

CONTROL PID APLICADO SOBRE UN VARIADOR DE VELOCIDAD

**Juan Pablo Fárez,
René Chumbi**

Escuela de Ingeniería Eléctrica

Abstract—

This document is an automatic control project focused on the use of programmable logic controllers. The project is a speed control on a closed loop induction motor having as motor driver interface. The control system is dominated by logic programmed into the PLC the same turn interacts with the operator through an HMI. For purposes of study from the HMI commands the generation of different set point signal: sine wave, square wave with amplitude and frequency parameters configurable.

al motor. Adicionalmente el variador calcula la velocidad del motor y la envía como una señal analógica de retorno al PLC. Las consignas y respuestas estarán siempre visualizándose en un HMI y para el caso de las consignas, este permitirá su selección y modificación de amplitud y frecuencia.

Objetivos: Desarrollar una interfaz para el HMI amigable con los operadores del sistema. Generar las ondas de consigna con incrementos de tiempo, los más pequeños posibles. Obtener una buena respuesta por parte del control PID.

I. INTRODUCCIÓN

En control automático este proyecto es una aplicación para el uso de controladores lógicos programables (CPU s7-1200). En el proyecto se realiza un control de lazo cerrado, para controlar la velocidad de un motor de inducción trifásico de 1Hp, el mismo que se encuentra conectado al DRIVER Micromaster 420 y estos dos equipos conformarían la planta a la que el PLC controla. Para efectos de estudio, se generan diferentes señales de consigna (set-point), onda senoidal, y onda cuadrada con sus parámetros de amplitud y frecuencia configurables. El PLC actúa con una señal analógica por medio de la signal board AQ, sobre el variador y este responde variando la frecuencia de alimentación suministrada

II. DESCRIPCIÓN

La CPU S7-1200 y el software programador TIA PORTAL V11 de Siemens permiten trabajar un lazo de sintonización PID con función Autotuning.

El valor de salida se calcula automáticamente o de forma manual con la siguiente fórmula.

$$y = k_p[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_I \cdot s}(w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1}(c \cdot w - x)]$$

Símbolo	Descripción
Y	Valor de salida
kp	Ganancia proporcional
s	Operador Laplaciano
b	Ponderación de la acción P
w	Consigna
x	Valor real

- TI Tiempo de integración
- a Coeficiente para el retardo de la acción derivativa
- TD Tiempo derivativo
- c Ponderación de la acción D

Dado que el sistema regulado necesita cierto tiempo para responder a un cambio del valor de salida, no es razonable calcular este valor en cada ciclo. La llamada al bloque PID debe hacerse en períodos constantes del tiempo de ciclo del OB invocante.

El PLC con su módulo signal board 1232 actúa sobre el motor a través del panel SDP que controla al DRIVER

Micromaster 420. La señal de retroalimentación para realizar el control está disponible en el mismo panel SDP como salida analógica 0V a +10V, luego de registrar en el variador parámetros básicos del motor.

El acondicionamiento de señales de entrada y salida se lo realiza por medio de los bloques de NORM_X y SCALE_X. Y todo el control será supervisado con el HMI KTP 600 PN.

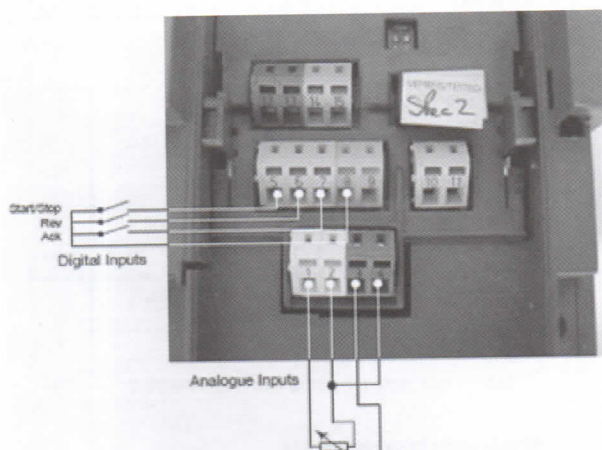


Figura 1. Funcionamiento básico con panel SDP

III. DESARROLLO DEL SOFTWARE

TIA PORTAL V11. Permite programar de manera integral el software, tanto para el PLC como para el HMI.

