

Telemando y Controlador Manual de la Tensión Generada para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

V.H. Kurtz^{a,*}, J.A. Olsson^b, A.R. Marchegiani^c

^{a,b} *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

^c *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Neuquén, Argentina.*

e-mails: kurtzv@fio.unam.edu.ar, jorgealbertoolsson@fio.unam.edu.ar, ariel.marchegiani@fain.uncoma.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta un sistema de accionamiento a distancia (telemando), destinado al control de una Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH): Conformada básicamente por una turbina tipo Michell-Banqui o de Doble Acción, equipada con un alabe regulador de caudal turbinado servo controlado y un generador asincrónico trifásico autoexcitado.

El telemando implementado en esta oportunidad aparte de poner en marcha y detener a distancia la micro generación hidroeléctrica -permite desde la casa del usuario- controlar en forma manual, observando en un voltímetro ubicado en la vivienda, la tensión eléctrica generada.

La topología de este telecomando se puede encuadrar en lo que se denomina; telemandos electromecánicos, en la configuración batería en la casa del usuario y sala de máquinas. Utilizando como vía de transmisión un par conductor tipo telefónico.

La PCH tratada en este a oportunidad, fue instalada a la margen de un lago artificial existente en el predio **Las Camelias Golf**, *Campos de Té*, sito a la vera de la Ruta Nacional 14, kilómetro 886.5 de Oberá, Misiones. Destinada a la iluminación pública de la entrada al predio y el camino de sirga del lago.

Palabras Clave – *Control de Tensión, Mando a distancia, Microturbina, Telemando.*

1. Introducción

El telemando, también conocido como telecontrol [6] o telecomando [3], consiste en el envío de indicaciones a distancia mediante un enlace de transmisión (por ejemplo, a través de cables, radio, dirección IP...), utilizando órdenes enviadas para controlar un sistema o sistemas remotos que no están directamente conectados al lugar desde donde se envía el telecontrol. La palabra viene de dos raíces *tele* = distancia (griego), y *control* = controlar.

En los distintos micro aprovechamientos hidroeléctricos implementados en Misiones, la sala de máquina se encuentra distante del núcleo de pobladores beneficiado con la energía eléctrica generada por esta.

En las PCH de Misiones, es común la desconexión de la turbina durante el día con el fin de almacenar agua, y poder turbinarla por la noche. Resulta entonces tedioso, tener que apersonarse a la casa de máquinas cada vez que pretende conectar o desconectar la generación eléctrica. Especialmente si es de noche, con terreno accidentado y en plena selva misionera.

Una posible solución al problema anterior se puede encontrar en los sistemas de telemando [2].

*Autor en correspondencia.

En las PCH (Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) de Misiones (con alturas de saltos entre 1 y 70 m), se utilizan microturbinas del tipo Michell-Banki, Cross-Flow o de Doble Acción, debido a su sencilla construcción, bajo costo y rendimientos aceptable [1] [4]. Estas turbinas poseen un álabe regulador que controla el funcionamiento de la maquina hidráulica, por medio de la acción de un servomotor alimentado generalmente con tensión continua de 12V.

En las PCH, el *operador* del telemando es generalmente el propietario del sistema. En tanto que, en aprovechamientos comunitarios, es el vecino más próximo a la turbina.

En esta oportunidad se utilizó como vía de transmisión un conductor del tipo par telefónico soterrado, por una cuestión económica.

El telemando implementado en esta oportunidad aparte de poner en marcha y detener a distancia la micro generación hidroeléctrica -permite desde la casa del usuario- controlar en forma manual la tensión eléctrica generada, observando un voltímetro ubicado en la vivienda.

La topología utilizada se puede encuadrara en lo que se denominan; Telemandos Electromecánicos (ver 2.3), en la configuración: batería en la casa del usuario y en la sala de máquinas (Ver 2.4).

2. Telemando

2.1. La Necesidad del Telemando

En los distintos micro aprovechamientos hidráulicos en Misiones, la sala de máquina se encuentra distante del núcleo de pobladores beneficiado con la energía eléctrica generada por la central.

