



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE PRUEBAS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MOVIMIENTO SIEMENS - ALLEN BRADLEY - BOSCH REXROTH, UTILIZANDO REDES PROFIBUS Y SERCOS PARA ENLAZAR LOS DISPOSITIVOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PAÑALES Y TOALLAS HIGIÉNICAS DE LA EMPRESA PRODUCTOS FAMILIA SANCELTA DEL ECUADOR S.A.

BUSTILLOS CALVACHI, Luis Felipe

lfbustillos@gmail.com

ESPE Extensión Latacunga, Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez

RESUMEN: *En la actualidad, el crecimiento de la industria ha permitido un gran salto en el desarrollo de la tecnología, esto con el objetivo principal de acrecentar la producción y reducir los gastos, actualmente se utilizan nuevas y sofisticadas redes de comunicación entre equipos tales como Profibus y SERCOS, además por la necesidad de una mayor velocidad de producción en sistemas motorizados, se ha reemplazado la tecnología de control de referencia análoga por los nuevos sistemas de Control de Movimiento, cuya característica digital permiten la comunicación entre variadores de frecuencia y un control preciso de velocidad, posición y sincronización de motores.*

ABSTRACT: *At present, the growth of the industry has enabled a great leap in the development of technology, this with the main objective to increase production and reduce costs, currently new and sophisticated communication networks are used between equipment such as Profibus and SERCOS, also by the need for increased production speed in motor systems, replacement is the control technology similar reference by the new motion control systems, digital systems which allow communication between inverters and precise control of speed, engine timing position.*

PALABRAS CLAVE: Control de Movimiento, SERCOS, servo motor, resolver, profibus.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo explica los elementos y características de los sistemas de Control de Movimiento que utilizan red SERCOS para la intercomunicación de sus equipos, además las configuraciones necesarias para la puesta en servicio de una red Profibus DP conformada por equipos de tres diferentes fabricantes Siemens – Allen Bradley – Bosch Rexroth, que en conjunto permiten el desarrollo de un tablero de pruebas de sistemas de Control de Movimiento Allen Bradley y Bosch Rexroth comandados desde la pantalla de usuario MP370 de Siemens.

2 DESARROLLO DEL TEMA

2.1 RED PROFIBUS DP

Profibus es un estándar de comunicaciones para buses de campo que permite la comunicación entre elementos activos y elementos pasivos, dentro de la pirámide de la automatización está destinado al nivel de campo.

Profibus trabaja dentro de los niveles de capa física y enlace de datos del modelo OSI, esta red multimaestro posee una topología de tipo bus y permite la conexión de hasta 127 esclavos cuando se trabaja con

repetidores, los medios utilizados para conectar los dispositivos son el par trenzado y la fibra óptica.

2.1.1 CONFIGURACIÓN DE LA RED

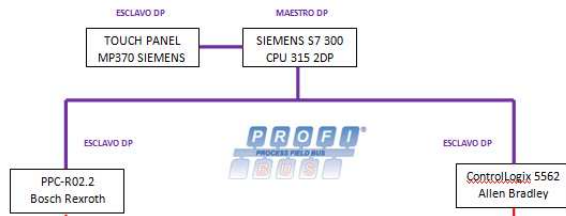
La red se encuentra conformada de 4 dispositivos (Figura 1), un maestro: el PLC S7 300 de Siemens; y tres dispositivos esclavos: el PLC ControlLogix de Allen Bradley, el controlador de ejes PPCR de Bosch Rexroth y la pantalla táctil MP370 de Siemens. La siguiente tabla muestra las direcciones y velocidades de transferencia de cada uno de los equipos que conforman la red.

Tabla1. Dirección y velocidad de transferencia de los dispositivos que conforman la red Profibus DP.

DISPOSITIVO	FUNCION	DIRECCION	VELOCIDAD
PLC S7 – 300	Maestro	3	1.5 Mbits/s
SST-PB3-CLX-RLL	Esclavo 1	5	1.5 Mbits/s
DPS01	Esclavo 2	10	1.5 Mbits/s
Multi Panel 370	Esclavo 3	1	1.5 Mbits/s

Fuente: Tesis.

