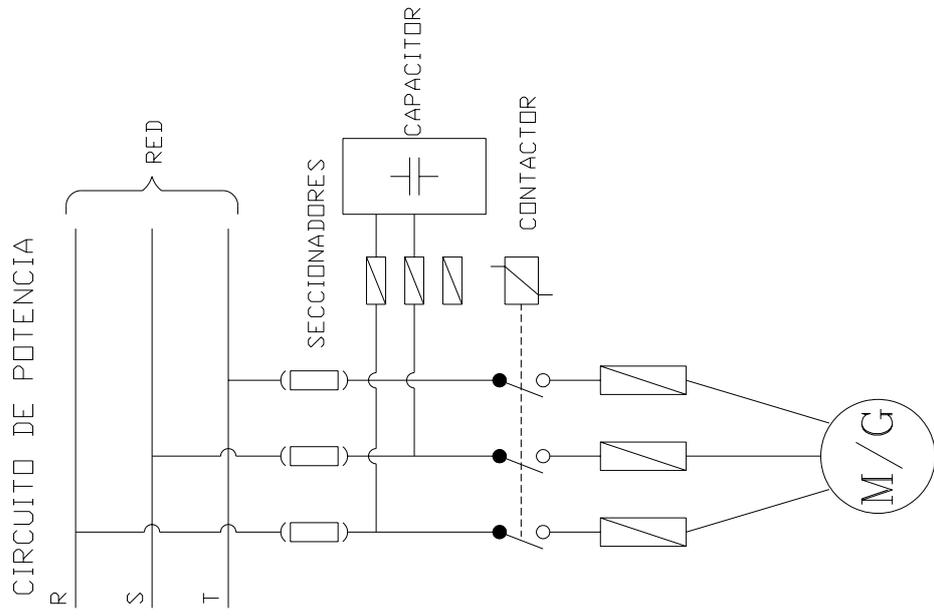


Fig. 17

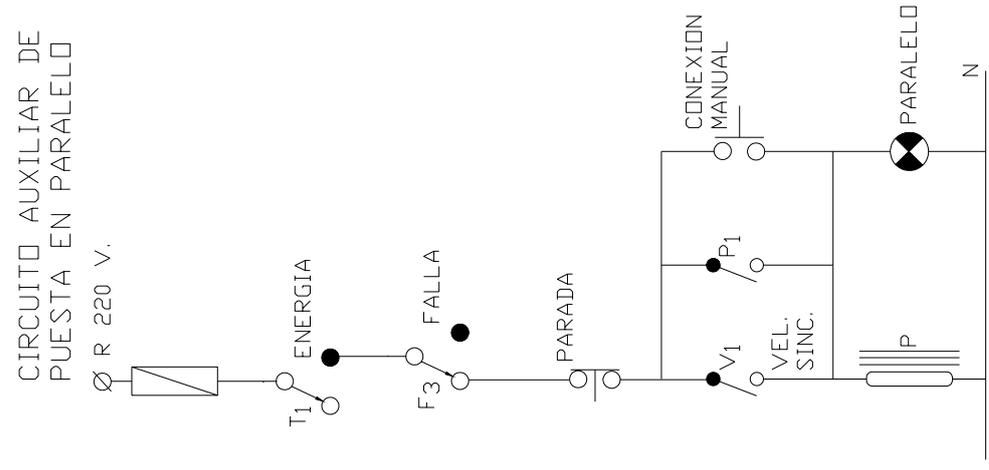


Fig. 18

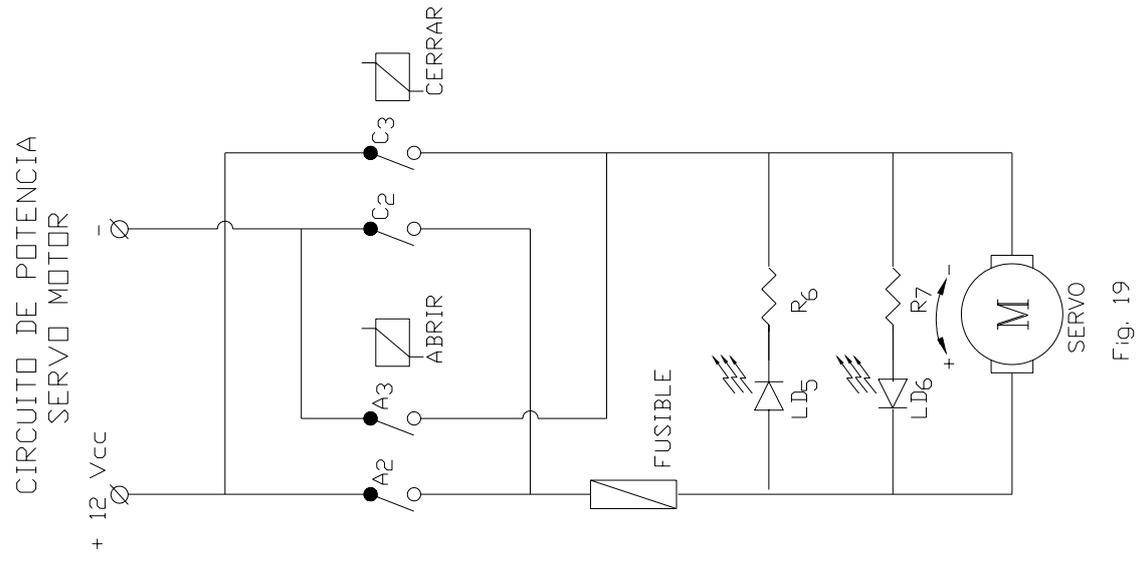


Fig. 19

13.1.2 Operación de Cierre

El cierre se puede dar por las siguientes condiciones:

a) Falta de una o más fases de la línea principal

El contacto T2 pasa a la posición B que acciona vía D1 el relé de cierre del alabe regulador.

b) Sobrevelocidad:

Se dispara el tiristor TH2 (ver Fig.20) que energiza el relé "F" e ilumina LD2, interrumpiendo las posibles maniobras del relé "A" de apertura (vía el contacto F1), a la vez se acciona F2, que envía al cierre el alabe regulador, finalmente, por el contacto F3 se libera el contactor "P" y retira el sistema del paralelo (ver Fig.18).

c) Accionamiento del contacto de final de carrera de apertura, sin haber llegado a la corriente de consigna:

Por el contacto C-D del switch final de carrera de apertura (SFCA) se dispara el tiristor TH1 que sigue el mismo procedimiento que en los puntos b y c.

Los cierres que se efectúan según los puntos b, c y d, son permanentes, no así el cierre por a.

d) Cambio en el sentido de la energía:

