

**PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD
MICROMASTER 420 DE SIEMENS**

**ANGEL GABRIEL SANCHEZ ARRIETA
EDUAR ANDRES VERGARA VARGAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECANICA Y MECATRONICA
CARTAGENA DE INDIAS, D. T. H. Y C.**

2009

**PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD
MICROMASTER 420 DE SIEMENS**

ANGEL GABRIEL SANCHEZ ARRIETA

EDUAR ANDRES VERGARA VARGAS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

Director

Eduardo Gómez Vásquez

Ingeniero

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECANICA Y MECATRONICA

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. H. Y C.

2009

Cartagena de Indias, D. T. H. Y C. 30 de junio de 2009

Señores:

Comité De Proyectos De Grado

Universidad Tecnológica De Bolívar.

Cartagena D. T. H. y C.

Respetados Señores:

Presentamos para su consideración el Proyecto de Grado titulado: **“PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD MICROMASTER 420 DE SIEMENS”**. Como requisito para optar el título de Ingeniero Mecatrónico.

Atentamente,

Angel Gabriel Sanchez Arrieta
1.051.816.011 de San Juan

Eduar Andrés Vergara Vargas C.C.
C.C. 1.047.385.070 de C/gena

Cartagena de Indias, D. T. H. Y C. 30 de junio de 2009

Señores:

Comité De Proyectos De Grado

Universidad Tecnológica De Bolívar.

Cartagena D. T. H. y C.

Respetados Señores:

Presentamos para su consideración el Proyecto de Grado titulado: **“PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON EL VARIADOR DE VELOCIDAD MICROMASTER 420 DE SIEMENS”**. Como requisito para optar el título de Ingeniero Mecatrónico.

Espero que el contenido y las normas aplicadas cumplan con los requisitos exigidos por esta dirección.

Atentamente,

EDUARDO GÓMEZ VÁSQUEZ

Director de Proyecto

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, D. T. H. Y C. 30 de junio de 2009

ARTICULO 105

La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C 30 de junio de 2009

Yo **ANGEL GABRIEL SANCHEZ ARRIETA** identificado con la cédula de ciudadanía número 1.051.816.011 de San Juan Nepomuceno, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ON LINE de la Biblioteca.

ANGEL GABRIEL SANCHEZ ARRIETA

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C 30 de junio de 2009

Yo **EDUAR ANDRES VERGARA VARGAS** identificado con la cédula de ciudadanía número 1.047.385.070 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ON LINE de la Biblioteca.

EDUAR ANDRES VERGARA VARGAS

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, quien, en su infinita misericordia, permitió que todo esto fuera posible.

A mis padres, Manuel Vergara y Mesira Vargas, y mis hermanos Jair, Manuel y Liliana, por su apoyo incondicional y esfuerzos durante mi faceta como estudiante universitario.

A la pastoral juvenil Jesucristo Sello de garantía, a la comunidad juvenil Kerigma, al padre Nelson Hernández, a monseñor Jorge E. Jiménez y a todos mis amigos sacerdotes, quienes siempre me tuvieron y me siguen teniendo presente en sus oraciones.

A todos mis amigos y compañeros de clases, con quienes he compartido tantos momentos inolvidables.

Eduar Vergara Vargas

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, quien, estuvo a mi lado en todos los momentos dándome fuerza para que todo esto fuera posible.

A mis padres, Gabriel Sanchez y Nereyda Arrieta, y mis hermanos Gabriel Sanchez Gómez, Gabriel Sanchez Chinchilla y Gabriel Sanchez Arrieta por su apoyo incondicional, por la confianza que colocaron en mi y esfuerzos para brindarme mis estudios.

A toda mi familia, y a todos mis amigos por estar conmigo en los momentos buenos y malos, dándome ánimos para seguir adelante.

Gracias DIOS mío por permitirme alcanzar este gran logro.

Angel Gabriel Sanchez Arrieta

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios todopoderoso, artífice de esta obra.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar, por todos los conocimientos que nos ha permitido adquirir hasta el día de hoy.

A los nuestros compañeros del Minor de Automatización Industrial, por su constante colaboración y apoyo durante el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

A los distintos integrantes del grupo de trabajo los cuales con su colaboración y entrega permitieron que éste sueño se volviera realidad.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-----------|
| INTRODUCCION | 28 |
| 1. VARIADORES DE VELOCIDAD | 30 |
| 1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 30 |
| 1.1.1 Funciones de los variadores de velocidad | 30 |
| 1.1.1.1 Aceleración controlada | 30 |
| 1.1.1.2 Variación de la velocidad | 31 |
| 1.1.1.3 Regulación de la velocidad | 31 |
| 1.1.1.4 Desaceleración controlada | 32 |
| 1.1.1.5 Inversión del sentido de marcha | 32 |
| 1.1.1.6 Frenado | 32 |
| 1.1.1.7 Protección integrada | 33 |
| 1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO | 33 |
| 1.3 METODOS DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD | 34 |
| 1.3.1 Control escalar | 34 |
| 1.3.2 Control Vectorial de Lazo Abierto (Open Loop) | 36 |
| 1.3.3 Control Vectorial de Lazo Cerrado (Close Loop) | 37 |
| 1.4 PRINCIPALES APLICACIONES INDUSTRIALES | 38 |
| | 40 |

| | |
|--|----|
| 1.5 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS | |
| 1.5.1 Serie Micromaster de Siemens | 40 |
| 1.5.2 Variadores ABB | 41 |
| 1.5.3 Variadores YASKAWA | 42 |
| 1.5.4 Variadores EURO THERM | 42 |
| 2. MOTORES AC | 43 |
| 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 43 |
| 2.1.1 Estructura | 43 |
| 2.1.1.1 Estator | 44 |
| 2.1.1.2 Rotor | 44 |
| 2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO | 46 |
| 2.2.1 Generación del campo de giro | 47 |
| 2.2.2 Deslizamiento | 49 |
| 2.3 APLICACIONES INDUSTRIALES | 50 |
| 2.4 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS | 52 |
| 2.4.1 Motores WEG | 52 |
| 2.4.2 Motores Siemens | 52 |
| 2.4.3 Motores ABB | 53 |
| 3. VARIAC | 54 |
| 3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 54 |
| 3.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO | 55 |
| 3.3 APLICACIONES INDUSTRIALES | 56 |
| 3.4 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS | 57 |

| | |
|---|----|
| 3.4.1 VariAC El Toroide | 57 |
| 3.4.2 VariAC COVISA | 58 |
| 3.4.3 VariAC POWERTRONIC | 58 |
| 4. PLC | 60 |
| 4.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 60 |
| 4.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO | 60 |
| 4.3 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS | 61 |
| 4.3.1 PLC Simatic de Siemens | 61 |
| 4.3.2 PLC Omron | 62 |
| 4.3.3 PLC Telemecanique | 62 |
| 4.3.4 PLC B&R | 63 |
| 4.3.5 PLC ABB | 63 |
| 5. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO | 65 |
| 5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS | 67 |
| 5.1.1 Descripción del variador MM420 | 67 |
| 5.1.1.1 Características generales | 68 |
| 5.1.1.2 Especificaciones técnicas | 69 |
| 5.2 DESCRIPCIÓN DEL PLC S7-200 | 70 |
| 5.2.1 CPU | 71 |
| 5.2.2 Módulos digitales | 72 |
| 5.2.3 Módulos análogos | 75 |
| 5.2.4 Módulo de comunicaciones profibus | 77 |

| | |
|--|----|
| 6. GUÍA DE PRACTICAS DE LABORATORIO | 80 |
| 6.1 PRÁCTICA #1: PUESTA EN SERVICIO DESDE EL PANEL DE OPERACIÓN BOP | 82 |
| 6.1.1 Introducción | 82 |
| 6.1.2 Objetivos | 82 |
| 6.1.3 Material de consulta | 82 |
| 6.1.4 Equipos | 82 |
| 6.1.5 Procedimiento | 83 |
| 6.1.5.1 Conexión eléctrica | 83 |
| 6.1.5.2 Puesta en servicio rápida | 83 |
| 6.1.5.3 Control del motor desde el panel BOP | 85 |
| 6.1.5.4 Análisis de datos y situaciones | 87 |
| 6.1.6 Conclusiones | 87 |
| 6.2 PRÁCTICA #2: OPERACIÓN DEL VARIADOR MEDIANTE ENTRADAS DIGITALES | 88 |
| 6.2.1 Introducción | 88 |
| 6.2.2 Objetivos | 88 |
| 6.2.3 Material de consulta | 89 |
| 6.2.4 Equipos | 89 |
| 6.2.5 Procedimiento | 89 |
| 6.2.5.1 Conexión eléctrica | 89 |
| 6.2.5.2 Puesta en servicio rápida | 90 |
| | 93 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 6.2.5.3 | Programación del PLC | 94 |
| 6.2.5.4 | Control del motor | 96 |
| 6.2.5.5 | Análisis de datos y situaciones | 96 |
| 6.2.6 | Conclusiones | |
| 6.3 | PRÁCTICA #3: VARIACIÓN DE FRECUENCIA MEDIANTE UNA ENTRADA ANALÓGICA | 97 |
| 6.3.1 | Introducción | 97 |
| 6.3.2 | Objetivos | 97 |
| 6.3.3 | Material de consulta | 97 |
| 6.3.4 | Equipos | 98 |
| 6.3.5 | Procedimiento | 98 |
| 6.3.5.1 | Conexión eléctrica | 99 |
| 6.3.5.2 | Parametrización | 99 |
| 6.3.5.3 | Programación del PLC | 103 |
| 6.3.5.4 | Control del motor | 103 |
| 6.3.5.5 | Análisis de datos y situaciones | 105 |
| 6.3.6 | Conclusiones | 106 |
| 6.4 | PRÁCTICA #4: COMUNICACIÓN SERIAL CON EL PROTOCOLO USS | 107 |
| 6.4.1 | Introducción | 107 |
| 6.4.2 | Objetivos | 107 |
| 6.4.3 | Material de consulta | 107 |
| | | 107 |

| | |
|---|-----|
| 6.4.4 Equipos | 108 |
| 6.4.5 Procedimiento | 108 |
| 6.4.5.1 Conexión | 109 |
| 6.4.5.2 Configuración de los parámetros del variador | 113 |
| 6.4.5.3 Programación del PLC | 116 |
| 6.4.5.4 Control del motor | 118 |
| 6.4.5.5 Análisis de datos y situaciones | 118 |
| 6.4.6 Conclusiones | 118 |
| 6.5 PRÁCTICA #5: RED DE VARIADORES CON PROTOCOLO USS | 119 |
| 6.5.1 Introducción | 119 |
| 6.5.2 Objetivos | 119 |
| 6.5.3 Material de consulta | 119 |
| 6.5.4 Equipos | 119 |
| 6.5.5 Procedimiento | 120 |
| 6.5.5.1 Conexión | 120 |
| 6.5.5.2 Configuración de los parámetros del variador | 121 |
| 6.5.5.3 Programación del PLC | 124 |
| 6.5.5.4 Control del motor | 127 |
| 6.5.5.5 Análisis de datos y situaciones | 131 |
| 6.5.6 Conclusiones | 131 |
| 6.6 PRÁCTICA #6: SISTEMA SCADA UTILIZANDO WINCC | 132 |

| | |
|--|-----|
| FLEXIBLE | 132 |
| 6.6.1 Introducción | 132 |
| 6.6.2 Objetivos | 132 |
| 6.6.3 Material de consulta | 132 |
| 6.6.4 Equipos | 133 |
| 6.6.5 Procedimiento | 133 |
| 6.6.5.1 Conexión | 133 |
| 6.6.5.2 Configuración de los parámetros del variador | 134 |
| 6.6.5.3 Programación del PLC | 137 |
| 6.6.5.4 Configuración del servidor OPC | 141 |
| 6.6.5.5 Creación del SCADA | 141 |
| 6.6.5.6 Control del motor | 152 |
| 6.6.5.7 Análisis de datos y situaciones | 155 |
| 6.6.6 Conclusiones | 155 |
| 7. MANUAL DE MANTENIMIENTO | 156 |
| 7.1 MANTENIMIENTO DEL MOTOR | 156 |
| 7.2 MANTENIMIENTO DEL MM420 | 158 |
| 7.2.1 Búsqueda de averías con el panel SDP | 158 |
| 7.2.2 Búsqueda de averías con el panel BOP | 159 |
| 7.2.2.1 Códigos de fallo | 160 |
| 7.2.2.2 Códigos de alarma | 165 |
| 8. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS | 170 |
| 9. CONCLUSIONES | 173 |

| | |
|--------------|-----|
| BIBLIOGRAFÍA | 174 |
| ANEXOS A | 175 |
| ANEXOS B | 188 |
| ANEXOS C | 189 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Características técnicas del MM420 | 69 |
| Tabla 2. Especificaciones técnicas de la CPU 224 de la serie S7-200 | 72 |
| Tabla 3. Datos técnicos de los módulos digitales del S7-200, serie EM 223 | 73 |
| Tabla 4. Datos técnicos de los módulos análogos del S7-200, serie EM 235 | 75 |
| Tabla 5. Datos técnicos de los módulos de comunicaciones profibus del S7-200, serie EM 277 | 78 |
| Tabla 6. Primera tabla de datos práctica 1 | 86 |
| Tabla 7. Segunda tabla de datos práctica 1 | 87 |
| Tabla 8. Primera tabla de datos práctica 2 | 95 |
| Tabla 9. Segunda tabla de datos práctica 2 | 95 |
| Tabla 10. Tabla de datos práctica 3 | 105 |
| Tabla 11. USS_INIT | 114 |
| Tabla 12. USS_CTRL | 114 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 13. Primera tabla de datos práctica 4 | 117 |
| Tabla 14. Segunda tabla de datos práctica 4 | 118 |
| Tabla 15. Primera tabla de datos práctica 5 | 130 |
| Tabla 16. Segunda tabla de datos práctica 5 | 130 |
| Tabla 17. Primera tabla de datos práctica 6 | 154 |
| Tabla 18. Segunda tabla de datos práctica 6 | 155 |
| Tabla 19. Estados del convertidor indicados por los LEDs en el panel SDP | 159 |
| Tabla 20. Códigos de fallo del MM420 | 161 |
| Tabla 21. Códigos de alarma del MM420 | 165 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Serie Micromaster de Siemens | 41 |
| Figura 2. Estructura de un motor de inducción | 44 |
| Figura 3. Rotor jaula de ardilla | 45 |
| Figura 4. Corriente inducida generada en un anillo metálico | 46 |
| Figura 5. Regla de la mano derecha | 47 |
| Figura 6. Principio del motor de inducción trifásico | 47 |
| Figura 7. Campos generados por las tres fases | 48 |
| Figura 8. Motor WEG de la serie W22 | 52 |
| Figura 9. Motor SIEMENS | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 10. Motor trifásico ABB alta eficiencia | 53 |
| Figura 11. Un transformador convencional y devanados reconectados como un autotransformador | 54 |
| Figura 12. VariAC El Toroide | 57 |
| Figura 13. VariAC Covisa | 58 |
| Figura 14. PLC Simatic S7-300 de Siemens | 61 |
| Figura 15. PLC OMRON de la serie SYSMAC C20K | 62 |
| Figura 16. PLC Twido de Telemecanique | 62 |
| Figura 17. PLC B&R | 63 |
| Figura 18. PLC ABB AC500 | 64 |
| Figura 19. Configuración para la primera práctica | 65 |
| Figura 20. Configuración para las prácticas posteriores | 66 |
| Figura 21. Variador de velocidad MM420 | 67 |
| Figura 22. CPU del S7-200 | 71 |
| Figura 23. Módulo de entradas y salidas digitales | 73 |
| Figura 24. Módulo de entradas y salidas analógicas | 75 |
| Figura 25. Módulo de comunicaciones profibus | 77 |

| | |
|--|-----|
| Figura 26. Bornes del MM420 | 88 |
| Figura 27. Conexión entre el MM420 y el S7-200 (digital I/O) | 90 |
| Figura 28. Conexión entre el MM420 y el S7-200 (analog I/O) | 98 |
| Figura 29. Cable para comunicación USS | 108 |
| Figura 30. Conexión serial entre MM420 y un S7-200 | 109 |
| Figura 31. Resistencias de polarización del MM420 | 109 |
| Figura 32. Conexión serial entre dos MM420 y un S7-200 | 120 |
| Figura 33. Posibles estados de los leds en el panel SDP | 158 |
| Figura 34. Módulo Profibus del MM420 | 170 |
| Figura 35. CPU 224XP | 172 |
| Figura 36. CPU 226 | 172 |

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Escalamiento de entrada análoga del MM420

102

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO A. LISTA DE PARÁMETROS MM420 | 175 |
| ANEXO B. CAMBIAR PANEL DEL OPERADOR DEL MM420 | 188 |
| ANEXO C. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR | 189 |

GLOSARIO

BICO: tecnología desarrollada por Siemens para sus convertidores de frecuencia, la cual posibilita la interconexión, a través de parámetros, de variables digitales y/o analógicas entre sí y con bloques funcionales lógicos, matemáticos y de tiempo. La sigla BiCo proviene de la unión de los términos Binector y Conector.

CEM: (Compatibilidad electromagnética) En variadores, filtros para evitar tensiones y radiaciones perturbadores en los accionamientos

FCC: (flux current control) Cuando se conoce la corriente instantánea en el motor se puede descomponer la corriente total en una parte real (carga) y en otra imaginaria (flujo). Con esto, el flujo se podrá controlar y su valor se optimiza en el motor para todas las condiciones.

Este procedimiento se denomina control FCC

JOG: JOG o JOG OPERATION podría traducirse como operación por impulsos u operación Paso a Paso (Step by Step). Cada variador, casi cada marca y modelo ofrecen diferentes formas de JOG, algunos de ellos lo definen como "operación a baja velocidad por pulsos o impulsos".

MOP: MODBUS optimizado para radio

MPI: ("Message Passing Interface", Interfaz de Paso de Mensajes) estándar que define la sintaxis y la semántica de las funciones contenidas en una biblioteca de paso de mensajes diseñada para ser usada en programas que exploten la existencia de múltiples procesadores.

PLC: equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

PROFIBUS-DP: sistema de bus rápido y estandarizado para el nivel de campo. Está normalizado según EN 50170 y IEC 61158-3 Ed2..

VARIADOR: dispositivo que permite controlar la velocidad y el torque suministrado por un motor eléctrico a fin de adaptarlos a lo requerido para una aplicación específica.

RESUMEN

En la formación de un ingeniero, es indispensable que desde la academia se tenga algún contacto con el ambiente industrial, para garantizar un mayor grado de productividad y eficiencia en el momento de desempeñarse laboralmente. Es por esto que se proponen 6 prácticas de laboratorio con variadores de velocidad, pues estos equipos son de los mas encontrados en la industria, independientemente del proceso que se desarrolle en esta. Estas prácticas van desde la parametrización básica de los variadores, hasta la manipulación remota de los equipos, utilizando incluso protocolos de comunicación para esto.

Con estas prácticas, se busca recrear algunas de las situaciones a las que un ingeniero podría enfrentarse a la hora de trabajar con estos equipos, con lo que se obtiene una base fundamental afrontar otras situaciones que aquí no se presentan de manera explícita.

INTRODUCCIÓN

El presente documento, busca brindar herramientas, tanto a estudiantes como a profesores de la Universidad Tecnológica de Bolívar, que permita adquirir habilidades y destrezas en lo referente a variadores de velocidad, basándose en una serie de prácticas de laboratorio en base a la tecnología del Micromaster 420 de Siemens.

Inicialmente, el documento presenta una serie de generalidades y fundamentos teóricos de los elementos más relevantes de los montajes a realizar en cada una de las prácticas, como lo son motores de inducción, PLCs, VariAcs y obviamente variadores de velocidad.

Posteriormente se encuentra una descripción muy general del sistema, en la cual se presentan cada uno de los prototipos a implementar en cada una de las prácticas, y además se tiene una descripción detallada de algunos de los equipos a utilizar en el desarrollo de las prácticas.

Luego, se muestra cada una de las prácticas a desarrollar con los variadores, las cuales buscan incentivar las habilidades técnicas, investigativas y propositivas de quien las desarrolla, basándose en el seguimiento de una serie de tareas en las cuales se encuentran implícitos una serie de retos que hacen que se fomente el trabajo investigativo en equipo. Es necesario mencionar, que estas prácticas se presentan de manera muy ilustrativa y lúdica, lo cual busca garantizar la asimilación de los conceptos y el desarrollo correcto de cada una de las prácticas.

Por último, se presenta el manual de resultados y el manual de mantenimiento periódico, en los que hay información adicional que busca que con estos equipos y

prácticas se obtengan resultados óptimos en todo momento partiendo de rutinas adecuadas de mantenimiento periódico. Además, se cuenta con tres anexos que suministran información del Micromaster 420 que será útil, no solo para el desarrollo de las prácticas, sino para la realización de cualquier maniobra o proyecto con este equipo y/o con algún otro equipo similar.

1. VARIADORES DE VELOCIDAD

1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Es bien sabido, que en la industria uno de los elementos que se encuentra con mayor frecuencia son los motores. Estos, por consiguiente, son los principales consumidores de electricidad en plantas industriales.

Debido a estos dos aspectos, y además al hecho de que una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables, se hace necesaria la implementación de los variadores de velocidad como método de optimización y automatización de procesos.

Un variador de velocidad es el dispositivo que permite controlar la velocidad y el torque suministrado por un motor eléctrico a fin de adaptarlos a lo requerido para una aplicación específica.

En el caso de los motores AC, se utilizan para este fin los variadores de frecuencia, los cuales regulan la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

1.1.1 Funciones de los variadores de velocidad

Las principales funciones de estos equipos son las siguientes:

1.1.1.1. Aceleración controlada

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S».

Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

1.1.1.2. Variación de velocidad

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

1.1.1.3. Regulación de la velocidad

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado. Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia.

El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones.

1.1.1.4. Desaceleración controlada

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración.

Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

- Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.
- Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

1.1.1.5. Inversión del sentido de marcha

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

1.1.1.6. Frenado

Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este

frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

1.1.1.7. Protección integrada

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra
- las sobretensiones y las caídas de tensión
- los desequilibrios de fases
- el funcionamiento en monofásico.

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En definitiva, estos dispositivos entregan voltaje y frecuencia variable conforme a la necesidad del motor y la carga a él conectada. Para tal efecto, toma la alimentación eléctrica de la red, cual tiene voltaje y frecuencia fija, la transforma en un voltaje continuo (Rectificador más Filtro) y luego lo transforma en voltaje alterno trifásico de magnitud y frecuencia variable por medio de un Inversor. Contando sólo con esta última etapa (Inversor) es posible también alimentar estos motores a partir de un suministro de corriente continua (por ejemplo baterías). También se

puede contar con un rectificador monofásico de modo de poder alimentar un motor trifásico a partir de una fuente de alimentación monofásica.

La forma de onda del voltaje de salida en estricto rigor no es una senoide perfecta, toda vez que entregan una señal de pulso modulada a partir de una frecuencia de conmutación alta. En todo caso con los equipos actuales, donde podemos encontrar frecuencias de conmutación del orden de los 50 KHz, los contenidos de armónica son bastante bajos, por lo que agregando filtros pasivos cumplen las exigencias normativas impuestas por muchos países.

La relación frecuencia voltaje es configurada por el usuario según la aplicación, siendo las más usuales una relación lineal, cual produce un torque constante en todo el rango de velocidad, ó una relación cuadrática, la que el torque disminuye a medida que baja la velocidad.

En definitiva, conforme a la consigna de frecuencia que se le otorgue al equipo, la cual puede ser un comando en el mismo equipo o una señal externa, se entregará al motor un voltaje de magnitud según la relación V/F configurada y de frecuencia conforme a la consigna. Esto hará que el motor gire a una velocidad proporcional a la frecuencia.

1.3 MÉTODOS DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD

Ahora bien, todos los variadores de velocidad no implementan el mismo método, éste depende del fabricante del variador o de la aplicación en la que este se vaya a implementar. Entre los métodos más utilizados por los variadores existentes en el mercado se tienen los siguientes:

1.3.1 Control Escalar

De una manera simple el par entregado en el eje de un motor eléctrico asíncrono trifásico de corriente alterna es directamente proporcional a la tensión de alimentación e inversamente proporcional a la frecuencia de alimentación,

mientras que su velocidad es proporcional a la frecuencia de la tensión de alimentación

$$PAR = KV / F \quad (1)$$

donde:

K = Constante de proporcionalidad

V = Tensión de alimentación

F = Frecuencia de alimentación

Se podría por lo tanto imaginar un variador de velocidad para motores de corriente alterna funcionando bajo este principio. Por ejemplo, un convertidor de frecuencia alimentado desde la red pública, con salida trifásica de forma de poder seleccionar la frecuencia de salida desde 0 a 60 Hz a fin de establecer la velocidad del motor y la tensión de salida proporcional a la frecuencia seleccionada (ley V/F) a fin de disponer par constante e igual a la nominal en el eje de motor para cualquier velocidad de operación.

A frecuencia nominal de salida, la tensión de salida sería la nominal del motor.

En un variador construido bajo este principio los ensayos demostrarían un excelente comportamiento en el control de la velocidad y torque desde frecuencia nominal hasta el 5% de la velocidad nominal (aproximadamente unas 75 RPM para un motor de 4 polos en una red de 50 HZ).

En menores velocidades disminuye ostensiblemente la capacidad de disponer del par nominal, no pudiendo asegurarse el comportamiento en torque debido a que K deja de ser constante en ese rango de velocidad. A fin de permitir el arranque del sistema se permite en esta tecnología de variadores el refuerzo de la tensión de salida desde 0 al 5% de la frecuencia nominal, asegurando disponer del torque necesario. Este valor de refuerzo de tensión es empírico y deberá ajustarse caso por caso en aquellas instalaciones que requieran disponer de torques importantes

en baja velocidad. Una vez superado el umbral de velocidad el variador controla el motor erogando, de ser necesario, el torque nominal.¹

1.3.2 Control Vectorial de Lazo Abierto (Open Loop)

Imaginando un motor eléctrico con un rotor compuesto por un imán asociado, montado solidario al eje del rotor, de forma que al acercarse otro imán (construido por el variador a través del bobinado de estator) la repulsión entre ambos imanes genera el movimiento del eje se comprendería inmediatamente que el imán construido a través del estator deberá en todo momento tener la posición y la magnitud adecuadas para asegurar la rotación correcta del motor en cualquier estado de carga.

La forma de construir ese imán de estator, por así denominarlo, es a través de crear un vector de flujo magnético en el entrehierro del motor o sea que el circuito de salida del variador debe generar en todo instante una onda de salida en tensión y frecuencia para dicho fin.

El proceso se conoce como modulación vectorial de etapa de salida del variador, a partir de cálculos realizados en la etapa de control microprocesada del variador.

Dichos cálculos consisten, entre otros, en determinar la posición del rotor del motor (posición teórica del imán de rotor) y de la magnitud de su flujo a partir de medir las corrientes en el motor y de conocer datos característicos del motor utilizados.

Estos últimos son incorporados por el operador al cargar los datos del motor requeridos durante el setup del variador en la puesta en marcha y por un proceso de autotuning o auto sintonía del motor realizada automáticamente por el variador.

Debe reflexionarse sobre el hecho de que al cargar valores característicos del motor (velocidad, coseno ϕ , tensión, etc.) en realidad estamos informando al

¹ Euro Techniques, Variación de velocidad, p. 2

variador los valores que serán utilizados en los algoritmos de control. Valores inexactos o supuestos incorrectos pueden ocasionar un funcionamiento pobre del variador como por ejemplo una mala respuesta dinámica.

Por este método utilizando los microprocesadores Standard de la industria se logra un excelente control del torque desde la velocidad nominal del motor hasta una velocidad de aproximadamente el 1% de dicha nominal.

Visto de otra manera el proceso de control consiste en compensar las alinealidades de K (formula de par) para cada estado de la aplicación.

Este variador que realiza el cálculo del vector de flujo necesario para el motor fue denominado de Control Vectorial. Por antinomia los variadores que lo precedieron pasaron a denominarse como Escalares por no utilizar el control vectorial.²

1.3.3 Control Vectorial de Lazo Cerrado (Close Loop)

Existen diversas aplicaciones que requieren erogar el Torque nominal con el motor detenido, por ejemplo aplicaciones en medios de transporte vertical como grúas y ascensores, también otros dispositivos industriales como ser bobinadores, debobinadores, tractores de material, etc.

Dadas las alinealidades del motor asincrónico cuando gira a baja velocidad, la realización de los cálculos vectoriales consiste en el uso de microprocesadores de mayor capacidad de cálculo y software más complejo. En el estado de arte actual es aun más económico realizar la medición de la posición del rotor en lugar de calcularla a través de algoritmos en el microprocesador.

Por lo tanto para control del torque en toda la gama de velocidad (aun detenido) los variadores incorporan la medición, a través de un transductor, de la posición del rotor. Los elementos más comunes utilizados actualmente, debido a su costo y simplicidad, son los encoders incrementales.

² Ibíd. p. 3

La inclusión del dispositivo de medición o realimentación de la posición del rotor genera un lazo cerrado de control de la velocidad y el torque del motor que dio su nombre característico a esta tecnología de variadores.

Este método de variación de velocidad ha evolucionado hasta el punto que en los últimos años han surgido variadores de velocidad que proporcionan máximo torque desde 0 RPM sin necesidad de utilizar encoders (es decir sin cerrar el lazo), esta tecnología ha recibido el nombre de control directo de torque (DTC³)

1.4 PRINCIPALES APLICACIONES INDUSTRIALES

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

Transportadoras: Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.

Bombas y ventiladores centrífugos: Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

Bombas de desplazamiento positivo: Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

Ascensores y elevadores: Para arranque y parada suaves manteniendo el par del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.

Extrusoras: Se obtiene una gran variación de velocidades y control total del par del motor.

³ Nombre dado a esta tecnología por ABB, pioneros en la misma.

Centrífugas: Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.

Prensas mecánicas y balancines: Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

Máquinas textiles: Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo aleatorio (random) para conseguir telas especiales.

Compresores de aire: Se obtienen arranques suaves con máximo par y menor consumo de energía en el arranque.

Pozos petrolíferos: Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

En resumidas cuentas, el uso de variadores de velocidad en una aplicación industrial supone las siguientes ventajas:

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.

- Puede controlarse directamente a través de un autómeta o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc.).

De igual manera, supone algunas desventajas que son:

- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

Las cuales, en comparación con la gran cantidad de ventajas ya planteadas, no suponen un limitante para la aplicación de los mismos si se requiere.

1.5 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS

1.5.1 Serie Micromaster de Siemens

La serie MICROMASTER es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos, Ver (Fig. 1).

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El MICROMASTER

puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.⁴

Figura 1. Serie Micromaster de Siemens.



Fuente: www.Sea.siemens.com

1.5.2 Variadores ABB

ABB ha diseñado un extenso portafolio de variadores de velocidad, los cuales se encuentran disponibles en sus oficina de venta y a través partners en todo el mundo. Las aplicaciones en las que los variadores son utilizados varían ampliamente según los requerimientos de control y las condiciones ambientales.

ABB ofrece un amplio rango de soluciones específicas para cada aplicación, las cuales van desde ventiladores, bombas y compresores hasta aplicaciones con maquinaria pesada y aplicaciones militares.