Figura 1. Equipos que conforman la red Profibus DP



Fuente: Tesis.

2.1.2 MÓDULO PROFIBUS DP PARA PPCR02

El módulo Profibus DPS01 (Figura 2) permite que el controlador de ejes PPCR02.2 de Bosch Rexroth pueda ser integrado dentro de una red Profibus DP.

Figura 2. Módulo DPS01



Fuente: EMERSON, User Guide SM-SERCOS., 2010

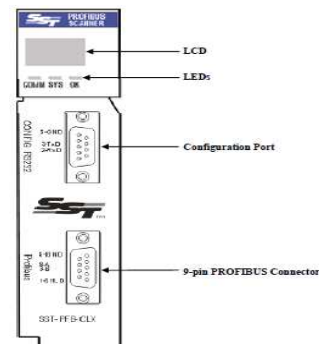
El mismo posee las siguientes características.

- Puede operar como esclavo DP.
- Soporta todas las velocidades DP.
- Actúa como esclavo DPV0.
- Como esclavo puede enviar y recibir 32 words de información.

2.1.3 MÓDULO PROFIBUS PARA CONTROL LOGIX

El módulo Profibus SST-PB3-CLX-RLL (Figura 2) permite que el ControlLogix de Allen Bradley pueda ser integrado dentro de una red Profibus DP.

Figura 3. Módulo SST-PB3-CLX-RLL



Fuente: José Miguel Rubio Calin, Buses industriales y de campo. España: Marcombo, 2009

El mismo posee las siguientes características.

- Puede operar como maestro o esclavo DP.
- Puede contener hasta 125 esclavos.
- Soporta todas las velocidades DP.
- Actúa como esclavo DPV0.
- Como esclavo puede enviar y recibir 224 bytes.

2.2 RED SERCOS

Es un sistema de red Maestro - Esclavo que utiliza fibra óptica para la transmisión de información.

La topología de la red SERCOS es de tipo anillo por lo tanto su configuración se realiza usando 2 conexiones ópticas por esclavo. Este método de comunicación ahorra significativamente la cantidad de cableado necesario y puede mejorar la fiabilidad global del sistema ya que el número de interconexiones se reduce considerablemente.

2.2.1 TIPOS DE MENSAJES

Una red SERCOS utiliza tres tipos de mensajes durante las cinco fases de la comunicación SERCOS para manejar la transferencia de datos, dentro de estos mensajes se encuentran encapsulados los diferentes IDNs.

2.2.1.1 MST

Este telegrama se transmite desde el maestro en un tiempo predefinido y se utiliza para mantener los dispositivos esclavos sincronizados con el maestro. El maestro de la interfaz SERCOS empieza el ciclo de comunicación transmitiendo un MST que establece la sincronización de la red.

2.2.1.2 AT

Este telegrama es el mensaje de respuesta de un dispositivo esclavo y contiene los datos cíclicos del esclavo, los datos no cíclicos, velocidad, posición, torque y la palabra de estado, de cada uno de los esclavos.

2.2.1.3 MDT

Este telegrama se transmite desde el maestro una vez cada ciclo de red. El MDT contiene los datos cíclicos, datos no cíclicos, velocidad, posición, torque, palabra de referencia y de control para cada dispositivo esclavo.

2.2.2 FASES DE COMUNICACIÓN

El estado de un dispositivo SERCOS desde su puesta en marcha (encendido) hasta el momento en que establece una correcta configuración y comunicación dentro de la red, se conoce como "Fases de Comunicación" y consiste en 5 fases individuales numeradas de 0 a 4.

2.2.2.1 COMUNICACIÓN FASE 0 (CP0)

Esta fase es utilizada por el maestro para establecer la existencia del anillo SERCOS. No es necesario para los dispositivos esclavos que en esta fase no realizan ninguna acción. El maestro transmite el MST, espera que pase alrededor del anillo y retorne de nuevo al maestro.