A. Software para el PLC CPU S7-1200

1) Iniciamos con la construcción de las señales consigna de velocidad:

Modo manual, a través de esta subrutina se pretende disponer de un set point constante previo al ingreso del valor de la velocidad en rev/min. En la fig.1 se muestra la programación en lenguaje KOP en donde la comparación es verdadera cuando se selecciona este modo. Entonces, el valor de consigna interviene en el control con el funcionamiento del motor.

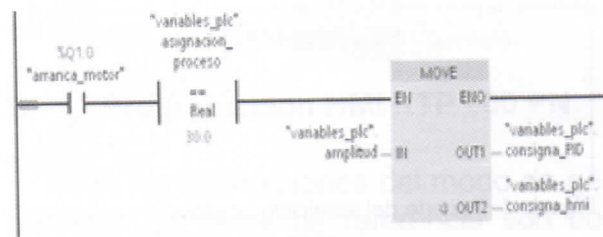


Figura 2. Generación de la consigna constante.

Modo automático generador de ondas, seleccionada la función y dada la amplitud y frecuencia se genera automáticamente una onda senoide o cuadrada.

Onda senoidal: esta dada por la ecuación $y(t) = A \cdot \text{sen}(w \cdot t)$ con $w = 2 \cdot \pi \cdot f$, con la amplitud (A en rev/min) y frecuencia (f en ciclos/s) regulables desde el HMI. En la fig.2 la subrutina se encuentra dentro de un bloque de función llamado "senoide" y genera una onda senoidal discretizada aproximadamente en pasos de 10ms.

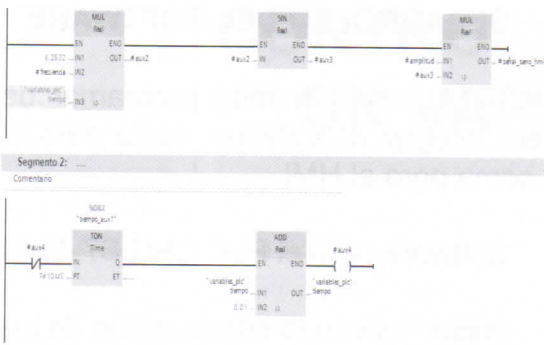


Figura 3. Función que genera la onda seno.

El variador de velocidad luego de invertir el giro, no genera ninguna señal de velocidad, es por este motivo que en el ciclo negativo no se puede tener un control PID. Entonces, a continuación se presenta la lógica que permite considerar solo el semiciclo positivo.

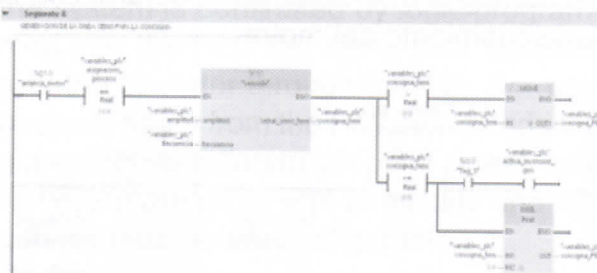


Figura 4. Recorte del semiciclo negativo de la función seno.

Onda cuadrada: la onda esta dada por las ecuaciones:

$$y(t) = A \text{ para } 0 \leq t < T/2$$

$$y(t) = 0 \text{ para } T/2 \leq t < T$$

con la amplitud (A) y la frecuencia(f) regulables desde el HMI. En la fig.3 la subrutina genera una onda cuadrada basándose en el cruce por cero de la onda senoidal antes descrita.

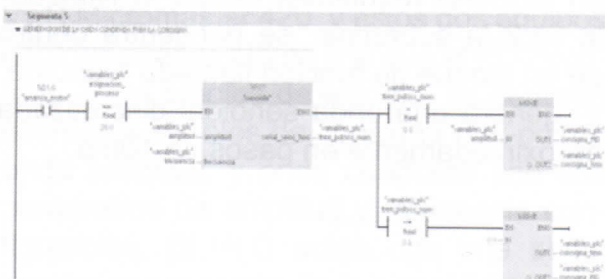


Figura 5. Subrutina generadora de la onda cuadrada.