La última tendencia de variadores de velocidad ABB incluye los variadores con tecnología DTC (Direct Torque Control – Control Directo de torque), la cual es un control optimizado de variadores AC en el cual se varía directamente el torque del motor, lo cual garantiza que se puede obtener máximo torque desde 0 R.P.M. (muy similar a lo que realizan los variadores de velocidad para motores DC).

⁴ Siemens Micromaster 420 0.12 kW – 11 kW. Instrucciones de uso. Edición 04/02, p. 18

1.5.3 Variadores YASKAWA

Yaskawa ofrece una de las líneas más confiables de variadores de frecuencia en la industria con rangos de potencia en baja tensión desde 0.125 hp hasta 1800 hp y media tensión hasta 6000 kva. Equipos de gama para propósito general hasta aplicaciones de control de flujo vectorial real.⁵

Sus series más representativas son la serie V7 y la V1000.

1.5.4 Variadores EUROTHERM

EUROTHERM posee una amplia gama de accionamientos para el control de velocidad de motores de CA con **potencias de salida entre 0,18 kW/0,25 CV hasta 1.300 kW/1.500 CV.**

Una gama completa que incluye distintos modelos capaces de ser empleados tanto en aplicaciones sencillas como en soluciones de sistemas complejos donde se requieren una alta precisión y una respuesta dinámica elevada.

Están disponibles modos de control, como V/Hz, vectorial bucle abierto y vectorial bucle cerrado.

Se ofrece un gran número de interfaces de buses de campo además de funciones de programación interna tipo PLC para la integración de sistemas. Para aplicaciones regenerativas, disponemos de equipos que pueden actuar como regeneradores directos a red (AFE), y todos los modelos se equipan de serie con un lazo de control PID interno para aplicaciones de control automático de caudal, presión y nivel.⁶

⁵ <http://www.variadores.com.co/>

⁶ <http://www.eurotherm.es/products/drives/>

2. MOTORES AC

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Cuando se estudian los motores AC, es necesario tener en cuenta que estos pueden ser de dos tipos: por un lado se tienen los motores síncronos, los cuales son convertidores electromecánicos de energía con una pieza giratoria denominada rotor o campo, cuya bobina se excita mediante la inyección de una corriente continua, y una pieza fija denominada estator o armadura por cuyas bobinas circula corriente alterna⁷; por otro lado se encuentra el motor de inducción, en el cual el voltaje del rotor (que produce la corriente y el campo magnético del rotor) es inducido en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente conectados a través de alambres. La característica distinta de un motor de inducción es que no se requiere corriente de campo DC para operar la máquina⁸.

Este último tipo de motores es el que se tendrá en cuenta, pues estos son los utilizados a la hora de trabajar con variadores de velocidad.

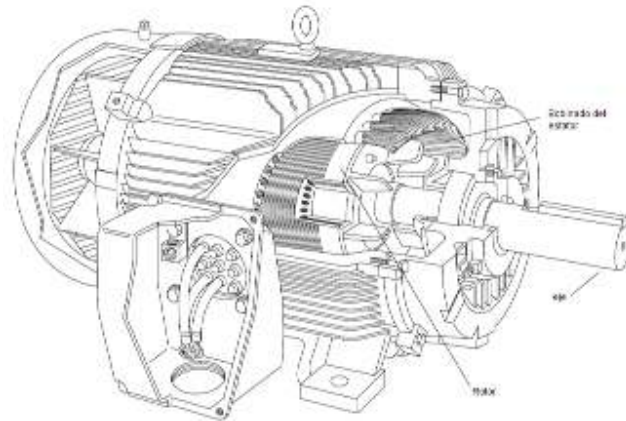
2.1.1 Estructura

Un motor de inducción consta principalmente de dos partes: un estator y un rotor. Ver (Fig. 2).

⁷ ALLER, José Manuel MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS: Introducción a la Teoría General UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR Departamento de Conversión y Transporte de Energía p. 193

⁸ CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2005. p. 387

Figura 2. Estructura del motor de inducción.



Fuente: Siemens Technical Education Program. Basics of AC Drives

2.1.1.1 Estator

Esta es la parte inmóvil del motor. Es un cuerpo de acero moldeado o de alguna aleación ligera que contiene placas delgadas de acero y silicio. Las placas, están aisladas unas de otras por óxido o por un barniz aislante. Esta parte del motor se hace de manera laminada para reducir pérdidas por histéresis y corrientes de eddy. Las placas continen muescas para los bobinados del estator, los cuales serán los encargados de producir el campo de rotación. Cada bobinado está compuesto de muchas bobinas. La manera como están unidas las bobinas determinan el número de polos en el motor y, por lo tanto, la velocidad de rotación.⁹

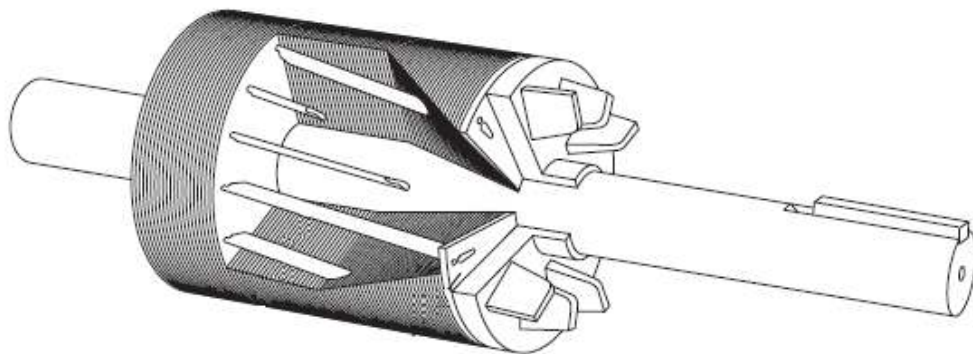
2.1.1.2 Rotor

Hay dos tipos de rotores que pueden disponerse dentro del estator del motor de inducción. Uno de ellos se llama rotor jaula de ardilla y el otro rotor devanado. El **rotor jaula de ardilla** (Fig. 3), consiste en una serie de barras conductoras

⁹ SCHNEIDER, automation solution guide. 2007. P.34

dispuestas entre ranuras labradas en la cara del rotor y cortocircuitadas en cada extremo por anillos de corocircuitado. Este rotor recibe ese nombre debido a que los conductores examinados en su diseño se parecen a los de las ruedas de ejercicio de las ardillas o los hamsters.

Figura 3. Rotor jaula de ardilla.



Fuente: Siemens Technical Education Program. Basics of AC Drives

El otro tipo de rotor es el devanado. Este tiene un grupo completo de devanados trifásicos que son las imágenes especulares de los devanados del estator. Las fases de los devanados del rotor están conectadas usualmente en Y, y los extremos de los tres alambres del rotor están unidos a anillos rozantes dispuestos sobre el eje del rotor. Los devanados del rotor están cortocircuitados a través de escobillas montadas en los anillos rozantes. En los motores de inducción de rotor devanado, sus corrientes rotóricas son accesibles a las escobillas del estator, donde pueden ser examinadas y donde se puede insertar resistencia extra al circuito del rotor. Es posible obtener ventaka de este hecho para modificar la característica par-velocidad del motor.¹⁰

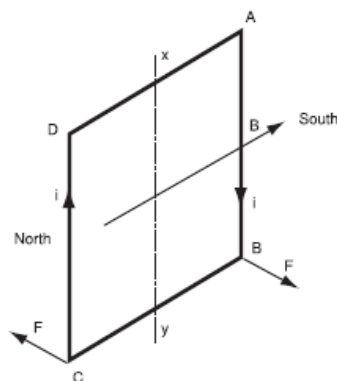
¹⁰ CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2005. p. 390

2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El principio de operación de un motor de inducción supone la creación de una corriente inducida en un conductor cuando esta última se cruza con las líneas de fuerza en un campo magnético, de aquí el nombre de motor de inducción. La acción combinada de la corriente inducida y el campo magnético ejerce una fuerza que impulsa el rotor del motor.

Tomando un anillo metálico ABCD en un campo magnético B , girando en torno al eje xy (Fig. 4), se puede apreciar lo siguiente: si, por un momento, se direcciona el flujo magnético en sentido de las manecillas del reloj, el anillo experimenta un flujo variable y se produce una fuerza electromotriz inducida, la cual genera una corriente inducida (ley de Faraday).

Figura 4. Corriente inducida generada en un anillo metálico.



Fuente: Automation solution guide schneider-electric.com

Según la ley de Lenz, las corrientes inducidas serán de un sentido tal que se opongan a la variación del flujo magnético que las produjo. Cada conductor está sujeto a una fuerza de Lorentz F en dirección opuesta a su propio movimiento en relación al campo inducido.

Una manera fácil de definir la dirección de la fuerza F para cada conductor es usar la regla de la mano derecha (Fig. 5).

Figura 5. Regla de la mano derecha.



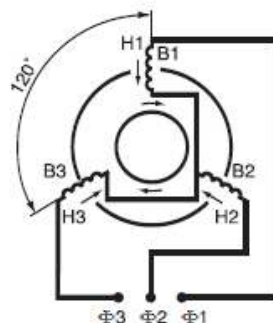
Fuente: Automation solution guide schneider-electric.com

Por lo tanto, el anillo se encuentra sujeto a un par, el cual hace que este gire en la misma dirección del campo inducido, denominado campo de giro. El anillo gira y el par electromotriz resultante equilibra el par de carga.

2.2.1 Generación del campo de giro

Tres devanados, separados geoméricamente por un ángulo de 120°, son alimentados cada uno por una de las tres fases de la red AC 3 Φ (Fig. 6).

Figura 6. Principio del motor de inducción trifásico.



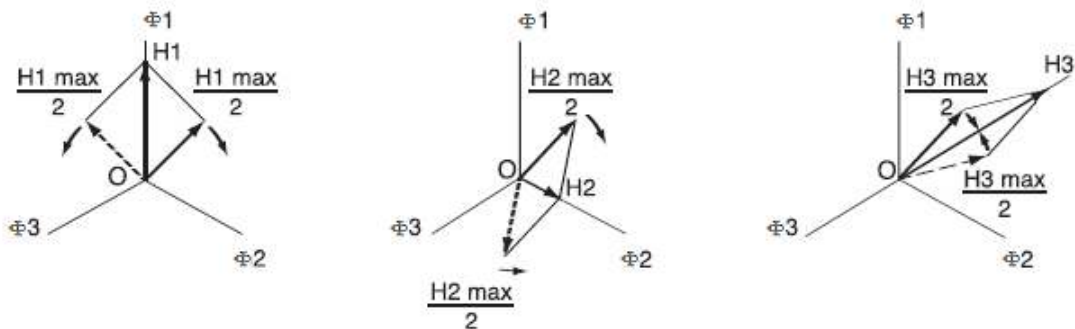
Fuente: Automation solution guide schneider-electric.com

Los devanados son atravesados por corrientes AC con el mismo cambio de fase eléctrica, cada una de las cuales ocasiona campo magnético en forma de onda alterna seno. Este campo, que siempre sigue el mismo eje, hace que en cada pico se origine un pico de corriente en el devanado.

El campo generado en cada devanado es el resultado de dos campos rotando en direcciones opuestas, en donde cada uno de ellos posee un valor constante, el cual es la mitad del pico del campo.

En cualquier instante en el periodo, el campo producido por cada devanado puede ser representado de la siguiente manera (Fig. 7):

Figura 7. Campos generados por las tres fases.



Fuente: Automation solution guide schneider-electric.com

- El campo H1 decrece. Ambos campos en él tienden a alejarse del eje OH1.
- El campo H2 incrementa. Ambos campos en él tienden a acercarse al eje OH2.
- El campo H3 incrementa. Ambos campos en él tienden a acercarse al eje OH3.

El flujo correspondiente a la fase 3 es negativo. Por lo tanto, el campo se mueve en dirección opuesta a la bobina.

Si se superponen los tres diagramas se puede apreciar que:

- Los tres campos que giran en sentido contrario a las manecillas del reloj se encuentran a 120° , por lo que se cancelan unos a otros.
- Los tres campos que giran en sentido de las manecillas del reloj, están superpuestos y se combinan para formar el campo eléctrico con amplitud constante $3H_{max}/2$. Este es el campo con un par de polos.
- Este campo completa una vuelta durante un periodo de la fuente de alimentación. Su velocidad depende de la frecuencia principal y el número de pares de polos. Esto es lo que se conoce como velocidad sincrónica.¹¹

2.2.2 Deslizamiento

El voltaje inducido en la barra del rotor de un motor de inducción depende de la velocidad del rotor con respecto a los campos magnéticos. Puesto que el comportamiento de un motor de inducción depende del voltaje y la corriente del rotor, con frecuencia es más lógico hablar de su velocidad relativa. En general se utilizan dos términos para definir el movimiento relativo entre el rotor y los campos magnéticos. Uno de ellos es la velocidad de deslizamiento, definida como la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad del rotor:

$$n_{des} = n_{sinc} - n_m \quad (2)$$

donde:

n_{des} = velocidad de deslizamiento de la máquina

n_{sinc} = velocidad de sincronismo

n_m = velocidad mecánica de ejes del motor

¹¹ SCHNEIDER, automation solution guide. 2007. P.36

El otro término utilizado para describir el movimiento relativo es el deslizamiento, el cual es la velocidad relativa expresada como una fracción de la unidad o un porcentaje. Este está definido como:

$$s = \frac{n_{des}}{n_{sinc}} (100\%) = \frac{n_{sinc} - n_m}{n_{sinc}} (100\%) \quad (3)$$

Se aprecia que si el rotor gira a la velocidad sincrónica, $s=0$, mientras que si el rotor está estacionario, $s=1$. Todas las velocidades normales de los motores caen dentro de estos dos límites.¹²

2.3 APLICACIONES INDUSTRIALES

Los motores de inducción son de los más utilizados a nivel industrial, pues, como es sabido, el movimiento es un factor determinante en cualquier actividad industrial.

Aunque inicialmente eran utilizados solo en aplicaciones en las que se trabajaba a velocidad constante, con la aparición de las técnicas de variación de velocidad han logrado reemplazar a los motores DC en las aplicaciones en las que requiere trabaja con velocidad variable.

Aunque son infinitas las aplicaciones, a continuación se mencionarán algunas de ellas:

Grúas y malacates: El motor de corriente continua excitador en serie es el que mejor se adapta a grúas y malacates. Cuando la carga es pesada, el motor reduce su velocidad en forma automática y desarrolla un momento de torsión creciente, con el cual se reducen las cargas picos en el sistema eléctrico. Con cargas ligeras, la velocidad aumenta con rapidez, con el cual se logra una grúa que trabaja con más rapidez. El motor en serie también está bien adaptado para impulsar el

¹² CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2005. p. 398

punte de las grúas viajeras y también al carro que se mueva a lo largo del puente. Cuando solo se dispone de corriente alterna y no resulta económico convertirla, el motor de inducción del tipo de anillo deslizante, con control de resistencia externa, es el mejor tipo de motor de corriente alterna. También se utilizan motores de jaula de ardilla con anillos extremos de alta resistencia, para producir un elevado momento de torsión al arranque (Motores clase D).

Aplicaciones de los momentos de torsión constante: Las bombas de pistón, molinos, extrusores y batidoras pueden requerir un momento de torsión constante en toda su variedad de velocidad. Estas requieren un motor de inducción jaula de ardilla, diseño clase C o D que tienen un alto momento de torsión de arranque, para alcanzar su velocidad nominal. Cuando debe variarse la velocidad estando ya en movimiento el motor, puede usarse un motor de corriente continua de voltaje de armadura variable o un motor de inducción jaula de ardilla de frecuencia variable.

Bombas centrífugas: El bajo momento de inercia y el bajo momento de torsión de arranque hacen que los motores jaula de ardilla diseño B de propósito general sean los preferidos para esta aplicación. Cuando se requieren un flujo variable, el uso de una fuente de potencia de frecuencia variable para variar la velocidad del motor, será favorable desde el punto de vista de la energía respecto al cambio de flujo por cierre de la válvula de control con el fin de incrementar la carga.

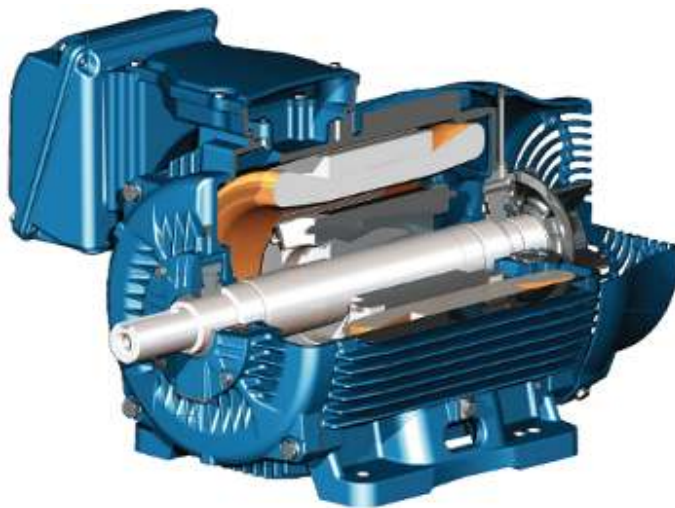
Ventiladores centrífugos: Un momento de inercia alto requiere un motor de caja de ardilla diseño C o D de alto momento de torsión de arranque para que el ventilador adquiera su velocidad de trabajo en un periodo razonable de tiempo.

2.4 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS

2.4.1 Motores WEG

Los motores WEG se encuentran en el mercado desde el año 1961 y a la fecha es una de las marcas de motores eléctricos de mayor reconocimiento. Actualmente, WEG es el líder de mercado de motores eléctricos en América Latina y figura entre los cinco mayores fabricantes del mundo, WEG exporta para más de 100 países y cuenta con filiales y asistencia técnica en los cinco continentes. Actualmente, la serie más difundida de motores WEG es la W22 (Fig. 8), pues se trata de un motor de alto rendimiento y bajo consumo.

Figura 8. Motor WEG de la serie W22.



Fuente: www.weg.net

2.4.2 Motores SIEMENS

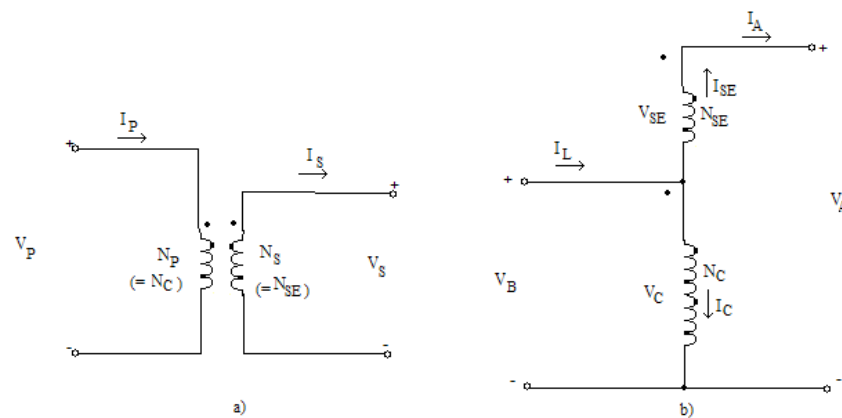
Cada motor Siemens (Fig. 9) es una combinación de características y materiales cuidadosamente seleccionados para proporcionar un motor confiable, eficiente y durable. Cada componente es un ejemplo de excelente diseño, mano de obra calificada y valor agregado: cojinetes antifricción de alta capacidad, rotor balanceado dinámicamente, bobinados de cobre, aislamiento superior, etc.

3. VARIAC

3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En ciertas situaciones para una determinada aplicación es necesario cambiar los niveles de voltaje de alimentación de un dispositivo eléctrico en pequeñas cantidades, por ejemplo aumentar de 110V a 115V o de 210V a 220V, estos aumentos son necesarios a causa de una caída de tensión en un sistema de potencia o en una baja de tensión de la red. En estas situaciones es demasiado costoso y una pérdida de tiempo elaborar un transformador dimensionado para que del voltaje necesitado por el dispositivo eléctrico para su buen funcionamiento. En su lugar se colocaría un transformador especial llamado autotransformador. En la figura 11a se muestra el diagrama de un transformador convencional y en la figura 11b el diagrama de un autotransformador elevador donde se muestra el primer devanado conectado en forma aditiva al segundo, donde la relación del voltaje del primario con el secundario está dada por la relación de vueltas del transformador. El voltaje en la salida del autotransformador es la suma del voltaje del primer devanado llamado común porque aparece en ambos lados y el voltaje del segundo devanado llamado devanado en serie porque está conectado en serie con el devanado común.

Figura 11. a) Un transformador convencional b) devanados reconectados como un autotransformador



3.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

En la figura 11b mostrada anteriormente los voltajes y las corrientes en las bobinas están relacionados mediante las ecuaciones

$$\frac{V_C}{V_{SE}} = \frac{N_C}{N_{SE}} \quad (3.1)$$

$$N_C I_C = N_{SE} I_{SE} \quad (3.2)$$

Los voltajes en las bobinas están relacionados con los términos mediante las ecuaciones

$$V_A = V_C \quad (3.3)$$

$$V_A = V_C + V_{SE} \quad (3.4)$$

Y las corrientes en las bobinas están relacionadas con las corrientes en los terminales mediante las ecuaciones

$$I_B = I_C + I_{SE} \quad (3.5)$$

$$I_A = I_{SE} \quad (3.6)$$

Pero $\frac{V_C}{V_{SE}} = \frac{N_C}{N_{SE}}$, entonces de ec. 3.4

$$V_A = V_C + \frac{N_{SE}}{N_C} V_C \quad (3.7)$$

Finalmente, teniendo en cuenta que $V_B = V_C$, se tiene

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{N_C}{N_{SE} + N_C} \quad (3.8)$$

Se puede encontrar la relación de corrientes de ambos lados del transformador teniendo en cuenta que

$$I_B = I_C + I_{SE} \quad (3.5)$$

De la ec. (3.2), $I_C = \frac{N_{SE}}{N_C} I_{SE}$, entonces

$$I_B = \frac{N_{SE}}{N_C} I_{SE} + I_{SE} \quad (3.9)$$

Finalmente, tomando en cuenta que $I_A = I_{SE}$, se llega a

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{N_{SE} + N_C}{N_C} \quad (3.9)$$

De este mismo principio se basan los VariAc que son transformadores variables, donde la toma de bajo voltaje se mueve hacia arriba y hacia abajo en el devanado, que es una manera muy conveniente de obtener un voltaje de ca variable.

3.3 APLICACIONES INDUSTRIALES

Muchos departamentos de servicios electrónicos emplean un VariAc para probar equipos a bajo y alto voltaje de su funcionamiento para probar su comportamiento a cambios de tensiones.

Los departamentos de ingeniería utilizan a menudo los VariAc para verificar los diseños de nuevos productos para asegurarse si operan con variaciones de tensión en la entrada.

Son utilizados en el control de la velocidad de motores industriales.

El VariAc en el taller de reparaciones, está el de permitir la prueba de fuentes conmutadas, para verificar su buen funcionamiento, después de la reparación. Con el VariAc, en muchas fuentes computadas se pueden realizar pruebas aumentando gradualmente el voltaje que se le aplica, mientras se monitorea al mismo tiempo, su actividad y voltajes que entrega la fuente. Esto permite detectar si hay alguna anomalía en el funcionamiento de la fuente, antes de que se alcancen niveles que destruirían los componentes principales.

3.4 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS

3.4.1 Variac El Toroide

Los autotransformadores variables El Toroide (Fig. 12) se fabrican en una diversidad de modelos cubriendo un amplio espectro de necesidades; en un rango de corrientes de carga desde 0,5 hasta 35 Amper, y tensiones desde 110 hasta 480 Volt. Los modelos pueden proveerse en gabinete para uso sobre mesa o bien para montaje en panel. Todos los equipos están disponibles para modelos monofásicos, bifásicos y trifásicos.

Figura 12. Variac El Toroide.



Fuente: www.eltoroide.com.ar

3.4.2 Variac CROVISA

COVISA (Fig. 13) Dispone de una amplia gama de autotransformadores variables tanto monofásicos, dobles como trifásicos, de regulación manual o motorizada. La construcción estándar es para montaje en cuadro pero bajo demanda podemos realizar para sobremesa o en caja con voltímetro y/o amperímetro.

Características generales

- Fabricados con un elevado número de espiras por voltio, lo que permite regular valores de tensión muy precisos.
- El encapsulado en resina epoxy mejora la disipación de calor, evitando que éste se concentre en el punto de contacto de la escobilla.
- Incremento de temperatura sobre ambiente es inferior a 60°C
- Control del 100% de los variadores

Figura 13. Variac Crovisa.



Fuente: www.crovisa.com

3.4.3 VariAC POWERTRONIC

POWERTRONIC fabrica VariAC que cumplen con las siguientes características:

- Eficiente
- Durable
- Capaz de soportar sobrecarga
- Amplio rango de entrada

- No produce distorsión armónica
- No permite interferencia con otros equipos
- Fácil reemplazo del carbón selector

4. PLC

4.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Un Controlador lógico programable (PLC) es el nombre dado a una clase de computador generalmente usado en aplicaciones de control en la industria y el comercio. Los PLC se diferencian de los computadores de escritorio por los tipos de tareas que realizan y el hardware y software que requieren para realizar esas tareas.

Si bien es cierto que las aplicaciones específicas varían ampliamente, todos los PLC monitorean entradas y los valores de otras variables para tomar decisiones basadas en un programa almacenado en este, las cuales permiten controlar salidas para automatizar procesos y máquinas.

4.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Los elementos básicos de un PLC incluyen módulos de entrada, una unidad central de procesamiento (CPU), módulos de salida y un dispositivo de programación. El tipo de módulos de entrada usados por un PLC, dependen del tipo de dispositivos de entrada utilizados en la aplicación. Algunos módulos de entrada responden a entradas digitales, las cuales están encendidas o apagadas. Otros módulos de entrada responden a señales análogas. Estas representan condiciones en máquinas o procesos como un rango de valores de voltaje o corriente. La función principal de las entradas del PLC es convertir la señal obtenida en el proceso en señales lógicas que pueden ser usadas por la CPU.

La CPU evalúa el estado de entradas, salidas y otras variables mientras ejecuta el programa almacenado. Luego la CPU envía señales para actualizar el estado de las salidas. Los módulos de salida convierten las señales de control de la CPU en valores digitales o análogos que pueden ser usados por dispositivos de salida para el control de procesos.

El dispositivo de programación es utilizado para ingresar o modificar el programa del PLC o para monitorear o cambiar valores almacenados. Una vez ingresado, el programa y las variables asociadas son almacenados en la CPU.

Además de estos elementos básicos, un sistema basado en PLC puede incorporar una interfaz con el operador para simplificar el monitoreo de la máquina o el proceso.¹³

4.3 MARCAS Y PROTOTIPOS MÁS UTILIZADOS

4.3.1 PLC Simatic de Siemens

Los PLC SIMATIC de Siemens (Fig. 14) surgieron con la creación del concepto de **automatización total integrada** (TIA – Totally integrated automation) que es la filosofía en la que el departamento de automatización de Siemens se basa actualmente.

Debido a que las necesidades de los usuarios finales y fabricantes de máquinas varían ampliamente, los PLC Siemens están disponibles como controladores modulares embebidos o como controladores basados en computador. Dentro de los PLC más utilizados de Siemens en la actualidad, se tienen los de la serie S7, los cuales además de ser muy sencillos de programar y utilizar, cumplen satisfactoriamente las necesidades de la industria actual.

Figura 14. PLC Simatic S7-300 de Siemens.



Fuente: Imagen tomada del PLC S7-300 del laboratorio de control

¹³ SIEMENS, Technical Education Program – STEP. Basic of PLC. 2009. p. 4.

4.3.2 PLC Omron

Los controladores lógicos programables OMRON (Fig. 15), junto con el software de soporte de fácil uso, son la herramienta ideal para desarrollar desde aplicaciones con equipos a pequeña escala hasta automatización de líneas enteras de producción. Entre las series más representativas se encuentran la SYSMAC CJ1 y CS1.

Figura 15. PLC OMRON de la serie SYSMAC C20K.



Fuente: <http://industrial.omron.es>

4.3.3 PLC Telemecanique

PLC ampliamente utilizado a nivel industrial, sobre todo en la industria europea. Suministra desde soluciones para pequeños proyectos de nivel académico o de gama baja (PLC Twido) (Fig. 16) hasta PLC de alto desempeño (MODICON premium).

Figura 16. PLC Twido de Telemecanique.



Fuente: <http://www.us.telemecanique.com>

4.3.4 PLC B&R

Los controladores de la generación B&R system 2000, son los sistemas de automatización que brindan los nuevos estándares de desarrollo, funcionalidad y operatividad segura.

Los sistemas B&R 2003, B&R 2005 (Fig. 17) y B&R 2010 cubren completamente el rango de aplicaciones desde la lógica simple hasta los sistemas complejos, descentralizados, distribuidos y totalmente automáticos. Cada sistema difiere de los otros en su estructura, ensamblaje, modularidad y desempeño de la CPU. Pese a estas diferencias, la configuración de todos ellos (programación) es prácticamente igual.

Figura 17. PLC B&R



Fuente: www.br-automation.com

4.3.5 PLC ABB

Los sistemas de control y productos del portafolio de ABB van desde los controladores lógicos programables (PLC) (Fig. 18) más básicos, pasando por los pequeños y grandes sistemas de control distribuido (DTC) y sistemas instrumentados de seguridad (SIS), hasta procesos colaborativos de

automatización; con lo que se garantiza un amplio cubrimiento de las posibles necesidades que se pueden llegar a presentar en la industria.

Figura 18. PLC ABB AC500.



Fuente: www.abb.com

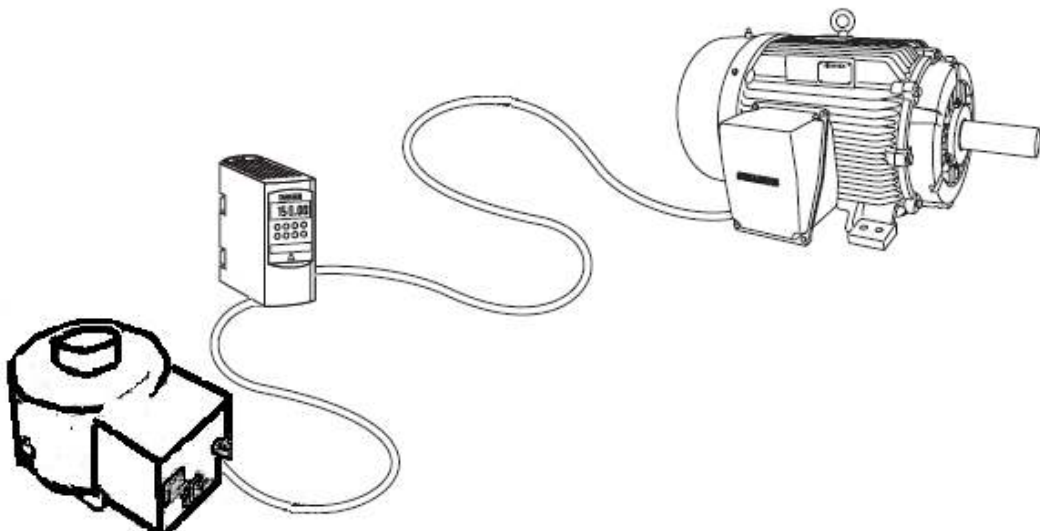
5. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Debido a que lo que se desea desarrollar con estos equipos son distintas prácticas de laboratorio, no se cuenta con un prototipo único, sino que en la medida que se desarrollen los distintos procedimientos será necesario realizar los montajes necesarios para poder llevarlas a cabo.