2.2.2.2 COMUNICACIÓN FASE 1 (CP1)

Esta fase se inicia cuando el CP0 se ha completado. Cada uno de los esclavos en el anillo será interrogado por el maestro para establecer su existencia en la red. Si el esclavo tiene dirección cero, no va a responder, pero actuará como un repetidor. Ningún IDN es leído o escrito en esta fase.

2.2.2.3 COMUNICACIÓN FASE 2 (CP2)

Esta fase se inicia cuando el CP1 se ha completado, el maestro se comunica con todos los dispositivos esclavos que fueron identificados en el CP1 con datos no cíclicos (el canal de servicio). El maestro transmite un especial grupo de IDNs que se utilizan para configurar los dispositivos esclavos para establecer una comunicación cíclica completa.

2.2.2.4 COMUNICACIONES FASE 3 (CP3)

En esta fase si bien los datos cíclicos están activos, no se transmiten datos, es decir, comandos de operación del accionamiento, por ejemplo comandos como Drive ON, Halt o Reset son ignorados y la etapa de potencia de las unidades SERCOS serán permanentemente bloqueadas.

2.2.2.5 COMUNICACIÓN FASE 4 (CP4)

Es la fase final y es la única fase en la que los datos se intercambian cíclicamente. Aquí la etapa de potencia del dispositivo SERCOS podrá ser activada por el maestro y además todos los comandos como Drive ON, Halt o Reset se pueden utilizar.

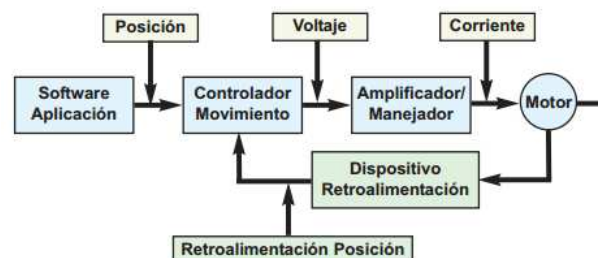
2.3 CONTROL DE MOVIMIENTO

El Control de Movimiento forma parte del área de la mecatrónica y la electrónica de altas prestaciones y engloba el control de posición, velocidad y torque de ejes, así como la sincronización entre ellos. También incluye la gestión de módulos de E/S y los elementos de interface hombre-máquina. El Control de Movimiento no sólo ha sustituido muchos elementos mecánicos, sino que también ha abierto nuevas posibilidades gracias a las velocidades y potencia de cálculo y a las comunicaciones de los equipos del sistema.

2.3.1 COMPONENTES

La figura 4 muestra los diferentes componentes de un sistema de control de movimiento.

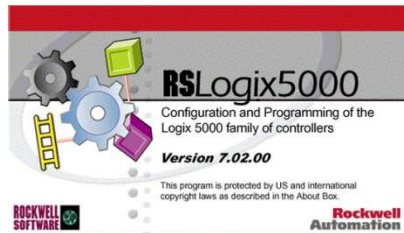
Figura 4. Componentes de los sistemas de Control de Movimiento



Fuente: National Instruments. (2013, septiembre) NI.[Online]. <http://www.ni.com/white-paper/11630/es/>

2.3.1.1 SOFTWARE DE APLICACIÓN

Se puede utilizar algún software de aplicación para comandar la velocidad, posición, torque a alcanzar y los perfiles de control de movimientos (no coordinados, coordinados). En los sistemas Allen Bradley se utiliza el software RsLogix5000 (Figura 5) mientras que en Bosch Rexroth el software Visual Motion.

Figura 5. Software RSLogix5000

Fuente: <http://www.sercos.com/technology/sercos.htm>

2.3.1.2 CONTROLADOR DE MOVIMIENTO

El controlador de movimiento actúa como el cerebro del sistema tomando las posiciones, velocidades, perfiles de movimiento ha alcanzar que le permitirán crear las trayectorias a seguir por los motores generando salidas análogas o digitales que son enviadas a los amplificadores (servo drives).

