

REGULACIÓN DE VELOCIDAD POR ABSORCIÓN DE CARGA PARA MICROCENTRALES HIDRÁULICAS

J. Quiroga, R. Fernández, G. Monte, C. Rivera, C. Tissier

Facultad de Ingeniería

Departamento de Electrotecnia

Universidad Nacional del Comahue

Buenos Aires 1400 - (8300) Neuquén

e-mail: jquiroga@uncoma.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo, trata la descripción de un sistema electrónico microcontrolado de regulación de velocidad por absorción de carga (a potencia constante) para centrales hidráulicas de pequeñas potencias (1KW a 100KW) o microcentrales. Se mantiene constante el caudal necesario para lograr la potencia nominal en el generador al que se acopla la carga de usuario y una carga resistiva tal que su suma corresponde a la potencia nominal. El controlador tiene por función chequear la frecuencia y compararla con el patrón, luego actúa en consecuencia, sumando o quitando carga secundaria para mantener la velocidad constante, conformando este sistema un control económico, preciso y seguro de la frecuencia, permitiendo el uso de energías renovables y no contaminantes, a muy bajo costo.

Se hace, en una primera etapa, una fundamentación técnico-económica para el uso de este sistema; en la segunda sección se describe el control electrónico empleado en el desarrollo y por último se mencionan las ventajas más sobresalientes del regulador.

Keywords: Energía renovable; turbinas; frecuencia; μ controlador; control electrónico.

INTRODUCCIÓN

Los aspectos técnicos más importantes en la generación de energía son la constancia de la tensión y de la frecuencia para mantener un sistema estable. Sobre todo, cuando se trata de turbogeneradores hidráulicos ubicados en pequeños flujos de agua o microcentrales [1], donde aparecen cambios de caudal y de cargas importantes, se hace necesario la búsqueda de regulación de estos parámetros, con sistemas de bajo costo y confiables, es decir, con la menor intervención en el mantenimiento.

Regulación: Tratándose de turbinas pequeñas (1KW a 500KW), los sistemas de regulación de velocidad de las mismas, representan un valor importante del costo del equipo electromecánico. En algunas ocasiones se hace más complejo técnicamente, como en el caso de turbinas de flujo axial tipo BANKI, en las que la sencillez del modo constructivo es su principal cualidad y la colocación de reguladores que actúan sobre el flujo de agua, aumenta el precio final (máquina, instalación civil e hidráulica) [2].

Se detallan a continuación los distintos tipos de regulación para turbinas hidráulicas:

- Regulación de velocidad a caudal variable.

En este tipo de regulación la potencia está definida exclusivamente por el consumo, es decir:

$$P_g = P_c$$

P_g : potencia generada

P_c : potencia consumida

Este principio de regulación se usa en grandes y pequeñas máquinas y consiste en adecuar la potencia generada, variando el flujo instantáneo de agua por la turbina, igualando así la potencia generada a la potencia consumida. Existen varias maneras de realizar este tipo de regulación (oleohidráulico, mecánico, servos, etc..) que no son materia de este trabajo. Ver para más información [3].

- Regulación a caudal constante.

La regulación en este caso se realiza manteniendo el caudal constante hasta lograr la potencia nominal, que, de esta manera, se conserva también constante:

$$P_g = P_c + C_2$$

C_2 : Carga secundaria

Este principio es usado en pequeñas máquinas, donde la potencia generada (potencia nominal de la máquina o definida por el caudal disponible, que se modifica en distintas épocas del año por deshielos, sequías, etc.) mantiene su relación con la carga, en base a las siguientes premisas:

- Un aumento de la P_c (potencia consumida), produce una caída de la carga secundaria.
- Una disminución del consumo (P_c), produce un aumento de la carga secundaria.

Las metodologías más usadas para este tipo de regulación son:

- Por absorción de carga mediante resistencias eléctricas.
- Por absorción de carga por freno de Foucault.

Aquí se desarrolla un sistema regulador de velocidad por absorción de carga mediante resistencias eléctricas como carga secundaria, si bien el sistema se adapta perfectamente a una carga por corrientes

parásitas. El tratamiento de estos dos tipos de cargas es similar y sólo cambia su principio de acción, correspondiendo a un freno de estas características un mayor costo por su complejidad de diseño.