Aunque todas las prácticas tienen algunos elementos en común, no todos los que se describirán posteriormente serán utilizados en todas las prácticas. A continuación se presentan las distintas configuraciones que se deben realizar para el desarrollo de las prácticas:

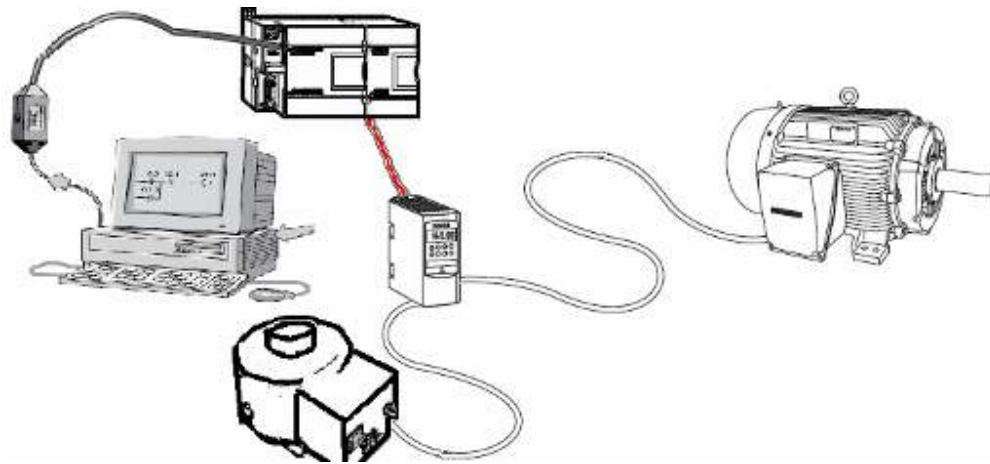
En la primera práctica (puesta en servicio rápida), solo será necesario utilizar el variador de velocidad, el motor y el variAC para alimentación del equipo, pues en esta prácticas la puesta en marcha se realizará directamente desde el variador (ver Fig. 19)

Figura 19. Configuración para la primera práctica.



Ahora bien, en las practicas siguientes, se hará necesario la utilización del PLC para la puesta en servicio del variador, por ende la configuración del prototipo varía con respecta a la mostrada anteriormente, obteniéndose para este caso la configuración mostrada en la Fig. 20.

Figura 20. Configuración para las prácticas posteriores.



Es necesario tener en cuenta, que este es un esquema genérico, pues la interfaz entre el variador y el PLC no siempre será la misma; esta varía según la practica que se esté desarrollando, así:

- En la práctica 2 (Uso de entradas digitales como fuente de órdenes) las salidas digitales del PLC se conectarán a las entradas digitales del variador de velocidad.
- En la práctica 3 (Uso de entrada y salida análoga), una de las salidas digitales del PLC se conectará a una de las entradas digitales del variador y al mismo tiempo una salida análoga del PLC se conectará a la entrada análoga del variador.
- En las siguientes prácticas, se establecerá comunicación serial entre el variador y el PLC.

De esta manera se obtienen diferentes interfaces entre el PLC y el variador según la práctica a desarrollar.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación se describen brevemente los equipos específicos más relevantes a implementar en el desarrollo de las prácticas:

5.1.1 Descripción del variador MM420

Estas prácticas, giran en torno al variador de velocidad Siemens de la serie MICROMASTER modelo 420 (ver figura 21), el cual es un variador de velocidad para motores AC de baja potencia.

Figura 21. Variador de velocidad MM420



Fuente: www.automation.siemens.com

La serie MICROMASTER 420 (MM420) es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11 kW.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El MICROMASTER 420 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.¹⁴

5.1.1.1 Características generales

Las características generales que presenta este equipo son las siguientes:

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Puede funcionar en alimentación de línea IT.
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Conexión sencilla de cables.
- 1 relé de salida.
- 1 salida analógica (0 – 20 mA).
- 3 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables.

¹⁴ Siemens Micromaster 420 0.12 kW – 11 kW. Instrucciones de uso. Edición 04/02, p. 18

- 1 entrada analógica, ADC: 0 – 10 V (la entrada analógica se puede utilizar como cuarta entrada digital).
- Tecnología BICO.
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.¹⁵

5.1.1.2 Especificaciones técnicas

Asimismo, es necesario conocer las características técnicas del equipo, pues sin estas se podría ocasionar avería al equipo al momento de la implementación del mismo; las más relevantes se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas del MM420¹⁶

| Característica | Especificación |
|--|--|
| Tensión de red en servicio y márgenes de potencia. | 1 AC 200V a 240V±10% 0.12kW-3.0kW (0.16hp-4hp) 3 AC 200V a 240V±10% 0.12kW-5.5kW (0.16hp-7.5hp) 3 AC 380V a 480V±10% 0.12kW-3.0kW (0.16hp-4hp) |
| Frecuencia de entrada | 47Hz a 63Hz |
| Frecuencia de salida | 0Hz a 650Hz |
| Factor de potencia | ≥0.7 |
| Rendimiento del convertidor | 96% a 97% |
| Método de control | Control V/f lineal; control V/f lineal con flux Current Control (FFC); U control V/f cuadrático; Control V/f multipunto |
| Entradas digitales | 3, parametrizable (libre de potencia), conmutables entre activa con high/activa con low (PNP/NPN) |

¹⁵ *Ibíd.*, p. 19

¹⁶ *Ibíd.*, p. 184

Tabla 1. (Continuación)

| | |
|-------------------|--|
| Entrada analógica | 1, para valor de de consigna o entrada PI (0V a 10V, escalable o utilizable como 4ª entrada digital) |
| Salida de relé | 1, parametrizable DC 30V/5A (carga resistiva), AC 250V/2A (carga inductiva). |
| Salida analógica | 1, parametrizable (0mA a 20mA) |
| Interfaz serie | RS-485, opción RS-232 |
| Frenado | Frenado por inyección de c. c., frenado combinado. |

5.2 DESCRIPCIÓN DEL PLC S7-200

Otra consideración que es necesario tener en cuenta, es que en muchas de las prácticas a desarrollar se hará necesaria la utilización de un PLC, el cual, al igual que los variadores de velocidad, es un equipo ampliamente utilizado a nivel industrial en lo que a automatización respecta.

En este caso, el PLC a utilizar es el S7-200 de la serie Simatic de Siemens, el cual, a pesar de ser un PLC de gama baja, cumple perfectamente las exigencias de las prácticas a desarrollar.

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas.

El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes. Gracias a su diseño compacto, su configuración flexible y su amplio juego de operaciones, el S7-200

es especialmente apropiado para solucionar numerosas tareas de automatización.¹⁷

El S7-200, es un PLC de tipo modular, lo cual quiere decir que quien lo utiliza puede adquirir únicamente los módulos que necesita para la aplicación que desea desarrollar. Por esto, a continuación solo se describirán los módulos que se utilizarán en el desarrollo de las prácticas de laboratorio descritas en este documento.

5.2.1 CPU

En primer lugar, la CPU S7-200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC¹⁸ (ver figura 22).

Figura 22. CPU del S7-200



Fuente: www.automation.siemens.com

Ahora bien, según las necesidades del usuario, este puede elegir entre los distintos tipos de CPU de la serie; en el presente caso se elige la CPU 224, la cual

¹⁷ Siemens SIMATIC Manual del sistema de automatización S7-200, Edición 09/2007, p. iii

¹⁸ *Ibíd.*, p. 2

es la gama más completa con la que cuenta la universidad tecnológica de bolívar en estos momentos para el S7-200. Las especificaciones técnicas de esta se presentan en tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones técnicas de la CPU 224 de la serie S7-200¹⁹

| Función | CPU 224 |
|---|---------------------------|
| Dimensiones físicas | 120,5x80x62 |
| Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime | 8192 bytes 12288 bytes |
| Memoria de datos | 8192 bytes |
| E/S integradas Digitales Analógicas | 14E/10S 0E/0S |
| Módulos de ampliación | 7 módulos |
| Potenciómetros analógicos | 2 |
| Reloj de tiempo real | Incorporado |
| Puertos de comunicación | 1 RS-485 |

5.2.2 Módulos digitales.

Por otro lado, se tienen los módulo de entradas y salidas digitales (en caso que no sean suficientes las que la CPU posee) (ver figura 23).

¹⁹ *Ibíd.*, p. 3

Figura 23. Módulo de entradas y salidas digitales



Fuente: Siemens SIMATIC Catálogo de novedades S7 70 N, 2008, p. 3/2

Para el caso del S7-200, se cuenta una gran gama de opciones para escoger según sea la necesidad, las cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Datos técnicos de los módulos digitales del s7-200, serie EM 223²⁰

| Datos técnicos | 6ES7 223-1BM22-0XA0 | 6ES7 223-1PM22-0XA0 |
|---|---------------------|----------------------|
| Tensiones e intensidades | | |
| Tensión de carga L+ | | |
| • Valor nominal (DC) | 24 V | 24 V |
| • Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V | 5V |
| • Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V | 30 V |
| Tensión de carga L1 | | |
| • Valor nominal (AC) | | 230 V; 24 a 230 V AC |
| • Rango admisible, límite inferior (AC) | | 5V |
| • Rango admisible, límite superior (AC) | | 250 V |

²⁰ *Ibíd.*, p. 3/2 – 3/3.

Tabla 3. (Continuación)

| | | |
|--------------------------------------|--------------|------------------------------------|
| Consumo | | |
| De bus de fondo 5 V DC, máx. | 240 mA | 205 mA |
| De corriente de bobinas, máx. | | 9 mA; por salida con señal "1" |
| Pérdidas, típ. | 9W | 13 W |
| Sistema de conexión | | |
| Bornes de E/S enchufables | Sí | Sí |
| Módulos de E digitales | | |
| Nº de entradas digitales | 32 | 32 |
| Tensión de entrada | | |
| • Valor nominal, DC | 24 V | 24 V |
| • para señal "0" | 0a5V | 0a5V |
| • para señal "1" | 15 a 30 V DC | 15 a 30 V DC |
| Intensidad de entrada | | |
| • para señal "1", típ. | 4mA | 4mA |
| Módulos de S digitales | | |
| Número de salidas digitales | 32 | 32; Relé |
| Tensión de salida | | |
| • para señal "0" (DC), máx. | 0,1 V | 0,1 V; con carga de 10 kilo-ohmios |
| • para señal "1", mín. | 20 V | L+ / L1 |
| Intensidad de salida | | |
| • para señal "1" valor nominal | 750 mA | 2.000 mA |

5.2.3 Módulos analógicos

Asimismo, se tienen los módulos de entradas y salidas análogas, los cuales son necesarios para procesar señales de este tipo (ver Fig. 24).

Figura 24. Módulo de entradas y salidas analógicas



Fuente: Siemens SIMATIC Catálogo de novedades S7 70 N, 2007, p. 3/35

En la tabla 4 se muestran las especificaciones del módulo de entradas y salidas análogas del PLC S7-200.

Tabla 4. Datos técnicos de los módulos analógicos del s7-200, serie EM 235

21

| Datos técnicos EM 235 | |
|---|-------|
| Consumo | |
| de bus de fondo 5VDC, máx. | 30 mA |
| de alimentación de sensores o de alimentación externa (24 V DC), máx. | 60 mA |

²¹ Siemens SIMATIC Catálogo de novedades S7 70 N, 2007, p. 3/36 – 3/37.

Tabla 4. (Continuación)

| | |
|---|----------------|
| Sistema de conexión | |
| Bornes de E/S enchufables | No |
| Entradas analógicas | |
| Nº de entradas analógicas | 4; Diferencial |
| Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx. | 30 V |
| Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx. | 32 mA |
| Rangos de entrada (valores nominales), tensiones | |
| • Tensión | Sí |
| • 0 a +50 mV | Sí |
| • 0 a +100 mV | Sí |
| • 0 a +500 mV | Sí |
| • 0 a +1 V | Sí |
| • 0 a +5V | Sí |
| • 0 a +10V | Sí |
| • -1V a +1V | Sí |
| • -10 V a +10 V | Sí |
| • -100 mV a +100 mV | Sí |
| • -2,5V a +2,5V | Sí |
| • -25 mV a +25 mV | Sí |
| • -250 mV a +250 mV | Sí |
| • -5V a +5V | Sí |
| • -50 mV a +50 mV | Sí |
| • -500 mV a +500 mV | Sí |

Tabla 4. (Continuación)

| | |
|---|----|
| Rangos de entrada (valores nominales), intensidades | |
| • Intensidad | Sí |
| • 0 a 20mA | Sí |

5.2.4 Módulo de comunicaciones profibus

Por último, en lo que a los módulos de ampliación respecta, se tienen los módulos de comunicación profibus DP (ver Fig. 25), los cuales, en el caso del PLC S7-200, permiten:

- Conectar el S7-200 a PROFIBUS DP (como esclavo) y MPI.
- Funcionamiento simultáneo como esclavo MPI y esclavo DP.
- Velocidad de transmisión máx.12 Mbits/s.
- Aplicable en CPU a partir de la versión 6ES7 2xx-xxx21-xxxx²²

Figura 25. Módulo de comunicaciones profibus



Fuente: Siemens SIMATIC Catálogo de novedades S7 70 N, 2007, p. 3/49

En la tabla 5 se presentan algunas especificaciones técnicas del módulo en mención.

²² *Ibíd.*, p. 3/49

Tabla 5. Datos técnicos del módulo de comunicaciones Profibus del s7-200, serie EM 277 ²³

| Datos técnicos EM 277 | |
|---|---|
| Tensiones e intensidades | |
| Tensión de carga L+ | |
| • Valor nominal (DC) | 24 V |
| • Rango admisible, límite inferior (DC) | 20,4 V |
| • Rango admisible, límite superior (DC) | 28,8 V |
| Consumo | |
| de bus de fondo 5VDC, máx. | 150 mA |
| de alimentación de sensores o de alimentación externa (24 V DC), máx. | 180 mA; 30 a 180 mA |
| Pérdidas, típ. | 2,5 W |
| Configuración del hardware | |
| Estaciones conectables | TD 200 a partir de V2.0, OP, TP, PG/PC, S7-300/400, maestro PROFIBUS DP |
| Funciones de comunicación | |
| Protocolo de bus/protocolo de transferencia | PROFIBUS-DP (esclavo), MPI (esclavo) |
| Nº de conexiones | |
| • Conexiones MPI, máx. | 6 |

²³ *Ibíd.*

Tabla 5. (Continuación)

| | |
|--|---|
| • Conexiones MPI reservadas para comunicación OP | 1 |
| • Conexiones MPI reservadas para comunicación PG | 1 |
| Interfaces | |
| Nº de interfaces RS 485 | 1 |
| PROFIBUS DP | |
| Velocidad de transferencia, máx. | 12 Mbits/s; 9,6/19,2/45,45/93,75/187,5/ kbits/s; 1/1,5/3/6/12 Mbits/s 500 |
| Direcciones de estación | 0 a 99, configurable |
| Nº de estaciones en la red, máx. | 126; de éstas máx. 99 EM 277 |
| Nº de estaciones por segmento, máx. | 32 |

6. GUÍA DE PRACTICAS DE LABORATORIO

A continuación se presentan 6 prácticas de laboratorio desarrolladas con el MM420, las cuales buscan un dominio básico de los distintos tipos de operación utilizando el panel BOP.

Las prácticas de laboratorio con variadores de velocidad, son una herramienta que le permitirán al estudiante relacionarse con aplicaciones industriales desde la academia, lo cual es muy favorable en su desarrollo profesional ya que mitiga considerablemente el impacto que causa el paso de la universidad a un ambiente laboral-industrial, en el cual, equipos como los que aquí se utilizarán son muy abundantes (independientemente de el tipo de actividad que la industria desarrolla).

Estas prácticas se proponen para desarrollar en el estudiante habilidades y destrezas que le permitirán maniobrar equipos industriales (específicamente hablando, variadores de velocidad), lo cual será un valor adicional en su formación profesional, permitiendo así que el proceso de formación integral se desarrolle satisfactoriamente.

Cada una de las experiencias a desarrollar, consta de sus propios objetivos, lo cual le permite al estudiante hacer su autoevaluación para determinar si alcanzó los logros planteados en cada práctica, esto con el fin de que el estudiante **“sepa que sabe y sepa lo que sabe”**. Asimismo, se presenta un marco teórico, el cual le brinda al estudiante las herramientas necesarias para desarrollar las experiencias; en esta se presenta información muy detallada, de manera que quien desarrolle la práctica pueda comprender con facilidad los contenidos. De igual manera, en el procedimiento se plantean diferentes alternativas en lo que a variación de velocidad con el MM420 se refiere. Cada práctica contiene una serie de procedimientos que le permitirán al estudiante manipular los variadores según los distintos métodos existentes; estos procedimientos cuentan, además, con una

serie de retos en algunos de los pasos, lo cual busca que el estudiante desarrolle su habilidad propositiva.

Por último, con los documentos propuestos en cada práctica y con algunas de las preguntas que se plantean, se busca desarrollar la habilidad investigativa del estudiante, pues con ello se busca plantear algunas de las situaciones con las que se puede enfrentar a nivel industrial.

6.1 PRÁCTICA #1: PUESTA EN SERVICIO DESDE EL PANEL DE OPERACIÓN BOP

Duración: 2 horas

6.1.1 Introducción

En esta práctica se realizará la parametrización del Micromaster 420, de manera que se puedan dar instrucciones de arranque, parada y se pueda variar la frecuencia de giro de un motor, a través de los mandos del panel BOP.

6.1.2 Objetivos:

El objetivo de esta práctica es familiarizar al estudiante con los mandos del panel BOP y los parámetros del MM40, con los cuales será capaz de:

- Poner en marcha un motor.
- Invertir su sentido de giro.
- Variar su velocidad angular.

6.1.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.

6.1.4 Equipos:

- Variador Siemens Micromaster 420.
- Transformador VARIAC.
- Motor Siemens 0.6 Hp.
- Tacómetro.
- Multímetro.

6.1.5 Procedimiento


6.1.5.1 Conexión eléctrica

- Con el multímetro, mida el voltaje de salida del variac y ajústelo en 220V.
- Conecte el variador en el variac para iniciar la parametrización.


6.1.5.2 Puesta en servicio rápida

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.



- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0010** y acceda a él con el botón **P**.





- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón **P** para iniciar la puesta en servicio rápida.



- Con la ayuda del botón diríjase ahora al parámetro P0100 y acceda a él con el botón **P**.
- Con la ayuda del botón coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón **P** para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.
- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0700.

- Ajuste en 1 el valor de este parámetro para seleccionar el panel BOP como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 1 el valor de este parámetro para seleccionar el panel BOP como consigna de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P3900.
- Ajuste en 1 el valor de este parámetro para finalizar la puesta en servicio rápida basándose en los ajustes de fábrica con cálculo del motor.

6.1.5.3 Control del motor desde panel BOP

- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual y desde allí presione el botón  para colocar en marcha el motor.



- Con la ayuda de los botes  y  ajuste la frecuencia en 10Hz.



- Con un tacómetro mida la velocidad de giro del motor y consigne el valor obtenido en la tabla 6.
- Repita este procedimiento con cada uno de los valores presentados en la tabla 6.

Tabla 6. Primera tabla de datos práctica 1.

| | | | | | | | |
|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|
| Frecuencia Hz | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Velocidad RPM | 0 | | | | | | |

- Presione el botón  para invertir el sentido de giro del motor.

- Complete la tabla 7 siguiendo el procedimiento realizado anteriormente.

Tabla 7. Segunda tabla de datos práctica 1.

| | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|----|----|----|----|----|
| Frecuencia Hz | 0 | 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 60 |
| Velocidad RPM | 0 | | | | | | |

6.1.5.4 Análisis de datos y situaciones

- Realice las gráficas de Velocidad contra frecuencia con los resultados obtenidos.
- Si no hubiese contado con un tacómetro, ¿cómo podría haber obtenido el valor de la velocidad del rotor? (apóyese en los documentos del MM420).
- ¿Por qué cree usted que al colocar el motor en marcha, este no inició en frecuencia 0Hz?

6.1.6 Conclusiones

6.2 PRÁCTICA #2: OPERACIÓN DEL VARIADOR MEDIANTE ENTRADAS DIGITALES

Duración: 2 horas

6.2.1 Introducción

En esta práctica se realizará la parametrización del Micromaster 420, de manera que se puedan dar instrucciones de arranque, arranque con giro inverso, parada y variación de la frecuencia de giro del motor, a través de las entradas digitales del variador (ver bornes 5, 6 7 en **figura 26**) conectadas a las salidas digitales de un PLC s7200.

Figura 26. Bornes del MM420

| Borne | Significado | Funciones |
|-------|-------------|--------------------------------------|
| 1 | - | Entrada +10 V |
| 2 | - | Entrada 0 V |
| 3 | ADC+ | Entrada analógica (+) |
| 4 | ADC- | Entrada analógica (-) |
| 5 | DIN1 | Entrada digital 1 |
| 6 | DIN2 | Entrada digital 2 |
| 7 | DIN3 | Entrada digital 3 |
| 8 | - | Salida aislada +24 V / máx. 100 mA |
| 9 | - | Salida aislada 0 V / máx. 100 mA |
| 10 | RL1-B | Salida digital / contacto de trabajo |
| 11 | RL1-C | Salida digital / conmutador |
| 12 | DAC+ | Salida analógica (+) |
| 13 | DAC- | Salida analógica (-) |
| 14 | P+ | Conexión RS485 |
| 15 | N- | Conexión RS485 |



6.2.2 Objetivos:

El objetivo de esta práctica es familiarizar al estudiante con el uso de las entradas digitales del MM420, con los cuales será capaz de:

- Poner en marcha un motor.
- Detenerlo.
- Invertir su sentido de giro.
- Variar su velocidad angular.

6.2.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.

6.2.4 Equipos:

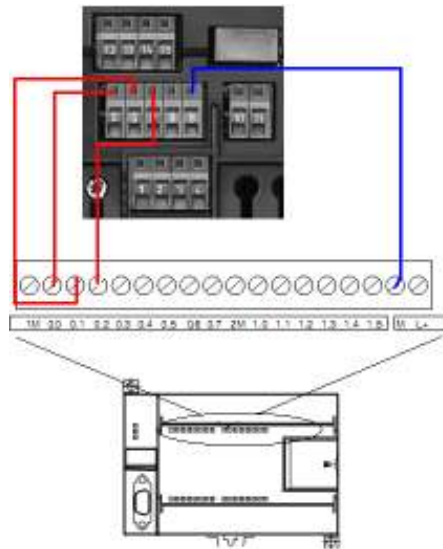
- Variador Siemens Micromaster 420
- Transformador VARIAC
- Motor Siemens 0.6 Hp
- Tacómetro.
- PLC Simatic S7-200.
- Cable PPI Siemens.
- PC con Step7/MicroWin.
- Multímetro.

6.2.5 Procedimiento

6.2.5.1 Conexión eléctrica

- c) Con el multímetro, mida el voltaje de salida del variac y ajústelo en 220V.
- d) Con el variador y el PLC desenergizados realice la conexión que se muestra en la **figura 27**:

Figura 27. Conexión entre el MM420 y el S7-200 (digital I/O).

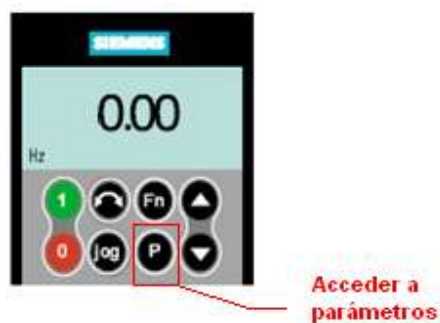



| CONEXION | |
|----------|-------|
| S7-200 | MM420 |
| Q0.0 | 5 |
| Q0.1 | 6 |
| Q0.2 | 7 |
| M | 9 |

- e) Energice el PLC.
- f) Energice el variador en el variac para iniciar la parametrización.


6.2.5.2 Puesta en servicio rápida

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.





- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0003** y acceda a él con el botón **P**.



- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 2, luego presione el botón **P** para iniciar el nivel de acceso extendido.



- Con la ayuda del botón  dirijase ahora al parámetro P0100 y acceda a él con el botón **P**.
- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón **P** para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.

- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0700.
- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para seleccionar las entradas digitales como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 3 el valor de este parámetro para seleccionar frecuencia fija como consigna de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1300.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para establecer modo de control **V/f con característica lineal**.

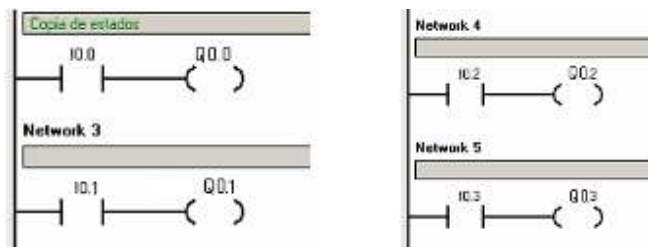
A continuación se configurarán las entradas digitales del MM420, esto a partir de los parámetros P1001, P1002 y P1003. Estos pueden tener los siguientes valores posibles:

- 0:** DI deshabilitada
- 1:** On/Off1
- 2:** On inverso/off1
- 3:** Off2
- 4:** Off3
- 9:** Acuse de fallo
- 10:** Jog izquierda
- 11:** Jog derecha
- 12:** Inversión
- 13:** MOP Subida (incremento de frecuencia)
- 14:** MOP bajada (decremento de frecuencia)
- 15:** Frecuencia fija (selección dirección)
- 16:** Frecuencia Fija (selección dirección + marcha)
- 17:** Frecuencia fija (sel. Bin+marcha)
- 21:** Local/remoto
- 25:** Act. Freno inyecc. Corr. Cont.
- 29:** Fallo externo
- 33:** Deshabilitar cna. Frec. Adic.
- 99:** Habilita parámetro BICO


- Acceda al parámetro P0703.
- Ajuste en 15 el valor de este parámetro para asignar una consigna de frecuencia fija a la entrada digital 3.
- Acceda al parámetro P1002.
- Ajuste en 15 el valor de este parámetro para asignar la frecuencia fija de la entrada digital 1 en 15Hz
- Acceda al parámetro P1003.
- Ajuste en 30 el valor de este parámetro para asignar la frecuencia fija de la entrada digital 1 en 30Hz.

6.2.5.3 Programación del PLC

- El PLC se programará de tal manera que las salidas Q0.0, Q0.1 y Q0.2 sigan a las entradas I0.0, I0.1 e I0.2 respectivamente, para esto cree el siguiente proyecto en Micro/Win.



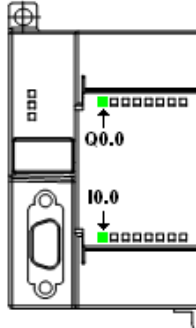
6.2.5.4 Control del motor

- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual.



- Coloque el PLC en modo Run.

- Active la entrada digital I0.0 en el PLC para activar la entrada digital 1 del MM420.



- Active la entrada digital I0.1 en el PLC para activar la entrada digital 2 del MM420.
- Observe en el panel del MM420 la frecuencia mostrada y anótela en la tabla 8.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 8.

Tabla 8. Primera tabla de datos práctica 2.

| Entrada digital activa | 1+2 | 1+3 | 1+2+3 |
|-------------------------------|------------|------------|--------------|
| Frecuencia | | | |
| Hz | | | |
| Velocidad | | | |
| RPM | | | |

- Desactive la entrada digital I0.1 en el PLC y active la entrada digital I0.2 para activar la entrada digital 3 del MM420.
- Observe en el panel del MM420 la frecuencia mostrada y anótela en la tabla 8.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 8.
- Active ahora la entrada digital I0.1 para activar la entrada digital 3 del MM420.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 8.

- Desactive las entradas digitales I0.1, I0.2 e I0.3.
- Ahora acceda al parámetro P0701.
- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para encender en sentido inverso y apagar el motor con la entrada digital 1.
- Repita el procedimiento anterior y diligencie la tabla 9.

Tabla 9. Segunda tabla de datos práctica 2.

| Entrada digital activa | 1+2 | 1+3 | 1+2+3 |
|-------------------------------|------------|------------|--------------|
| Frecuencia Hz | | | |
| Velocidad RPM | | | |

6.2.5.5 Análisis de datos y situaciones

- Realice las gráficas de Velocidad contra frecuencia con los resultados obtenidos.
- ¿Hubiese sido posible desarrollar esta práctica si no se contara con un PLC?
¿Cómo?

6.2.6 Conclusiones

6.3 PRÁCTICA #3: VARIACIÓN DE FRECUENCIA MEDIANTE UNA ENTRADA ANALÓGICA.

Duración: 2 horas

6.3.1 Introducción

En esta práctica se realizará la parametrización del Micromaster 420, de manera que se pueda variar la frecuencia de giro mediante una señal de tensión proveniente de un PLC aplicada a la entrada analógica del variador

6.3.2 Objetivo:

El objetivo de esta práctica es familiarizar al estudiante con el uso de la entrada analógica del MM420, con lo cual será capaz de variar la velocidad angular de un motor.

6.3.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.

6.3.4 Equipos:

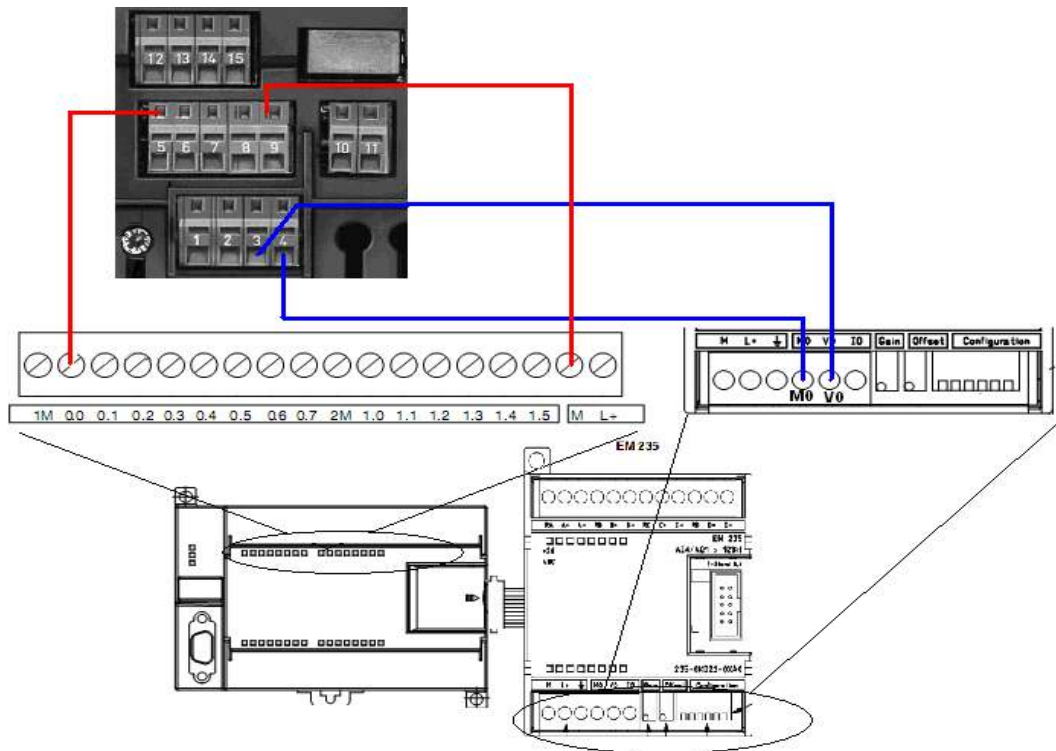
- Variador Siemens Micromaster 420
- Transformador VARIAC
- Motor Siemens 0.6 Hp
- Tacómetro.
- PLC Simatic S7-200.
- Cable PPI Siemens.
- PC con Step7/MicroWin.
- Multímetro.