El controlador de movimiento también debe cerrar el lazo de control PID, debido a que esto requiere un alto nivel de determinismo y es vital para una operación consistente, junto con el cierre del lazo de control, el controlador de movimiento también administra el control supervisorio mediante el monitoreo de los límites y las paradas de emergencia para asegurar una operación segura.

El PLC modular ControlLogix junto con el módulo SERCOS conforman el controlador de movimiento en Allen Bradley mientras que en Bosch Rexroth el controlador de ejes PPCR02.2 (Figura) ejecuta esta función.

Figura 6. Controlador de ejes PPCR02.2

Fuente: EMERSON, *User Guide SM-SERCOS.*, 2010

2.3.1.3 AMPLIFICADOR (SERVO DRIVE)

Es un tipo especial de amplificador electrónico, utilizado para suministrar energía eléctrica a un servomotor conectado al mismo. Este dispositivo efectúa un seguimiento de las señales de retorno del motor y se ajusta continuamente para corregir las eventuales desviaciones respecto del comportamiento esperado. Un servo drive recibe la señal de comando de un sistema de

control, amplifica la señal y transmite corriente eléctrica al servomotor con el fin de producir el movimiento proporcional a la señal de mando.

Un sensor de velocidad conectado al servomotor informa la velocidad real del motor al servo drive que compara dicha velocidad con la velocidad esperada o de mando, alterando posteriormente la frecuencia de voltaje enviada al motor, con el fin de corregir cualquier error en la velocidad. Los variadores Kinetix6000 (Figura) de Allen Bradley son ejemplos de amplificadores que utilizan la red SERCOS para la comunicación con el controlador.

Figura 7. Amplificador Kinetix6000

Fuente: <http://www.sercos.com/technology/sercos.htm>

2.3.1.4 SERVOMOTORES

Los motores convierten energía eléctrica en energía mecánica y producen el torque requerido para moverse a la posición deseada, la selección del motor es una parte crítica del diseño de un sistema de control de movimiento, a pesar de que existen diferentes tipos de motores, los servo motores brushless de imán permanente (Figura) son los mayormente utilizados en aplicaciones que requieren control de movimiento, la denominación de servomotor se debe al hecho de que poseen un dispositivo de retroalimentación como un resolver o un encoder que monitorea permanente la posición del eje.

Figura 8. Servomotor Brushless de Imán Permanente

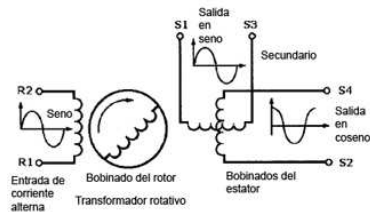
Fuente: EMERSON, *User Guide SM-SERCOS.*, 2010

2.3.1.5 SENSOR DE RETROALIMENTACIÓN

Un resolver es esencialmente un transformador de rotación, que puede proporcionar retroalimentación de posición en un servosistema como alternativa a un decodificador, se asemejan a pequeños motores de

corriente alterna y generan una corriente eléctrica por cada revolución de su eje. Los resolvers que pueden determinar la posición en aplicaciones de control de lazo cerrado tienen un bobinado sobre el rotor y un par de bobinados en el estator, orientados a 90 grados.

Figura 9. Construcción interna de un Resolver



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/panelinstru.html>

2.4.2 PERFILES DE MOVIMIENTO

2.4.2.1 MOVIMIENTO NO COORDINADO

Requiere la posición, velocidad, aceleración a la cual se debe mover el eje.

2.4.2.2 MOVIMIENTO COORDINADO

Es un tipo de movimiento punto a punto, pero en un espacio de 2D o 3D. Los movimientos requieren posiciones finales en los ejes X, Y, y Z.

