

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL BRAZO ROBOTICO CRS A255 UTILIZANDO LA PLATAFORMA KINETIX DE ALLEN BREDLEY

Marcelo Rodrigo García Saquicela

Ing. Rodolfo Gordillo
Ing. Diego Morillo

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUEL POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

RESUMEN

El presente artículo muestra todos los pasos para controlar el brazo robótico CRS A255 con la plataforma de control de servo mecanismos de Allen Bradley, es de esta forma que en primer lugar se debe analizar qué es lo que se requiere controlar, para de esta forma saber los equipos necesarios para cumplir dicho objetivo, este trabajo se divide en cinco partes, siendo la última las conclusiones y recomendaciones. En el primer capítulo se hace una descripción del sistema robótico a ser manipulado, en el segundo apartado se estudia la forma actual de controlar el brazo robot, como es por medio de la unidad C500, en el tercer capítulo se describe todo el hardware necesario para el diseño del sistema, y por último se describe el software y la forma de programar el movimiento del robot por medio del programa RSLogix5000

1. Introducción

A.- Descripción general del problema.

Los accionamientos motorizados con servomotores proporcionan una muy buena operación a bajas velocidades hasta velocidad cero, con un rango de habilidad alto. Con el dispositivo de retroalimentación adecuado, se obtiene también excelente precisión de posicionamiento. Gracias a estas

habilidades los servomotores se usan en aplicaciones como corte, impresión, etiquetado, empaçado, manipulación de alimentos, robótica y automatización de fábricas en general.

Por estas características los servomotores son utilizados en los manipuladores robóticos, los más conocidos son los brazos robóticos, existentes en diferentes configuraciones.

Estos tipos de motores son conformantes de las articulaciones de los brazos robotizados, ya que permiten una manipulación precisa de los movimientos del robot.

Por todas estas ventajas y aplicaciones de los servomotores es necesario un sistema de manipulación idóneo para estos, sea cual fuere su campo de acción, requiriéndose amplificadores que activan sus movimientos, encoders para proporcionar información de la posición angular, circuito de realimentación, entre otros.

Existen diversos tipos de servomotores, entre los más conocidos se tienen los analógicos y digitales y sus respectivas variantes, así como existen diversas formas de control para estos.

En el campo industrial contamos con estos tipos de motores para la operación de máquinas, apertura y cierre de válvulas, manipuladores robóticos, entre algunas aplicaciones recurrentes, al

tratarse de un campo tan exigente como el industrial, con operaciones que requieren altos grados de confiabilidad y exactitud, los sistemas de control para la manipulación de los servomotores suelen ser por medio de equipos dedicados exclusivamente a esta labor; estaciones de control numérico, controladores, autómatas con tarjetas de control de ejes, etc.

En un mundo cada vez más competitivo en donde el tiempo, dinero y productividad son más importantes que nunca, la tecnología debe ir a la par de las necesidades de control, es por ella que en el mercado se encuentran herramientas que están a la altura de tales necesidades, herramientas como las que nos brindan el fabricante de equipos Allen Bradley.

En el presente proyecto nos enfocaremos en diseñar un sistema de control para el brazo robótico A255 con las últimas herramientas que nos ofrece esta marca, realizar todos los estudios necesarios para una futura implementación del sistema que se propone.

El sistema que se analizara es el denominado KINETIX de Allen Bradley, el cual combina todos los requerimientos necesarios para conseguir los objetivos planteados, que en definitiva se resumen en dar una alternativa para la manipulación de los brazos robóticos existentes en el departamento, y un futuro reemplazo del controlador C500 de estos manipuladores robóticos. Dando un paso muy importante para continuar en la vanguardia tecnológica.

Lo que se pretende analizar es la integración de los equipos dentro del sistema de control de movimiento de servomotores, la integración va desde el

software, controlador, interfaz, servo drives (servo variadores), actuadores o elementos finales de control, todo esto es realizable gracias al diseño que se plantea.

Si hablamos en términos de optimización de la manipulación del brazo robótico, este es un de los sistemas idóneos, por su versatilidad y robustez comprobada que implica operación en ámbitos industriales, sencillez si vemos el hecho de la integración arriba mencionada. Con el software logix5000, que es el que utilizan los plcs Control Logix5000, el usuario puede programar el robot en simples coordenadas cartesianas, mientras que el controlador se encarga de las transformaciones KINEMATICS que serán las instrucciones encargadas de controlar el robot. Con el paquete de software existen instrucciones que se pueden programar para el funcionamiento del manipulador robótico.

Otro de los puntos fuertes de este sistema se encuentra en la interfaz entre el controlador y el servo variador, la interfaz denominada SERCOS, que no es más que un sistema de comunicación serial en tiempo real, que entre una de sus ventajas es simplificar el cableado antes requerido entre el controlador C500 y el robot, este modulo se conecta a los servo drives por medio de fibra óptica, lo cual hace a la interface inmune al ruido, más veloz y robusta.

En cuanto se refiere a los servo variadores necesarios para la manipulación de los servomotores conformantes de las articulaciones del brazo robótico, existe una amplia gama de estos, su selección dependerá de las especificaciones técnicas de los servomotores a manipular, estos drives son muy precisos, de un alto grado de

rendimiento tanto en operaciones en múltiples ejes o en un solo eje. [1]

B.- Descripción del brazo robótico a controlar.