6.3.5 Procedimiento

6.3.5.1 Conexión eléctrica

- g) Con el multímetro, mida el voltaje de salida del variac y ajústelo en 220V.
 h) Con el variador y el PLC desenergizados realice la conexión que se muestra en la **figura 28**:

Figura 28. Conexión entre el MM420 y el S7-200 (analog I/O).

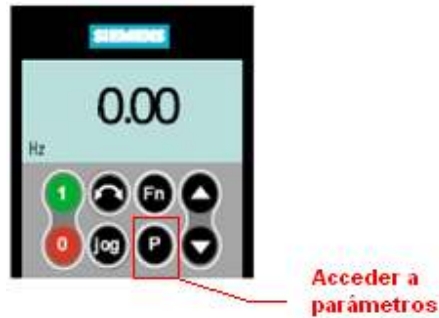



| CONEXION | |
|----------|-------|
| S7-200 | MM420 |
| Q0.0 | 5 |
| M | 9 |
| V0 | 3 |
| M0 | 4 |

- i) Energice el PLC.
 j) Energice el variador en el variac para iniciar la parametrización.


6.3.5.2 Parametrización

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.





- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0003** y acceda a él con el botón **P**.



- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 2, luego presione el botón **P** para iniciar el nivel de acceso extendido.



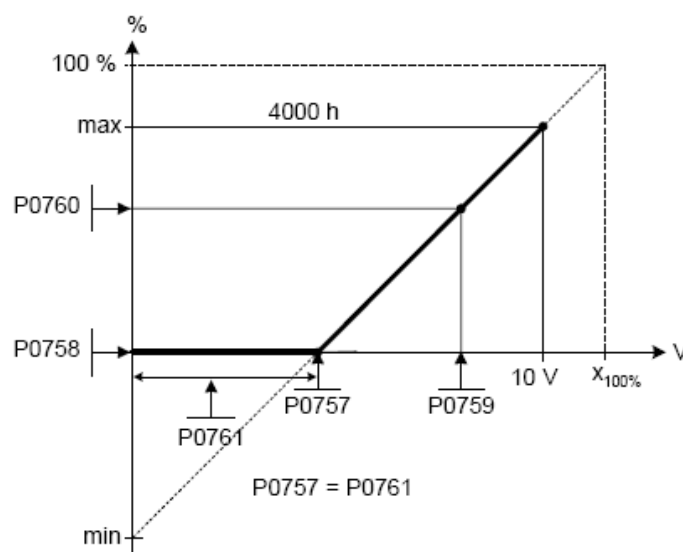
- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro **P0100** y acceda a él con el botón **P**.

- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón **P** para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.
- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0700.
- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para seleccionar las entradas digitales como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 3 el valor de este parámetro para seleccionar frecuencia fija como consigna de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.

- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1300.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para establecer modo de control **V/f con característica lineal**.
- Acceda al parámetro P0701.
- Ajuste en 1 el valor de este parámetro para encender y apagar el motor con la entrada digital 1.
- Acceda al parámetro P0756.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para configurar la entrada análoga como entrada de tensión unipolar de 0 a 10V.

Para el trabajo con la entrada análoga del MM420, es necesario que esta sea escalizada, es decir asignar a un rango de voltajes de entrada, un rango de frecuencia de salida. Para esto se analiza el **gráfico 1**:

Grafico 1. Escalamiento de entrada análoga del MM420.

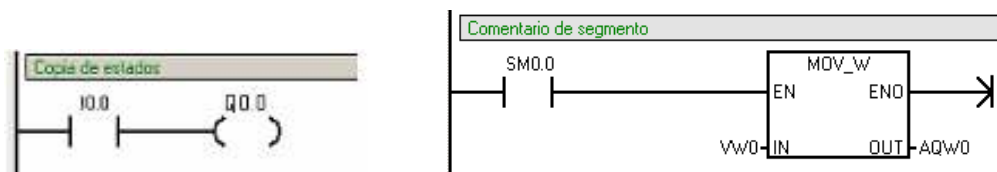


Para este caso específico, se utilizará la siguiente parametrización para escalar:


- Acceda al parámetro P0757.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para que el voltaje que se asociará con la frecuencia mínima de giro sea 0V (valor escalizado de X1).
- Acceda al parámetro P0758.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para que la frecuencia mínima de giro sea el 0% de la frecuencia del motor programada (60Hz) (valor escalizado de Y1).
- Acceda al parámetro P0759.
- Ajuste en 10 el valor de este parámetro para que el voltaje que se asociará con la frecuencia máxima de giro de giro sea 10V (valor escalizado de X2).
- Acceda al parámetro P0760.
- Ajuste en 100 el valor de este parámetro para que la frecuencia mínima de giro sea el 100% de la frecuencia del motor programada (60Hz) (valor escalizado de Y2).

6.3.5.3 Programación del PLC

- En primer lugar, PLC se programará de tal manera que las salidas Q0.0 siga a la entrada I0.0.
- De igual manera, se debe programar el PLC de modo que la salida análoga se pueda manipular por medio de una marca, para esto cree el siguiente proyecto en Micro/Win.

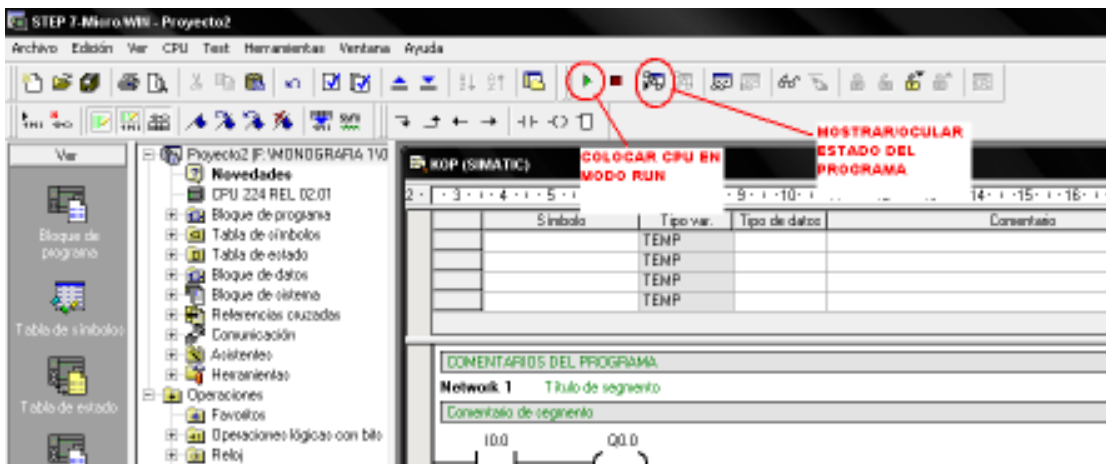


6.3.5.4 Control del motor

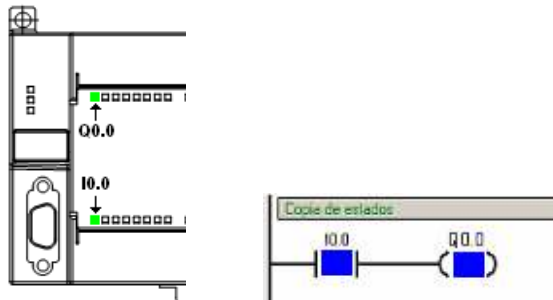
- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual.



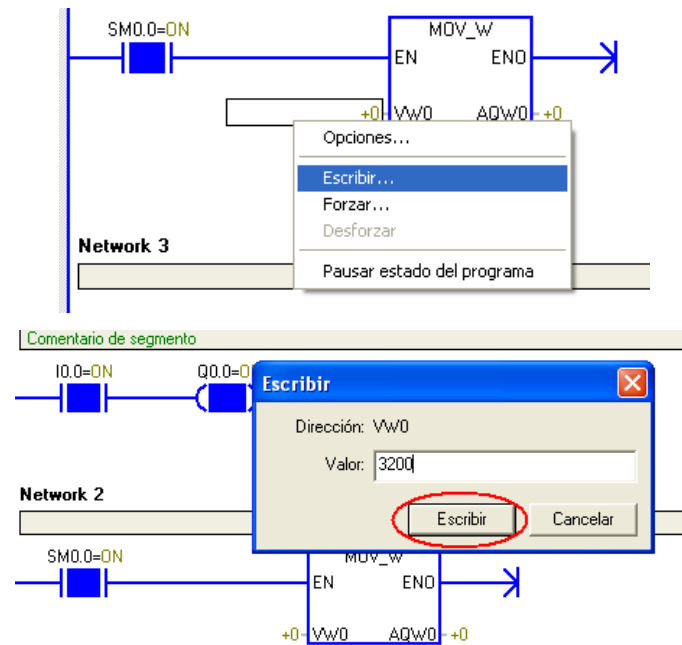
- Coloque el PLC en modo RUN y habilite la visualización del estado del programa.



- Active la entrada digital I0.0 en el PLC para activar la entrada digital 1 del MM420.



- Asigne un valor de 3200 a la variable VW0, haciendo clic derecho sobre ella y accediendo a la opción **Escribir**.




- Con un multímetro, mida el voltaje entre los bornes M0 y V0 del módulo de expansión analógico del PLC.
- Anote el valor medido en la tabla 10.
- Observe la frecuencia que aparece en el panel del MM420 y anótela en la tabla 10.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 10.
- Repita el procedimiento con cada uno de los valores de VW0 mostrados en la tabla 10.

Tabla 10. Tabla de datos práctica 3.

| VW0 | 3200 | 6400 | 12800 | 19200 | 25600 | 32000 |
|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Voltaje de entrada | | | | | | |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

6.3.5.5 Análisis de datos y situaciones

- Realice las gráficas de Velocidad contra voltaje y frecuencia contra voltaje con los resultados obtenidos.

- ¿Qué elementos serían necesarios para desarrollar esta práctica sin utilizar el PLC?
- Si no pudiera acceder a la función estado del programa  y pudiera hacer un cambio en el programa del PLC, ¿qué cambio realizaría para poder variar el valor de la salida analógica del PLC?

6.3.6 Conclusiones

6.4 PRÁCTICA #4: COMUNICACIÓN SERIAL CON EL PROTOCOLO USS

Duración: 2 horas

6.4.1 Introducción

El protocolo USS de Siemens, se utiliza para la comunicación serial entre los PLC S7200 y los variadores Micromaster. En esta práctica se realizará la configuración de la comunicación serial entre un PLC S7-200 y el variador de velocidad Micromaster 420, para así poder realizar ajustes de frecuencia de manera remota desde el PLC.

6.4.2 Objetivos

Al finalizar esta práctica, el alumno podrá:

- Utilizar la librería USS del Step 7-Micro/Win.
- Configurar el variador MM420 para comunicación serial.
- Realizar ajustes de frecuencia en el variador desde el PLC.

6.4.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.
- Siemens. Simatic. Manual del sistema de automatización S7-200.

6.4.4 Equipos:

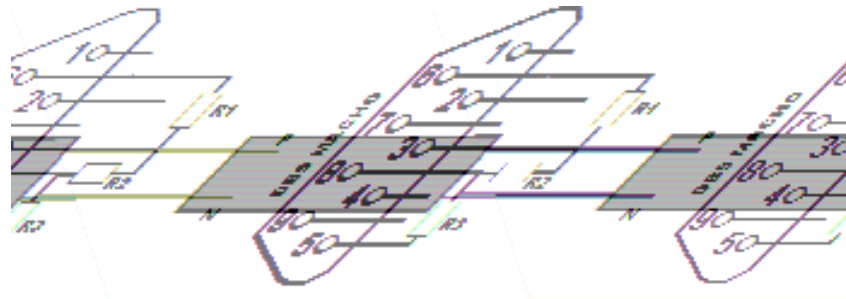
- Variador Siemens Micromaster 420
- Transformador VARIAC
- Motor Siemens 0.6 Hp
- Tacómetro.
- PLC Simatic S7-200.
- Cable PPI Siemens.
- Conector y cable Profibus.
- Resistencias de cierre y polarización.
- PC con Step7/MicroWin.

6.4.5 Procedimiento

6.4.5.1 Conexión

Lo primero que debe realizarse es la conexión entre el PLC y el MM420 (para lo cual, tanto el PLC como el MM420 deben estar desenergizados). Para esto, es necesario fabricar el cable de conexión. Para esto se utilizan resistencia, cable profibus y un conector DB9 macho y se configura como se muestra en la **figura 29**:

Figura 29. Cable para comunicación USS.



De donde:

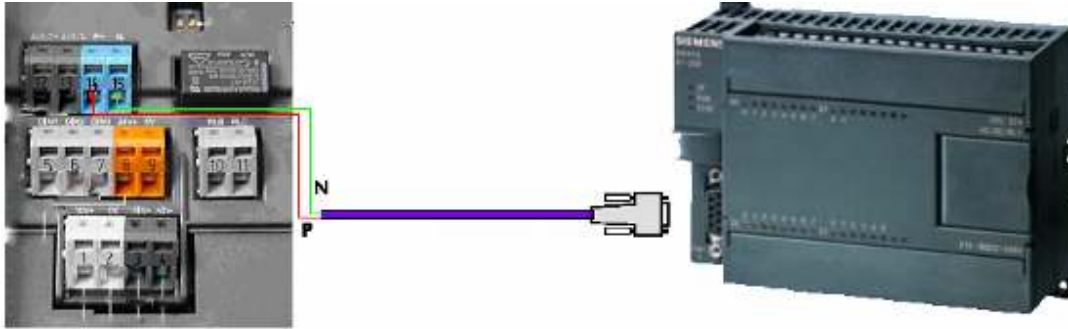
$$R1 = 390\Omega$$

$$R2 = 120\Omega$$

$$R3 = 390\Omega$$

La **figura 30** muestra la manera como se realiza la conexión:

Figura 30. Conexión serial entre un MM420 y un S7-200.



Como la conexión a realizarse es punto a punto, el extremo del MM420 también debe estar polarizado. Para esto se conectan las resistencias de polarización, suministradas con el variador, en el MM420 como se muestra en la **figura 31**:

Figura 31. Resistencias de polarización del MM420.




6.4.5.2 Configuración de los parámetros del variador


Energice el MM420 y realice la siguiente:

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.





- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0003** y acceda a él con el botón **P**.



- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 2, luego presione el botón **P** para iniciar el nivel de acceso extendido.



- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro P0100 y acceda a él con el botón **P**.

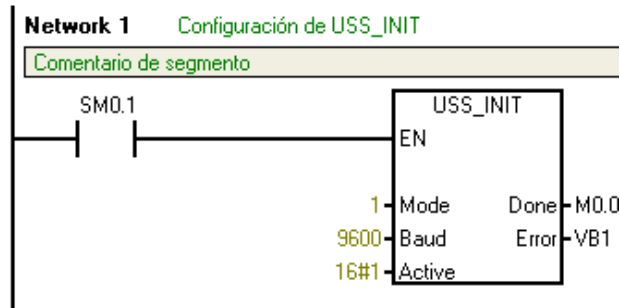
- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón P para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.
- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0700.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de consignas de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.

- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P2009 índice 0.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para deshabilitar la normalización USS.
- Acceda al parámetro P2010 índice 0 para ajustar la velocidad de transferencia, los posibles valores de este parámetro son: 3=1200 baud, 4=2400 baud, 5=4800 baud, 6=9600 baud, 7=19200 baud, 8=38400 baud, 9=57600 baud.
- Ajuste en 6 el valor de este parámetro para trabajar con una velocidad de transferencia de 9600 baud.
- Acceda al parámetro P2011 para colocar la dirección de esclavo del MM420.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro.
- Acceda al parámetro P2012 índice 0.
- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para establecer la conexión de la interfase con serie COM.
- Configure la comunicación sin timeout, para esto asigne al parámetro P2014 el valor de 0.
- Inicie la transferencia entre la memoria RAM y la EEPROM con el parámetro P0971 en 1.

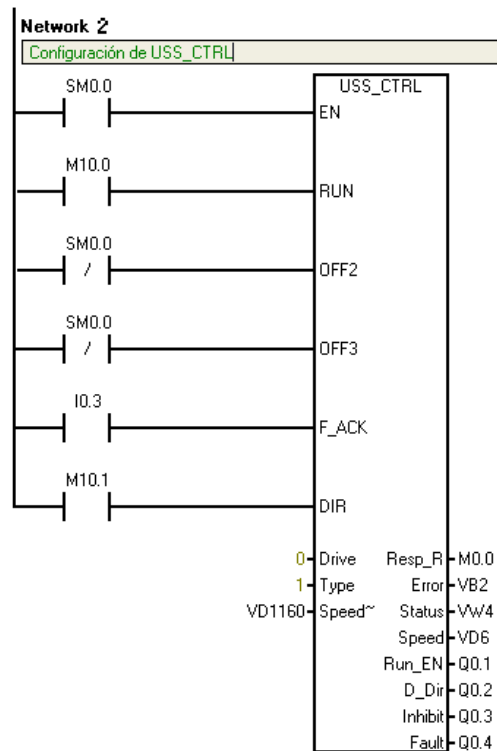
6.4.5.3 Programación del PLC

Para la configuración de la configuración con el protocolo USS, se utilizan los bloques USS_INIT y USS_CTRL de la librería USS del Step7/MicroWin.

Cree un nuevo proyecto con los segmentos que se muestran a continuación:



En este segmento se debe tener en cuenta que el parámetro Baud debe tener el mismo valor que la velocidad de transferencia ajustada en el MM420.



Aquí se debe tener cuidado a la hora de ajustar el parámetro Drive, este debe tener el mismo valor de la dirección de esclavo del MM420. Las siguientes tablas describen el significado y las posibilidades de selección de los parámetros de los módulos de la librería USS:

Tabla 11. USS_INIT

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|------------------|----------------------------|---|
| EN | Liberación | |
| Mode | Protocolo de comunicación | 1=USS, 0=PPI |
| Baud | Velocidad de transferencia | 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, o 115200 bit/s |
| Active | Accionamientos activos | |
| Done | Aviso de finalización | |
| Error | Código de error | |

Tabla 12. USS_CTRL

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| EN | Liberación | |
| Run | Puesta en marcha | 1=marcha, 0=parada |
| Off2 | Parada por inercia | 1=activada, 0=desactivada |
| Off3 | Parada rápida | 1=activada, 0=desactivada |
| F_ack | Confirmación de fallo | Flanco positivo= borra el fallo |
| Dir | Sentido de giro | |
| Drive | Dirección del accionamiento | 0 a 31 |
| Type | Tipo de accionamiento | 0=MM3, 1=MM4 |
| Speed~ | Consigna de velocidad (%) | -200 a 200 |
| Resp_R | Respuesta del accionamiento recibida | |
| Error | Código de error | |

Tabla 12. (Continuación)

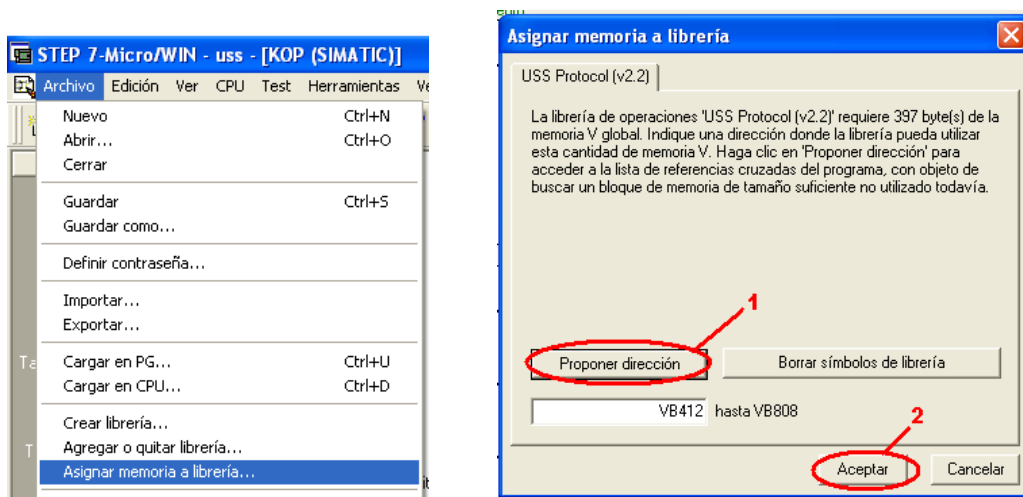
| | | |
|---------|-------------------------------------|---------------------------|
| Status | Palabra de estado enviada | |
| Speed | Velocidad del accionamiento | |
| Run_EN | Estado del accionamiento | 1=en marcha, 0=parado |
| D_Dir | Sentido de giro del accionamiento | |
| Inhibit | Estado del bit de desactivación del | 0=activado, 1=desactivado |

| | | |
|-------|-------------------------|--------------------------|
| | accionamiento | |
| Fault | Estado del bit de fallo | 0 = sin fallo, 1 = fallo |


- **Nota:** Para conocer más detalles de la librería USS consulte el Manual del sistema de automatización S7-200 de Siemens.

Como el puerto serial de la CPU será utilizado para la comunicación con el MM420 por el protocolo USS, la programación se realizara con la ayuda del modulo de comunicaciones profibus.

Tras la finalización del proyecto, hay que ajustar la memoria para la librería dentro de la carpeta para los módulos en el contenedor del programa del Micro/WIN.



6.4.5.4 Control del motor

- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual.



- Coloque el PLC en modo RUN y habilite la visualización del estado del programa.

| Símbolo | Tipo var. | Tipo de datos | Comentario |
|---------|-----------|---------------|------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

COMENTARIOS DEL PROGRAMA

Network 1 Título de segmento

Comentario de segmento

SM0.1 ———— USS_INIT

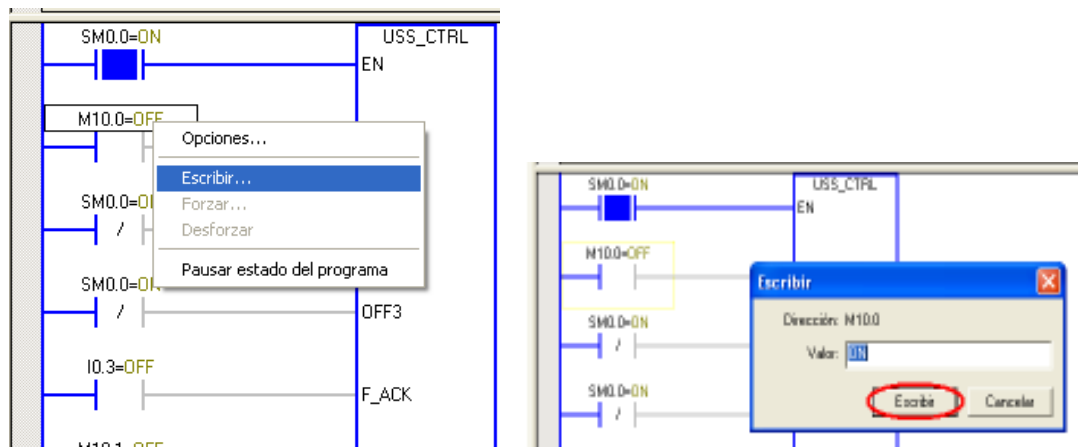
EN

1 Mode Done Q0.0

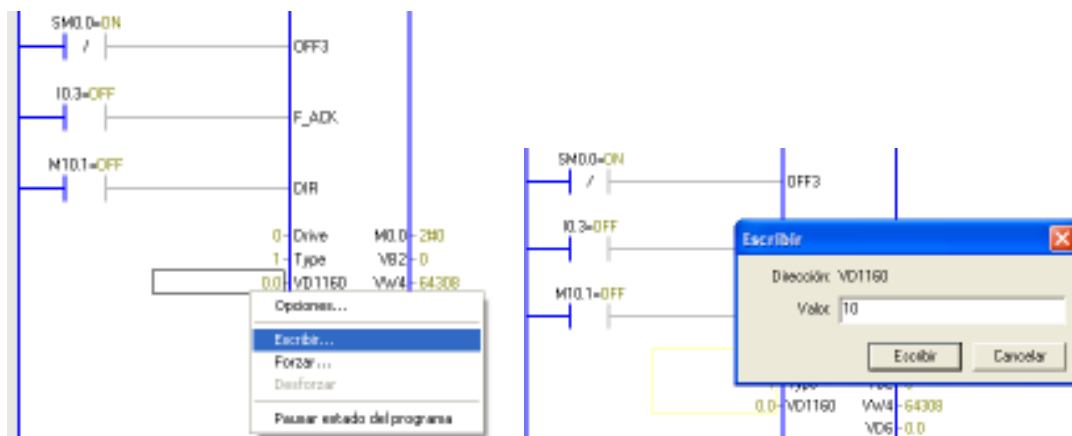
9600 Baud Error VB1

16#1 Active

- Active el bit RUN del bloque USS_CTRL haciendo click derecho sobre él y escribiéndole el valor ON.



- Asigne a la variable de Speed~ el valor 10.



- Observe la frecuencia que aparece en el panel del MM420 y anótela en la tabla 13.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 13.
- Repita el procedimiento con cada no de los valores de VW0 mostrados en la tabla 13.

Tabla 13. Primera tabla de datos práctica 4

| Speed~ | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---------------|----|----|----|----|----|-----|
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

- Cambie el valor del bit DIR y repita el procedimiento anterior, anóte los resultados en la tabla 14.

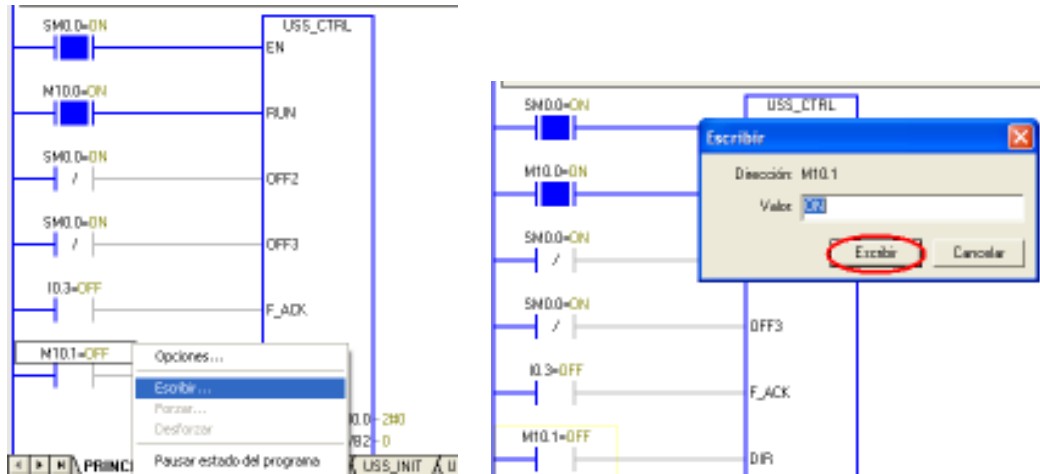


Tabla 14. Segunda tabla de datos práctica 4

| | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|-----|
| Speed~ | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

6.4.5.5 Análisis de datos y situaciones

- Realizar los gráficos de velocidad contra SPEED~, y frecuencia contra SPEED~ a partir de los datos obtenidos.
- Si no se deseara utilizar el módulo de ampliación profibus del PLC, ¿qué otro equipo se podría utilizar para desarrollar esta práctica? (consulte los equipos que siemens tiene disponibles para su PLC S7-200).
- ¿Qué ventajas supone esta práctica sobre las dos inmediatamente anteriores?

6.4.6 Conclusiones

6.5 PRÁCTICA #5: RED DE VARIADORES CON PROTOCOLO USS.

Duración: 2 horas

6.5.1 Introducción

En esta práctica se implementará una red de dos variadores y un PLC s7200 con el fin de realizar ajustes de frecuencia en cualquiera de ellos.

6.5.2 Objetivos

Al finalizar esta práctica, el alumno podrá:

- Utilizar la librería USS del Step 7-Micro/Win.
- Configurar dos variadores MM420 para comunicación en una red tipo bus.
- Realizar ajustes de frecuencia en dos variadores desde el PLC.

6.5.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.
- Siemens. Simatic. Manual del sistema de automatización S7-200.

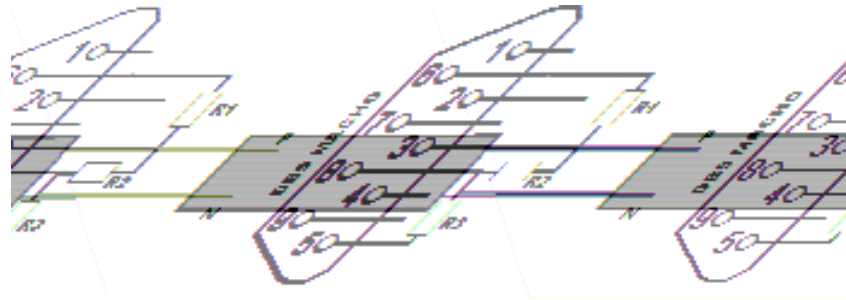
6.5.4 Equipos:

- Dos Variadores Siemens Micromaster 420
- Dos Transformadores VARIAC
- Dos Motores Siemens 0.6 Hp
- Tacómetro.
- PLC Simatic S7-200.
- Cable PPI Siemens.
- Conector y cable Profibus.
- Resistencias de cierre y polarización.
- PC con Step7/MicroWin.

6.5.5 Procedimiento

6.5.5.1 Conexión

Lo primero que debe realizarse es la conexión entre el PLC y los MM420 (para lo cual, tanto el PLC como el MM420 deben estar desenergizados). Para esto, es necesario fabricar el cable de conexión. Para esto se utilizan resistencia, cable profibus y un conector DB9 macho y se configura de la siguiente manera:



De donde:

$$R1 = 390\Omega$$

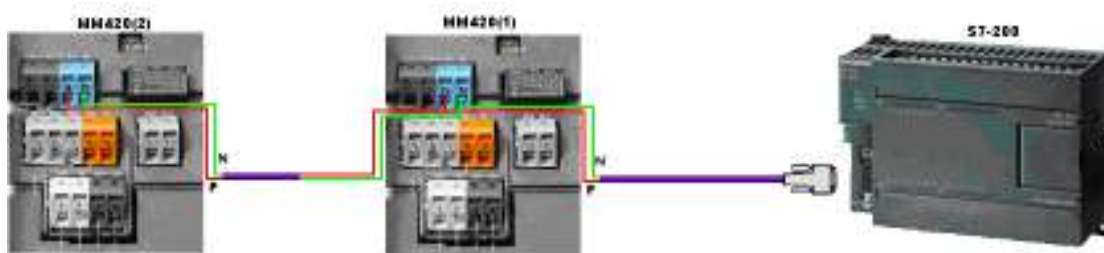
$$R2 = 120\Omega$$

$$R3 = 390\Omega$$

Además del cable fabricado, se necesitará también un segundo tramo de cable profibus (sin conector) para la conexión del segundo MM420.