En las PCH de Misiones, es común la desconexión de la turbina durante el día con el fin de almacenar agua, y poder turbinarla por la noche. Resulta entonces tedioso, tener que apersonarse a la casa de máquinas cada vez que pretende conectar o desconectar la generación eléctrica. Especialmente si es de noche, con terreno accidentado y en plena selva misionera.

Una posible solución al problema anterior se puede encontrar en los sistemas de telemando [2].

2.2. Telemando

Telemando o telecomando, se puede definir como la técnica de gobernar el funcionamiento de un proceso a distancia. Esta definición incluye dos argumentos perfectamente diferenciados, por un lado, el tema del *control de procesos* y por otro la intervención del parámetro *distancia* en el sistema a desarrollar [3].

En una PCH, los procesos a distancia suelen ser: La apertura y cierre del alabe regulador de la turbina; ya sea en forma manual - desde la casa del usuario - que llamaremos "**Telemando**" o automático desde un sistema de regulación.

Existen varias configuraciones de sistemas de control a distancia. El telemando más utilizado para la microgeneración eléctrica en Misiones es del tipo unidireccional (solo es posible enviar la señal en una dirección) controlado por el ser humano (*operador*) [4] (ver Fig.1).



Fig. 1 Diagrama en bloque, sistema de telemando

Como se aprecia en la fig.1; un sistema de accionamiento a distancia del tipo telemando, está formado por los siguientes bloques: *Operador*, *Circuito emisor* o simplemente *Emisor*, *Receptor*, *Nexo conector* entre ambos denominado *Vía de Transmisión* y *Proceso*.

El *proceso* es el sistema compuesto por servomotor, la caja de reducción y el alabe regulador de la turbina (Fig. 2 y 3).

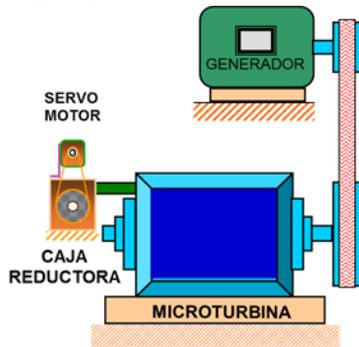


Fig. 2: Croquis del grupo turbogenerador y el motor de accionamiento del alabe regulador.

Fuente: elaboración propia



Fig. 3: A la derecha de la imagen, se puede observar el servomotor acoplado a la turbina.

Fuente: elaboración propia

Las *vías de transmisión* y los *circuitos emisores y receptores* son propios de cada tipo de telemando implementado.

2.3. Telemandos Electromecánicos

Los telemandos que utilizan como *vía de transmisión* conductores eléctricos, por medio de los cuales se envían señales eléctricas, se pueden agrupar en los que denominaremos telemandos electromecánicos.

Dentro del conjunto de telemandos electromecánicos (siempre hablando de los implementados en Misiones), se pueden dividir a su vez en dos. Los que tienen:

- *La fuente de energía (batería) en la casa del usuario.*
- *Batería en la casa del usuario y en la sala de máquinas.*

Estos sistemas pueden o no contar con reguladores de frecuencia y tensión, para el control automático de la generación.

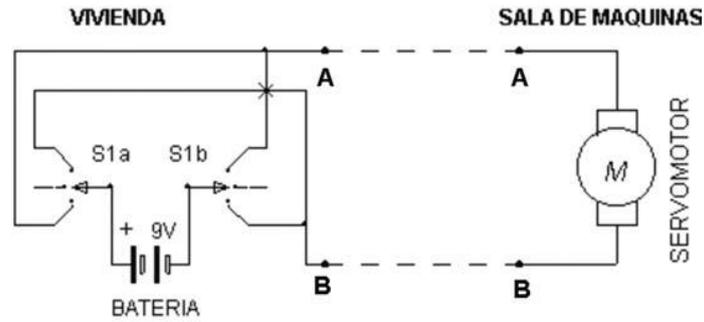


Fig. 4: Circuito básico de telemando electromecánico con batería en la casa del usuario.

2.4. Telemandos con Batería en la Casa del Usuario y Sala de Maquinas

Cuando la distancia es mayor a 500 m, no es aplicable el sistema de telemando con acumulador en la casa del usuario (Fig. 4), porque la caída de tensión en la línea de telemando hace inadmisibles el control del servomotor desde la vivienda.