El regulador por absorción de carga es un dispositivo electrónico que controla la velocidad de la turbina en base a la siguiente premisa: "La variación de la velocidad de la turbina es compensada con la conexión o desconexión de carga secundaria (resistencia eléctrica) en forma de control integral [4] por pasos relacionados con la variación de la velocidad". Las potencias tanto hidráulica como eléctrica permanecen constantes.

La variación de la velocidad se manifiesta en la frecuencia por la relación conocida donde:

$$n = 60 \frac{f}{p} \quad \text{donde: } n = \text{vueltas rpm ; } f = \text{frecuencia Hz ; } p = \text{pares de polos}$$

El regulador detecta este efecto midiendo la frecuencia de la red y realizando, en una fracción de segundo, la conexión o desconexión de la carga por pasos que dependen de dicha variación, con lo cual la velocidad de la turbina, se mantiene dentro de la velocidad nominal ($f=50 \text{ Hz ; } 1500\text{rpm; } p = 2$) \pm una tolerancia acotada.

El funcionamiento de este tipo de reguladores es óptimo trabajando a potencia constante y nominal (100% de la potencia); en ensayos realizados en prototipos se ha comprobado un excelente funcionamiento con caudales desde 20% hasta el 100% del nominal [5].

PRINCIPIO GENERAL DEL REGULADOR POR ABSORCIÓN DE CARGA

Cuando se inicia la generación, el generador se encuentra cargado a su potencia nominal por un banco de resistencias en forma permanente (carga secundaria). Esta carga tendrá refrigeración por aire o agua de acuerdo a su potencia. Es de destacar en este punto, que para potencias pequeñas (de hasta 5Kw) no se requiere enfriamiento de las cargas secundarias, ya que se diseñan para su disipación en aire,

En el momento que la carga primaria absorbe energía, la velocidad de la turbina (frecuencia) baja y el regulador elimina el equivalente de potencia de la carga secundaria, manteniendo así una carga constante sobre el generador.

Si se produce un cambio en los parámetros hidráulicos (caudal, caída h, etc.), la velocidad de la turbina también se modifica, en cuyo caso el regulador mantiene la velocidad por conexión o desconexión de carga secundaria (figura 1).

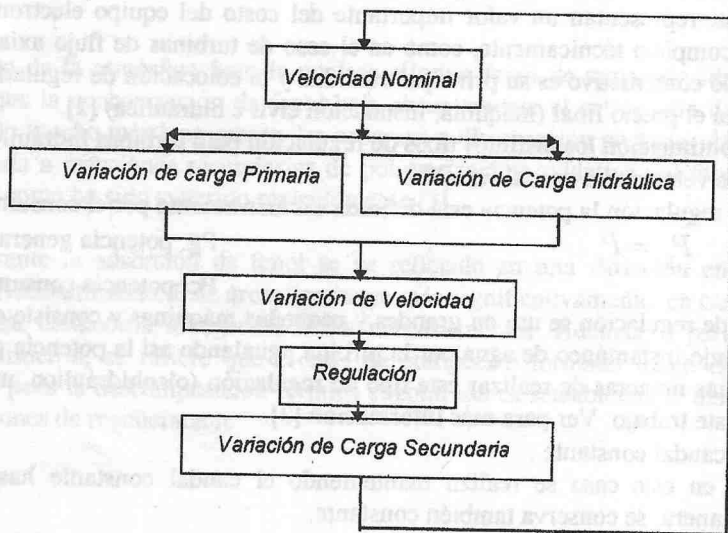


Figura 1.-

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Un detector de paso por cero sensa la frecuencia de línea, medida con una precisión de $0,5\mu\text{s}$. Esta frecuencia es comparada con una patrón, generada a través del oscilador a cristal que conforma el reloj del microcontrolador (4MHz).

Para la corrección de frecuencia se toma una tolerancia de $\pm 0,5\text{Hz}$, fijándose una banda muerta de 1Hz entre los 49,5 Hz y 50,5 Hz.

El microcontrolador ejecuta el programa de lectura de la frecuencia de la red, genera la base de tiempo, compara los valores sensados de frecuencia, selecciona las condiciones de estas frecuencias, exhibe permanentemente en el display la frecuencia medida (opcional), realiza la medición de temperatura del líquido de enfriamiento de la carga secundaria y testea el nivel de este líquido en caso de ser necesario. El enfriamiento de la carga secundaria dependerá del valor de la potencia a disipar.