La siguiente figura muestra la manera como se realiza esta:

Figura 32. Conexión serial entre dos MM420 y un S7-200.



Como la conexión a realizarse es multipunto, sólo el último variador, es decir el MM420(2) debe estar polarizado. Para esto se conectan las resistencias de

polarización, suministradas con el variador, en el MM420(2) como se muestra a continuación:




6.5.5.2 Configuración de los parámetros variador


Energice los MM420 y realice la siguiente configuración para el primero de ellos, MM420(1):

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.





- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0003** y acceda a él con el botón **P**.



- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 2, luego presione el botón **P** para iniciar el nivel de acceso extendido.



- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro P0100 y acceda a él con el botón **P**.
- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón **P** para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.

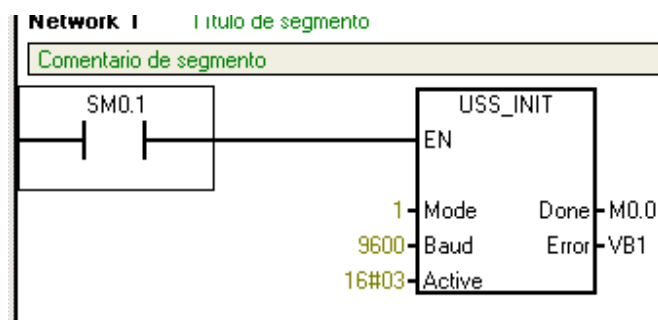
- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0700.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de consignas de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P2009 índice 0.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para deshabilitar la normalización USS.

- Acceda al parámetro P2010 índice 0 para ajustar la velocidad de transferencia, los posibles valores de este parámetro son: 3=1200 baud, 4=2400 baud, 5=4800 baud, 6=9600 baud, 7=19200 baud, 8=38400 baud, 9=57600 baud.
- Ajuste en 6 el valor de este parámetro para trabajar con una velocidad de transferencia de 9600 baud.
- Acceda al parámetro P2011 para colocar la dirección de esclavo del MM420.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro.
- Acceda al parámetro P2012 índice 0.
- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para establecer la conexión de la interfase con serie COM.
- Configure la comunicación sin timeout, para esto asigne al parámetro P2014 el valor de 0.
- Inicie la transferencia entre la memoria RAM y la EEPROM con el parámetro P0971 en 1.
- Repita el procedimiento en el MM420(2), colocando en el parámetro P2011 el valor 1 como dirección de esclavo de este variador.

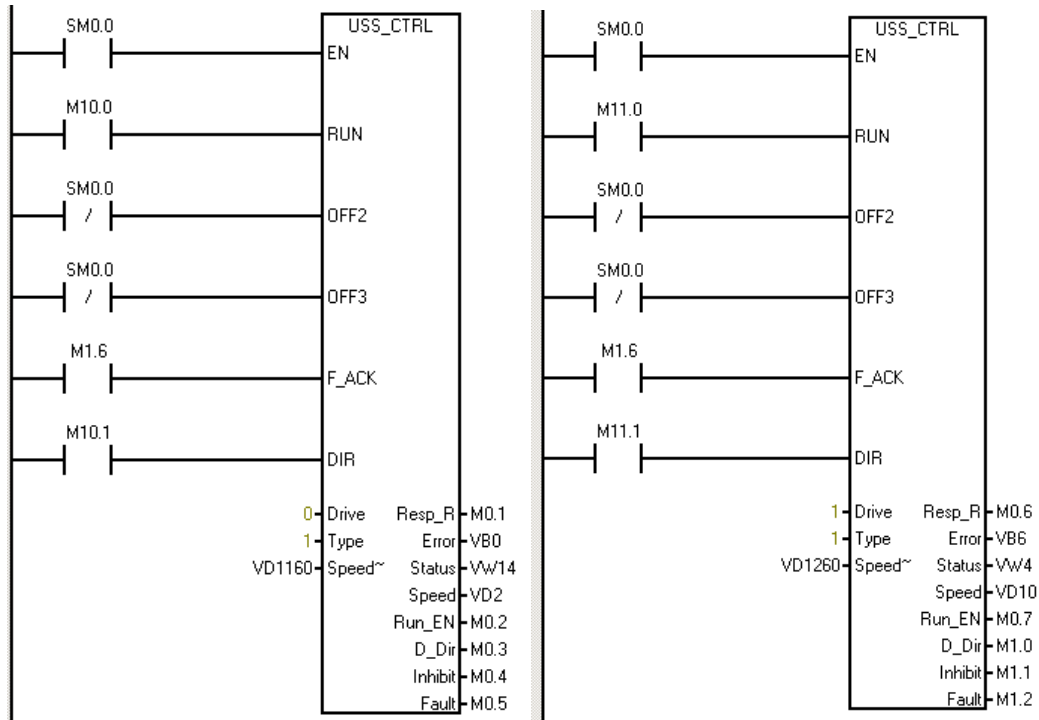
6.5.5.3 Programación del PLC

Para la configuración de la configuración con el protocolo USS, se utilizan los bloques USS_INIT y USS_CTRL de la librería USS del Step7/MicroWin.

Cree un nuevo proyecto con los segmentos que se muestran a continuación:



En este segmento se debe tener en cuenta que el parámetro Baud debe tener el mismo valor que la velocidad de transferencia ajustada en el MM420. Además en este caso el parámetro Active tiene como valor 3 para que mantenga activo tanto el variador 0, MM420(1), como el variador 1, MM420(2), pues 3=0b00000011.



Como en este caso se tienen dos variadores, es necesario agregar dos bloques USS_CTRL, de los cuales uno tendrá la dirección esclavo (Drive) cero y el otro uno (partiendo de la configuración realizada en los MM420). Las siguientes tablas describen el significado y las posibilidades de selección de los parámetros de los módulos de la librería USS:

USS_INIT

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|-----------|----------------------------|---|
| EN | Liberación | |
| Mode | Protocolo de comunicación | 1=USS, 0=PPI |
| Baud | Velocidad de transferencia | 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, o 115200 bit/s |

| | | |
|--------|------------------------|--|
| Active | Accionamientos activos | |
| Done | Aviso de finalización | |
| Error | Código de error | |

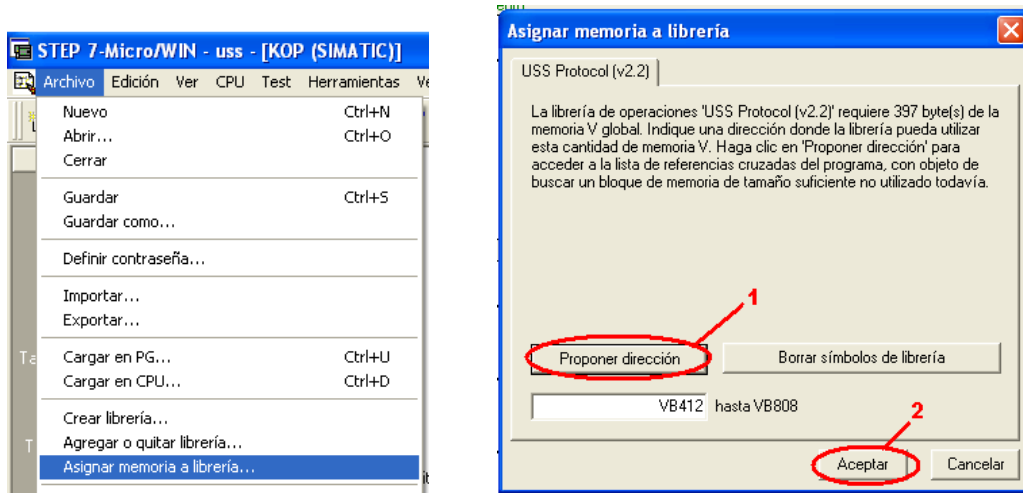
USS_CTRL

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|-----------|---|---------------------------------|
| EN | Liberación | |
| Run | Puesta en marcha | 1=marcha, 0=parada |
| Off2 | Parada por inercia | 1=activada, 0=desactivada |
| Off3 | Parada rápida | 1=activada, 0=desactivada |
| F_ack | Confirmación de fallo | Flanco positivo= borra el fallo |
| Dir | Sentido de giro | |
| Drive | Dirección del accionamiento | 0 a 31 |
| Type | Tipo de accionamiento | 0=MM3, 1=MM4 |
| Speed~ | Consigna de velocidad (%) | -200 a 200 |
| Resp_R | Respuesta del accionamiento recibida | |
| Error | Código de error | |
| Status | Palabra de estado enviada | |
| Speed | Velocidad del accionamiento | |
| Run_EN | Estado del accionamiento | 1=en marcha, 0=parado |
| D_Dir | Sentido de giro del accionamiento | |
| Inhibit | Estado del bit de desactivación del accionamiento | 0=activado, 1=desactivado |
| Fault | Estado del bit de fallo | 0 = sin fallo, 1 = fallo |


Nota: Para conocer más detalles de la librería USS consulte el Manual del sistema de automatización S7-200 de Siemens.

Como el puerto serial de la CPU será utilizado para la comunicación con el MM420 por el protocolo USS, la programación se realizará con la ayuda del módulo de comunicaciones profibus.

Tras la finalización del proyecto, hay que ajustar la memoria para la librería dentro de la carpeta para los módulos en el contenedor del programa del Micro/WIN.

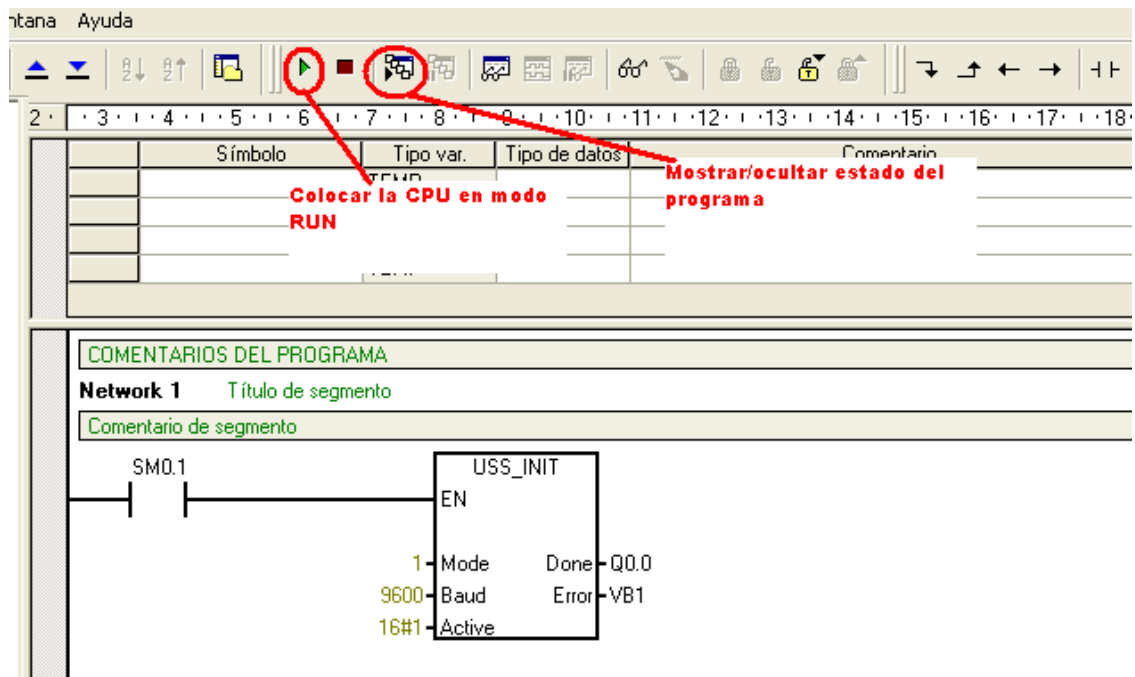


6.5.5.4 Control del motor

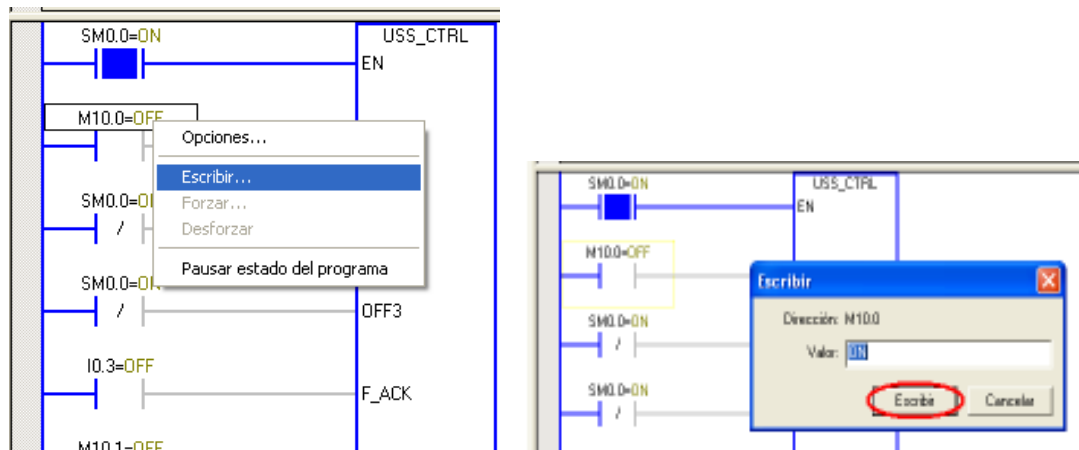
- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual.



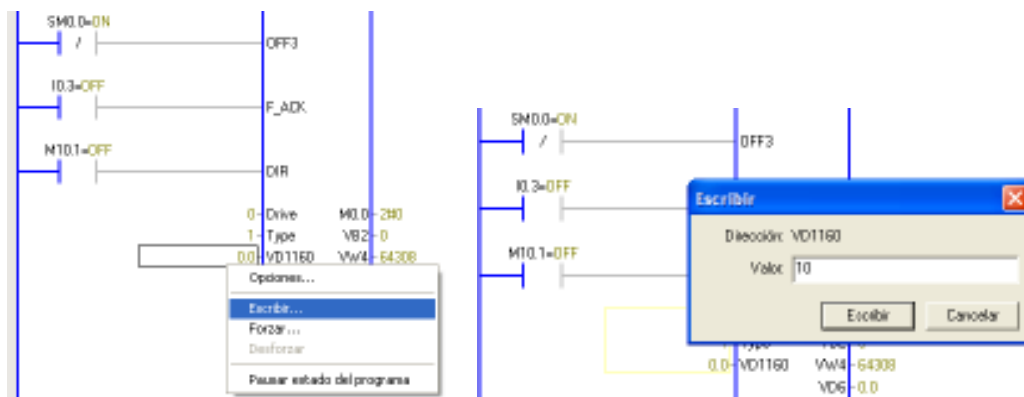
- Coloque el PLC en modo RUN y habilite la visualización del estado del programa.



- Active el bit RUN de los dos bloques USS_CTRL haciendo click derecho sobre ellos y escribiéndole el valor ON.



- Asigne a la variable Speed~ del bloque USS_CTRL del variador 1 el valor 10.



- Asigne a la variable Speed~ del bloque USS_CTRL del variador 2 el valor 15.
- Observe la frecuencia que aparece en los paneles de los MM420 y anótelas en la tabla 15.
- Con la ayuda de un tacómetro mida las velocidades angulares de los motores y anótelas en la tabla 15.
- Repita el procedimiento con cada uno de los valores de SPEED~ mostrados en la tabla 15.

Tabla 15. Primera tabla de datos práctica 5

| Variador 1 | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|-----|
| Speed~ | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |
| Variador 2 | | | | | | |
| Speed~ | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

- Cambie el valor del bit DIR de los dos bloques USS_CTRL y repita el procedimiento anterior, anote los resultados en la tabla 16.

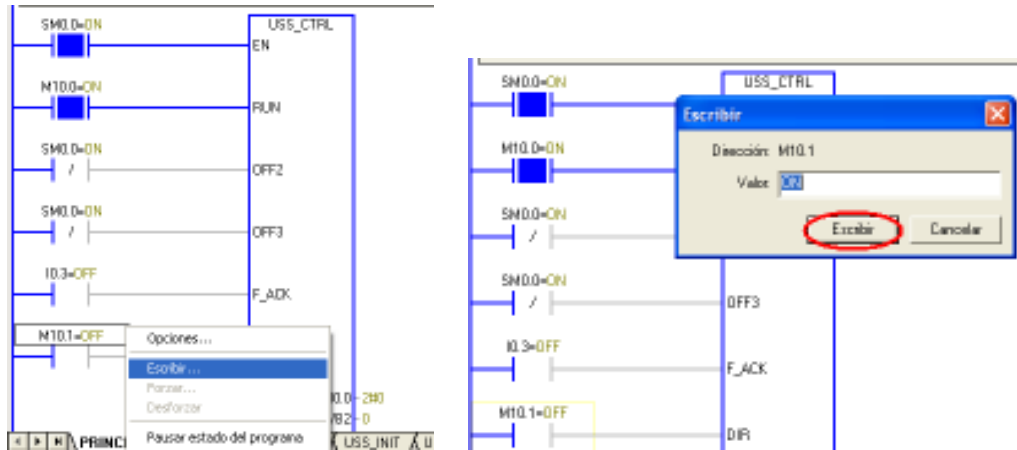


Tabla 16. Segunda tabla de datos práctica 5

| Variador 1 | | | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|----|-----|
| Speed~ | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |
| Variador 2 | | | | | | |
| Speed~ | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |

Tabla 16. (Continuación)

| | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

6.5.5.5 Análisis de datos y situaciones

- Realizar los gráficos de velocidad contra SPEED~, y frecuencia contra SPEED~ para los dos variadores a partir de los datos obtenidos.
- Suponga que está realizando una aplicación en la que es necesario variar la velocidad de ambos motores de manera simultanea, ¿de qué manera haría esto?

6.5.6 Conclusiones

6.6 PRÁCTICA #6: SISTEMA SCADA UTILIZANDO WINCC FLEXIBLE

Duración: 2 horas

6.6.1 Introducción

En esta práctica se realizará un sistema scada para manipular el MM420 desde un PC. Para esto se hará uso del protocolo de comunicaciones USS, con el cual, a través de un PLC, se podrá acceder al MM420 desde el software Wincc flexible.

6.6.2 Objetivos

Al finalizar esta práctica, el alumno podrá:

- Crear un proyecto en Wincc Flexible para encender, apagar, variar frecuencia e invertir sentido de giro de un motor por medio de un PLC y un MM420.

6.6.3 Material de consulta:

- Siemens. Micromaster 420. Guía rápida.
- Siemens. Micromaster 420. Lista de parámetros.
- Siemens. Simatic. Manual del sistema de automatización S7-200.
- Siemens. Simatic HMI. WinCC flexible. Getting Starter Básico.

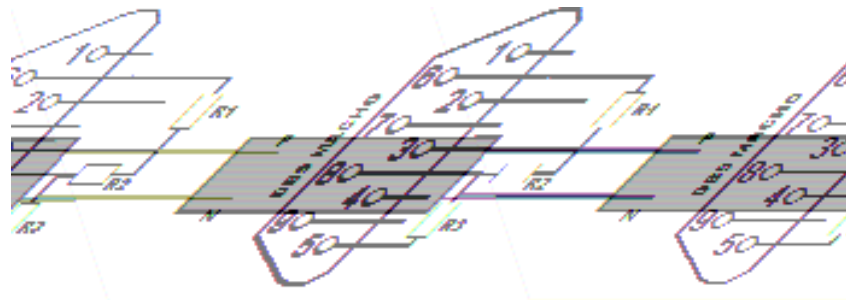
6.6.4 Equipos:

- Variador Siemens Micromaster 420
- Transformador VARIAC
- Motor Siemens 0.6 Hp
- Tacómetro.
- PLC Simatic S7-200.
- Cable PPI Siemens.
- Conector y cable Profibus.
- Resistencias de cierre y polarización.
- PC con Step7/MicroWin, S7-200 PC Access y WinCC Flexible 2008.

6.6.5 Procedimiento

6.6.5.1 Conexión

Lo primero que debe realizarse es la conexión entre el PLC y el MM420 (para lo cual, tanto el PLC como el MM420 deben estar desenergizados). Para esto, es necesario fabricar el cable de conexión. Para esto se utilizan resistencias, cable profibus y un conector DB9 macho y se configura de la siguiente manera:



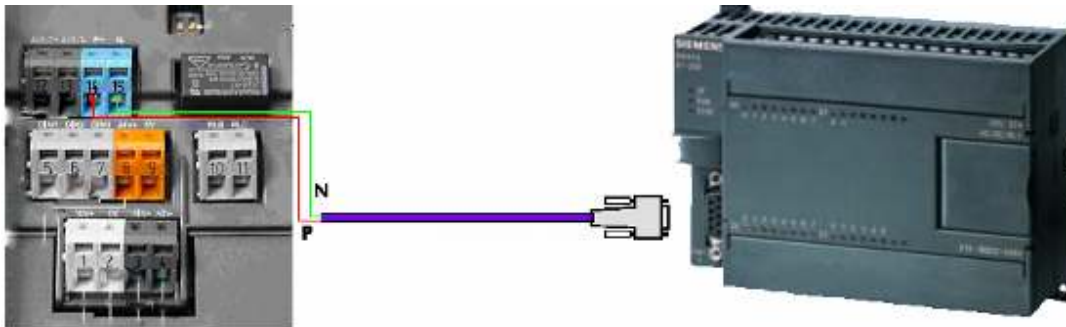
De donde:

$$R1 = 390\Omega$$

$$R2 = 120\Omega$$

$$R3 = 390\Omega$$

La siguiente figura muestra la manera como se realiza esta:



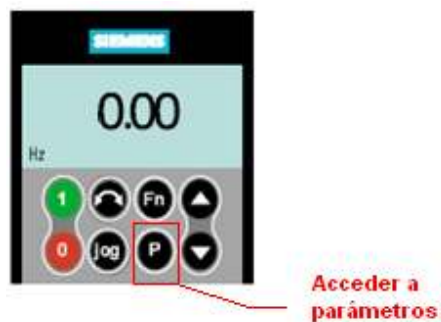
Como la conexión a realizarse es punto a punto, el extremo del MM420 también debe estar polarizado. Para esto se conectan las resistencias de polarización, suministradas con el variador, en el MM420 como se muestra a continuación:




6.6.5.2 Configuración de los parámetros del variador


Energice el MM420 y realice la siguiente:

- Presione el botón **P** del variador para acceder a parámetros.





- Con la ayuda del botón  diríjase al parámetro **P0003** y acceda a él con el botón **P**.



- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 2, luego presione el botón **P** para iniciar el nivel de acceso extendido.



- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro P0100 y acceda a él con el botón P.
- Con la ayuda del botón  coloque el valor del parámetro en 1, luego presione el botón P para configurar el variador para que trabaje con valores de potencia de motor en hp y frecuencia de red de 60Hz.
- Acceda ahora al parámetro P0304.
- Coloque en este parámetro el valor de la tensión nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0305.
- Coloque en este parámetro el valor de la corriente nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0307.
- Coloque en este parámetro el valor de la potencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0310.
- Coloque en este parámetro el valor de la frecuencia nominal del motor (Ver placa base).
- Acceda al parámetro P0311.
- Coloque en este parámetro el valor de la velocidad nominal del motor (Ver placa base).

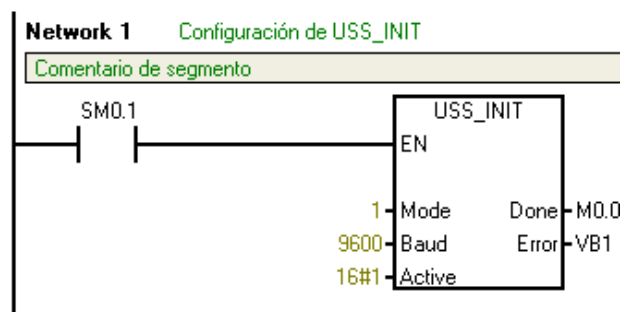
- Acceda al parámetro P0700.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de comandos (on/off/reverse).
- Acceda al parámetro P1000.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para seleccionar USS en conexión COM como fuente de consignas de frecuencia.
- Acceda al parámetro P1080.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para ajustar en 0 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1081.
- Ajuste en 60 el valor de este parámetro para ajustar en 60 Hz el valor de la frecuencia de giro mínima del motor.
- Acceda al parámetro P1120.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de aceleración del motor.
- Acceda al parámetro P1121.
- Ajuste en 5 el valor de este parámetro para ajustar en 5 segundos el valor del tiempo de desaceleración del motor.
- Acceda al parámetro P2009 índice 0.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro para deshabilitar la normalización USS.
- Acceda al parámetro P2010 índice 0 para ajustar la velocidad de transferencia, los posibles valores de este parámetro son: 3=1200 baud, 4=2400 baud, 5=4800 baud, 6=9600 baud, 7=19200 baud, 8=38400 baud, 9=57600 baud.
- Ajuste en 6 el valor de este parámetro para trabajar con una velocidad de transferencia de 9600 baud.
- Acceda al parámetro P2011 para colocar la dirección de esclavo del MM420.
- Ajuste en 0 el valor de este parámetro.
- Acceda al parámetro P2012 índice 0.

- Ajuste en 2 el valor de este parámetro para establecer la conexión de la interfase con serie COM.
- Configure la comunicación sin timeout, para esto asigne al parámetro P2014 el valor de 0.
- Inicie la transferencia entre la memoria RAM y la EEPROM con el parámetro P0971 en 1.

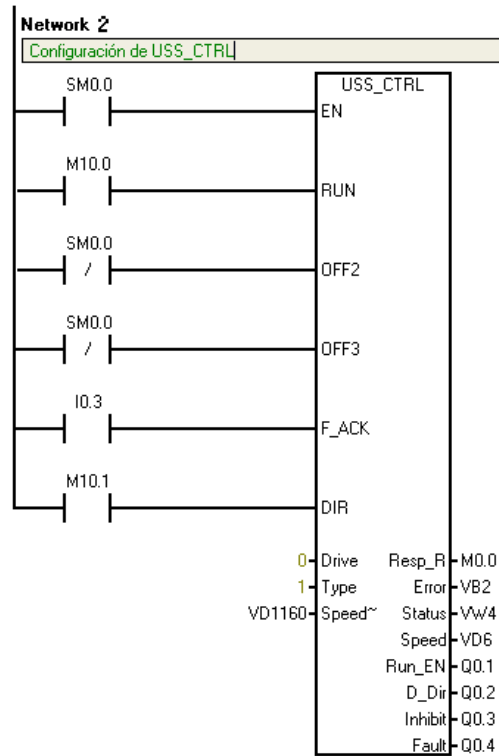
6.6.5.3 Programación del PLC

Para la configuración de la configuración con el protocolo USS, se utilizan los bloques USS_INIT y USS_CTRL de la librería USS del Step7/MicroWin.

Cree un nuevo proyecto con los segmentos que se muestran a continuación:



En este segmento se debe tener en cuenta que el parámetro Baud debe tener el mismo valor que la velocidad de transferencia ajustada en el MM420.



Aquí se debe tener cuidado a la hora de ajustar el parámetro Drive, este debe tener el mismo valor de la dirección de esclavo del MM420.

Las siguientes tablas describen el significado y las posibilidades de selección de los parámetros de los módulos de la librería USS:

USS_INIT

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|-----------|----------------------------|---|
| EN | Liberación | |
| Mode | Protocolo de comunicación | 1=USS, 0=PPI |
| Baud | Velocidad de transferencia | 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, o 115200 bit/s |
| Active | Accionamientos activos | |
| Done | Aviso de finalización | |
| Error | Código de error | |

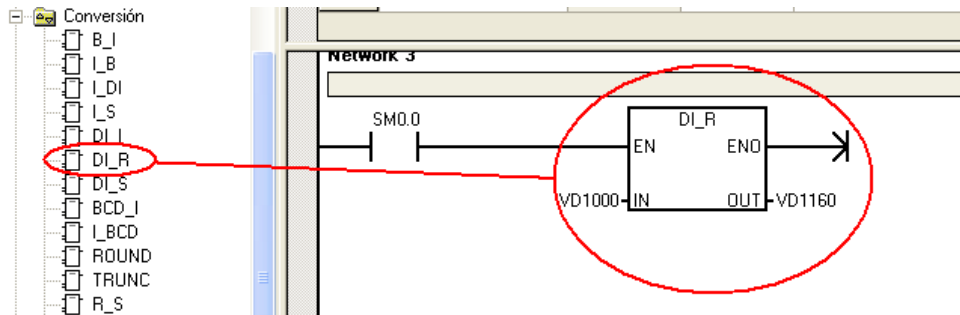
USS_CTRL

| Parámetro | Significado | Posibilidades de selección |
|-----------|---|---------------------------------|
| EN | Liberación | |
| Run | Puesta en marcha | 1=marcha, 0=parada |
| Off2 | Parada por inercia | 1=activada, 0=desactivada |
| Off3 | Parada rápida | 1=activada, 0=desactivada |
| F_ack | Confirmación de fallo | Flanco positivo= borra el fallo |
| Dir | Sentido de giro | |
| Drive | Dirección del accionamiento | 0 a 31 |
| Type | Tipo de accionamiento | 0=MM3, 1=MM4 |
| Speed~ | Consigna de velocidad (%) | -200 a 200 |
| Resp_R | Respuesta del accionamiento recibida | |
| Error | Código de error | |
| Status | Palabra de estado enviada | |
| Speed | Velocidad del accionamiento | |
| Run_EN | Estado del accionamiento | 1=en marcha, 0=parado |
| D_Dir | Sentido de giro del accionamiento | |
| Inhibit | Estado del bit de desactivación del accionamiento | 0=activado, 1=desactivado |
| Fault | Estado del bit de fallo | 0 = sin fallo, 1 = fallo |

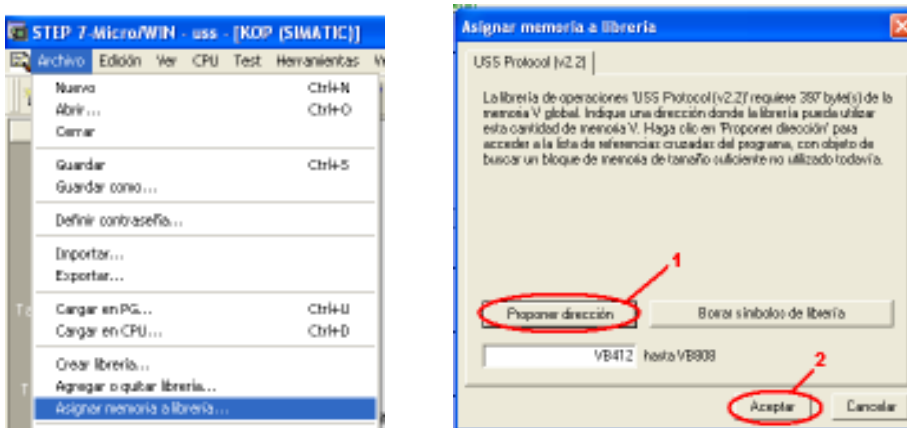
- **Nota:** Para conocer más detalles de la librería USS consulte el Manual del sistema de automatización S7-200 de Siemens.

Como el puerto serial de la CPU será utilizado para la comunicación con el MM420 por el protocolo USS, la programación se realizara con la ayuda del modulo de comunicaciones profibus.

Además, es necesario agregar un bloque de conversión de doble entero a real, en el cual el dato de salida será el mismo dato que se colocó de entrada speed~ en el bloque USS_CTRL.