El robot se trata de un industrial pequeño A255 contiene operación de cinco ejes, o cinco grados de libertad, servo drive D.C., está conformado por tres partes como son el brazo robótico articulado, el controlador y el Teach Pendant o el control de movimientos.

El brazo articulado A255 está constituido de cinco componentes mayores. La base, hombro, brazo bajo, brazo alto, el brazo tiene cinco grados de libertad (articulaciones): la cadera, hombro, codo, muñeca y su rotador.

A continuación se muestra una grafica del manipulador robotico.

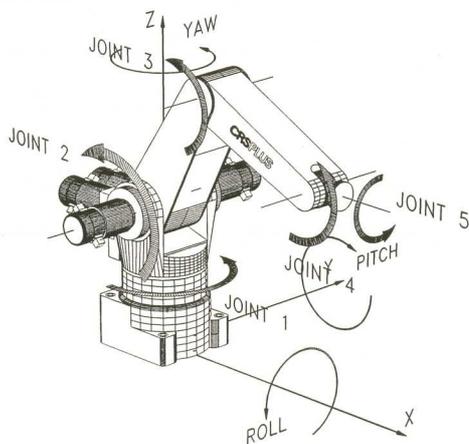


Figura. 1. Brazo robótico CRS A255

El brazo articulado A255 está constituido de cinco componentes mayores. La base, hombro, brazo bajo, brazo alto, el brazo tiene cinco grados de libertad (articulaciones): la cadera, hombro, codo, muñeca y su rotador.

Para poder realizar el diseño, se deben conocer las especificaciones del robot

A255, a continuación se muestra una tabla con las principales características.

Estructura

Articulado 5 DOF

Motor de accionamiento

DC servo de imán permanente

Rodamientos

ABEC clase 1- 0.375" ID

Max. Voltaje

+/- 25 Vdc

Max. Corriente

10.8 amps

Mech. time const.

11.62 msec

Max. Velocidad a 25V

3600 rpm

Max. par

100 oz-in

Vida de la escobilla

8000 horas a 1200 rpm

Transmisión

Rotación cintura

calibre 20 taza de manejo tipo armónico

Hombro

calibre 20 taza de manejo tipo armónico

Codo

calibre 20 taza de manejo tipo armónico/ cadena

Inclinación de la muñeca

bisel/
engranaje/cadena

Rotación de la pinza bisel/engranaje/cadena/apareja		<u>Velocidad de articulación al 100%</u> <u>velocidad programada</u> <u>rad/sec</u>
<u>Carga útil</u>	<u>Kg</u>	A250 serie:
Máxima diseñada	2.0	Rotación cadera 3.05
Velocidad máxima/acc	1.0	Hombro 2.18
<u>Alcance – cadera a pinza</u>	<u>22</u>	
<u>pulgadas</u>		Codo 3.05
<u>Alcance</u>	<u>pulgadas</u>	
Base al hombro	10	Muñeca 3.14
Hombro al codo	10	
Codo a muñeca	10	Pinza 6.28
Muñeca a pinza	2	
<u>Rango de manejo de articulaciones</u>	<u>Grados</u>	<u>Rango de aceleración predeterminado</u> <u>de articulaciones</u> <u>rad/sec²</u>
Rotación de cadera	+/- 175	A250 serie: Rotación cadera 12.93
Hombro	+110, -0	Hombro 12.93
Codo	+0,-130	Codo 12.93
Muñeca	+/-110	
Pinza	+/-180	

Muñeca	58.18	
Pinza	116.36	
<u>Posición de retroalimentación Encoder óptico incremental</u>		
Resolución	1000	
pulsos/rev.		
Referencia	marcador de pulso	
1 por rev.		
Salida	Chnls A,B,Z sq.	
Onda TTL		
<u>Resolución de articulación</u>		
		<u>deg</u>
Rotación de cadera	0.005	
Hombro	0.005	
Codo	0.005	
Muñeca	0.023	
Pinza	0.045	

2. Análisis del sistema de control existente

Generalmente los sistemas robóticos son compuestos de dos módulos principales, los cuales son el manipulador propiamente dicho,

constituido del mecanismo manipulador, elementos de actuación y los sensores internos, adaptados en su cuerpo con la finalidad de proporcionar informaciones relativas al movimiento de los enlaces del manipulador y de las fuerzas que se desenvuelven; y el gabinete de control, donde se concentran los módulos de alimentación y de control del robot; en este modulo pueden estar, también, elementos de interfaz con el usuario, por ejemplo, para programación del robot. Varios accesorios también hacen parte del sistema, como el terminal de programación (“teaching box”), órganos terminales (“end effector”) especiales, accesorios de apoyo a la programación del robot, elementos de sensamiento externos, elementos para el control de sincronización de tareas, etc.

El controlador C500 del brazo robótico CRS A255 consta de tres partes o etapas; etapa de transformación, etapa de potencia y la etapa de control.

La etapa de transformación, es la encargada de producir el voltaje y amperaje necesario para el funcionamiento del robot, de sus motores y de las siguientes etapas, en esta sección del controlador se realiza la transformación y acoplamiento de voltaje proveniente de la alimentación trifásica.