2) Control PID

Donde la información de entrada está direccionada a la variable velocidad previamente acondicionada y también al canal analógico de entrada (%iw64), la señal de consigna es tomada de la variable Consigna_PID que es generada por cualquiera de las subrutinas anteriores (onda seno y cuadrada además la del modo manual) y la señal de salida está direccionadas a la signal board (%qw80). La llamada al bloque PID se hace en períodos constantes del tiempo de ciclo del OB cíclico de interrupción por la razón antes mencionada.

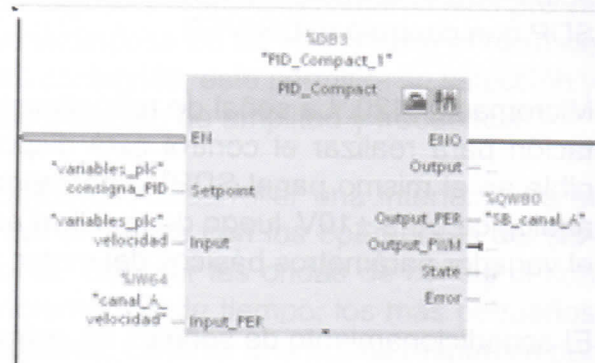


Figura 6. Bloque de control PID.

Los resultados del autotuning para la calibración del PID son:

Parámetros PID

Activar entrada manual

Ganancia proporcional: 6.747631E-2

Tiempo de integración: 1.281001 s

Tiempo derivativo: 3.230608E-1 s

Coefficiente retardo derivativo: 0.1

Ponderación de la acción P: 2.637962E-1

Ponderación de la acción D: 0.0

Tiempo muestreo algoritmo PID: 9.999989E-2 s

Regla para la optimización

Estructura del regulador: PID

Figura 7. Resultados de la optimización automática.

3) Tratamiento de la señal de velocidad

La señal de retroalimentación es analógica 0V a +10V y los valores que entrega el canal analógico a la CPU tienen que ser acondicionados; es así que, se desarrolla una subrutina dentro de un bloque de función "tratamiento_velocidad", el mismo que en su salida entrega los valores de la velocidad del motor en rev/min.

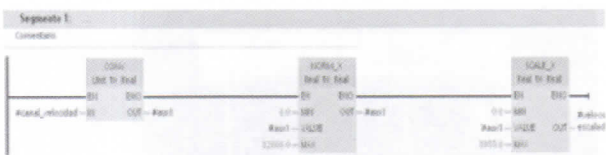


Figura 8. Subrutina que acondiciona la velocidad.

A continuación se muestra el programa completo, donde se puede observar cómo se ha alcanzado la coordinación de todas estas funciones y subrutinas:

