

CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO IMPLEMENTADO EN LA PLANTA DE ENTRENAMIENTO GUNT RT-450 CON TECNOLOGÍA SIEMENS (PLC S7-1200 Y HMI KTP 400 MONO BASIC PANEL)

Irving Darly Garófalo Yáñez ⁽¹⁾, Gabriel Andrés Peñafiel Portilla ⁽²⁾, Holger Ignacio Cevallos Ulloa, MSc. ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
igarofal@espol.edu.ec ⁽¹⁾, gapenafi@espol.edu.ec ⁽²⁾, hcevallo@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

El presente proyecto desarrolla e implementa un nuevo sistema de control y operación para la planta de nivel Gunt Hamburg RT 450 del Laboratorio de Instrumentación Industrial, basado en la tecnología SIEMENS. Para ello, utilizamos el PLC S7-1200 y HMI KTP 400 BASIC MONO PN, programados mediante el software TIA PORTAL y comunicados mediante el protocolo Profinet. La operación de la planta se divide en modo manual y modo automático, utilizando la instrucción PID_Compact en la programación. El nivel de líquido en el tanque es medido con un sensor capacitivo, la señal es procesada en el PLC, y de acuerdo al requerimiento, se comanda una válvula proporcional desde el HMI, que permite el flujo del mismo.

Para el desarrollo de este proyecto fue fundamental el uso de herramientas como LabView Signal Express para la obtención de la función de transferencia de la planta y Matlab para la obtención del controlador. La selección del controlador apropiado se definió usando la herramienta de autosintonización de la instrucción PID_Compact, previamente realizando pruebas con diferentes tipos de controladores. Finalmente se creó una guía de prácticas basada en el presente proyecto para los estudiantes del Laboratorio de Instrumentación Industrial.

Palabras Claves: Control, Operación, SIEMENS, PLC, HMI, TIA PORTAL, Profinet, LabView.

Abstract

This project develops and implements a new control system for the plant and operation level Gunt Hamburg RT 450 Industrial Instrumentation Laboratory, based on SIEMENS technology. To do this, use the S7-1200 PLC and HMI KTP 400 BASIC MONO PN, TIA PORTAL programmed by software and communicated via the Profinet protocol. The operation of the plant is divided into manual mode and automatic mode, using the PID_Compact instruction scheduling. The liquid level in the tank is measured with a capacitive sensor, the signal is processed in the PLC, and according to the requirements, a proportional valve is commanded from the HMI, which allows the flow of the same.

For the development of this project was essential to use tools such as LabVIEW Signal Express for the obtaining of transfer function of the plant and Matlab for obtaining the controller. The appropriate controller selection was defined using self-tuning tools of the instruction PID_Compact, previously testing with different types of controllers. Finally, a practical guide based on this project for students of Industrial Instrumentation Laboratory was created.

Keywords: Control, Operation, SIEMENS, PLC, HMI, TIA PORTAL, Profinet, LabView.

1. Introducción

Con el pasar del tiempo, los avances tecnológicos y el crecimiento industrial en Ecuador, las empresas se han visto obligadas a mejorar sus procesos de producción para satisfacer la demanda de consumo de la población. La instrumentación y automatización brindan mejoras tanto a la calidad del trabajo del operador como al desempeño del proceso.

El Laboratorio de Instrumentación Industrial de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC), dispone de sistemas de instrumentación incorporados en plantas de procesos industriales, de la marca alemana Gunt Hamburg, este conjunto de diferentes módulos controladores, sensores y actuadores permiten identificar y controlar procesos tales como: control de presión, temperatura, caudal y nivel.



Figura. 1. Planta de nivel Gunt Hamburg RT-450

El presente proyecto de graduación incorpora nuevas tecnologías para la operación de la planta de nivel Gunt Hamburg RT-450, de esta manera se obtiene un sistema más amigable para el control y monitoreo de la misma aplicando conocimientos aprendidos sobre Instrumentación Industrial, Automatización y Control Automático de Sistemas.