En este caso se utiliza un par de relevadores en la sala de máquina, alimentado por un acumulador también ubicado en la sala de maquinas. Solamente el control de los relés se realiza desde la casa del usuario con la ayuda de otra fuente de alimentación.

Como el consumo de la bobina del relé es mucho menor que el del servomotor, es posible comandar desde distancias importantes.

Si la distancia es considerable o el conductor eléctrico del telemando es de pequeña sección y el acumulador auxiliar con su correspondiente cargador, representan un costo importante, es preferible utilizar el circuito de la Fig. 5, donde en lugar de usar un acumulador de 12V del tipo automotriz, se utiliza una batería no recargable de 9V, del tipo "cuadrada", con un costo mucho menor.

Por otro lado, la llave inversora utilizada en este caso es más pequeña, ya que la corriente también lo es, lo que reduce aun más el costo de implementación del sistema.

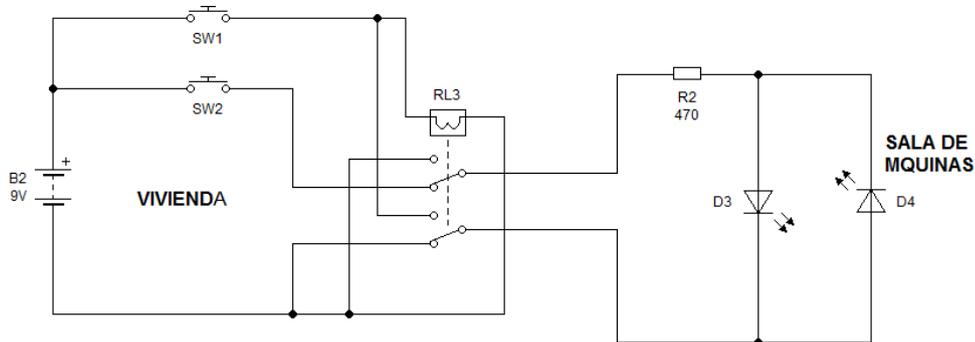


Fig. 5 - Transmisor y parte del receptor. Fuente: elaboración propia

En este caso en lugar de usar una llave selectora se prefirió, por una cuestión de costo y confiabilidad, utilizar un pequeño relevador RL3, accionado por dos pulsadores SW1 y 2 (Fig. 5).

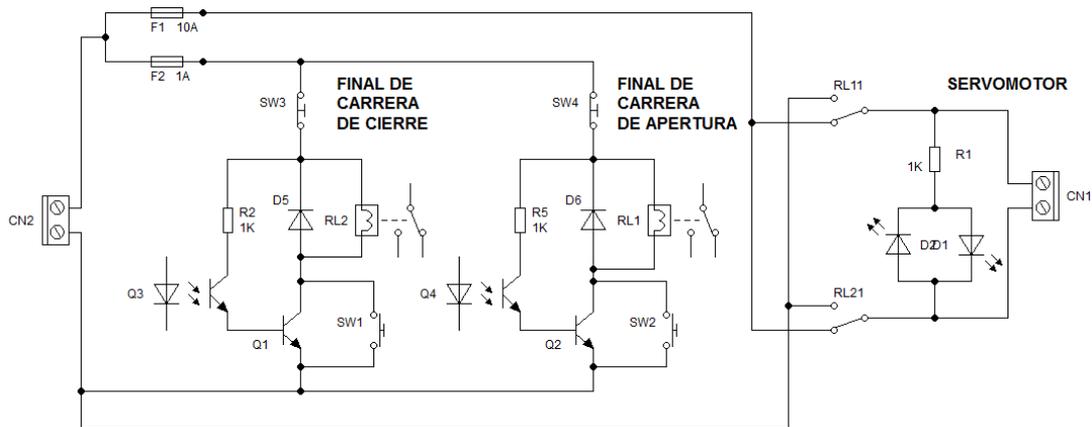


Fig. 6 - Receptor en la Casa de Maquinas. Fuente: elaboración propia

2.5. Funcionamiento

Cuando desde la vivienda del usuario pulsa SW1 (ver fig. 5), se acciona el relé RL3 que polariza en directa el LED (Diodo Emisor de Luz) D4, del optoacoplador Q4 (Fig. 6), excitando el transistor Q2 que energiza el relé RL1. Accionando vía el contacto RL11, el servomotor regulador de la turbina, en el sentido que produzca la apertura del alabe regulador.