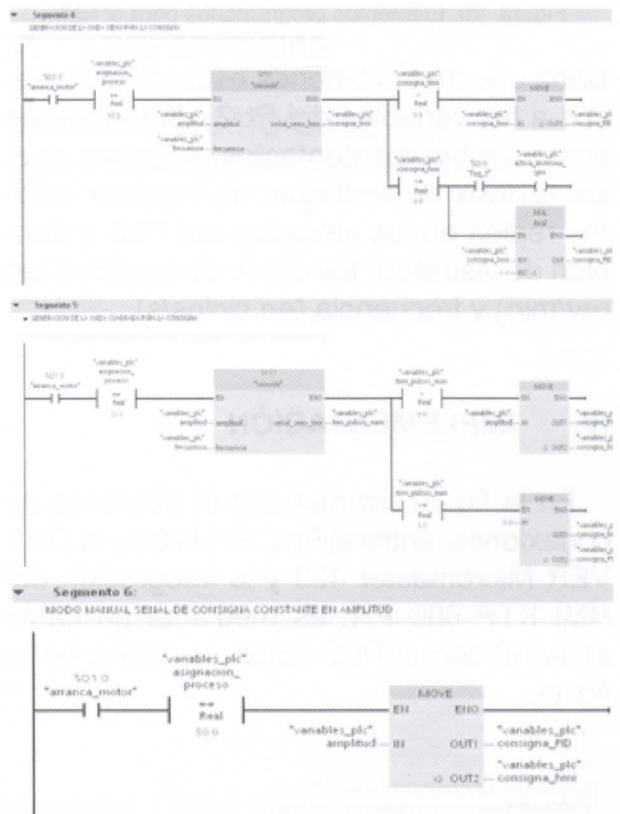
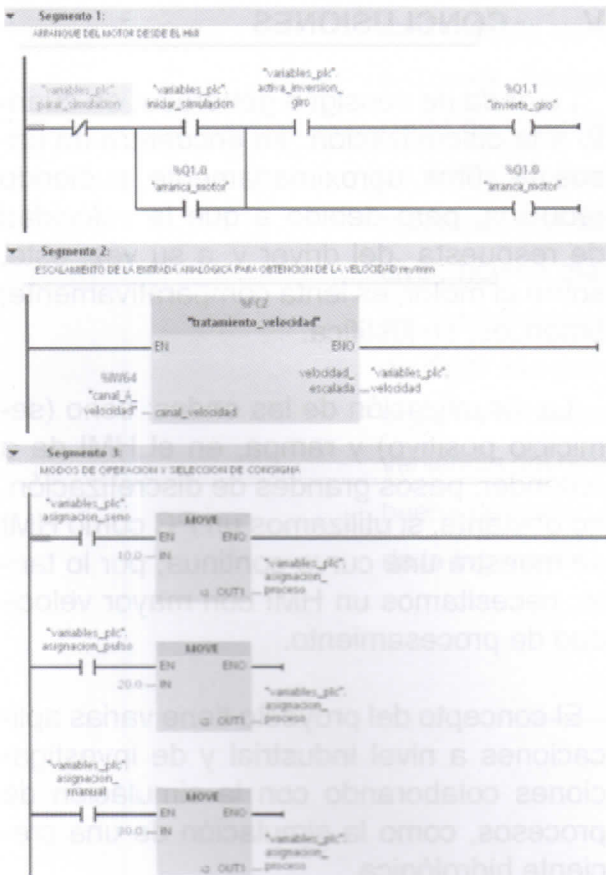


Figura 9. Programa principal completo.

B. Programación HMI KTP 600 PN

Todas las instrucciones del modo de generación de señal de referencia son comandadas desde el HMI, y además este visualiza las señales de consigna elegidas y la respuesta que brinda el PID.

Se dispone de tres ventanas una de menú principal y las otras dos para los modos generación de consigna automática y modo manual.

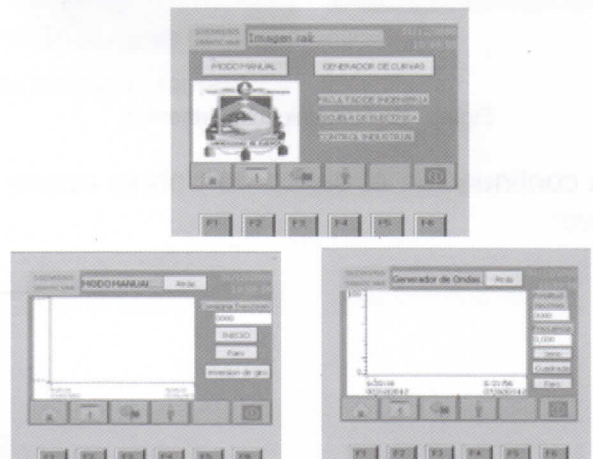


Figura 10. Elementos programados para el HMI.

Cada uno de los botones están direccionados a las variables del PLC, de modo que actúen sobre los contactos; mientras que, los textbox se encargan de ingresar valores reales en las variables del PLC y también de visualizar los datos de amplitud (en rev/min) y frecuencia (en ciclos/s).

IV. IMPLEMENTACIÓN

En la fig.10, se muestra el esquema de conexiones entre el PLC S7-1200 y el DRIVER Micromaster 420 y la integración del HMI KTP 600 PN, es mediante un cable ethernet con el PLC como se ilustra en la fig.11.