Se seleccionó para este diseño un microcontrolador MC68HC11E9 de Motorola [6], adecuado por las prestaciones y bajo costo: bajo consumo, no requiere prácticamente dispositivos adicionales para su funcionamiento; dispone de memoria EEPROM (2KBytes) y RAM (512Bytes) que permite almacenar el programa, datos y valores de frecuencia medidos; posee además Watchdog que posibilita el enganche automático en caso de salida de programa; temporizador programable para la medición de tiempos y un conversor A/D de 8 bits para medición de señales analógicas (temperatura, nivel, etc.).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SOFTWARE APLICADO (fig. 2)

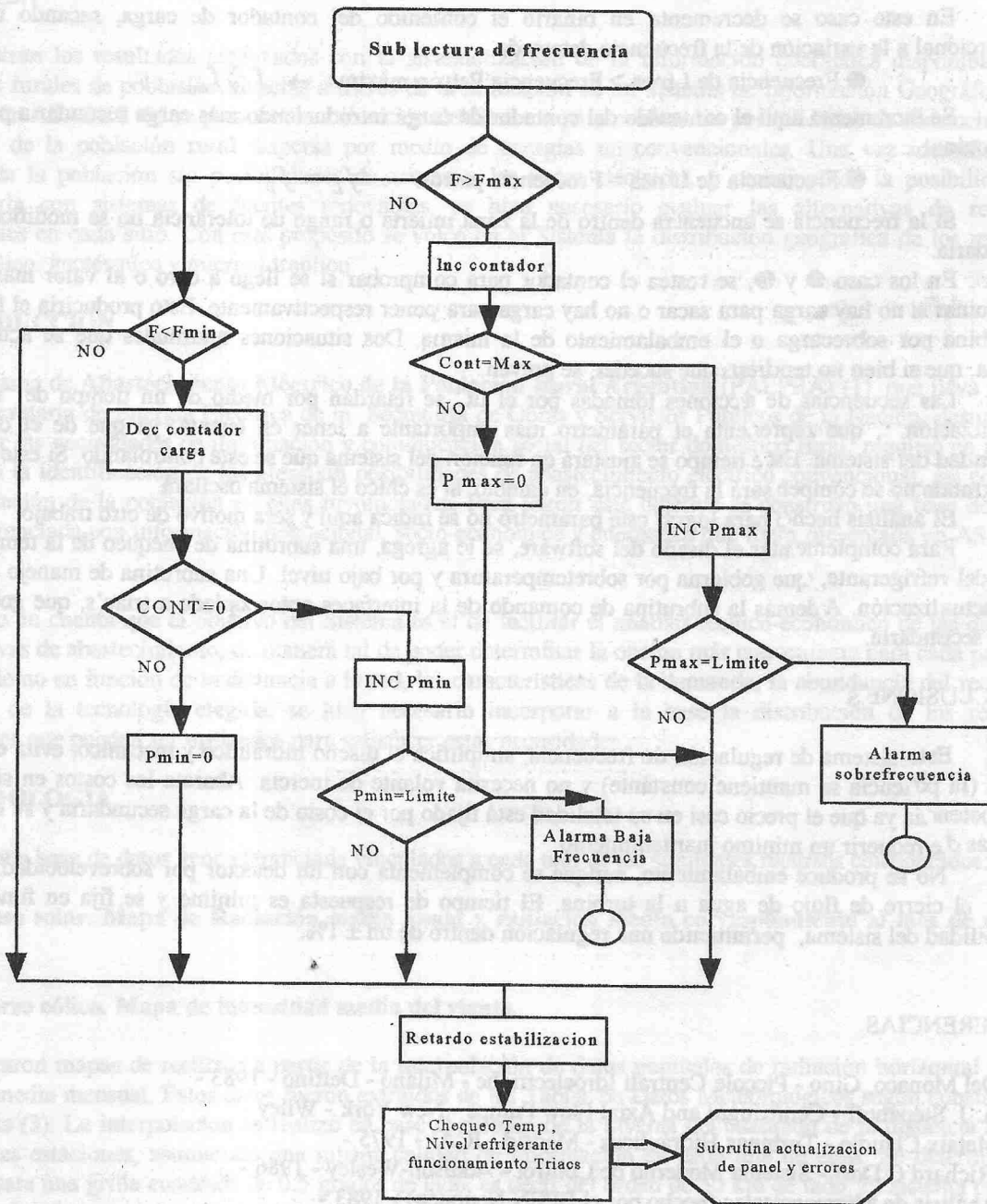


Figura 2.-

MEDICIÓN DE FRECUENCIA

La medición de frecuencia se realiza por intermedio de la entrada de captura del micro, en el timer de corrida libre se mide el período entre los flancos ascendentes del detector de paso por cero e interrumpe a la CPU. El período calculado por la diferencia entre las dos lecturas del contador del timer, está expresado en números de ciclos de máquina (μC) por lo que se realiza la conversión a Hz. Para un cristal de 4MHz la frecuencia de trabajo del μC es $E = 2\text{MHz}$, el ciclo de máquina queda de esta manera definido por un período de $0,5\mu s$, que marca la precisión en la medición de tiempos.

La frecuencia obtenida de esta manera se compara con una frecuencia patrón y se presentan tres casos posible:

① Frecuencia de Línea < Frecuencia Patrón mínima $\rightarrow f_L < f_{min}$

En este caso se decreta en binario el contenido del contador de carga, sacando una carga proporcional a la variación de la frecuencia detectada.

② Frecuencia de Línea > Frecuencia Patrón máxima $\rightarrow f_L > f_{max}$

Se incrementa aquí el contenido del contador de carga introduciendo más carga secundaria para frenar la máquina.

③ Frecuencia de Línea = Frecuencia patrón $\rightarrow f_L = f_p$

Si la frecuencia se encuentra dentro de la zona muerta o rango de tolerancia no se modifica la carga secundaria.