2.4.2.3 TRACCIÓN ELECTRÓNICA

Se puede simular el movimiento que ocurriría entre dos engranes interactuando sin utilizar engranes reales

3. CONCLUSIONES

- El tablero de pruebas desarrollado en la aplicación permite conocer el funcionamiento y características de la mayoría de escenarios que admiten los sistemas de Control de Movimiento desarrollados por Allen Bradley y Bosch Rexroth, siendo el control de torque el único escenario que no posee la aplicación.
- La configuración de los sistemas de control de movimiento Allen Bradley son desarrollados en el software RsLogix 5000, el mismo ofrece la posibilidad de integrar módulos, servo drives y servo motores, así como también posee una serie de instrucciones que permiten la ejecución del control de movimiento Coordinado y No Coordinado, el código de programación puede ser realizado en lenguaje LADDER o en lenguaje AWL.
- Para la configuración y ejecución de los diferentes escenarios de control de movimiento que ofrece la marca Bosch Rexroth se utiliza el software VisualMotion, el mismo utiliza un lenguaje gráfico para el desarrollo del código del programa,

VisualMotion esta específicamente diseñado para el desarrollo de escenarios de control de movimiento.

- A pesar de que el estándar SERCOS por definición admite hasta 254 esclavos, el número de elementos viene limitado por el fabricante, es así que el número de esclavos en Allen Bradley viene definido por el módulo SERCOS 1756 que se utiliza en la aplicación siendo el módulo 1756-M16SE el de mayor capacidad admitiendo hasta 16 ejes esclavos, por otro lado Bosch Rexroth ofrece la posibilidad de controlar hasta 32 ejes al utilizar la PPCR02.2 como Maestro SERCOS.
- El denominado Control de Movimiento permite controlar la velocidad y posición de los ejes que integran el sistema, con la funcionalidad de tracción electrónica además se puede sincronizar varios ejes esclavos a un eje maestro con una razón de giro entre ambos fácilmente modificable por el usuario.
- Dentro del tipo de Movimiento No coordinado, se puede ejecutar tres tipos de escenarios: El primero corresponde al Control de Velocidad de un eje independiente, en donde se puede variar no solo la velocidad si no también el valor de aceleración, desaceleración y sentido de giro. El segundo corresponde al Control de Posición, en donde podemos optar por dos tipos de movimientos absoluto o relativo. El tercero corresponde a la denominada Tracción Electrónica, en el cual se puede simular el movimiento que ocurriría entre dos engranes interactuando sin utilizar engranes reales.
- El tipo de Movimiento Coordinado, permite crear perfiles de movimiento coordinado de dos y tres ejes, principalmente este tipo de control permite a los ejes alcanzar la posición al mismo tiempo.
- Al ser Profibus un estándar de comunicación abierto, permite la integración de equipos de diferentes fabricantes, sin embargo para la correcta configuración y transferencia de información, el maestro DP debe tener la misma versión o una versión superior a los esclavos DP que controla.
- En el proyecto se realiza la configuración de la red Profibus-DP, la misma que está conformada por 4 dispositivos (un maestro y tres esclavos), la configuración del maestro, PLC S7-300, fué realizado en el software Step7, los esclavos DP fueron configurados tanto en el software Step7 como también en el software de su fabricante, es decir el software RsLogix5000 en el caso del módulo SST-PB3-CLX-RLL de la marca Allen Bradley, el software VisualMotion para la configuración del módulo DPS01 de la marca Bosch Rexroth y el software Protool para configuración del panel MP370 de la marca Siemens.
- Todo dispositivo Profibus Dp posee un archivo de configuración asociado con extensión GSD que es

un archivo de texto que contiene las características y las opciones de configuración del dispositivo al que representa, el mismo debe ser instalado y configurado obligatoriamente en el dispositivo maestro.