2. Descripción del Problema

La planta de nivel Gunt Hamburg RT450 opera de manera correcta, se pretende incorporar nuevas tecnologías para su operación con la finalidad de que el sistema sea más versátil y el estudiante pueda familiarizarse con otros productos de reconocido prestigio y de mayor uso en el ámbito local. El proyecto pretende mejorar los siguientes puntos:

- Utilización de un PLC poco aplicado en el medio local.
- La interface de monitoreo actualmente es con LabView pero de características solo ejecutables más no configurables.
- Falta de automatización de la bomba eléctrica, en caso de condiciones que pongan en riesgo la misma (por ejemplo, corte del flujo de líquido por cierre total de una válvula por largo tiempo).
- Ausencia de avisos de alertas en el controlador utilizado actualmente, ante situaciones críticas de funcionamiento de la planta.
- Falta de supervisión remota.

Este proyecto de graduación pretende hacer una reingeniería de la planta de nivel, introduciendo mejoras muy puntuales en el control del proceso, utilizando equipos SIEMENS. También elaboraremos una guía de prácticas para los estudiantes de Instrumentación Industrial.

Las mejoras realizadas son las siguientes:

- Utilizar la HMI KTP400 Mono Basic Panel junto al PLC S7-1200 para realizar el lazo de control y monitoreo de la planta de manera más amigable con el operador.
- Programación de los dispositivos utilizando TIA PORTAL para el S7-1200 y WINCC para la HMI.
- Control de encendido y apagado de la bomba eléctrica de manera remota, monitoreo de la variable del proceso y visualización de alarmas.
- Uso de la interfaz de comunicación PROFINET la cual permite el uso del protocolo abierto Ethernet y tiene una amplia capacidad de integración con otros equipos de control.

3. Objetivos

a. Objetivos generales

- Aplicar conocimientos aprendidos sobre Instrumentación Industrial, Automatización y Control Automático de procesos.
- Implementar un sistema de control interactivo para la planta de nivel Gunt Hamburg RT450 del laboratorio de Instrumentación Industrial.
- Incursionar en el manejo de equipos SIEMENS como el PLC S7-1200 y la HMI KTP 400 MONO BASIC PANEL, muy usados en la industria.

b. Objetivos específicos

- Realizar programaciones en TIA PORTAL y WINCC, softwares para PLCs y HMIs de SIEMENS, respectivamente.
- Aprender a implementar lazos de control PID usando instrucciones de programación del software TIA PORTAL para el PLC S7-1200.
- Analizar e interpretar el comportamiento de la señal del sensor de nivel y válvula proporcional en base a los diferentes controladores utilizados en TIA PORTAL.
- Aplicar el protocolo de comunicación industrial PROFINET en el presente controlador para la interacción entre PLC, HMI y PC, explicando las principales características del mismo.

4. Materiales y Métodos

a. Materiales

Actualmente la planta de nivel Gunt cuenta con los siguientes componentes y módulos:

- RT 450.01 Módulo del sistema controlado: nivel
- RT 450.10 Regulador Continuo ABB Digitric 500
- RT 450.42 Módulo PLC MOELLER
- RT 450.21 Válvula de control neumática
- RT 450.35 Sensor de nivel capacitivo
- RT 450.13 Indicadores digitales
- Bomba ½ HP, 120 VAC.

El diagrama P&ID de la planta de presenta a continuación, figura 2.

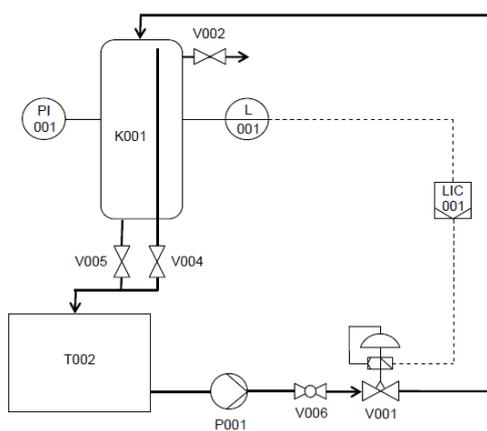


Figura 2. Diagrama P&ID de planta de nivel Gunt Hamburg RT-450 [1]

Los componentes del diagrama P&ID de la planta de nivel Gunt Hamburg se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Componentes del Diagrama P&ID [1]

Nº	Nomenclatura	Denominación
1	T002	Depósito de agua
2	P001	Bomba de agua
3	V006	Llave de paso
4	V001	Válvula reguladora
5	LIC001	Regulador de nivel con indicador
6	PI001	Punto de indicación
7	K001	Reservorio a presión
8	L001	Punto de medición
9	V002	Válvula de alivio
10	V005	Válvula de desfogue
11	V004	Válvula de seguridad

De acuerdo a la tecnología existente, se ha tomado la decisión de utilizar un PLC, por su gran capacidad de respuesta frente a diversos requerimientos industriales, la robustez en ambientes hostiles y la facilidad de adquirirlo así como también de programarlo.