Se trata de una fuente de alimentación lineal, conformada por el esquema básico de este tipo de dispositivos; transformador, rectificador, filtro, regulación y salida, como se puede apreciar en la figura. En una ubicación lateral a la fuente encontramos las tarjetas de potencia para los motores, estas tarjetas son dos para los cuatro sevo motores, son las encargadas de brindar los requerimientos energéticos a los motores y básicamente se trata de circuitos de alimentación conmutada, es

decir trabaja con transistores en conmutación para obtener los requerimientos de energía de los motores.



Figura. 2. Etapa de alimentación controlador C500

En la figura se puede divisar claramente el rectificador de la señal, el filtro y el regulador.

La segunda etapa es la de potencia, es la encargada del aislamiento y acoplamiento entre la sección de alimentación y la etapa de control, básicamente su función es brindar un acoplamiento entre etapas por medio de opto acopladores. También brinda la seguridad necesaria para la correcta operación de la tarjeta de control, ya que protege a esta de posibles cortos circuitos. Cabe señalar también que en esta tarjeta se tienen circuitos integrados que realizan diversas funciones como la ya mencionada.

En la segunda etapa también se realiza el aislamiento, encardado de brindar acoplación entre las etapas especialmente con la etapa de control que es susceptible a corrientes parasitas que pueden impedir el adecuado funcionamiento del circuito de control, así como sobre voltajes o sobre corrientes que pueden dañar dispositivos tan delicados como los procesadores.

El aislamiento es realizado básicamente por una serie de opto acopladores o acopladores ópticos como se los puede apreciar en la siguiente foto (circuitos integrados de color blanco). Estos son los encargados de acoplar las cargas de la etapa de potencia/transformación como la etapa de control.

En esta sección también se encuentran relés entre otros dispositivos, que también sirven para el acoplamiento entre circuitos de cada etapa, además de brindar un cierto grado de protección ante eventuales sobrecargas del sistema de alimentación.

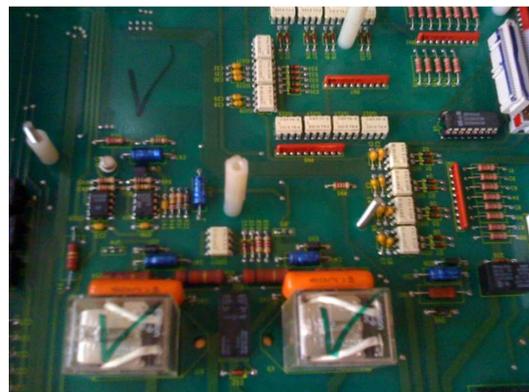


Figura. 2.1. Etapa de aislamiento controlador C500

La tercera y última etapa es la de control, en esta etapa podemos encontrar todo lo concerniente al procesamiento que realiza el robot, el análisis de toda la información, como de los comandos de movimiento enviados desde el computador conectado por medio de las interfaces o enviados por medio del teach pendant. Dentro de los dispositivos que se cuenta en este apartado, para realizar su función que en definitiva es la de ser el cerebro de todo el sistema, contamos con circuitos integrados que realizan la labor de intercomunicación tanto entre las etapas como de interfaz con el exterior por medio de los diferentes protocolos existentes en el controlador C500, el más usado es el serial. También se tiene

pics que procesan parte de la información que ingresa por medio del puerto serial, la función principal de los micro controladores es la de contadores de pulsos provenientes de los encoders del robot, por otra parte tenemos el microprocesador que realiza la tarea más pesada del sistema o el procesamiento numérico de la información concerniente al posicionamiento del brazo robótico.

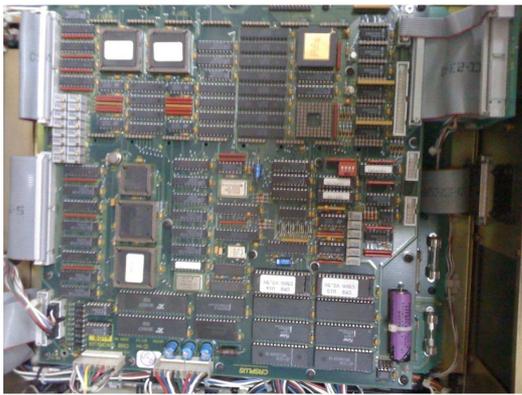


Figura. 2.2. Etapa de control, unidad C500

Las señales son procesadas en el controlador C500 que a su vez se comunican por medio del programa RAPL-3 para que el usuario pueda manipular las variables del proceso, como son velocidad, aceleración, posición en los distintos ejes coordenados, así como la manipulación de la pinza, todo esto se lo realiza en tiempo real. Además entre el brazo y la PC debe haber interfaces para tratar las señales, es decir, las señales de entrada tienen que ser para que la computadora pueda leerlas y las de salida tienen que ser amplificadas para que el robot pueda moverse.

Para comprender más detalladamente el sistema de control del brazo robótico se tiene que primero entender el proceso que se requiere controlar, conocer las variables o señales que intervienen y el flujo de información que circula a través del sistema.