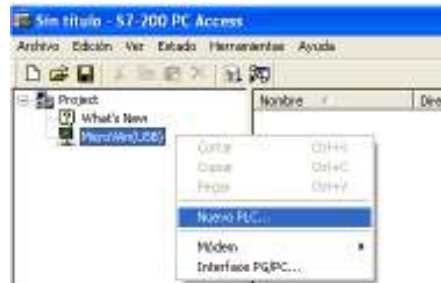
Tras la finalización del proyecto, hay que ajustar la memoria para la librería dentro de la carpeta para los módulos en el contenedor del programa del Micro/WIN.



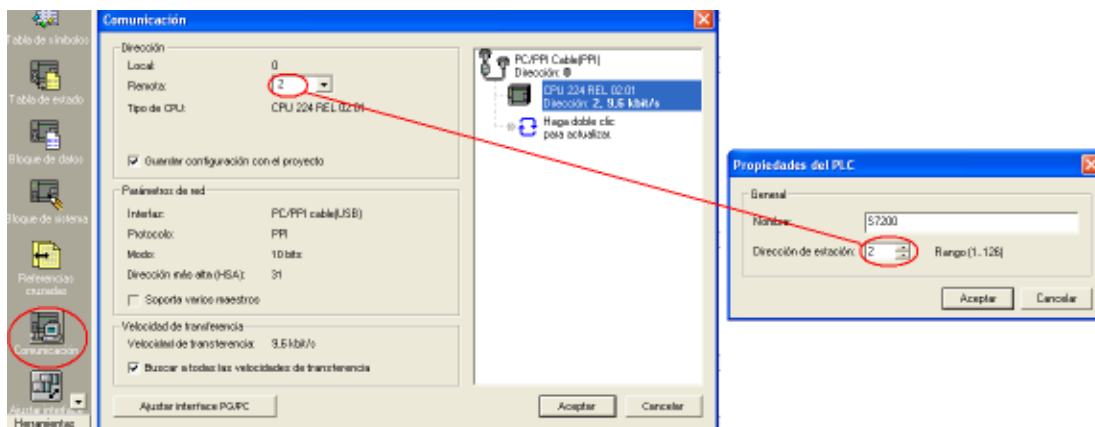
6.6.5.4 Configuración del servidor OPC

El servidor OPC será la interfaz que permitirá la comunicación entre el PLC y el Scada, en este caso se realizará utilizando el software S7-200 PC Access de Siemens.

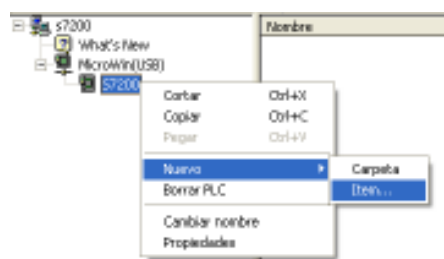
- Lo primero que se debe realizar es agregar un nuevo PLC al servidor OPC, para esto presione click derecho sobre el símbolo  y seleccione **Nuevo PLC...**



- Coloque S7200 como nombre del PLC y en dirección de estación coloque la dirección del PLC conectado actualmente en el PC (para saber la dirección, diríjase a la opción **Comunicaciones** del Step7/MicroWin)

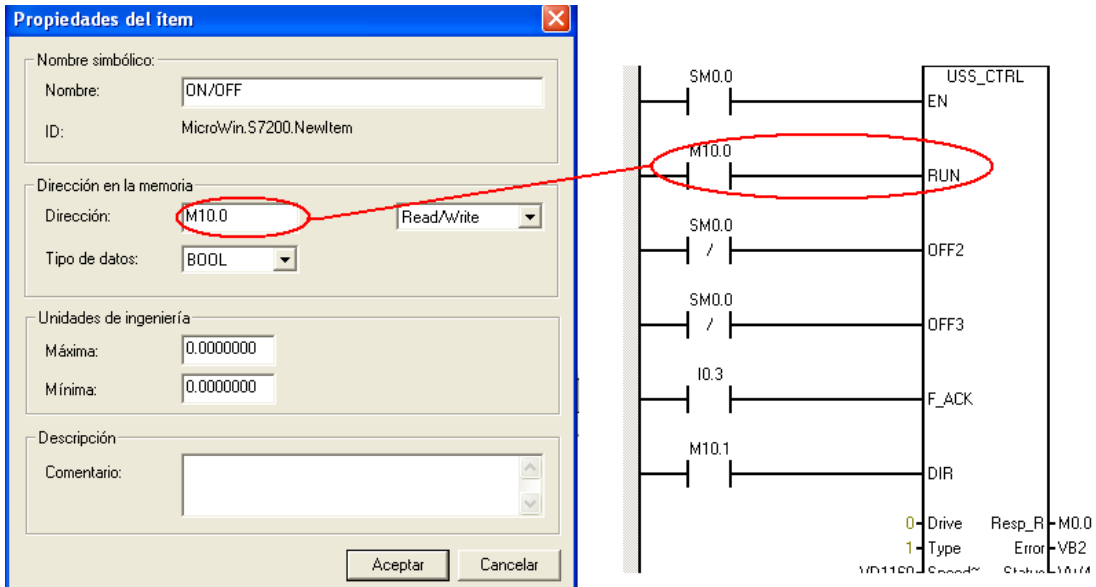


- Ahora se empezarán a agrega los ítems que se utilizarán como variables en el sistema scada; para esto presione click derecho sobre el PLC agregado (S7200), y seleccione la opción **Nuevo → ítem...**

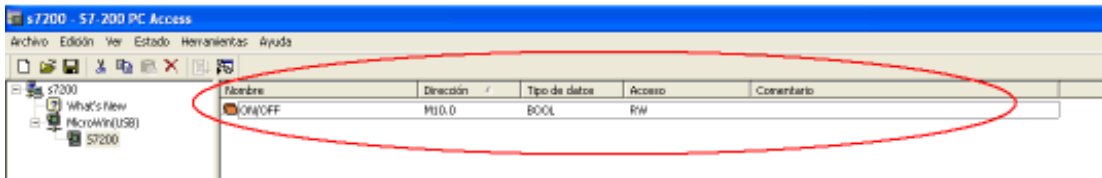


- Aparece entonces un cuadro, en el cual se asignarán las propiedades al ítem. En primer lugar, se agregara el ítem de encendido y apagado del

motor (puesta en marcha), al cual llamaremos **ON/OFF**, en el bloque USS_CTRL del programa del PLC, este parámetro está regido por la marca M10.0, por ende se coloca esta en la casilla dirección.





- Presione click en el botón aceptar para agregar el ítem con esas propiedades.

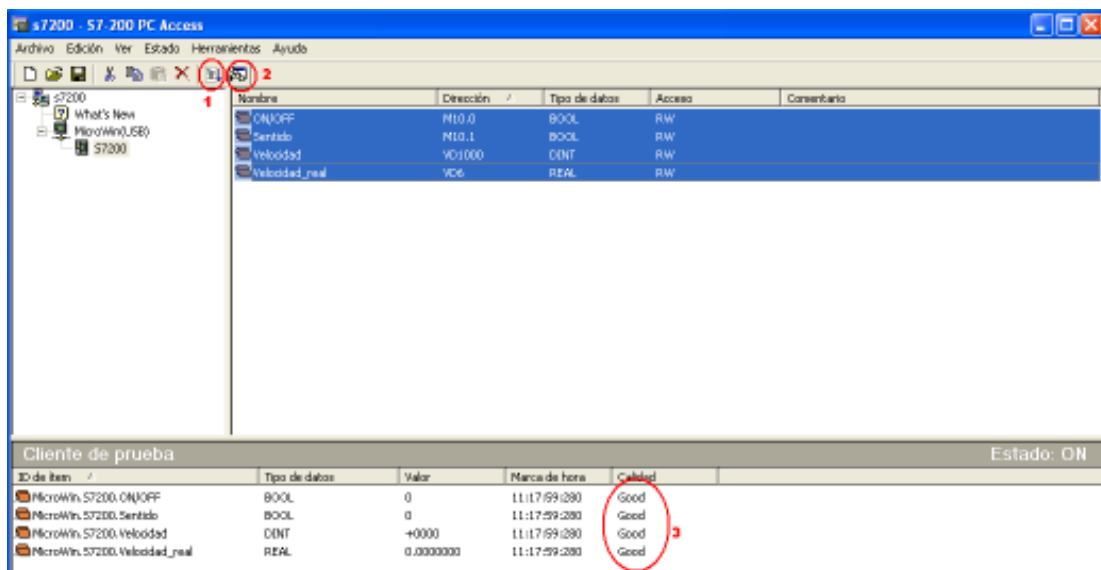


- Este procedimiento se repite para cada uno de los ítems a necesitar en el SCADA. Agregue los ítems que se muestran a continuación:

| Nombre del ítem | Dirección | Tipo de dato | Descripción |
|-----------------|-----------|--------------|---|
| Sentido | M10.1 | BOOL | Determina el sentido de gira del motor |
| Velocidad | VD1000 | DINT | Ajusta la velocidad de giro del motor |
| Velocidad_real | VD6 | REAL | Muestra la velocidad de giro del motor en un momento determinado. |

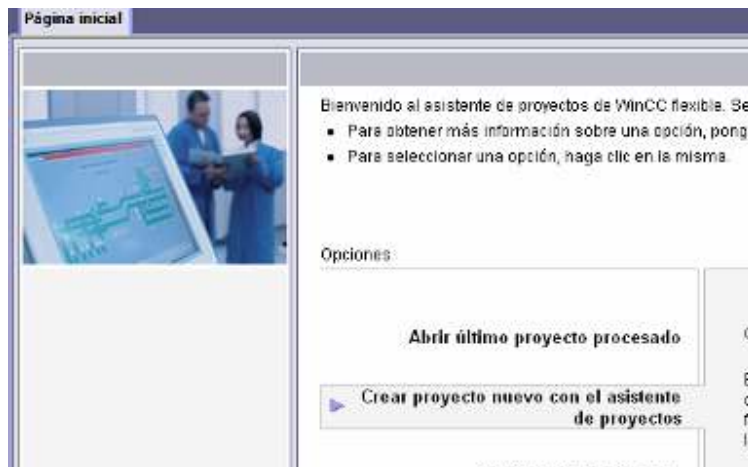
Nota: Se recomienda que todos los ítems se configuren como **Read/Write**.

- Tras haber creado los ítems, es hora de establecer la conexión entre el servidor OPC y el PLC, para esto se seleccionan todos los ítems creados y se presiona el botón **Agregar ítems actuales al cliente de prueba** (); guarde el proyecto; por último, se verifica el **Estado del cliente de prueba** () y si no existe ningún inconveniente en la operación, el resultado debe ser como se muestra a continuación.

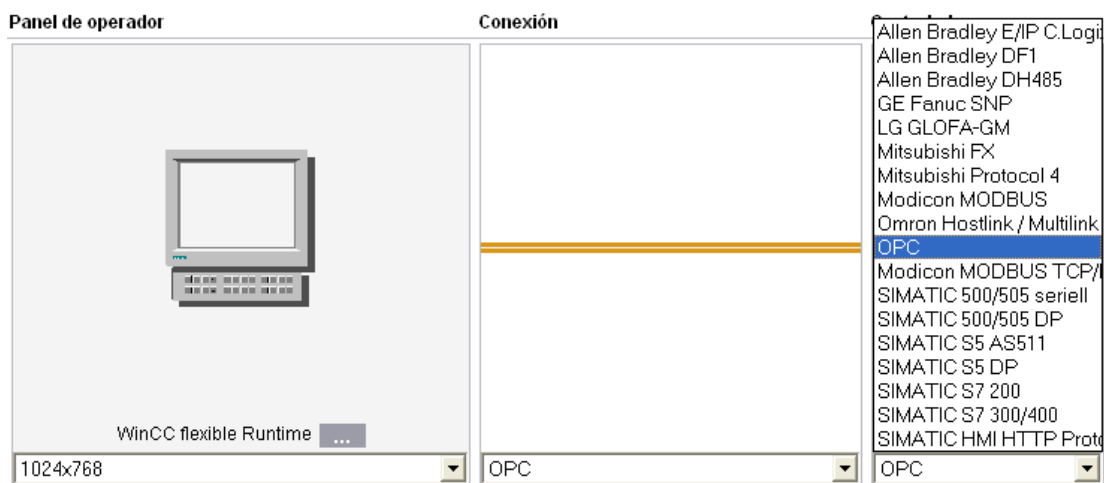


6.6.5.5 Creación del SCADA

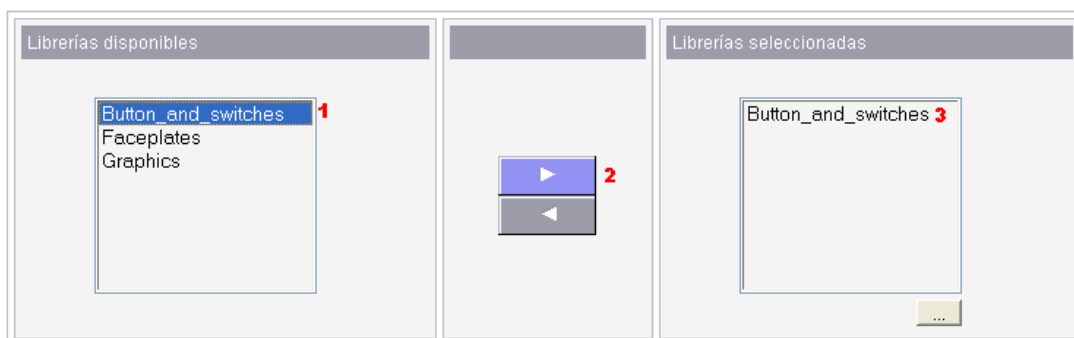
- Abra el programa Wincc Flexible 2008, y en la página inicial seleccione la opción **crear un proyecto nuevo con el asistente de proyectos**, esta opción ayudará a que la creación de la interfaz se realice de una manera mucho más sencilla.



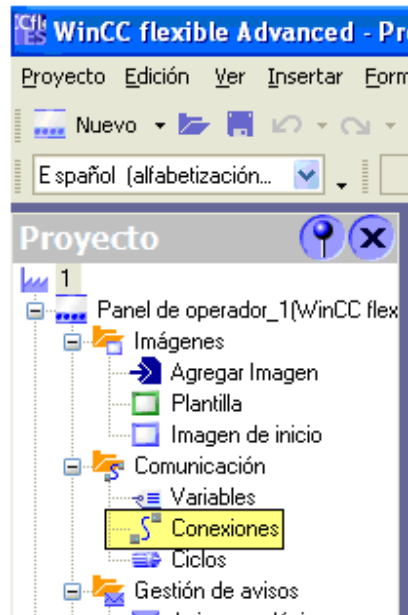
- Como el PLC es de gama baja, seleccione la opción **Trabajar con máquina pequeña** en el paso **seleccionar tipo de proyecto**.
- En el siguiente paso, seleccione OPC como controlador a utilizar.



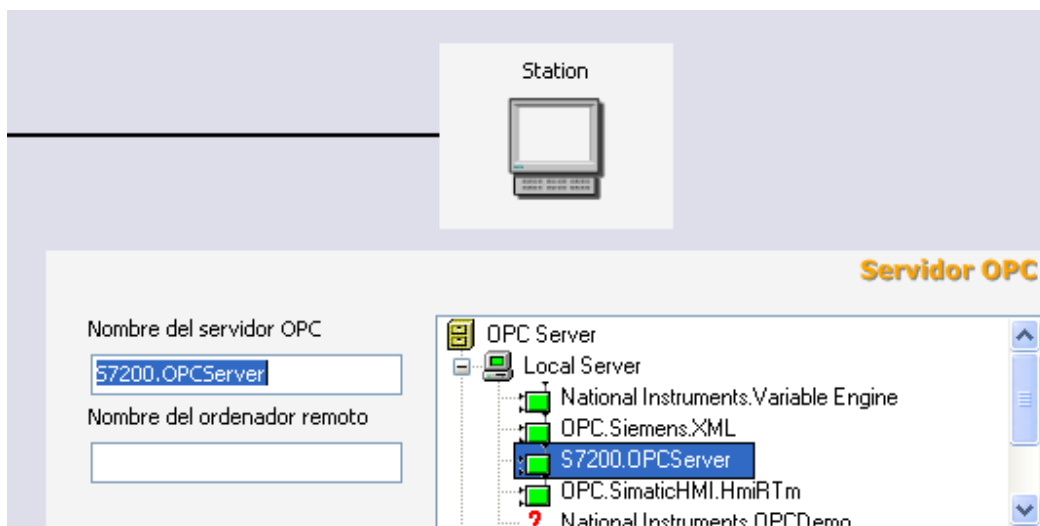
- Presione el botón **Siguiente**, hasta llegar al paso **Librerías**. En este, agregue las tres librerías que aparecen en el cuadro de la izquierda.



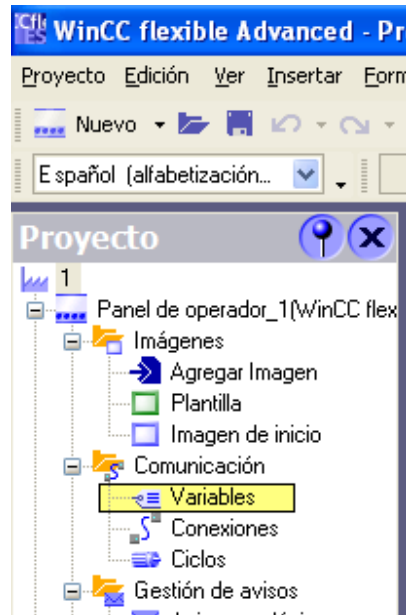
- En el siguiente paso coloque MM420 como nombre del proyecto y haga click sobre el botón finalizar.
- En la pantalla principal, haga doble click sobre la opción **Conexiones** en el menú **Proyecto**.



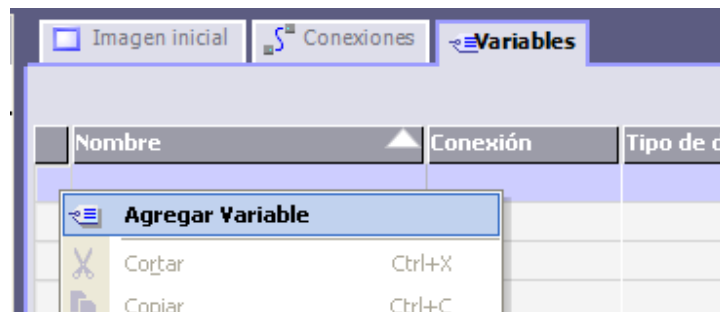
- En la pestaña que se abre, se debe seleccionar S7200.OPCServer como servidor OPC.



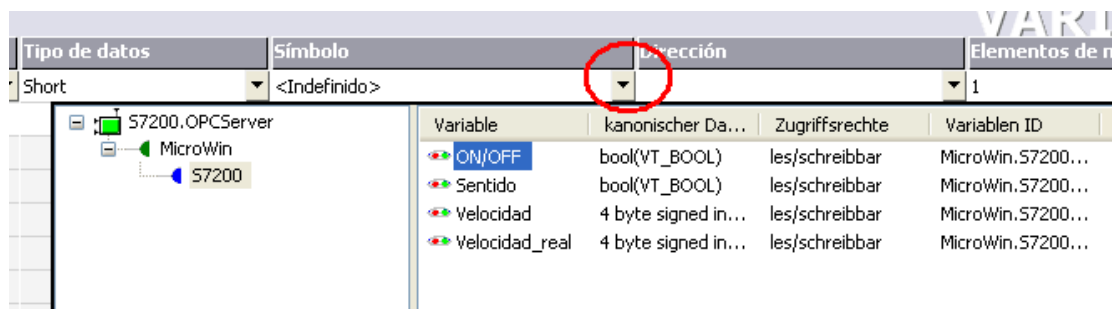
- Presione doble click sobre la opción **Variables** en el menú **Proyecto**, aquí se agregaran cada uno de los ítems creados en el servidor OPC al scada.




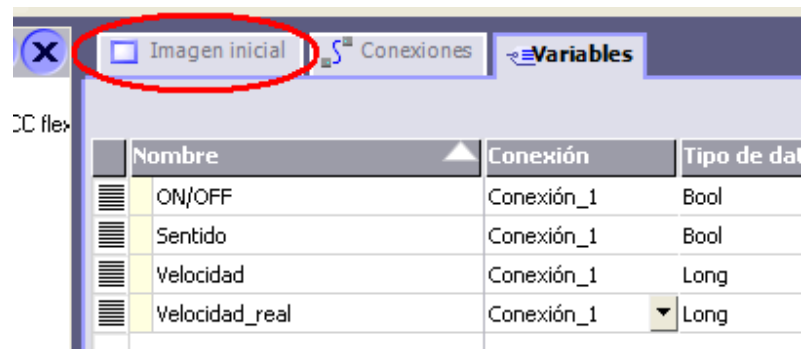
- En la nueva pestaña, presione click derecho sobre la primera fila y seleccione la opción **Agregar variable**.



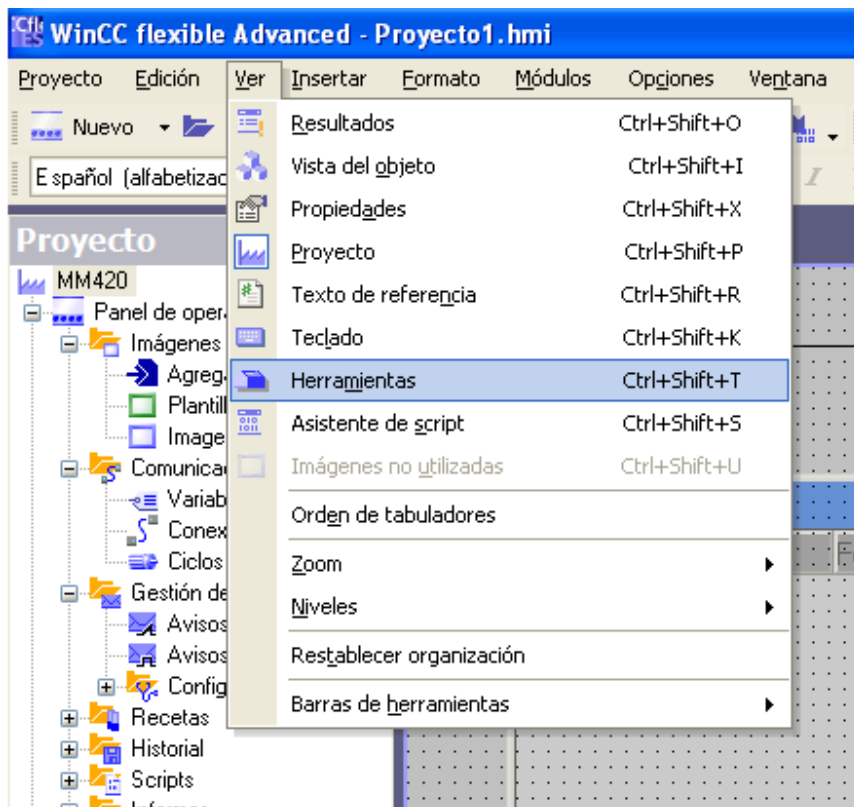
- Presione doble click sobre el nombre de la variable que aparece (Variable_1) y cambie su nombre por ON/OFF.
- Presione click sobre el parámetro símbolo de la variable agregada y aparecerá el servidor OPC seleccionado para la conexión. En este se debe elegir el PLC agregado en la configuración del servidor OPC (S7200) y el ítem que se asociará a esta variable (ON/OFF).



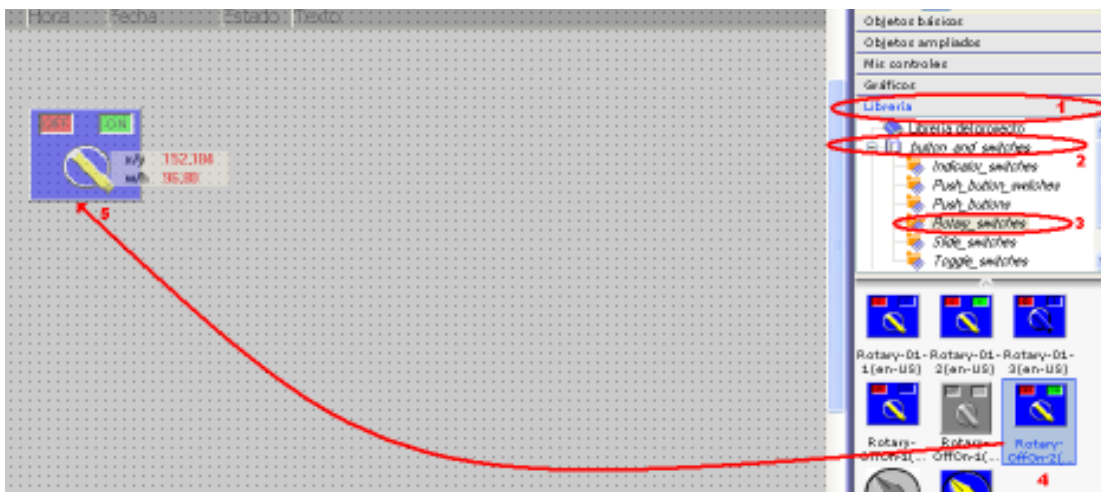
- Presione el botón  agregar la configuración realizada a la variable.
- Agregue 3 variables más y asocie a cada una de ellas los ítems Sentido, velocidad y velocidad_real. A cada variable colóquelo el mismo nombre del ítem a asociar con ella.
- Regrese a la pestaña **Imagen inicial** para agregar los elementos que se visualizarán en el Scada.



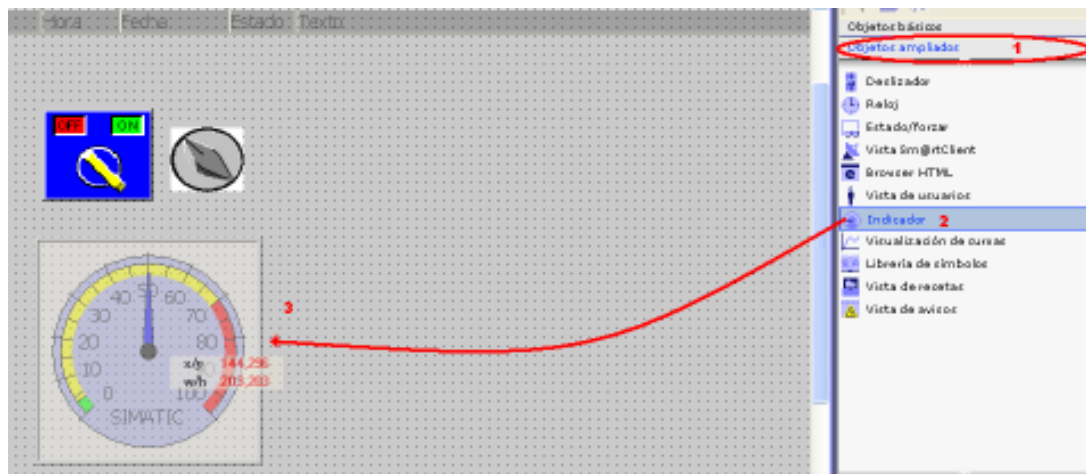
- Diríjase al menú **Ver** y allí seleccione la opción **Herramientas**.



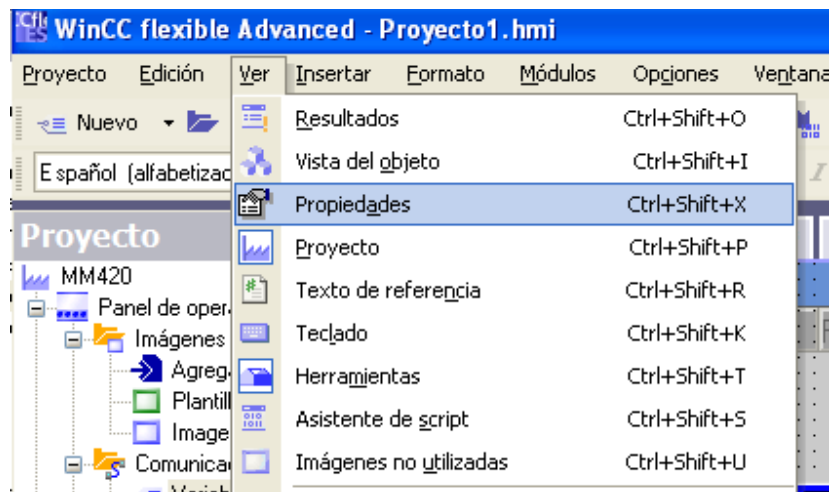
- En el menú **Herramientas**, seleccione la opción **Librerías**, luego seleccione la librería **Rotary switches**. En ella seleccione el elemento **Rotary-offOn-2(en-US)** y arrástrelo hasta el área de trabajo.



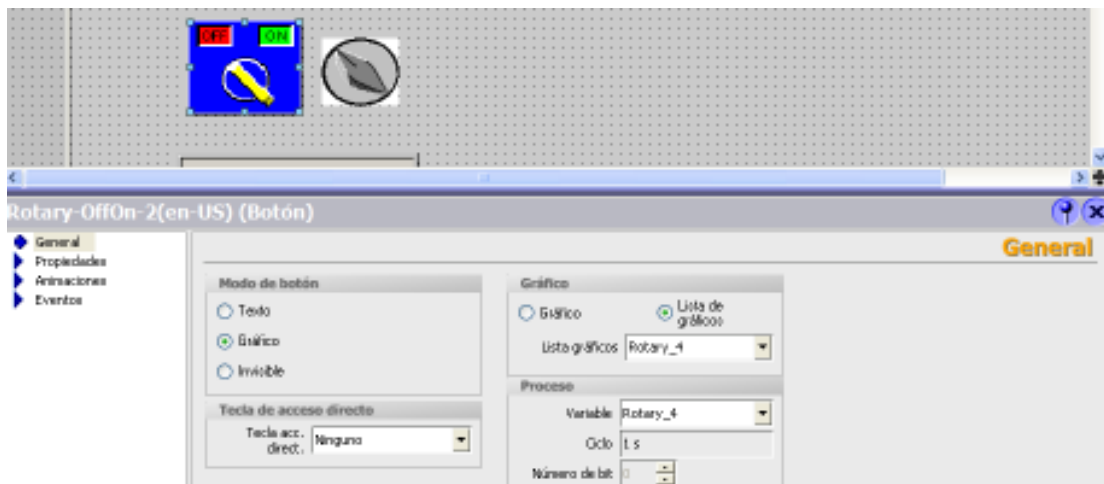
- Arrastre ahora el elemento **Turn-1(en-US)**.
- Seleccione ahora la opción **objetos ampliados**, luego seleccione el elemento **Indicador** y arrástrelo hasta el área de trabajo.