El SIMATIC S7-1200 con modelo del CPU 1212C AC/DC/Relé es el controlador que se escogió para este proyecto ya que cuenta con un diseño modular, ofrece alta flexibilidad en la configuración de máquinas individuales y posee una gran variedad de dispositivos auxiliares para el control de todo tipo de automatismos.



Figura 3. CPU Simatic S7-1200 1212C AC/DC/RELÉ [2]

Adicionalmente para realizar un control eficiente y dinámico de la planta se decidió escoger el panel SIMATIC HMI KTP400 Basic Mono PN debido a su interfaz de comunicación Profinet/Industrial Ethernet con puerto RJ-45 para una fácil comunicación con el CPU 1212C o cualquier red Ethernet, rápida programación a través del software TIA Portal, posee una pantalla táctil de 3.8 pulgadas con 4 botones de funciones, alimentación de 24 voltios DC, protección de grado IP67 en la parte frontal. Además debido a que no existe mayor complejidad en los requerimientos visuales de la HMI, elegimos una monocromática.

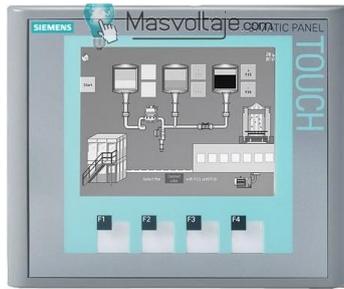


Figura 4. Panel Básico HMI KTP-400 mono

b. Metodología

La metodología del proyecto se basa en la investigación de los diferentes sensores y actuadores que constan en la planta de nivel, planteamiento de mejoras e implementación de elementos de automatización de la marca SIEMENS para el control de la planta de nivel.

5. Comunicación Profinet

PROFINET IO es una interfaz de comunicación industrial basado en la evolución de la experiencia con PROFIBUS DP y combina las propiedades de uso habituales con la integración simultánea de conceptos innovadores de la tecnología Ethernet. Con ello se garantiza la integración de PROFIBUS DP en el entorno PROFINET [3].

El gráfico siguiente muestra las designaciones generales de los principales dispositivos en PROFINET.

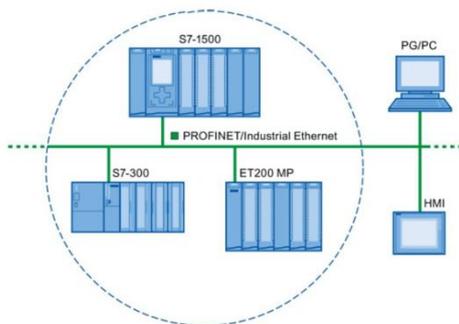


Figura 5. Dispositivos en Profinet

Los dispositivos PROFINET de la familia de productos SIMATIC tienen una o más interfaces PROFINET (controlador Ethernet / interfaz). Las interfaces PROFINET disponen de uno o más puertos (conexiones físicas).

Los dispositivos tienen un switch integrado en las interfaces PROFINET con varios puertos. Para esta aplicación el PLC S7-1200 posee una conexión RJ45 para la interfaz PROFINET integrada y esta a su vez puede usarse indistintamente para la programación o para la comunicación HMI o de CPU a CPU u otras redes.[4].

Todo dispositivo PROFINET puede ser identificado en la red de forma unívoca por su interfaz PROFINET. Para ello cada interfaz PROFINET dispone de una dirección MAC (ajuste de fábrica), una dirección IP y un nombre de dispositivo.

6. Programación en TIA Portal

TIA Portal ofrece dos vistas diferentes del proyecto, distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas o una vista orientada a los elementos del proyecto. El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto [4].

a. PLC S7-1200

Para realizar el control manual en la programación del PLC usamos la instrucción PID_Compact, en donde fijamos las entradas “MANUAL”, “MANUAL_2”, “Porcntj_Apertura_hmi” y la salida “Valvula_sal-control”.