Se dispara el tiristor TH3 que ilumina LD3 y acciona el relé "F" y envía al cierre el sistema.

13.1.3 Enclavamiento

Las operaciones de cierre y apertura se encuentran enclavadas para no permitir el accionamiento simultáneo de los dos relevadores y evitar así un cortocircuito en la línea de alimentación del servo motor.

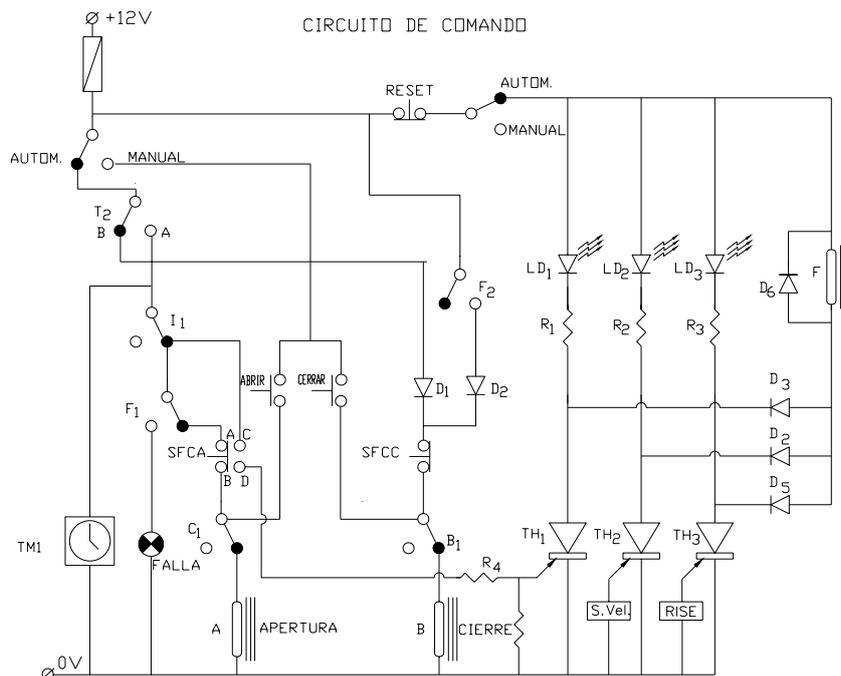


Fig.20

I: Relé Monitor de Corriente
T: Relé Monitor de Tensión
F: Relé de Anomalía
SFCA: Switch Final de Carrera de Apertura
SFCC: Switch Final de Carrera de Cierre.

14.0 CONSIDERACIONES FINALES

14.1 Punto de Funcionamiento de la grupo turbina-generator

Una vez concluida la operación de puesta en paralelo, la máquina deberá entregar a la red, una cantidad de energía proporcional al caudal turbinado. Dado que el caudal no es constante todo el año, se tendrá distintos puntos de funcionamiento para distintas épocas del año.

14.2 Punto de Trabajo

Como no siempre se posee los suficientes datos de aforamiento de las cuencas que integran el aprovechamiento, es menester buscar otro método de ubicación del punto de trabajo, que aquel que resulta de contrastar planillas de caudales con épocas del año y determinar el punto de trabajo.