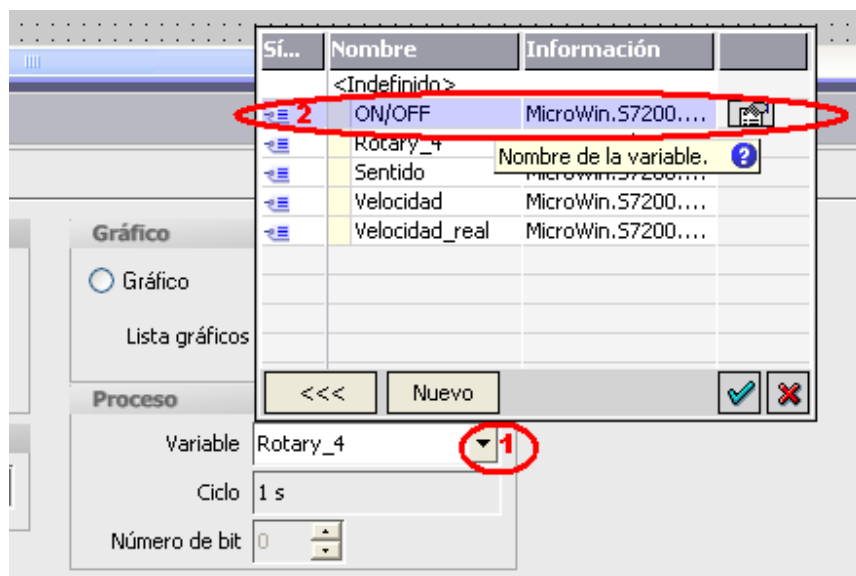
- Arrastre ahora el elemento **Deslizador**.
- Diríjase al menú **Ver** y allí seleccione la opción **Propiedades**.



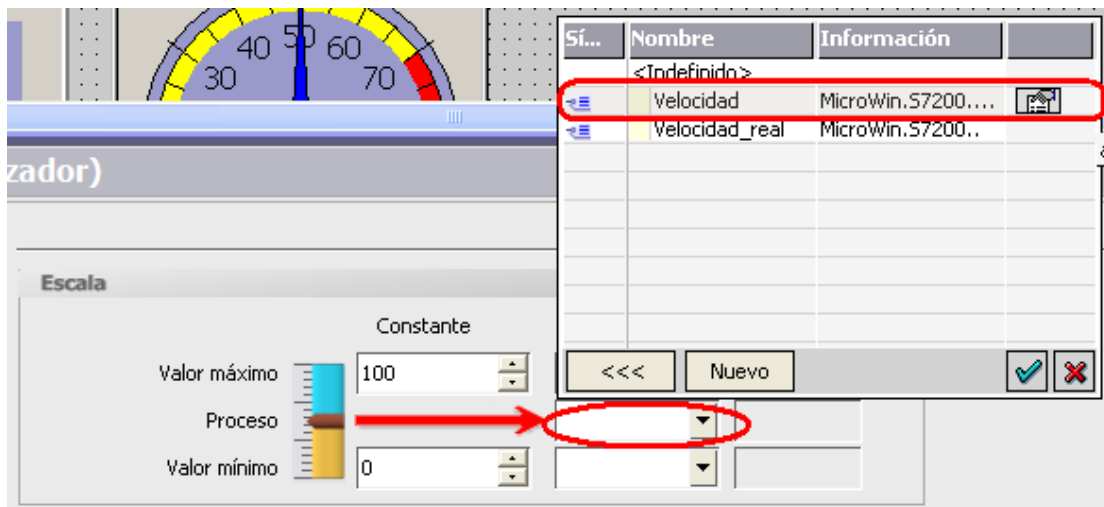
- Seleccione el **Rotary-offOn-2(en-US)** agregado al proyecto y aparecerán sus propiedades en la barra de herramientas de la parte inferior de la pantalla.



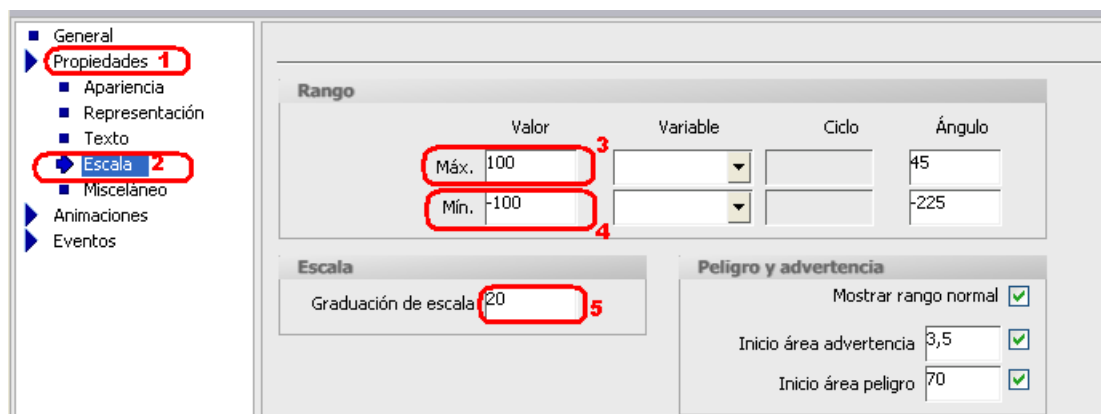
- Presione click en la propiedad **Variable** para que se despliegue la lista de las variables agregadas al proyecto, seleccione **ON/OFF** como la variable que se asociará a este elemento.




- Asocie la variable **Sentido** al elemento **Turn-1(en-US)** siguiendo los mismos pasos.
- Seleccione ahora el elemento **Deslizador** y asócielo la variable **Velocidad** al parámetro denominado **Proceso** en este elemento.



- Seleccione el elemento **Indicador** y asócielo la variable **Velocidad_real**.
- Para este mismo elemento, diríjase a la opción **Propiedades** y luego a **Escala**. En esta selección como valor máximo 100, como valor mínimo -100 y como graduación de escala 20.

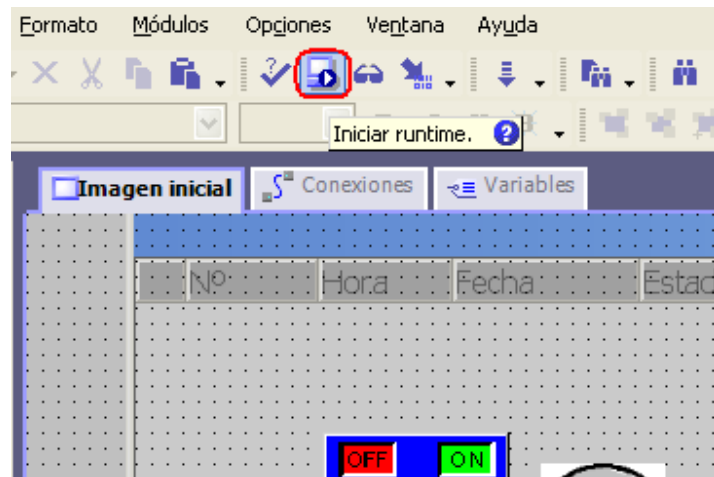


6.6.5.6 Control del motor

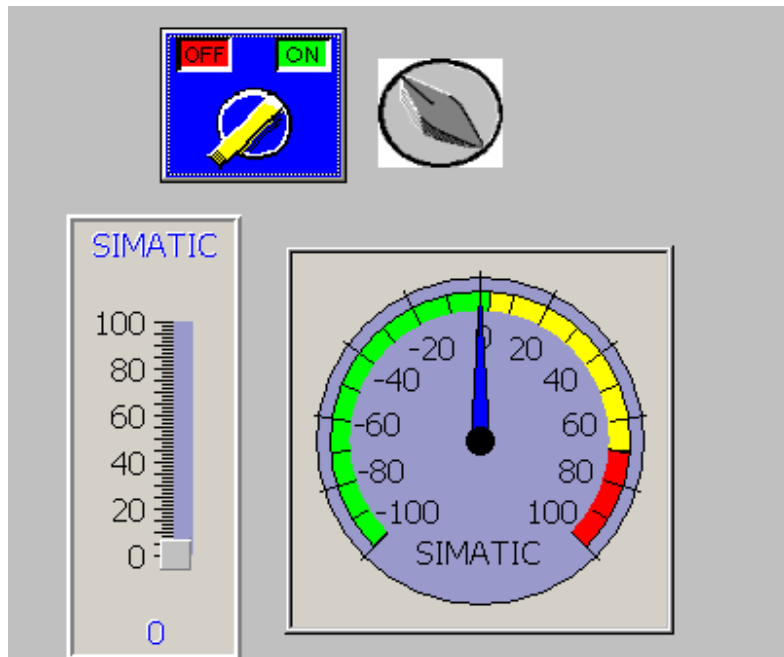
- Con la ayuda del botón  diríjase ahora al parámetro r0000 y acceda a él para visualizar la frecuencia de giro actual.



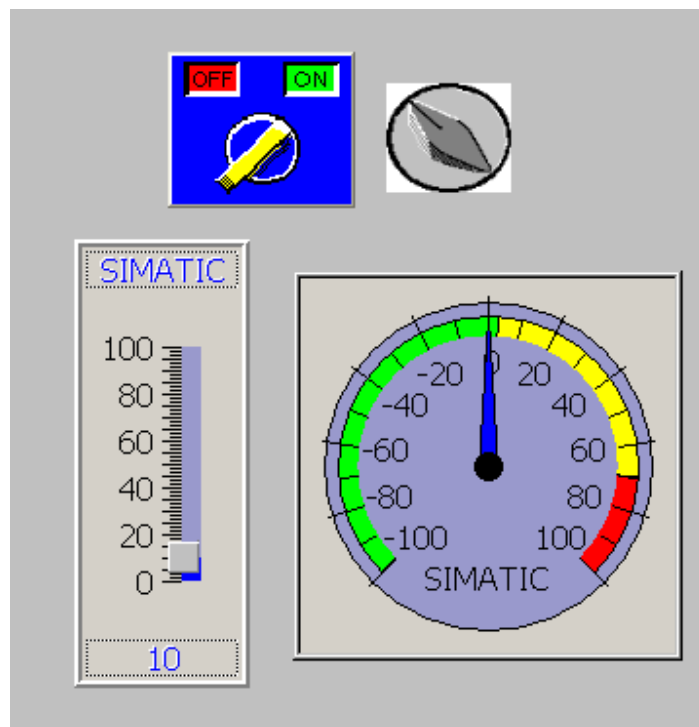
- Coloque el PLC en modo RUN.
- Inicie el runtime del Wincc flexible.



- Active el bit RUN del bloque USS_CTRL haciendo click derecho sobre él y escribiéndole el valor ON.
- Haga click sobre el elemento **Rotary-offOn-2(en-US)** para colocarlo en estado ON.



- Ajuste el valor del **Deslizador** en 10.



- Observe el valor que aparece en el **Indicador** y anótelo en la tabla 17.

- Observe la frecuencia que aparece en el panel del MM420 y anótela en la tabla 17.
- Con la ayuda de un tacómetro mida la velocidad angular del motor y anótela en la tabla 17.
- Repita el procedimiento con cada uno de los valores del deslizador mostrados en la tabla 17.

Tabla 17. Primera tabla de datos práctica 6

| Deslizador | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---------------|----|----|----|----|----|-----|
| Indicador | | | | | | |
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

- Haga click sobre el elemento **Rotary-offOn-2(en-US)** para que cambie de estado y repita el procedimiento anterior, anóte los resultados en la tabla 18.

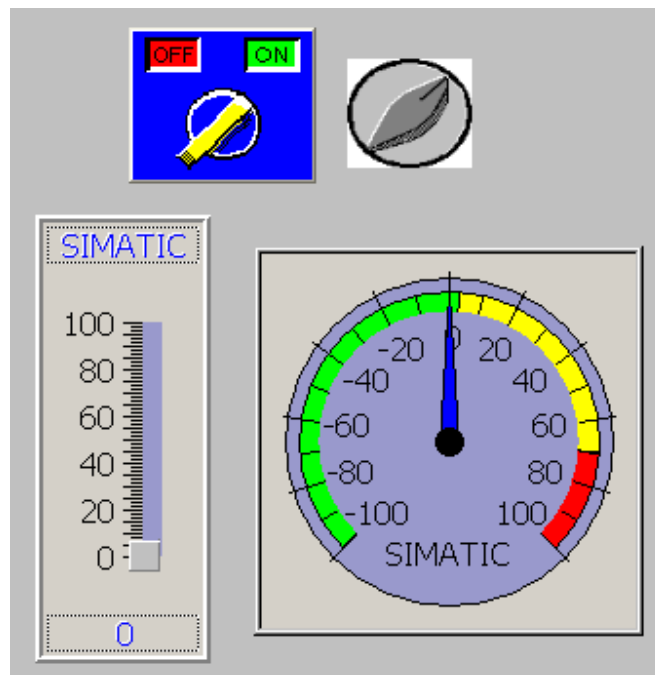


Tabla 18. Segunda tabla de datos práctica 6

| Deslizador | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|------------|----|----|----|----|----|-----|
| Indicador | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Frecuencia Hz | | | | | | |
| Velocidad RPM | | | | | | |

6.6.5.7 Análisis de datos y situaciones

- Realizar los gráficos de velocidad contra valor del deslizador, y frecuencia contra valor del deslizador a partir de los datos obtenidos.
- ¿Por qué cree usted que fue necesario hacer la conversión de la variable de velocidad de doble entero a real?

6.6.6 Conclusiones

7. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Una de las ventajas del trabajo con dispositivos electrónicos, sobre todo con PLC, es que prácticamente no necesitan mantenimiento, pues estos están diseñados de una manera robusta, la cual garantiza su funcionamiento eficiente sin necesidad de realizar un mantenimiento periódico.

Es por esto que, de los equipos a utilizar, el que mayores esfuerzos en mantenimiento requiere es el motor, debido a que este es un elemento electromecánico, que es más susceptible por estar en constante movimiento durante su funcionamiento.

7.1 MANTENIMIENTO DEL MOTOR

El principio fundamental del mantenimiento eléctrico consiste en MANTENER LIMPIO Y SECO EL EQUIPO. Esto requiere la inspección periódica del motor, la frecuencia dependiendo del tipo de motor y el servicio destinado.

Se recomienda inspeccionar los aspectos siguientes a intervalos regulares:

- Se recomienda mantener los bobinados exentos de polvo, grasa, aceite y suciedad. Se pueden limpiar los bobinados con limpiadores por succión o

frotándolos. Las boquillas en los limpiadores por succión deben ser no metálicas. Se pueden eliminar los depósitos de suciedad y de grasa con ayuda de un solvente volátil disponible comercialmente.

- Se deben apretar las conexiones de terminales, los tornillos, los pernos y las tuercas de ensamblaje. Éstas pueden aflojarse si el motor no está fijamente empernado y tiende a vibrar.
- Se recomienda verificar periódicamente la resistencia del aislamiento de los motores en servicio a aproximadamente las mismas condiciones de temperatura y humedad para determinar el posible deterioro del aislamiento. Cuando dichas mediciones a intervalos regulares indiquen una variación amplia, se recomienda determinar la causa. Se recomienda reacondicionar el motor, rebobinar o reemplazar el aislamiento del motor si fuera necesario, si éste hubiera estado sujeto a humedad excesiva. Los motores encerrados requieren muy poca atención. Asegúrese que la cámara externa de aire de los motores enfriados por ventilador no se obstruya con materia extraña que restrinja el paso del aire.

Si fuera necesario desensamblar el motor, se debe tener cuidado de no dañar los bobinados del estator ya que se puede estropear el aislamiento mediante el manejo indebido o rudo.

Se recomienda observar las precauciones para mantener limpios los rodamientos. Antes de retirar cualquiera de las pantallas extremas:

- Desconectar el motor de la fuente de alimentación. Etiquetar los conductores para asegurar la reconexión correcta.
- Retirar el motor de la base de montaje. Retirar la cubierta del ventilador si estuviera presente.
- Marcar las escuadras de soporte extremas según su posición en el bastidor para poder volverlas a colocar con facilidad.

Para el reensamblaje, se debe seguir el procedimiento inverso descrito para el

desensamblaje. Tras haber marcado las escuadras de soporte en la posición original, vuelva a colocarlas según las marcas.

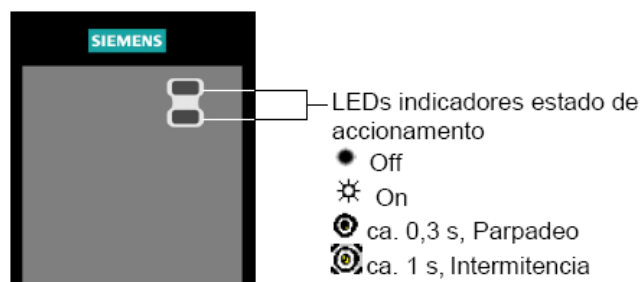
Nota: no usar gasolina ni otros solventes inflamables al limpiar el motor. El no seguir esta precaución puede resultar en lesiones corporales.

7.2 MANTENIMIENTO DEL MM420

7.2.1 Búsqueda de averías con el panel SDP

Si se utiliza el panel SDP, los leds de estado indican si existe algún fallo en el convertidor en un momento determinado. Para comprobar esto, es necesario tener en cuenta los posibles estados en los que pueden estar cada uno de los leds, estos se presentan en la figura 33.

Figura 33. Posibles estados de los leds en el panel SDP.²⁴

















Fuente:

²⁴ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de uso, Edición 12/04, p. 68

El panel SDP, puede mostrar 14 estados del convertidor, entre los cuales se encuentran las indicaciones de fallo. Estos se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Estados del convertidor indicados por los LEDs en el panel SDP.²⁵

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Red no presente |  | Fallo sobretemperatura convertidor |
|  | Preparado para funcionar |  | Alarma limite corriente - Ambos LEDs intermiten al mismo tiempo |
|  | Fallo en convertidor, uno de los listados abajo |  | Otras alarmas - Ambos LEDs intermiten alternativamente |
|  | Convertidor en marcha |  | Disparo/alarma por minima tension |
|  | Fallo sobrecorriente |  | Accionamiento no listo |
|  | Fallo sobretension |  | Fallo en ROM -Ambos LEDs parpadean al mismo tiempo |
|  | Fallo sobretemperatura motor |  | Fallo en RAM - Ambos LEDs parpadean alternativamente |

7.2.2 Búsqueda de averías con el panel BOP²⁶

Cuando en el convertidor se presentan fallas o alarmas, el panel BOP es capaz de indicarlás por medio de los mensajes que poseen el formato Axxx o Fxxx (donde xxx indica el tipo de falla o alarma, las cuales se indican en detalle en la tabla 20).

²⁵ Ibid.

²⁶ También aplica para el panel AOP

Si una vez dada la orden ON no arranca el motor y no se indica error ni alarma, se debe realizar la siguiente verificación:

- Comprobar que P0010 = 0.
- Comprobar que está presente una señal ON válida.
- Comprobar que P0700 = 2 (para control por entrada digital) o P0700 = 1 (para control desde panel BOP).
- Comprobar que esté presente la señal de consigna (0 a 10V en borne 3) o de que la consigna se haya introducido en el parámetro correcto, dependiendo de la fuente de consigna (P1000) ajustada. Véase Lista de parámetros para más detalles.
- Si el motor falla y no arranca tras cambiar los parámetros, ajustar P0010 = 30 y luego P0970 = 1 y pulsar P para restablecer en el convertidor los valores por defecto ajustados en fábrica.
- Seguidamente conectar un interruptor entre los bornes 5 y 8 en la placa de control.
- El accionamiento deberá girar.

7.2.2.1 Códigos de fallo

Si se produce una avería, el convertidor se desconecta y en pantalla aparece un código de fallo, estos códigos se muestran en la tabla 20.

Los avisos de fallo se almacenan en el parámetro r0947 bajo su número de código. El valor del fallo pertinente se encuentra en el parámetro r0949. Si un fallo carece de valor, se anota el valor 0. Además pueden leerse el momento en que se presenta un fallo (r0948) y el número de avisos de fallo (P0952) almacenados en el parámetro r0947.²⁷

²⁷ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de servicio, Edición 10/06, p. 68

Tabla 20. Códigos de fallo del MM420.²⁸

| Error | Causa | Diagnosis & Eliminar | Reacción |
|---|---|--|---------------|
| <p>F0001 Sobrecorriente</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencia del Motor (P0307) no corresponde a la potencia del ▪ convertidor (P0206) ▪ Cortocircuito en la alimentación del motor ▪ Fallo a tierra | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si la potencia del motor se corresponde con la potencia del convertidor. 2. Comprobar que no se han superado los límites de longitud del cable. 3. Comprobar el cable del motor y el motor para detectar cortocircuitos y defectos a tierra. 4. Comprobar si los parámetros del motor variables con P0010=3 se corresponden con el motor utilizado. 5. Comprobar la resistencia del estator (P0350). 6. Incrementar el tiempo de | <p>Off II</p> |
| <p>F0002 Sobretensión</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensión circuito intermedio (r0026) sobrepasa el nivel de fallo (P2172) ▪ La sobretensión puede estar ocasionada bien por una tensión de alimentación demasiado alta o por un un funcionamiento regenerativo del motor. ▪ El modo regenerativo puede ser ocasionado por | <p>Revisar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tensión alimentación (P0210) debe ajustarse dentro de los límites indicados en la placa de características. 2. El regulador del circuito intermedio debe estar habilitado (P1240) y parametrizado adecuadamente. 3. El tiempo de deceleración (P1121) debe ajustarse a la inercia de la carga. 4. La potencia de frenado requerida debe ajustarse a los límites | <p>Off II</p> |

Tabla 20. Códigos de fallo del MM420 (continuación)

²⁸ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de uso, Edición 12/04, p. 70.

| | | | |
|--|--|--|---------------|
| <p>F0003 Subtensión</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo alimentación principal. ▪ Carga brusca fuera de los límites especificados. | <p>Revisar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tensión de alimentación (P0210) debe ajustarse dentro de los límites indicados en la placa de características. | <p>Off II</p> |
| <p>F0004 Sobre-temperatura convertidor</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ventilación insuficiente ▪ Ventilador no operativo ▪ Temperatura ambiente demasiado alta | <p>Revisar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El ventilador debe girar cuando el convertidor este funcionando 2. La frecuencia de pulsación debe ajustarse al valor por defecto 3. Temperatura ambiente podría ser superior a la especificada para el | <p>Off II</p> |
| <p>F0005 Convertidor I2T</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Convertidor sobrecargado. ▪ Ciclo de carga demasiado repetitivo. ▪ Potencia motor (P0307) sobrepasa la capacidad | <p>Revisar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ciclo de carga debe situarse dentro de los límites especificados. 2. Potencia motor (P0307) debe ajustarse a la potencia del convertidor (P0206) | <p>Off II</p> |
| <p>F0011 Sobre-temperatura I2T del motor</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Motor sobrecargado | <p>Revisar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ciclo de carga debe ser corregido 2. La constante tiempo térmica del motor (P0611) debe ser corregida 3. Deje ajustarse el nivel de aviso de la temperatura del motor (P0604) 4. Comprobar el parámetro de la | <p>Off II</p> |
| <p>F0041 Fallo en la identificación de datos del</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo en la medida de la resistencia del estator. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si el motor está conectado al convertidor. 2. Comprobar si los datos del motor se han introducido correctamente. | <p>Off II</p> |

Tabla 20. Códigos de fallo del MM420 (continuación)


| | | | |
|---|---|--|--------|
| F0051 Fallo parámetro EEPROM | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo de lectura o escritura mientras guarda parámetros permanentes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Reajuste de fábrica y nueva parametrización. 2. Sustituir el convertidor. | Off II |
| F0052 Fallo pila de energía | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo de lectura para información de pila de energía o datos no | Sustituir el convertidor. | Off II |
| F0060 Timeout del ASIC | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo comunicaciones | <ol style="list-style-type: none"> 1. Si el fallo persiste, cambiar convertidor | Off II |
| F0070 CB fallo consigna | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se recibe consigna de la tarjeta de comunicaciones durante el tiempo de telegrama off. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. 2. Comprobar el maestro. | Off II |
| F0071 USS (enlace-BOP) fallo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay respuesta durante el tiempo de telegrama off via enlace BOP. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. 2. Comprobar el maestro. | Off II |
| F0072 USS (enlace COMM) fallo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay respuesta durante el tiempo de telegrama off | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. | Off II |
| F0080 pérdida señal de entrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rotura de hilo ▪ Señal fuera de límites | Comprobar la conexión a la entrada analógica. | Off II |
| F0085 Fallo Externo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallo externo disparado a través | Bloquear la entrada disparo de fallo. | Off II |
| F0101 Desbordamiento de | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Error de software o fallo del procesador | <ol style="list-style-type: none"> 1. Activar rutinas de autotest. 2. Sustituir el convertidor. | Off II |

Tabla 20. Códigos de fallo del MM420 (continuación)

| | | | |
|---|--|---|--------|
| F0221 Realimentación PID por debajo del valor | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Realimentación PID por debajo del valor mínimo P2268. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiar el valor de P2268. 2. Ajustar la ganancia de la realimentación. | Off II |
| F0222 Realimentación PID por encima del máximo. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Realimentación PID por encima del valor máximo P2267. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiar el valor de P2268. 2. Ajustar la ganancia de la realimentación. | Off II |
| 0450 Fallo en test BIST (sólo para modo de servicio técnico) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor de fallo: 1 Ha fallado alguno de los tests de la sección de la etapa de potencia. 2 Ha fallado alguno de los tests de las placas de mando 4 Ha fallado alguno de los tests funcionales 8 Ha fallado alguno de los tests de F/S | <ol style="list-style-type: none"> 1. El convertidor puede ponerse en marcha pero determinadas acciones pueden no funcionar. 2. Sustituir el convertidor. | Off II |

NOTA

Para poner a cero el código de error, es posible utilizar uno de los tres métodos que se indican a continuación:

1. Adaptar la potencia al dispositivo.
2. Pulsar el botón  situado en el BOP.
3. Mediante impulso digital 3 (configuración por defecto)²⁹

7.2.2.2 Códigos de alarma

Los avisos de alarma se almacenan en el parámetro r2110 bajo su número de código y pueden leerse desde allí. Estos códigos se muestran en la tabla 21.

²⁹ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de servicio, Edición 10/06, p. 180

Tabla 21. Códigos de alarma del MM420

| Error | Causa | Diagnosís & |
|---|--|---|
| <p>A0501 Limitación corriente</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La potencia del motor no corresponde a la potencia del convertidor ▪ Los cables al motor son demasiado cortos ▪ Fallo a tierra | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si la potencia del motor se corresponde con la potencia del convertidor. 2. Comprobar que no se han superado los límites de longitud del cable. 3. Comprobar el cable del motor y el |
| <p>A0502 Límite por sobretensión</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensión de red es demasiado alta ▪ Carga regenerativa ▪ Tiempo de aceleración demasiado corto. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar que la tensión de red esté dentro del margen admisible. 2. Incrementar los tiempos de aceleración. <p>Nota:</p> |
| <p>A0503 Límite de</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensión de red demasiado baja ▪ Corto de red | <p>Está activo el</p> <p>Revisar la tensión de la alimentación</p> |

Tabla 21. Códigos de alarma del MM420 (continuación)

| | | |
|--|--|--|
| A0504 Sobre-temperatura del convertidor | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Superado nivel de temperatura en el disipador del convertidor (P0614), de ello resulta reducción en la frecuencia de pulsación y/o la frecuencia de salida (dependiendo de la parametrización en (P0610) | Revisar lo siguiente: 1. Temperatura ambiente debe situarse dentro de los límites especificados 2. Comprobar |
| A0505 I²T del | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se ha superado el nivel de alarma; la corriente se reduce si está parametrizado (P0610 = 1) | Comprobar si el ciclo de carga está dentro de |
| A0506 Ciclo de carga del | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La temperatura del disipador y el modelo térmico de la unión del semiconductor están fuera del rango admisible | Revisar el ciclo de carga y los cambios de carga |
| A0511 Sobre-temperatura I²t | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrecarga motor. ▪ Ciclo de carga demasiado alta. | Revisar lo siguiente: 1. P0611 (constante de tiempo del motor I ² t) debería ajustarse al valor correcto 2. P0614 (Nivel de sobrecarga) |
| A0512 Pérdida de la señal de | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rotura de hilo del sensor de temperatura del motor. | Si se detecta la rotura de hilo, la monitorización |
| A0535 Resistencia | | |

Tabla 21. Códigos de alarma del MM420 (continuación)

| | | |
|--|---|-------------------------|
| A0541 Identificación de datos de motor activo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación datos de motor (P1910) seleccionado o funcionamiento | |
| A0600 | | |
| A0700 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Específico de la tarjeta de comunicaciones (CB) | Ver manual de |
| A0701 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Específico de la tarjeta de comunicaciones (CB) | Ver manual de la CB |
| A0702 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ CB Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0703 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0704 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0705 | Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0706 | Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0707 | Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0708 | Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0709 | Específico de la tarjeta de comunicaciones | Ver Manual de la CB |
| A0710 Error comunicaciones CB | Se ha perdido comunicación con CB (tarjeta de comunicación) | Comprobar el hardware |
| A0711 Error configuración CB | CB (tarjeta comunicación) notifica error de configuración. | Comprobar parámetros CB |

Tabla 21. Códigos de alarma del MM420 (continuación)

| | | |
|---|---|---|
| A0910 Regulador Vdc- max activo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ El regulador de Vdc máximo ha sido desactivado, debido a que el regulador no es capaz de mantener la tensión en el circuito intermedio (r0026) dentro de los límites (P2172). ▪ Ocurre cuando la tensión de alimentación principal (P0210) está alta permanentemente. ▪ Ocurre si el motor es arrastrado por la carga activa, ocasionando que el motor entre en modo regenerativo. ▪ Ocurre con cargas con gran inercia, cuando se | Revisar lo siguiente: 1. Entrada tensión (P0756) debe estar dentro de los límites. |
| A0911 Regulador Vdc- max activo | Regulador Vdc max activo; los tiempos de desaceleración se incrementarán automáticamente para mantener la tensión en el circuito intermedio (r0026) dentro de los límites (P2172). | |
| A0920 Los parámetros del ADC no están ajustados adecuadamente. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros ADC no deben estar todos ajustados al mismo valor, ya que esto produce resultado ilógicos. ▪ Índice 0: Ajustes de parámetro para salida idéntica ▪ Índice 1: Ajustes de parámetro para entrada idéntica ▪ Índice 2: Ajustes de parámetro para entrada no | Los parámetros de entrada analógica no deben estar todos |
| A0921 Los parámetro de DAC no ajustados correctamente. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los parámetros del DAC no deben estar ajustados al mismo valor, ya que esto produce resultados ilógicos. Index 0: Ajustes de parámetro para idéntica salida ▪ Index 1: Ajustes de parámetro para idéntica entrada ▪ Index 2: Ajustes de parámetro para la salida no | Los parámetros de salida analógica no deben estar todos |

Tabla 21. Códigos de alarma del MM420 (continuación)

| | | |
|---|--|--|
| <p>A0922 No hay carga aplicada al convertidor</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay carga aplicada al convertidor. ▪ Como resultado algunas funciones no trabajan correctamente ya que no hay condiciones de carga normales. | <p>1. Comprobar que la carga está aplicada al convertidor.</p> |
| <p>A0923 Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas conjuntamente. ▪ Esto paraliza la frecuencia de salida RFG a su valor real. | <p>Asegurarse de que las señales JOG a derechas y JOG a izquierdas no estén aplicadas simultáneamente.</p> |

8. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS

En el trabajo con variadores de velocidad, y en equipos industriales en general, una de las tendencias actuales es el uso de protocolos de comunicación para establecer sistemas de control (bien sean centralizados o distribuidos). Uno de los estándares de comunicaciones más utilizados en la actualidad (por no decir que el más utilizado) es el Profibus. Por esto, sería interesante que en futuros trabajos con estos equipos se pudiera trabajar este estándar de comunicación. Para esto, se hace necesario adquirir el módulo de comunicaciones profibus para el MM420 (Ver figura 34).