En los casos ① y ②, se testea el contador para comprobar si se llegó a cero o al valor máximo para determinar si no hay carga para sacar o no hay carga para poner respectivamente. Esto produciría el frenado de la turbina por sobrecarga o el embalamiento de la misma. Dos situaciones anormales que se acusarán por alarma, que si bien no tendrían que suceder, se prevén.

Las secuencias de acciones tomadas por el μC se retardan por medio de un tiempo de "retardo de estabilización", que representa el parámetro más importante a tener en cuenta, ya que de él depende la estabilidad del sistema. Este tiempo se ajustará en función del sistema que se esté controlando. Si este tiempo es muy grande no se compensará la frecuencia, en cambio, si es chico el sistema oscilará.

El análisis hecho para lograr este parámetro no se indica aquí y será motivo de otro trabajo.

Para complementar el diseño del software, se le agrega, una subrutina de chequeo de la temperatura y nivel del refrigerante, que gobierna por sobretemperatura y por bajo nivel. Una subrutina de manejo de display y su actualización. Además la subrutina de comando de la interfaces optoacoplada a triac's, que gobiernan la carga secundaria.

CONCLUSIONES

Este sistema de regulación de frecuencia, simplifica el diseño hidráulico y mecánico, evita el golpe de ariete (la potencia se mantiene constante) y no necesita volante de inercia. Abarata los costos en sistemas de baja potencia ya que el precio casi en su totalidad está fijado por el costo de la carga secundaria y su disipación, además de requerir un mínimo mantenimiento.

No se produce embalamiento, aunque se complementa con un detector por sobrevelocidad que actúa sobre el cierre de flujo de agua a la turbina. El tiempo de respuesta es mínimo y se fija en función de la estabilidad del sistema, permitiendo una regulación dentro de un $\pm 1\%$.

REFERENCIAS

- 1.- Del Monaco, Gino - Piccole Centrali Idroelettriche - Milano - Delfino - 1983.-
- 2.- A. J. Stepanoff - Centrifugal and Axial Flow Pumps - New York - Wiley -
- 3.- Mataix Claudio - Turbinas Hidráulicas - Madrid - ICAI - 1975.-
- 4.- Richard C Dorf - Sistema Moderno de Control - Addison-Wesley - 1986.-
- 5.- Análisis de Microcentrales (hecho por el EPEN Neuquén) - 1983.-
- 6.- MC68HC11 Reference Manual - Motorola.-
- 7.- Microprocessor Applications Manual - Motorola - Mc Graw Hill - 1975.-