La variable de entrada es la posición del brazo y la señal es obtenida por medio de los encoders, la variable de salida es el movimiento de las articulaciones del brazo robótico y es obtenida por medio del funcionamiento de los servo motores que manipulan cada articulación. El controlador es el encargado de procesar estas señales. Para que estos datos puedan fluir entre el PC y el brazo se necesita de comunicación que conecten ambos equipos. Para ello se utiliza en el sistema A255 como en muchos otros casos la comunicación por medio de la interfaz serial RS232 entre el computador y el controlador C500, en el cual se encuentra un PIC que es el encargado de gestionar el enlace y que a su vez lee el tren de pulsos de los encoders, y envía información vía TX serial determinado por un protocolo de comunicación establecido entre el PC y el controlador.

Por último la señal que va hacia los motores del robot tiene que ser amplificada, esto se realiza por medio de un circuito de potencia conformado por un arreglo de puentes H que se encuentra en la caja del controlador. Finalmente para aislar la tarjeta de potencia y los puertos de comunicación, evitar algún daño en estos componentes, se utiliza opto acopladores.

Un diagrama para poder resumir todas las acciones que se llevan a cabo dentro del sistema de control del brazo robótico se muestra a continuación. En él se puede observar de inicio a fin cada una de las etapas arriba descritas. La señal viaja a través de todo el sistema en un bucle que se cierra con el PC, en cada sección se señalan las partes más importantes de las mismas, así tenemos los drives de potencia y los puentes H que dan la variación de direcciones de los servo motores, los motores que

conforman cada articulación del brazo robotizado, los encoders encargados de posicionar las articulaciones del robot por medio de los pulsos que envían a los contadores, con esta información se determina en qué posición se encuentra cada articulación del robot, también se hace mención al procesador que se lo puede denominar con el verdadero controlador ya que es la espina dorsal del procesamiento de datos de todo el proceso, dentro de este mismo bloque de funciones, tenemos la sección de protocolos de comunicación que realizan la interfaz con el usuario.

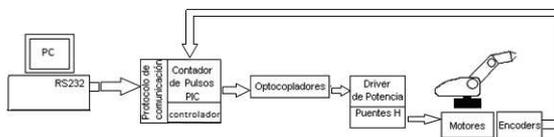


Figura. 2.3. Sistema general de control del robot CRS A255

3. Diseño del sistema propuesto

En primer lugar se debe analizar todos los componentes que conforman el sistema de control de servo motores.

A.- Arquitectura KINETIX

Esta arquitectura va desde el nivel de maquina hasta el nivel de usuaria, dentro de los elementos que la conforman, tenemos, el controlador lógico programable ControlLogix, el modulo de la interfaz SERCOS, el servo variador KINETIX 6000 y por último los motores a ser controlados, que en este caso serán los conformantes de las articulaciones del robot.

Como se puede ver en la siguiente gráfica de la arquitectura básica del sistema KINETIX, consta de tres niveles. El primer nivel se denomina de supervisión y es donde se encuentra el operador, que es el encargado de programar los controladores o PLCs

que a su vez efectuaran el procesamiento de las instrucciones de control de movimiento, además en este nivel se encuentra la interface hombre maquina o HMI, en la cual los usuarios pueden acceder de una forma fácil y amigable a pantallas que contengan botones e información para la manipulación del elemento final de control como son los servo motores que a su vez pueden manipulan una diversidad de dispositivos efectores como pueden ser bandas transportadoras o robots antropomórficos. En este nivel también se puede contar con conexiones a internet y de esta forma poder comandar el sistema de forma remota o en su defecto tener acceso a información u a otras redes.

En el segundo nivel tenemos los controladores que pueden ser de las diferentes gamas de Allen Bradley como por ejemplo CompactLogix 1768-L43 o ControlLogix, se conectan con el primer nivel por medio de una red Ethernet IP ya que estos controladores trabajan con un modulo que permite este tipo de comunicación, la solución de control de movimiento KINETIX propuesta en el grafico es totalmente escalable y ofrece expansión según sea necesario. La arquitectura de múltiples procesadores permite al usuario dimensionar el controlador según sus necesidades. Se pueden interconectar los controladores por medio de ControlNet o SynchLink y de esta manera tener redundancia de operación, con el beneficio que esto implicaría en un proceso donde se requiera altos grados de seguridad de operación.

La función principal de este nivel es realizar todos los cálculos y procesamientos de datos que requerirán para su funcionamiento los servo variadores del siguiente nivel.

El tercer nivel está constituido por los denominados servodrives o servo variadores. La interface de fibra óptica de alta velocidad entre el controlador y los servodrives proporciona diagnósticos avanzados, reduciendo significativamente el tiempo de resolución de problemas. El feedback absoluto de alta resolución mejora la precisión de posicionamiento y el rendimiento dinámico, a la vez que elimina la necesidad de realizar la búsqueda de cero que demanda mucho tiempo.

La interface usada es la SERCOS, que nos permite una ejecución en tiempo real de todas las operaciones entre el segundo y tercer nivel, para lograr esta comunicación es necesario contar con los módulos SERCOS (motion modules) en el o los PLCs que vayan a trabajar.