Si el órgano regulador de la turbina llega al final de su recorrido, el contacto de final de carrera de apertura (SW4) desconecta el circuito, permitiendo solo la maniobra de cierre.

Del mismo modo para la operación de cierre, se pulsa SW2, que alimenta el LED D3 polarizando en directa solamente Q3, que acciona por medio de Q1 el relé RL2, cuyos contactos RL21, accionan el servomotor en sentido inverso.

Los pulsadores SW1 y SW2 (del circuito de la Fig. 6), permiten activar manualmente el servomotor de control de caudal, desde la sala de máquina, esto es; operación en forma local.

Para este tipo de telemando basta usar como vía de conducción, un par telefónico aislado del tipo exterior con alambre tensor de acero o nylon, o soterrado, sin la necesidad de utilizar aisladores adicionales, tal como se implementó en este caso.

3. Configuración Final



Fig. 7 - Transmisor desde la vivienda.
Fuente: elaboración propia



Fig. 8 - Ensayo en laboratorio del sistema antes de su instalación. Fuente: elaboración propia

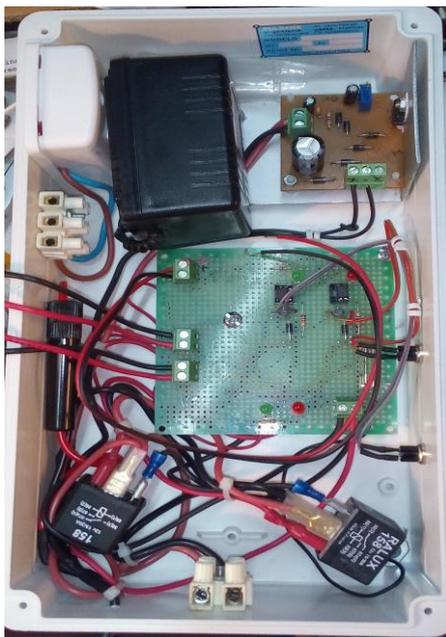


Fig. 9 - Receptor en la Casa de Máquinas.
Fuente: elaboración propia



Fig. 10 - Vista de la turbina generando.
Fuente: elaboración propia

3.1. Consideraciones sobre La Configuración Final del Sistema.

En la unidad transmisora (emisor) del telemando (Fig. 7), se instaló un voltímetro; de manera que el usuario pueda controlar a distancia la tensión generada en función del consumo. Ya que este sistema no posee regulador automático de tensión ni frecuencia generada.

En el panel receptor (en la casa de máquinas) se encuentra alojado el sistema de recepción del telemando y un cargador a flote para el acumulador que acciona el servomotor de comando, alimentando por la tensión generada por la PCH.

Se utilizó como servomotor un motor de imanes permanentes del tipo limpiaparabrisas de auto para 12 Vdc.

Para el comando del servomotor se empleó relevadores del tipo automotriz por su robustez.

4. Conclusiones

La implementación de un sistema de telemando electromecánico es útil para mediana distancia, tanto para aprovechamiento unipersonales como comunitarios.

La distancia de transmisión se puede optimizar ajustando el valor del resistor R2 (ver fig. 5), la tensión de mando y el tipo de acoplador óptico u optoacoplador utilizado.

Con este sistema es posible automatizar la generación utilizando, por ej. una celda fotoeléctrica (interruptor crepuscular) o una unidad temporizadora o reloj programable, para activar la iluminación en determinadas horas del día.

Este sistema presenta una solución económica para la microgeneración hidráulica sin la utilización de regulador automático de tensión y frecuencia generada, como este caso.

El mismo panel de control del telemando también se alojan pulsadores de apertura y cierre, para el comando local del alabe regulador.

Dada la sencillez de este telemando, es posible su construcción sin la necesidad de conocimiento avanzados en electricidad y electrónica.