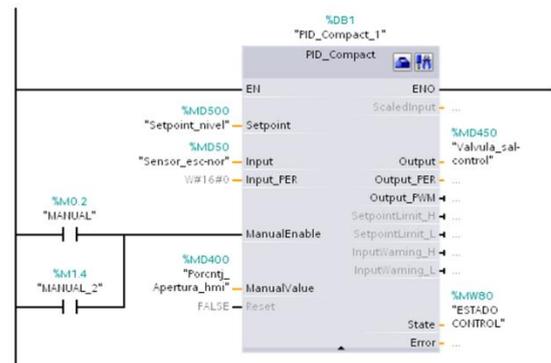


Figura 6. Bloque PID Compact

Las marcas “MANUAL” Y “MANUAL_2” encienden el control manual o automático, dependiendo del estado de las mismas.

La marca “Porcntj_Apertura_hmi” ingresa el porcentaje de apertura de la válvula proporcional en modo manual.

La marca “Valvula_sal-control” envía el valor del porcentaje de apertura a las líneas del programa para

luego ser escalado a una corriente de 4 a 20 mA y a su vez enviada a la válvula proporcional.

b. HMI KTP 400 MONO BASIC PANEL

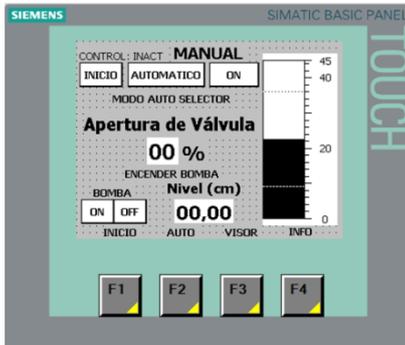


Figura 7. HMI Manual

La pantalla en modo manual tiene un campo de entrada, dos de salida:

Entrada

Apertura de Válvula en %, valor escalado a un rango de corriente entre 4 y 20 mA en la programación del PLC y enviado a la válvula proporcional.

Salidas

Nivel del líquido del tanque en cm, valor entre 0 y 45, en valor numérico y en una barra indicadora, valor desescalado de un rango de corriente entre 4 y 20 mA en la programación del PLC, proveniente del sensor de nivel.

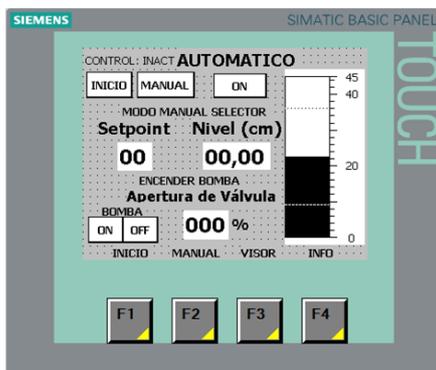


Figura 8. HMI Automático

La pantalla tiene un campo de entrada, tres de salida y cuatro botones de mando:

Entrada

Setpoint, valor escalado a un rango de corriente entre 4 y 20 mA en la programación del PLC y enviado a la válvula proporcional.

Salidas

Nivel del líquido del tanque en cm, valor entre 0 y 45, en valor numérico y en una barra indicadora, valor escalado de un rango de corriente entre 4 y 20 mA en la programación del PLC, proveniente del sensor de nivel.

Apertura de Válvula %, valor proveniente del bloque PID y escalado en la programación del PLC.

7. Resultados

Como resultado se escogió el controlador PI con optimización inicial debido a que el resultado en controlador es más rápido y la variable de salida es más estable. Pero el valor de ganancia no fue suficiente para llegar a la estabilización necesaria y por ello se modificó manualmente los valores de ganancia y tiempo de integración.

Se observa que el nivel cruza su valor deseado en 40 segundos y presenta un sobre nivel porcentual de 2.85 % y se estabiliza a los 46 segundos.