El último nivel se encuentra los actuadores que son servomotores, de acuerdo al fabricante pueden ser de diversos tipos según se acoplen a las necesidades de las aplicaciones. [3]

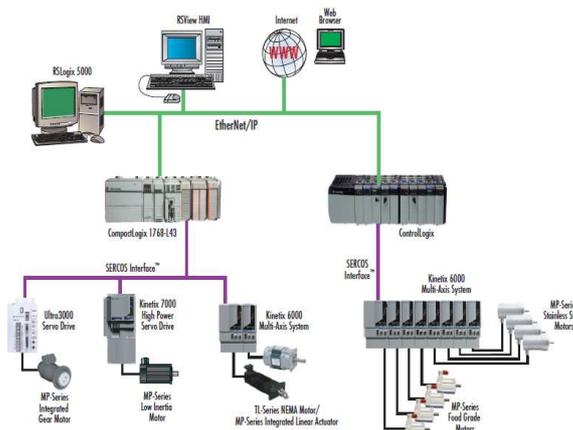


Figura. 3. Arquitectura KINETIX

B.- Variador KINETIX 6000

Este fue el servo variador seleccionado ya que cumple las características que se

buscan, como es ser un variador escalable y de potencia media.

El servo variador multi eje KINETIX 6000 combina una avanzada capacidad de control con innovadoras funciones de diseño modular que mejoran de manera notable el rendimiento del sistema, pero no al margen de permitir ahorrar tiempo y dinero. Esta nueva generación de servo variador ofrece un tamaño compacto, cableado simplificado y componentes fáciles de usar.

KINETIX 6000 está disponible en voltajes globales para usar con motores de par continuo desde menos de 1 Nm a 700Nm. Para aplicaciones con requisitos de potencia entre 1.2 kW y 22 kW.



Figura. 3.1. Servo variador KINETIX 6000

En términos generales este es un variador de baja potencia ideal para aplicaciones que requieren manipular motores que no necesitan mucha energía y los cuales no están expuestos a grandes demandas que por ejemplo sería el caso de levantar objetos pesados.

C.- Analogía de servo motores

Esta sección es muy importante ya que dada la desactualización en el mercado del brazo robótico CRS A255, no se puede encontrar mucha información sobre algunos de sus componentes específicos como servomotores, gracias a la grafica presentada en la primera sección de este trabajo, se puede ver que se trata de un motor de baja inercia pero

de gran aceleración, sin dejar de lado la gran precisión con que cuenta para realizar el posicionamiento del brazo robótico, además es un motor que no requiere mucha potencia, ya que el robot no fue diseñado para realizar cargas de materiales pesados.

Debido a que se va a ocupar equipo Allen-Bradley es pertinente hacer una analogía con algún motor de este fabricante que sea compatible con la arquitectura Kinetix, además de ser propicio para la aplicación que se quiere realizar como es dar movimiento a las articulaciones del robot.

Con todas las características de los cuatro servomotores del sistema robótico CRS A255 de la serie EG&G M2110 denominados sistemas de torque, como es que son servomotores de DC, de baja inercia con aceleraciones rápidas, los motores que más se asemejan a todas estas características son los de la familia Y. Estos servomotores están disponibles con bobinas de 115 V o 230 V, lo que les hace idóneos para la aplicación requerida, usan un imán de neodimio de alta energía, el cual proporciona inercias bajas para dar aceleraciones rápidas, su tamaño es el adecuado casi igual a los que se tiene en el brazo robótico. Este servomotor tiene una excelente relación par/tamaño.

Algunas características compartidas con los motores propios del manipulador robótico son las siguientes:

Características

- Aceleraciones rápidas
- Precisión a baja inercia
- Flexibilidad de aplicación

Algunas de las aplicaciones de los servomotores Allen-Bradley de la familia Y, y dentro de las cuales

coincide la del apartado de robótica que es muy importante para tener certeza de realizar la analogía correcta.

Aplicaciones:

- Robótica
- Manejo de materiales
- Tablas X-Y
- Maquinaria especial
- Fabricación de semiconductores
- Equipo médico o de laboratorio
- Maquinaria de empaque ligero
- Maquinaria de oficina

D.- Conexiones SERCOS

La interfaz entre el controlador programable y los servovariadores se realizara mediante este protocolo de comunicación denominado SERCOS, la cual nos brindara una óptima respuesta de velocidad en la transmisión de datos así como en la confiabilidad.

Como se puede observar en la figura, para comenzar con la comunicación por medio de esta interfaz, se utilizara el modulo SERCOS (1756-M08SE), el cual se conecta por medio de fibra óptica al servo variador.

El servo variador escogido para el diseño del sistema de control de los servomotores del brazo robot es el Kinetix 6000, ya que es un servo variador modular, flexible a futuras aplicaciones con más de un servo motor, posee la potencia suficiente para la aplicación a realizar, de tamaño compacto así como cableado fácil de configurar.

Se puede utilizar un switch stratix del mismo fabricante, o a su vez cualquier switch compatible con la red Ethernet/IP.

Los módulos SERCOS se conectan al servo variador por medio de un anillo de fibra óptica, se requiere una fibra para la transmisión de datos y otra para la recepción.

El medio de fibra óptica asegura una comunicación confiable, transmisión de datos de alta velocidad con una excelente inmunidad al ruido, y lo más importante, simplificación del cableado de interconexión entre el modulo de movimiento y el drive.

Adicionar otro eje de movimiento a menudo requiere nada más que abrir el anillo y colocar el nuevo drive en el anillo

Un anillo de interfaz SERCOS está compuesto por un número de segmentos de fibra óptica que tienen la topología de maestro a esclavo, esclavo a esclavo y por ultimo esclavo a maestro como se ilustra en la figura.