La reparación y mantenimiento no presenta grandes dificultades, ya que se utiliza componentes electro-electrónicos de fácil adquisición en el mercado local.

En el diseño de esta versión del telecontrol, se prestó especial interés en la inmunidad a las sobre tensiones transitorias producto de las descargas atmosférica, muy frecuente en Misiones

La utilización de un voltímetro ubicado en la vivienda presentó una muy buena y económica solución para el control manual de la generación.

Un posible inconveniente se presenta con la carga del acumulador instalado en la sala de máquinas, ya éste se alimenta de la tensión generada por el mismo micro aprovechamiento. En caso de estiaje o pocas horas de generación, la batería no se llega a cargar totalmente. Para solucionar este inconveniente se está estudiando un pequeño sistema solar que mantenga el acumulador cargado.

El telemando implementado en Las Camelias funciona a satisfacción desde más hace dos años.

Referencias

- [1] Barney, Erik – “Aprovechamiento Hidroenergéticos Con Microturbina” - Fac. de Ing. - Universidad

- Nacional de Misiones - UNaM. 1984.-
- [2] Kurtz, Victor Hugo – “Automatismos Para Pequeñas Centrales Hidroelectricas” - Comp. De la línea de Telemando del Proyecto Pereyra - Fac. de Ing. - Universidad Nacional de Misiones - UNaM. Marzo. 1986.-
- [3] Galván Ruiz, J. - “Telemando y Telemetría. Aplicaciones Industriales - Electrónica y Automática Industrilaes II”. Edit Marcombo - Barcelona - 1981.
- [4] Kurtz, Victor H. “Telemando para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas”, Anais do X Encontro Latino-Americano e do Caribe em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos, X ELPAH, mayo 2003.
- [5] Ariel R. Marchegiani, Orlando A. Audisio, “Diseño, Construcción y Ensayo de Una Turbina de Flujo Transversal Para Generación Eléctrica En Sitios Aislados” X Encontro Latino Americano e do Caribe Sobre Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos, 4 a 8 de Mayo, 2003, Poços De Caldas, Minas Gerais, Brasil.
- [6] Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2019). «telecontrol». Diccionario de la lengua española (23.ª edición). Madrid: Espasa. ISBN 978-84-670-4189-7.
- [7] Ariel R. Marchegiani y Orlando A. Audisio, “Informe Final Sobre Provisión De Energía Eléctrica Mediante Turbina Hidráulica Refugio de Montaña Neumeyer”, abril 2006, pp. 1–16.
- [8] Orlando A. Audisio, “Marco legal para el desarrollo sostenible de pequeñas centrales hidráulicas: Una propuesta de la Universidad Nacional del Comahue”, Revista Hidrored, 2002, pp. 6–12.

Bibliografía

- Murthy, S. S., Singh, B. P., Nagamani, C. and Satyanarayana, K. V. V., “Studies on the Use of Conventional Induction Motors as Self-Excited Induction Generators”, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 3, no. 4, pp. 842 – 848, Dec 1988.
- J. M. Chapallaz, J. Dos Ghali, P. Eichenberger and G. Fischer, “Manual on Induction Motors Used as Generators”, MHPG Series. Harnessing Water Power on a Small Scale, Volume 10, pp. 1-213, 1992.
- Victor H. Kurtz, “Telemando por Onda Portadora”, Anais do X Encontro Latino-Americano e do Caribe em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos, X ELPAH, mayo 2003.
- Muñoz, Horacio y Caballero, A. Luis, “Control Automático a Distancia de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas”, Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Misiones – UNAM, 1998.
- Héctor R. Anocibar, “Regulador de Tensión y Frecuencia”, Anales del VII encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, VII ELPAH, julio 1997.
- Victor H. Kurtz y Héctor R. Anocibar, “Sistema Mixto para el Control de la Generación en Micro Centrales Hidroeléctricas”, Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH, noviembre 2005, <http://www.mec.utfsm.cl/elpahchile/es/index.php>.

Nota: Los planos, placas montadas y/o el sistema listo para funcionar; del telemando presentado en este trabajo, se encuentran disponible para el publico en general. Consultar a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Ingeniería de la UNaM. sec.cyt@fio.unam.edu.ar, por más detalles.