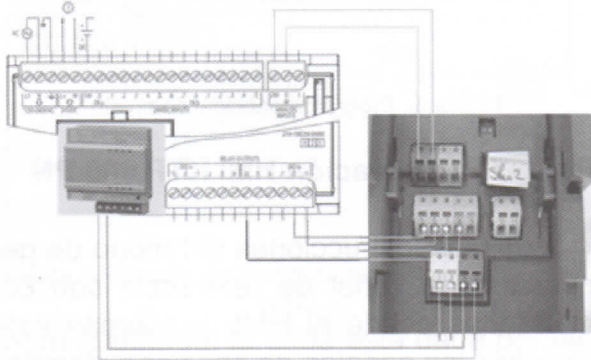


Figura 11. Esquema del circuito de control.

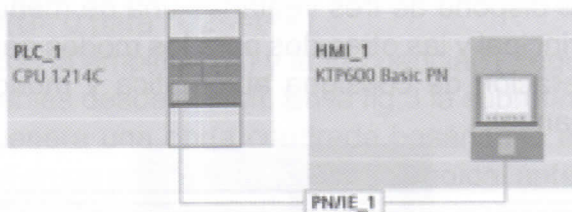


Figura 12. Comunicación ethernet.

A continuación el banco de trabajo operativo:

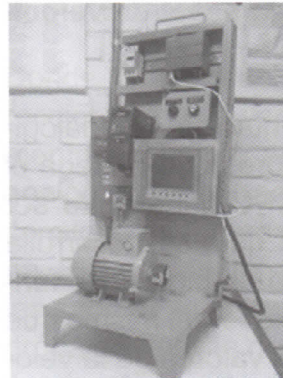


Figura 13. Montaje, planta y sistema de control.

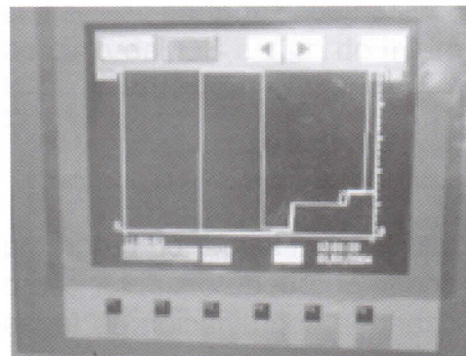


Figura 14. Sistema funcionando.

V. CONCLUSIONES

La onda de consigna generada, en cuanto a la discretización se encuentra en pasos de 10ms, aproximadamente, pudiendo reducirla, pero debido a que la velocidad de respuesta del driver y, a su vez, este, sobre el motor, es lenta comparativamente; entonces, se justifica.

La visualización de las ondas: seno (semiciclo positivo) y rampa, en el HMI da a entender, pasos grandes de discretización; no obstante, si utilizamos un PC como HMI se muestra una curva continua; por lo tanto, necesitamos un HMI con mayor velocidad de procesamiento.

El concepto del proyecto tiene varias aplicaciones a nivel industrial y de investigaciones colaborando con la simulación de procesos, como la simulación de una creciente hidrológica.

La calibración de los parámetros PID pueden obtenerse rápidamente con la ejecución del autotuning, herramienta que se debe ejecutar cuando el sistema planta pueda responder a la señal de actuación, puesto que el proceso consiste en variar la magnitud actuante, hasta los límites, verificar su respuesta y así determinar las cantidades PID.

VI. REFERENCIAS

Manuales SIMATIC Guide:

[1] www.siemens.com/simatic-docu

“...El Instituto de Ingenieros Civiles de la Gran Bretaña se organizó hace casi más de un siglo... Se le solicitó a Tomás Tredgold, afamado practicante de ingeniería y conocido escritor sobre tópicos de este tema, que redactase una definición de “ingeniero civil”; hoy en día se incluye en todas las publicaciones del Instituto “El arte de dirigir los grandes recursos de energía de la naturaleza para uso y conveniencia del hombre” Todavía es una buena definición para todas las ramas de la Ingeniería”.