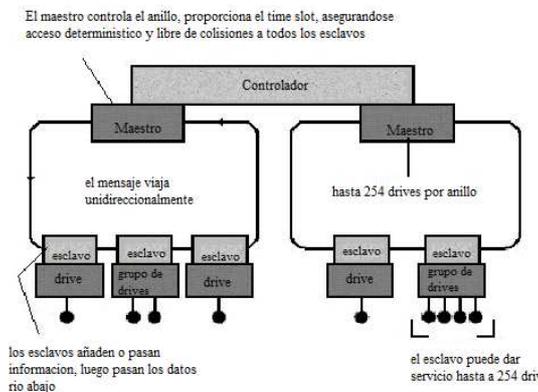


Figura. 3.2. Topología de la interfaz SERCOS

Como se puede ver en la figura, el maestro que en este caso son los controladores programables, son los que inician la comunicación, los esclavos que serán otros controladores secundarios, están encargados de la puesta en marcha de los servo drives, que a su vez se encargan del funcionamiento de los servo motores.

La señal de fibra óptica es recibida por medio del receptor de fibra óptica con el conector F-SMA (fibra óptica sub miniatura versión A), y se transmite la señal al siguiente dispositivo por medio de un transmisor de fibra óptica, nuevamente utilizando un conector estándar F-SMA.

E.- Ejemplo de conexión

Existen diferentes tipos de conexiones para cada aplicación, las aplicaciones más comunes son las que requieren de redundancia en el lazo de control, es decir se conectan dos controladores, ya sea para cumplir este objetivo o para alcanzar las expectativas de diseños de movimiento complejos.

Como se puede apreciar en la figura, en esta configuración se cuenta con dos controladores y un servo drive, además se puede apreciar claramente el transmisor y el receptor de la señal óptica, el receptor de la señal siempre va al modulo principal del drive y el transmisor de la señal, q es el encargado de difundir la señal a otros dispositivos de la red, siempre es un modulo secundario del drive. Además se puede apreciar la topología de red en anillo que es la utilizada en la arquitectura Kinetix, para la comunicación de un modulo a otro también se utiliza un cable de fibra óptica como se indica en la figura.

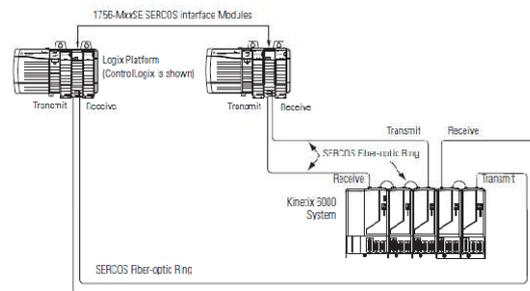


Figura. 3.3. Ejemplo de conexión

Cada modulo se debe numerar, siendo esta numeración única e irrepitible.

F.- Analizador de movimiento

Para un completo diseño del sistema de movimiento se utiliza el programa Motion Analyzer, en el cual se realizan diversas tareas como el análisis y funcionamiento de los servo motores en diferentes entornos.

Cuando se ejecuta el programa la primera ventana de dialogo nos indica que tipo de aplicación queremos abrir, escogemos la aplicación concerniente al sevo variador Kinetix 6000 que es el que utilizaremos.

Una de las primeras cosas que se especifica es que el dispositivo cuenta con una protección del tipo shunt interna, en el caso del variador seleccionado, el programa nos indica que tiene 8 módulos para la aplicación, es decir se puede conectar 8 servo motores. Además se especifican el numero de eje, en cada cual encontramos iconos del drive, el motor, engranaje, donde será montado y una curva con la respuesta del motor.

Después de toda la configuración del sistema de movimiento, lo último que nos queda por hacer es analizar los resultados y posibles soluciones a errores que se nos presenten.

Tenemos la pestaña de sumario, en la cual se encuentra de forma resumida toda la información relevante al sistema de movimiento, por ejemplo especificaciones en porcentaje del funcionamiento del motor del drive y del sistema de engranaje, por ejemplo se indica si estamos dentro de los límites permisibles de temperatura, torque, velocidad del motor.

También existen parámetros del drive tales como la corriente promedio, el pico de corriente, todos estos parámetros se deben tomar muy en cuenta para no sobrepasarlos y causar una sobrecarga del sistema y por ende una falla en el mismo o peor aun un daño de los motores o el drive.

Como se puede ver en el grafico del desempeño del sistema, en esta se conjugan todos los parámetros, los puntos rojos son los picos de corriente y el punto verde es el valor rms del torque

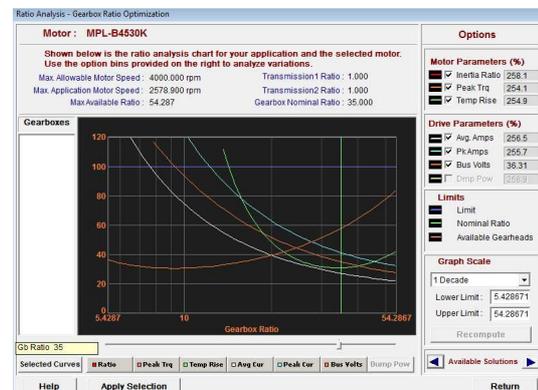


Figura. 3.4. Grafica de análisis de valores de motores y mecanismos

4. Software propuesto

A.- Creación de un grupo de movimiento

El software que se utiliza es el RSlogix 5000.