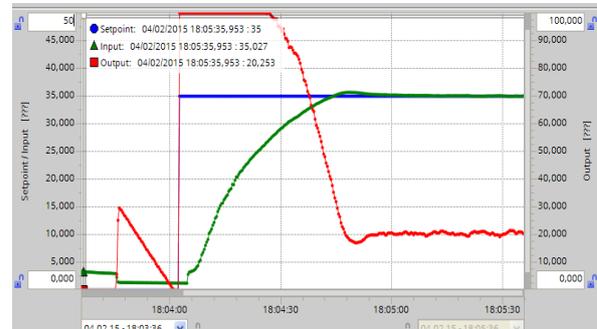


Figura 9. Waveform Controlador PI

Los valores obtenidos por medio de la optimización inicial con el controlador PID se presentan en la figura.

Parámetros PID

Activar entrada manual

Ganancia proporcional: 20.32

Tiempo de integración: 12.222 s

Tiempo derivativo: 0.0 s

Coefficiente retardo derivativo: 0.1

Ponderación de la acción P: 0.8

Ponderación de la acción D: 0.0

Tiempo muestreo algoritmo PID: 2.000009E-1 s

Regla para la optimización

Estructura del regulador: PI

Figura 10. Parámetros PID definidos

8. Conclusiones

1. El manejo de los dispositivos de control de monitoreo, control y comunicación que nos brinda la tecnología Siemens como el PLC S7- 1200, la HMI KTP-400 y el software de programación TIA Portal es mucho más ágil y la configuración de los mismos presenta una forma didáctica de aprender a incursionar en la instrumentación y automatización de procesos industriales.
2. La autosintonización obtenida tanto en modo de optimización fina como en optimización inicial cumplen con el control del proceso pero el comportamiento de la variable controlada difiere en cada uno. En el modo de optimización fina el comportamiento de la válvula presentó oscilaciones que se observaron físicamente como constantes variaciones en el porcentaje de apertura de la válvula. En el modo de optimización inicial este comportamiento fue mucho más estable. Se determinó que cuando se realiza la optimización fina los valores de ganancia del controlador que se obtienen son muy altos en comparación con los valores obtenidos con la optimización inicial, lo que causa una oscilación alta en la respuesta de la válvula de accionamiento neumático, con el riesgo de averiarse.
3. La herramienta de auto sintonización que presta TIA Portal en su bloque PID_Compact nos ayudó a encontrar un buen controlador para el proceso de manera rápida y ágil gracias a los modos de autosintonización fino e inicial. Pero estos controladores obtenidos por autosintonización presentaron ciertas debilidades en el

comportamiento de la variable controlada. Además la configuración los valores de las constantes de control solo se la pudo realizar internamente en el programa y nuevamente se tuvo que cargar en el PLC más no puede ser modificado de manera externa con un registro o dato de entrada.

4. Tanto el controlador PI como el PID con optimización fina arrojan valores altos de ganancia al controlador. Estos controladores cumplen con una respuesta rápida, un sobre nivel porcentual mínimo pero al disminuir el valor del setpoint la variable controlada presenta un comportamiento oscilatorio que se evidencia físicamente en la válvula de accionamiento neumático pudiendo averiar el equipo actuador.
5. Se escogió como controlador óptimo el controlador PI aplicando optimización fina, aunque este presentó un sobre nivel porcentual considerable y tiempo de estabilización mayor que los demás controladores probados, el comportamiento de la válvula proporcional fue estable. Sin embargo se optó por aumentar manualmente los valores de ganancia de 11.24 a 20.32 y el tiempo de integración de 9.34 s a 12.22 s, dando como resultado un sobre nivel porcentual mínimo y tiempo de estabilización corto. Estos valores nuevos se tomaron como referencia del controlador diseñado previamente en Matlab. Esto nos indica que a pesar de los buenos resultados obtenidos mediante la optimización por la instrucción PID_Compact para el control del proceso, es necesario reajustar los valores del controlador para obtener una respuesta óptima del mismo.

9. Referencias

- [1] Gunt Hamburg, Manual de Experimentos del Sistema Didáctico Modular para la Automatización de Procesos RT 450, Alemania, 08/2005.
- [2] SIMATIC S7-1200 Manual de producto, Siemens AG, Alemania, 05/2012.
- [3] Manual de funciones Simatic Profinet con Step 7, Siemens AG, 06/2014.
- [4] PROFINET Productivity increase thanks to the fastest, open Ethernet Standard, Siemens AG, 2014.