14.3 Método Práctico

El método práctico propuesto es el siguiente: Que la máquina funcione siempre a la potencia nominal (por lo tanto a la corriente nominal), no importando la época del año. En época de estiaje la máquina turbinará el caudal módulo hasta que se agote el fluido de reserva en el embalse, como en el sistema del "PARALELEX" es posible regular automáticamente el punto de trabajo, a medida que el caudal disminuye el sistema "PARALELEX" trata de mantener la corriente nominal de consigna, por consiguiente cuanto menor sea el caudal mayor será la apertura del alabe regulador, en estas condiciones se llegará a un punto en el que el alabe regulador llegue al final de su recorrido donde acciona el contacto de FINAL DE CARRERA DE APERTURA, produciéndose un cierre permanente.

14.3.1 Resumiendo

Con el "PARALELEX" entra acción, en época de estiaje, se turbinará el volumen del caudal del embalse una vez concluida la reserva de agua, el sistema sale del paralelo y los usuarios pasan a consumir energía de la red principal, mientras tanto se almacena más agua en la presa para una nueva generación.

14.4 Corrimiento del Punto de Trabajo

Según lo expresado anteriormente se tendría períodos generados y períodos no generados, estos últimos mayores. Para evitar cortes frecuentes, es posible correr el punto de trabajo de la máquina, esto es: suponer un nuevo límite de corriente generada que puede ser, por ejemplo $\frac{3}{4}$ de la corriente nominal, en estas condiciones se podría generar más tiempo pero menos energía horaria.

14.4.1 Resumen

Se elige el punto de trabajo (porcentaje de la corriente nominal), en función de la época del año, y se hace trabajar la máquina a esa nueva corriente nominal. Cuando los desacoples sean muy frecuentes se corre el punto de trabajo más abajo.

14.5 Punto de Trabajo

La potencia entregada por el grupo Turbina-Generador se puede expresar como:

$$P = K_1 UI$$

U: Tensión generada.
I: Corriente generada.
K₁: Constante.

La potencia que entrega la máquina hidráulica en función del caudal tiene una ecuación del tipo:

$$P = RQH$$

R: Constante de proporcionalidad.
Q: Caudal turbinado.
H: Desnivel (altura).

Igualando ambas expresiones se tiene: $K_1 UI = RQH$

Agrupando

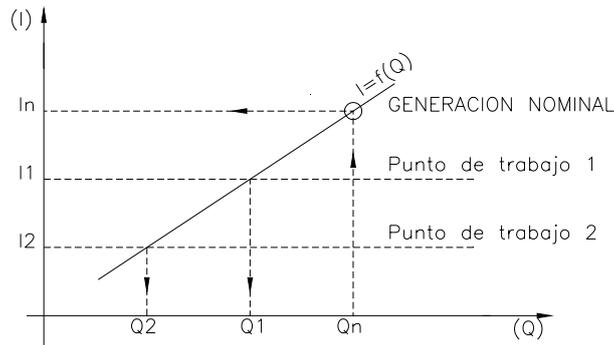
$$I = \frac{RH}{UK_1} Q$$

Como la altura es una constante y suponemos que la tensión permanezca constante, es posible encerrar el término $\frac{RH}{UK_1}$ en una nueva constante K, quedando

$$I = KQ$$

Donde la corriente generada es directamente proporcional al caudal turbinado.

Representando la función $I=f(Q)$ se tiene:



Para distintos puntos de trabajo menores que el nominal se tiene menores caudales que el nominal. El sistema "PARALELEX", tiende a mantener el punto de trabajo sobre la curva $I=f(Q)$. En la gráfica se observa otros posibles puntos de trabajo. En la práctica se elige el punto de trabajo de generación nominal algo menor que el que se tendría para la máxima apertura del alabe regulador de la turbina.

15.0 BIBLIOGRAFIA

- MICROTURBINA EN MISIONES- E. Barney - FIO - UNaM.
- GENERACION ASINCRONICA- H. Muñoz - A. Gonzalez - FIO - UNaM.
- PAUTAS PARA GENERACION EN PARALELO CON GENERADORES ASINCRONICOS - Victor H. Kurtz - FIO - UNaM.
- PARALELOS - P. Santander - Victor H. Kurtz - FIO - UNaM.
- PARALELO DE GENERADORES ASINCRONICOS - J. Bycovich. Rev. Tec. e Industria (Bs. As.).
- REVISTA TECNICA MEGAVATIOS N° 62 - Bs. As.
- INFORME C.E.D.E. 1982.
- MAQUINAS MOTRICES, GENERADORES DE ENERGIA ELECTRICA - CEAC.
- MANUAL TTL DATABOOK - Vol.2 - 1985 - Texas Inst.
- Manual Cmos - National - (Ed. Arg.).
- CMOS "INTEGRATED CIRCUITS" - RCA.
- Linear "DATABOOK" - National.
- ELECTRONICS LOAD CONTROL FOR MICRO HYDROPOWER PLANTS - Meir - Detti - SKAT - St. Gallen - Zwitterland.