En primer lugar lo que se debe hacer es especificar cuál va a ser el maestro de nuestra red, que por lo general se trata del controlador programable encargado de realizar las tareas principales de control de movimiento, pueden existir más de un plc en la red, pero siempre se debe escoger solo un maestro, que será el encargado de toda la sincronización principal del sistema de movimiento

integrado, por ello es parte indispensable de la arquitectura Kinetix.

Una vez abierto el programa RSLogix5000 se nos pide escoger el tipo de proyecto que deseamos realizar, seleccionamos el tipo de controlador, que en este caso va a ser de la familia ControlLogix. Para poder hacer que el plc sea el CST o controlador maestro, debemos dar click en el icono de propiedades del controlador, cuando aparece la ventana de dialogo de propiedades, damos click en la pestaña de Date/Time, por ultimo seleccionamos la opción que dice hacer de este controlador el coordinador maestro del tiempo del sistema.

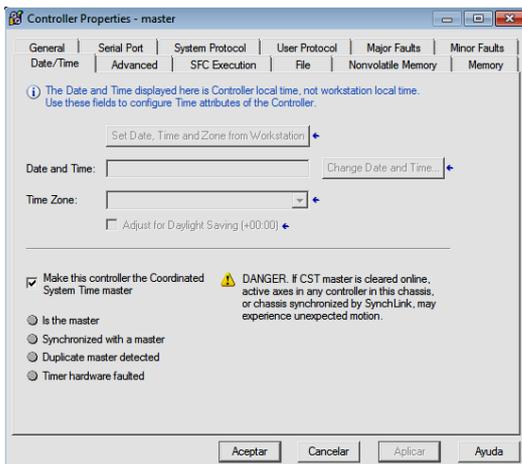


Figura. 4. Pantalla de propiedades del controlador

B.- configuración del movimiento del robot

Rockwell Automation ha facilitado mucho el control de robots al integrar transparentemente Kinematics en la solución de movimiento integrado Kinetix.

Kinematics proporciona una solución única e integrada para múltiples disciplinas, elimina los controles de robot y seguridad adicionales, así como software y los bloques de funciones

personalizados típicamente necesarios al incorporar un robot en una aplicación. Todo ello reduce considerablemente el tiempo y el coste de diseño y programación. Los fabricantes de maquinaria y los usuarios finales pueden programar fácilmente el robot en simples coordenadas cartesianas, mientras que el controlador se encarga de las transformaciones Kinematics.

Con el software RSLogix 5000, se puede controlar 2 y 3 ejes articulados independientemente o dependientes, robots geométricos SCARA, H-bot y Delta originalmente en controladores ControlLogix estándar y de seguridad. Debido a la manera en que la transformación Kinematics se implementa en RSLogix 5000 y en los controladores ControlLogix, se pueden habilitar la transformación Kinematics con una instrucción recientemente agregada y luego reutilizar el extenso y conocido conjunto de instrucciones de control de movimiento para programar el robot y los componentes de movimiento de la aplicación.

Además, una biblioteca de instrucciones add-on está disponible para simplificar el desarrollo e integración del programa de robots. [4]

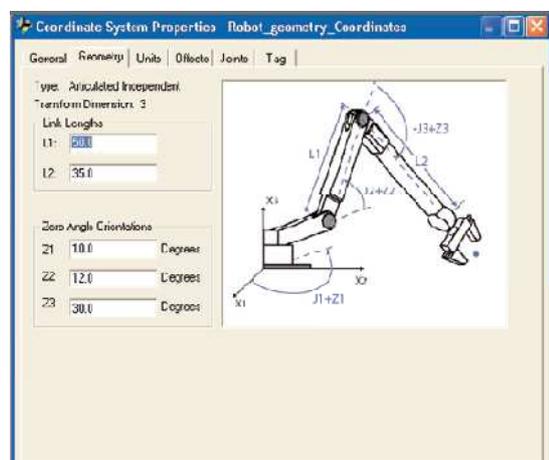


Figura. 4.1. Configuración de movimiento del brazo robot

Con el software RSLogix 5000 se puede configurar para controlar una gran variedad de robots de acuerdo a su capacidad de carga. Para lograr esto se deben especificar los principales parámetros de configuración, como son:

- Offset de base
- Longitud de articulaciones
- Offset del efector final

Se toma como modelo de referencia a un brazo articulado de cinco grados de libertad estándar dado por el fabricante, en el cual se especifican todas las dimensiones que se deben tomar en cuenta para la configuración de movimiento.

Algo que no se debe olvidar es que todas las medidas se ingresaran en pulgadas.

Las medidas que se observan en el robot son las típicas que necesitaremos para la configuración de los parámetros antes descritos.

La longitud de las articulaciones se refiere a los cuerpos rígidos mecánicos unidos en las articulaciones.

Se hace una analogía entre estos valores;

La longitud de L1 es igual al valor de la distancia entre J2 y J3, mientras que la distancia de L2 es igual a la distancia entre J3 y el efector final.