- Dentro de las características más relevante referentes a Profibus Dp, se puede mencionar que el mismo utiliza una topología de tipos bus, el número máximo de elementos que pueden conformar la red es de 127 con repetidores, la velocidad de transmisión depende directamente de la cantidad de información a transmitirse así como la distancia entre nodos, utiliza la capa 1 (Capa Física) y 2 (Enlace de Datos) del modelo OSI que se complementa con una interfaz de usuario.
- SERCOS fue desarrollado con el objeto de sustituir controladores de ejes que utilizaban para el efecto referencias de tipo analógicas, con el desarrollo de esta red y gracias a las altas velocidades de comunicación que maneja permitió el desarrollo de la tecnología de control de movimiento, SERCOS es un sistema mono maestro que como características principales posee una topología de tipo anillo, además utiliza fibra óptica como medio físico lo que permite una comunicación de alta velocidad entre el maestro y los esclavos.
- En Control de Movimiento un eje puede ser configurado como Lineal o Rotatorio, la diferencia principal es que si un eje es configurado como Lineal la velocidad de retroalimentación viene dado en metros por minutos, mientras que si el eje es configurado como Rotatorio las unidades de velocidad son en revoluciones por minuto.
- SERCOS fue desarrollada principalmente para sustituir sistemas de control de movimiento que utilizaban electrónica análoga, debido a la alta velocidad de transmisión de información que el protocolo maneja además permite la sincronización y el control de varios ejes simultáneamente, eliminando la necesidad de utilizar engranes mecánicos para el efecto.
- Existen tres tipos de mensajes en SERCOS: El MST que permite la sincronización entre el maestro y los esclavos, el MDT que el maestro envía al esclavo en donde se envían IDNS de consignas de velocidad, posición, aceleración, perfiles de movimiento, y el AT en el cual se encuentran encapsulados los IDNS referentes a los valores de retroalimentación que el esclavo envía al maestro.
- Todo esclavo SERCOS que se utiliza en el proyecto posee 3 microinterruptores que son utilizados para la configuración de tres características del esclavo: direccionamiento, velocidad de transmisión y nivel de alimentación óptica.

- En ambos sistemas los lazos de control de velocidad y posición únicamente pueden ser configurados como P o PI, RsLogix5000 además permite realizar auto sintonización de lazo, lo que no ocurre en VisualMotion en donde la sintonización se debe realizar variando las constantes de los lazos de control.
- El módulo esclavo Profibus DPS01, permite enviar y recibir por el bus un máximo de 32 words de información, además los tipos de datos enteros y flotantes en VisualMotion utilizan un tamaño de 16 bits, por lo que el bus está configurado para que la PCR02.2 envíe y reciba 16 datos del Maestro DP.

4. RECOMENDACIONES

- Para el correcto control de los ejes se deben realizar las sintonizaciones tanto del lazo de velocidad como el de posición, RsLogix5000 ofrece la posibilidad de realizar auto sintonización, VisualMotion no posee esta característica por lo que la sintonización del eje se debe realizar variando los parámetros SERCOS correspondientes a las constantes proporcionales e integrales de los lazos correspondientes.
- Para la transmisión de información entre Siemens y Allen Bradley hay que tomar en consideración que los dos utilizan formatos diferentes para el almacenamiento de datos de más de un byte, es así que Siemens utiliza en formato Big Endian y Allen Bradley el formato Little Endian.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] José Miguel Rubio Calin, *Buses industriales y de campo*. España: Marcombo, 2009.
- [2] Wikipedia. (2013, Junio) Wikipedia. [Online]. http://es.wikipedia.org/wiki/Profibus_us.
- [3] Etitudela. (2010, mayo) Profibus Comunicaciones Industriales. [Online]. http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/profibusfuncionamien_toteorico.pdf
- [4] EMERSON, *User Guide SM-SERCOS.*, 2010.
- [5] SERCOS. (2013, enero) SERCOS. [Online]. <http://www.sercos.com/technology/sercos.htm>
- [6] National Instruments. (2013, septiembre) NI. [Online]. <http://www.ni.com/white-paper/11630/es/>

[7] EUROTECHSA. (2010, febrero) Eurotechsa.[Online].
<http://www.eurotechsa.com.ar/ascensores/Servomotorbrushlessdeimanpermanente.pdf>

[8] BOSCH REXROTH, *Visual Motion 8 Application Manual.*, 2009.