Para nuestro caso de deben ingresar los valores de L1= 10 pulgadas y L2 = 12 pulgadas.

Offset de base

El offset de base es un conjunto de valores que definen el origen del robot. Los valores correctos de offset de base son típicamente proporcionados por cada fabricante. Se debe ingresar los valores del offset base en los campos X1b y X3b en el cuadro de dialogo de propiedades del sistema. [5]

A continuación se muestra una ilustración de ejemplo de cómo llenar este parámetro.

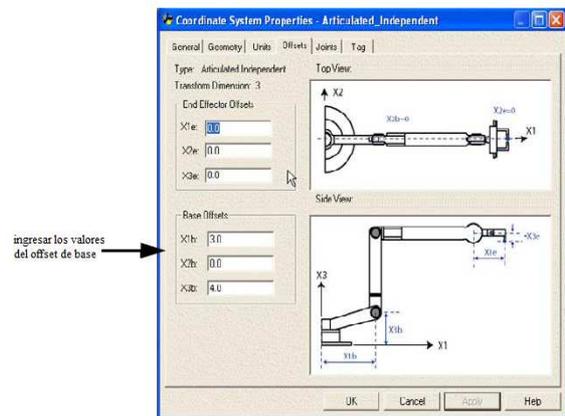


Figura. 4.2. Configuración del offset

Para nuestro robot, que es el mismo que se indica en el ejemplo, el offset de base será de;

X1b= 3.0 pulgadas y X3b = 4.0 pulgadas.

Offset del efector final

El robot tiene un efector final que en nuestro caso es una servo pinza que se encuentra adherida al final del link del robot L2. Dependiendo del tipo de efector final se configurara el offset, esto se configura en el marco de las propiedades de offset como se muestra en la figura.

En algunos casos el offset del robot también tiene que ser analizado con la articulación J3, como en el ejemplo anterior, se designara entonces el valor de X3e como la suma de

$X3e1+X3e2$ ($-3+1.5=-1.5$). El valor configurado de $X3e$ es -1.5

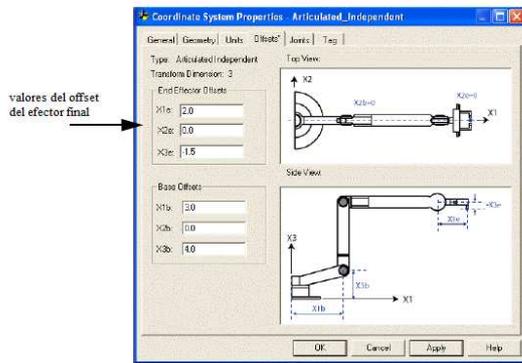


Figura. 4.3. Configuración del efector final

5. Conclusiones

Se realizó con éxito el diseño de un nuevo sistema de control para el brazo robótico CRS A255, utilizando la plataforma denominada KINETIX, para poder realizar una futura sustitución del controlador C500 que hasta la actualidad es el encargado de la manipulación de dicho brazo robótico.

Se debe tomar mucho en cuenta la aplicación a la que se quiere controlar con este tipo de sistemas, en este caso se trata de la manipulación de los servomotores del brazo robótico CRS A255, conociendo esto, se deben seleccionar los motores adecuados para la aplicación, así como la configuración de la topología de red SERCOS, dimensionar y especificar todas las necesidades energéticas del sistema y demás consideraciones, como el tipo de mecánica de movimiento entre los servomotores y las articulaciones.

Con este trabajo se trata de proponer la solución más viable para la modernización de la forma de control de los brazos robóticos existentes en el departamento de electrónica, y de esta

forma continuar en la vanguardia tecnológica y adentrar aun más a la integración de total de las áreas de procesos que se tiene en el C.I.M 2000, pudiendo comunicar los robots articulados mediante una red Ethernet/IP a las estaciones así como lograr por parte de estos una función más específica.

Del diseño realizado se concluye que los servo variadores que más se acoplan a nuestra necesidad son los de baja inercia ya que tienen los rangos de potencia necesarios para mover los servo motores del brazo robótico que no necesitan mucha potencia para su funcionamiento.

Referencias Bibliográficas

- [1] Manual de usuario robot articulado CRS A255, pág 20-35
- [2] CHOSET, Howie M., principles of robot motion, Tomo 1, tercera edición, Editorial MIT pres, Massachusetts 1998, pág. 30-32
- [3] PHILLIPS, Charles L., Feedback Control Systems, Tomo 1, Tercera Edición, Editorial Prentice Hall, New Jersey 1996, pág. 418-459
- [4] <http://www.rockwellautomation.com/es/solutions/integratedarchitecture/>
- [5] <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslinx/>
- [6] <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5000/>

Biografía

García Saquicela Marcelo Rodrigo



Nació en Quito el 11 de Febrero de 1984. Realizo sus estudios secundarios en el colegio San Vicente Ferrer, obtuvo el título de bachiller con la especialidad

de Físico Matemático en el año 2002. Entre los años 2003 y 2010 estudio en la Escuela Politécnica del Ejército en la Facultad de Ingeniería Electrónica con especialidad en Automatización y Control, en este momento está realizando el proyecto de tesis sobre “Diseño del sistema de control del brazo robótico CRS A255 utilizando la plataforma KINETIX de Allen Bradley”