Con este módulo, no solo se puede interconectar el variador con un PLC y otros instrumentos, sino que permite la configuración y puesta en marcha de este desde un PC por medio del software **Starter** de Siemens.

Figura 34. Módulo Profibus del MM420.³⁰



Fuente: www.automation.siemens.com

³⁰ http://www.automation.siemens.com/sd/umrichter/html_78/micromaster4_zubehoer.htm

Por último, las prácticas que incluyen la comunicación mediante el protocolo USS podrían realizarse de manera mucho más prácticas si se contaran con CPU's 224XP (ver figura 35) o 226 (ver figura 36) del PLC S7-200. Esto debido a que estas CPU's cuentan con dos puertos seriales, los cuales podrían utilizarse simultáneamente para omitir el uso del módulo profibus en la comunicación (esto para no sea necesario interrumpir la comunicación del PLC con otros dispositivos por medio del estándar profibus, en caso de que esté configurado como esclavo).

Figura 35. CPU 224XP.³¹



Fuente: www.automation.siemens.com

Figura 36. CPU 226.³²



Fuente: www.automation.siemens.com

³¹ SIEMENS, Simatic. Catálogo ST 70 2007, p. 3/4

³² *Ibíd.*, p. 3/5

CONCLUSIONES

Debido a la importancia que en la actualidad tiene el movimiento en la actividad industrial (y siendo más específicos, el movimiento variable), se aprecia que es indispensable que en la formación de un ingeniero, que podría desempeñarse en la automatización, control y/o mantenimiento de equipos industriales, se incluyan las prácticas con variadores de velocidad, pues son precisamente estos equipos los que se encargan de hacer que el movimiento de los motores varíen según los requerimientos de los procesos.

Estas experiencias le brindan un valor agregado al los futuros ingenieros del área de automatización y control, pues es totalmente novedoso que en un programa de formación se dedique tan gran intensidad de tiempo y contenido al estudio de los variadores de velocidad.

Estas pruebas demostraron ser altamente confiables, pues el lenguaje utilizado y la metodología implementada demostraron ser asimiladas por los estudiantes que pudieron interactuar con ellas.

Estos procedimientos garantizan el apoyo al proceso de formación integral, pues no solo estimula el seguimiento de una serie de tareas o rutinas, sino que se plantea de una manera tal que el estudiante compare, investigue, proponga y sea creativo mientras hace.

Por último, estas prácticas apoyan el crecimiento y la actualización del laboratorio de automatización y control, el cual busca que las nuevas generaciones de ingenieros salgan con mucha más preparación a la hora de enfrentarse a ambientes industriales.

BIBLIOGRAFIA

CHAPMAN, Stephen J. Máquinas eléctricas. 4 ed. México: Mc Graw Hill, 2005. 768 p. ISBN 958-4100-56-4

ALLER, José Manuel. Máquinas eléctricas rotativas. Caracas: editorial Equinoccio, 2007. 459 p. ISBN 980-237-223-4

SIEMENS. SIMATIC. Catálogo ST 70, 2007.

SIEMENS. Micromaster 420 0.12 kW – 11 kW: Instrucciones de uso. Edición 04. 2002.

SIEMENS. SIMATIC Manual del sistema de automatización S7-200, Edición 09. 2007.

SIEMENS. SIMATIC Catálogo de novedades S7 70 N. 2007.

EURO TECHNIQUES. Variación de velocidad. Edición 2007

SIEMENS. MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Guía rápida, septiembre del 2000.

SIEMENS. MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de servicio, Edición 10. 2006.

ANEXO A

LISTA DE PARÁMETROS

En este anexo solo se listarán los parámetros del MM420, para obtener más información de cada uno de ellos, por favor remitirse al documento ***Lista de Parámetros: MICROMASTER 420 Edición: 10/06.***

r0000 Display de funcionamiento
r0002 Estado del accionamiento
P0003 Nivel de acceso de usuario
P0004 Filtro de parámetro
P0005 Selección indicación display
P0006 Modo indicador
P0007 R. desconexión fondo de pantalla
P0010 Parámetro de puesta en marcha
P0011 Bloqueo de la lista de usuario
P0012 Llave de la lista de usuario
P0013[20] Parám. definidos por usuario
P0014[3] Modo guardar
r0018 Versión del firmware
r0019 CO/BO: BOP palabra de mando
r0020 CO: Cna. frec. después del RFG
r0021 CO: Frecuencia real
r0022 Velocidad rotor real
r0024 CO: Frecuencia de salida real
r0025 CO: Tensión de salida
r0026 CO: Tensión cic. interm.
r0027 CO: Corriente de sal. real
r0034 CO: Temperatura del motor (i^2t)
r0036 CO: Registro de sobrecarga
r0037 CO: Temperatura convertidor [°C]
r0039 CO: Cont. consumo energía [kWh]
P0040 Reset contador consumo energía

r0052 CO/BO: Val. real Palabra estado1
r0053 CO/BO: Val. real Palabra estado2
r0054 CO/BO: Val. real Palabra mando 1
r0055 CO/BO: Val. real Palabra mando 2
r0056 CO/BO: Estado control del motor
r0067 CO: Límite corr. real de salida
r0071 CO: Tensión Max. de salida
r0078 CO: Corriente real Isq
r0084 CO: Flujo real por entrehierro
r0086 CO: Corriente activa real
P0100 Europa / América
P0199 Número de equipo en el sistema
r0200 Cód. POWER STACK del equipo
P0201 Código Power stack (acumulador)
r0203 Tipo real de convertidor
r0204 Características del Power stack
r0206 Potencia nominal conv. [kW]/[hp]
r0207[2] Corriente nominal convertidor
r0208 Tensión nominal del convertidor
r0209 Corriente máxima del convertidor
P0210 Tensión de alimentación
r0231[2] Long. Máx. de cable
P0290 Reacción convert. ante sobrec.
P0291 Config. protección convertidor
P0292 Alarma de sobrecarga convertidor
P0294 Alarma sobrecarga convertidor I^2t
P0295 Tiempo retardo descon. vent.
P0300 Selección del tipo de motor
P0304 Tensión nominal del motor
P0305 Corriente nominal del motor
P0307 Potencia nominal del motor

P0308 cosPhi nominal del motor
P0309 Rendimiento nominal del motor
P0310 Frecuencia nominal del motor
P0311 Velocidad nominal del motor
r0313 Pares de polos del motor
P0320 Corriente magnetización del mot.
r0330 Deslizamiento nominal
r0331 Corriente magnetización nominal
r0332 Factor de potencia nominal
P0335 Refrigeración del motor
P0340 Cálculo de parámetros del motor
P0344 Peso del motor
P0346 Tiempo de magnetización
P0347 Tiempo de desmagnetización
P0350 Resistencia estator, fase-a-fase
r0370 Resistencia del estator [%]
r0372 Resistencia cable [%]
r0373 Resist. nominal del estator [%]
r0374 Resistencia del rotor [%]
r0376 Resistencia nominal del rotor[%]
r0377 Reactancia total de fuga [%]
r0382 Reactancia principal [%]
r0384 Constante de tiempo del rotor
r0386 Constante de tiempo fuga total
r0395 CO: Resistencia tot. estator [%]
P0610 Reacción I^2t motor
P0611 Constante tiempo I^2t del motor
P0614 Nivel al. p.sobrecarga I^2t motor
P0640 Factor sobrecarga motor [%]
P0700 Selección fuente de ordenes
P0701 Función de la entrada digital 1

P0702 Función de la entrada digital 2
P0703 Función de la entrada digital 3
P0704 Función de la entrada digital 4
P0719[2] Selección de comandos & frec. cna.
r0720 Número de entradas digitales
r0722 CO/BO: Estado entradas digitales
P0724 T.elim.de reb. para entradas dig.
P0725 Entradas digitales PNP / NPN
r0730 Número de salidas digitales
P0731 BI: Función de salida digital 1
r0747 CO/BO: Estado de salidas digital
P0748 Invertir las salidas digitales
r0750 Número de ADCs
r0751 CO/BO: Palabra de estado de ADC
r0752 Valor real de entrada en ADC [V]
P0753 Tiempo de filtrado de la ADC
r0754 Valor real ADC escalada [%]
r0755 CO: Valor real ADC escal.[4000h]
P0756 Tipo de ADC
P0757 Valor x1 escalado de la ADC [V]
P0758 Valor y1 escalado de la ADC
P0759 Valor x2 escalado de la ADC [V]
P0760 Valor y2 of ADC escalado
P0761 Ancho banda muerta de la ADC [V]
P0762 Retardo perd. entrada analógica
r0770 Número salidas analógicas (DAC)
P0771 CI: Salida analógica (DAC)
P0773 Tiempo filtrado s.analógica
r0774 Valor real la salida analógica
P0775 Admisión del valor absoluto
P0776 Tipo de salida analógica (DAC)

P0777 Valor x1 escalado de la DAC
P0778 Valor y1 escalado de la DAC
P0779 Valor x2 escalado de la DAC
P0780 Valor y2 escalado de la DAC
P0781 Ancho de la banda muerta de DAC
r0785 CO/BO: Estado salida analógica
P0800 BI: Descarga juego parámetros 0
P0801 BI: Descarga juego parámetros 1
P0810 BI: CDS bit 0 (Local / Remote)
P0840 BI: ON/OFF1
P0842 BI: ON/OFF1 inversión
P0844 BI: 1. OFF2
P0845 BI: 2. OFF2
P0848 BI: 1. OFF3
P0849 BI: 2. OFF3
P0852 BI: Impulsos habilitados
P0918 Dirección CB
P0927 Parametros modificables via
r0947[8] CO: Último código de fallo
r0948[12] CO: Hora del Fallo
r0949[8] CO: Valor del Fallo
P0952 Número total de fallos
r0964[5] Datos Versión Firmware
r0965 Perfil Profibus
r0967 Palabra de Control 1
r0968 Palabra de Estado 1
P0970 Reposición a valores de fabrica
P0971 Transferencia de datos de la RAM
P1000 Selecc. consigna de frecuencia
P1001 Frecuencia fija 1
P1002 Frecuencia fija 2

P1003 Frecuencia fija 3
P1004 Frecuencia fija 4
P1005 Frecuencia fija 5
P1006 Frecuencia fija 6
P1007 Frecuencia fija 7
P1016 Modo Frecuencia fija - Bit 0
P1017 Moda Frecuencia fija - Bit 1
P1018 Modo Frecuencia fija - Bit 2
P1020 BI: Selección Frec. fija Bit 0
P1021 BI: Selección Frec. fija Bit 1
P1022 BI: Selección Frec. fija Bit 2
r1024 CO: Frecuencia fija real
P1031 Memorización de consigna del MOP
P1032 Inhibir consigna negativa-MOP
P1035 BI: Habil. MOP (comando-ARRIBA)
P1036 BI: Habilitar MOP (cmd.-ABAJO)
P1040 Consigna del MOP
r1050 CO: Frec. real de salida del MOP
P1055 BI: Habilitar JOG derecha
P1056 BI: Habilitar JOG izquierda
P1058 Frecuencia JOG derecha
P1059 Frecuencia JOG izquierda
P1060 Tiempo de aceleración JOG
P1061 Tiempo de deceleración JOG
P1070 CI: Consigna principal
P1071 CI: Consigna principal escalada
P1074 BI: Deshabilitar consigna adic.
P1075 CI: Consigna adicional
P1076 CI: Consigna adicional escalada
r1078 CO: Frecuencia total de consigna
r1079 CO: Consigna de frec. selecc.

P1080 Frecuencia mínima
P1082 Frecuencia máx.
P1091 Frecuencia inhibida 1
P1092 Frecuencia inhibida 2
P1093 Frecuencia inhibida 3
P1094 Frecuencia inhibida 4
P1101 Ancho b. frecuencias inhibidas
P1110 BI: Inhibición frecs. Negativas
P1113 BI: Inversión
r1114 CO: Cna. freq. después ctrl. dir.
r1119 CO: Cna. freq. después del RFG
P1120 Tiempo de aceleración
P1121 Tiempo de deceleración
P1124 BI: Habilitar los tiempos d. JOG
P1130 T. redondeo inicial aceleración
P1131 T. redondeo final aceleración
P1132 T. redondeo inicial deceleración
P1133 T. redondeo final deceleración
P1134 Tipo de redondeo
P1135 Tiempo deceleración OFF3
P1140 BI: RFG habilitado
P1141 BI: RFG iniciado
P1142 BI: RFG Consigna habilitada
r1170 CO: Consigna frecuencia tras RFG
P1200 Rearranque al vuelo
P1202 Corriente-motor:Rearran.al vuelo
P1203 Búsqueda velocidad:Rear.al vuelo
r1204 CO/BO: Pal. est: Rearr. al vuelo
P1210 Rearranque automático
P1211 Número de intentos de arranque
P1215 Habilitación del MHB

P1216 Tiempo de apertura MHB
P1217 Tiempo retardo de MHB
P1230 BI: Habil. freno inyecc.c. cont.
P1232 Corriente frenado c.continua
P1233 Duración del frenado c.continua
P1236 Corriente frenado combinado
P1240 Configuración del regulador Vdc
r1242 CO: Nivel de conexión de Vdc-máx
P1243 Factor dinámico del Vdc-máx
P1250 Ganancia del regulador-Vdc
P1251 Tiempo integración regulador Vdc
P1252 Tiempo diferencial regul. Vdc
P1253 Limitación salida regulador Vdc
P1254 Autodetección niveles conex. Vdc
P1300 Modo de control
P1310 Elevación continua
P1311 Elevación para aceleración
P1312 Elevación en arranque
r1315 CO: Tensión de elevación total
P1316 Frecuencia final de elevación
P1320 Coord.1 frec. program. curva V/F
P1321 Coord.1 tens. program. curva V/F
P1322 Coord.2 frec. program. curva V/F
P1323 Coord.2 tens. program. curva V/F
P1324 Coord.3 frec. program. curva V/F
P1325 Coord.3 tens. program. curva V/F
P1333 Frecuencia de inicio para el FCC
P1335 Compensación del deslizamiento
P1336 Límite de deslizamiento
r1337 CO: Frecuencia deslizam. Comp
P1338 Amortig. resonanc. ganancia V/f

P1340 Ganancia prop. del regul. Imáx
P1341 Tiempo integral regulador Imáx
r1343 CO: Frec. sal. regulador Imáx
r1344 CO: Tensión sal. regulador Imáx
P1349 Límite amortig. Resonancia
P1350 Tensión de arranque suave
P1800 Frecuencia pulsación
r1801 CO: Frecuencia modulación real
P1802 Modo modulador
P1803 Modulación máx.
P1820 Secuencia fases salida invertida
P1910 Selección datos identificac. Mot
r1912 Identificar resistencia estator
P2000 Frecuencia de referencia
P2001 Tensión de referencia
P2002 Corriente de referencia
P2009[2] Normalización USS
P2010[2] Velocidad transferencia USS
P2011[2] Dirección USS
P2012[2] USS longitud PZD
P2013[2] USS longitud PKW
P2014[2] Retardo telegrama USS
r2015[4] CO: PZD desde BOP (USS)
P2016[4] CI: PZD hacia BOP (USS)
r2018[4] CO: PZD desde COM (USS)
P2019[4] CI: PZD hacia COM (USS)
r2024[2] Telegramas libre de error USS
r2025[2] Telegramas USS rechazados
r2026[2] Error estructura caracter USS
r2027[2] Error rebase USS
r2028[2] Error paridad USS

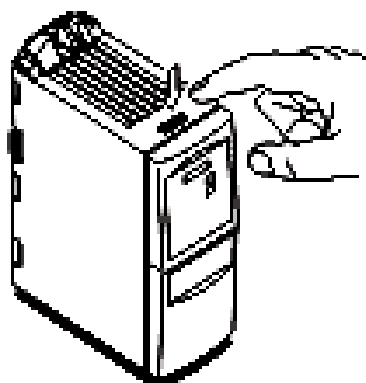
r2029[2] Error inicialización USS
r2030[2] Error BCC USS
r2031[2] Error longitud USS
r2032 BO: Pal. ctrl1 desde con.BOP(USS)
r2033 BO: Pal. ctrl2 desde con.BOP(USS)
r2036 BO: Pal. ctrl1 des. con. COM(USS)
r2037 BO: Pal. ctrl2 des.con.COM(USS)
P2040 Retardo telegrama CB
P2041[5] Parámetros CB
r2050[4] CO: PZD desde CB
P2051[4] CI: PZD hacia CB
r2053[5] Identificación CB
r2054[7] Diagnóstico CB
r2090 BO: Pal. de control 1 desde CB
r2091 BO: Palabra de ctrl 2 desde CB
P2100[3] Selección del número de alarma
P2101[3] Valor reacción al paro
P2103 BI: Fuente 1. Acuse de fallos
P2104 BI: Fuente 2. Acuse de fallos
P2106 BI: Fallo externo
r2110[4] CO: Número de alarma
P2111 Número total de alarmas
r2114[2] Contador de horas funcionamiento
P2115[3] Reloj tiempo real AOP
P2120 Contador de alarmas
P2150 Frecuencia histéresis f_hys
P2155 Frecuencia umbral f1
P2156 Tiempo de retardo de frec. umb 1
P2164 Histéresis desviación-frec.
P2167 Frecuencia desconexión f,off
P2168 Toff retardo (desconex. convert)

P2170 Corriente umbral I, umbral
P2171 Retardo Corriente umbral
P2172 Tensión umbral circ. Intermedio
P2173 Tiempo retardo Vdc
P2179 Límite corriente sin ident carg
P2180 T. de Retardo sin identif carga
r2197 CO/BO: Palabra estado monitor 1
P2200 BI: Habilitación regulador PID
P2201 Consigna PID fija 1
P2202 Consigna PID fija 2
P2203 Consigna PID fija 3
P2204 Consigna PID fija 4
P2205 Consigna PID fija 5
P2206 Consigna PID fija 6
P2207 Consigna PID fija 7
P2216 Modo consigna fija PID - Bit 0
P2217 Modo consigna fija PID - Bit 1
P2218 Modo consigna fija PID - Bit 2
P2220 BI: Selecc. Cna.fija.PID Bit 0
P2221 BI: Selecc. Cna.fija.PID Bit 1
P2222 BI: Selecc. Cna.fija.PID Bit 2
r2224 CO: Consigna fija PID activa
P2231 Memorización cna. del PID-MOP
P2232 Inhibir consigna neg. PID-MOP
P2235 BI: Habilitar PID-MOP (UP-cmd)
P2236 BI: Habilitar PID-MOP (DOWN-cmd)
P2240 Consigna del PID-MOP
r2250 CO: Consigna salida del PID-MOP
P2253 CI: Consigna PID
P2254 CI: Fuente compensación PID
P2255 Factor ganancia consigna PID

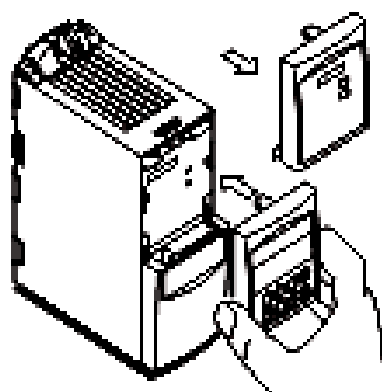
P2256 Factor ganancia compensación PID
P2257 Tiempo de aceleración cna. PID
P2258 Tiempo de deceleración cna. PID
r2260 CO: Consigna PID activa
P2261 Constante tiempo filtro cna. PID
r2262 CO: Consigna filtrada PID activa
P2264 CI: Realimentación PID
P2265 Constante tiempo filtro realim.
r2266 CO: Realimentación PID
P2267 Valor máx. realimentación PID
P2268 Valor mín. realimentación PID
P2269 Ganancia aplicada a realimentent.
P2270 Selección función realimentación
P2271 Tipo de transductor PID
r2272 CO: Señal realiment. Escalada
r2273 CO: Error PID
P2280 Ganancia proporcional PID
P2285 PID integral time
P2291 Límite superior salida PID
P2292 Límite inferior salida PID
P2293 Tiempos aceler/decel.para límite
r2294 CO: Salida PID real
P3900 Fin de la puesta en servicio ráp
P3950 Acceso a los parámetros ocultos
r3954[13] Versión CM y GUI ID
P3980 Selección de órdenes de p.e.m
P3981 Reset fallo activo
r3986[2] Numero de parámetros

ANEXO B
CAMBIAR PANEL DEL OPERADOR DEL MM420

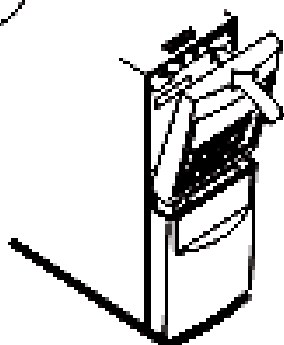
1



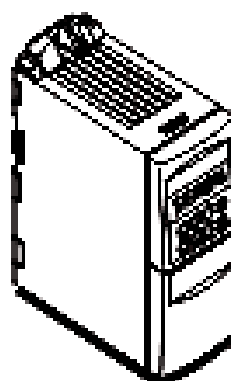
2



3



4



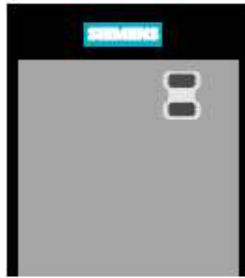
ANEXO C

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR

Puesta en marcha con el panel SDP

La versión estándar del MM420 viene provista con el panel SDP (Status display panel o panel de estado). Este panel permite una aplicación múltiple del convertidor con los preajustes efectuados en fábrica.³³ El panel SDP dispone de dos diodos LED frontales que muestran el estado operativo del convertidor.

MM420 con panel SDP.



Al utilizar el SDP, los preajustes del convertidor deben ser compatibles con los siguientes datos del motor:

- Potencia nominal del motor
- Tensión del motor
- Corriente nominal del motor
- Frecuencia nominal del motor (Se recomienda el uso de un motor estándar Siemens).³⁴

Ahora bien, en lo que a la parametrización respecta, los preajustes efectuados en la fábrica, con los cuales trabaja el panel SDP son los siguientes:

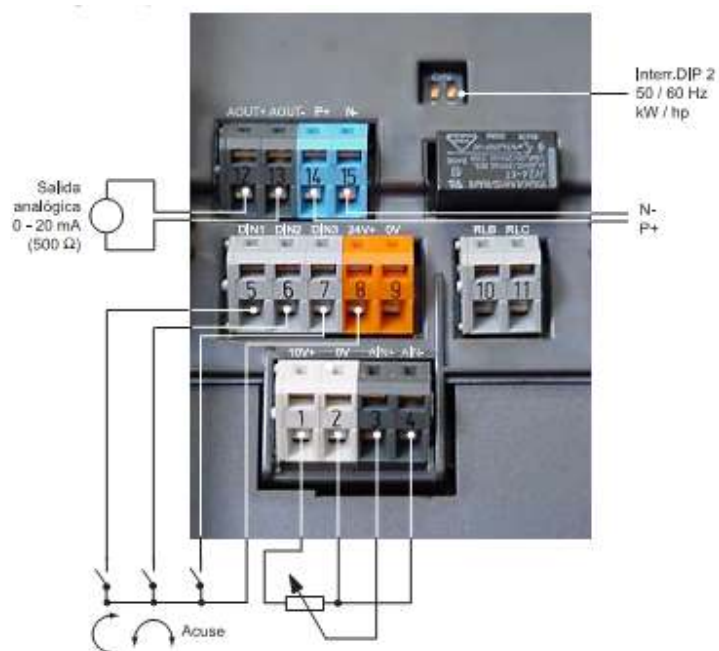
³³ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de uso, Edición 04/, p. 34

³⁴ *Ibid.*, p. 35

Preajustes de parámetros del MM420³⁵

| Entrada digital | Borne | Parámetro | Operación por defecto |
|------------------|-------|----------------|------------------------|
| 1 | 5 | P0701 = '1' | ON a derechas |
| 2 | 6 | P0702 = '12' | Giro inverso |
| 3 | 7 | P0703 = '9' | Acuse de fallos |
| Relé de salida | 10/11 | P0731 = '52.3' | Señalización de fallos |
| Salida analógica | 12/13 | P0771 = '21' | Frecuencia de salida |

Bornes del MM420 para conexión con panel SDP.



Teniendo en cuenta estos ajustes, con el panel SDP es posible realizar las siguientes maniobras:

- Poner en marcha y parar el motor
- Invertir el sentido de giro del motor
- Acusar fallos
- Controlar la velocidad del motor.³⁶

³⁵ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Guía rápida, septiembre del 2000, p. 6

Para saber si el convertidor está funcionando correctamente, se debe visualizar en el panel la siguiente secuencia de LEDs:

- Verde y amarillo = Listo para marcha
- Verde = Marcha³⁷

1.6 Puesta en marcha con el panel BOP

Cuando los parámetros preajustados de fábrica no satisfacen las necesidades de la aplicación en la que se va a utilizar el MM420, estos pueden ser modificados reemplazando el panel SDP por un panel BOP (Basic Operator panel).

Mediante el BOP es posible acceder a los niveles de juegos de parámetros 1, 2 y 3. El panel BOP tiene las características siguientes:

- Se visualiza, según se desee, la velocidad, la frecuencia, el sentido de giro del motor y la corriente, etc.
- Para mando directo, el panel BOP se monta directamente en el frontal del convertidor.³⁸

MM420 con panel BOP.

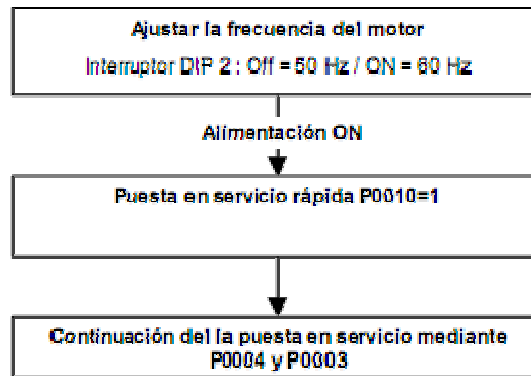
³⁶ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de uso, Edición 04/, p. 36

³⁷ *Ibíd.*, p.52

³⁸ Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Guía rápida, septiembre del 2000, p. 8



De manera global, la secuencia a seguir para la puesta en marcha del variador utilizando el panel BOP es la siguiente:








El parámetro P0010 permite seleccionar un grupo de parámetros para facilitar la puesta en servicio rápida. Entre ellos se incluyen los parámetros de ajuste del motor y de los tiempos de rampa. Al acabar la secuencia de puesta en servicio rápida es necesario seleccionar P3900, el cual, si está ajustado a 1, activa el cálculo del motor necesario y pone el resto de parámetros (no incluidos en P0010=1) a los ajustes por defecto. Esto sólo ocurre en el modo de puesta en servicio rápida.³⁹

Posteriormente, se modifican los parámetros que sean necesarios para satisfacer los requerimientos de la tarea a desarrollar⁴⁰, con los cuales se pueden obtener modos de operación como:

³⁹ Para ver detalles de cómo seleccionar y modificar parámetros, ver práctica 1; y para ver procedimiento para puesta en servicio rápida ver práctica 2.

⁴⁰ Para ver la lista de parámetros completa remitirse al anexo A.

- Operación básica con el panel BOP: Este tipo de operación permite manipular el motor directamente desde los botones del panel de la siguiente manera:
 - El botón verde  pone en marcha el motor.
 - Pulsar el botón  mientras que gira el motor disminuye su velocidad hasta alcanzar la frecuencia mínima.
 - Pulsar el botón  mientras que gira el motor aumenta su velocidad hasta alcanzar la frecuencia máxima.
 - El botón  cambia el sentido de giro del motor.
 - El botón rojo  para el motor.⁴¹
- Operación con consigna digital: Este tipo de operación permite que las entradas digitales presentes en la bornera (ver bornes 5, 6 y 7 en tabla) tomen los siguientes valores:
 - Entrada digital deshabilitada
 - ON / OFF1
 - ON inverso / OFF1
 - OFF2 - parada natural
 - OFF3 - deceleración rápida
 - Acuse de fallo
 - JOG derechas

⁴¹ Para mayor información ver práctica 2.


- JOG izquierda
- Inversión
- MOP subida (incremento frec.)
- MOP bajada (decremento frec.)
- Frec. fija (selección directa)
- Frec. fija (sel. dir. + MARCHA)
- Frec. fija (sel. bin. + MARCHA)
- Local/remoto
- Act. freno inyecc.corr.continua
- Fallo externo
- Deshabil. cna. frec. adicional
- Habil. parametrización BICO⁴²

Bornes del MM420 ⁴³

⁴² Siemens MICROMASTER 420 0,12 kW - 11 kW Instrucciones de servicio, Edición 10/06, p. 73

⁴³ *Ibid.*, p. 31

| Borne | Significado | Funciones |
|-------|-------------|--------------------------------------|
| 1 | - | Entrada +10 V |
| 2 | - | Entrada 0 V |
| 3 | ADC+ | Entrada analógica (+) |
| 4 | ADC- | Entrada analógica (-) |
| 5 | DIN1 | Entrada digital 1 |
| 6 | DIN2 | Entrada digital 2 |
| 7 | DIN3 | Entrada digital 3 |
| 8 | - | Salida aislada +24 V / máx. 100 mA |
| 9 | - | Salida aislada 0 V / máx. 100 mA |
| 10 | RL1-B | Salida digital / contacto de trabajo |
| 11 | RL1-C | Salida digital / conmutador |
| 12 | DAC+ | Salida analógica (+) |
| 13 | DAC- | Salida analógica (-) |
| 14 | P+ | Conexión RS485 |
| 15 | N- | Conexión RS485 |



Además, permite obtener cierta información a través de las salidas digitales.

- Operación con consigna analógica: Este tipo de operación permite aumentar o disminuir la velocidad del motor a partir de una señal análoga (0-10VDC) y de igual manera, verificar la velocidad actual del motor por medio de otra señal en los bornes de salida análoga (0-20mA).
- Operación serial: Permite establecer comunicación serial con un dispositivo maestro (PLC, PC, IPC, etc.), el cual manipula el variador a través del protocolo de comunicaciones USS vía interface RS232.

Puesta en marcha con el panel AOP

El AOP (opcional), además de las funciones con que cuenta el BOP, posee las siguientes adicionales:

- Visualización multilingüe y multilínea en texto claro.
- Visualización adicional de unidades como [Nm], [°C], etc.
- Informaciones sobre el parámetro activo, mensajes de fallo, etc.

- Menú de diagnóstico como apoyo a la búsqueda de averías.
- Llamada directa del menú principal apretando simultáneamente Fn y P.
- Reloj conmutador con 3 posiciones por registro.
- Carga / almacenamiento de hasta 10 juegos de parámetros.
- La comunicación entre el AOP y el MICROMASTER se realiza mediante el protocolo USS. El AOP se puede conectar tanto a la interface BOP (RS 232) como a la COM (RS 485) del convertidor.
- Capacidad multipunto para control y vigilancia de hasta 31 convertidores MICROMASTER. Conectando el bus USS a los bornes de la interface COM del convertidor y ajustando los parámetros correspondientes.⁴⁴

MM420 con panel AOP.



Para la puesta en marcha del variador utilizando el panel AOP, se sigue exactamente la misma secuencia utilizada en el panel BOP, pues en este se realiza la configuración del equipo manipulando exactamente los mismos parámetros mostrados en la sección anterior.

⁴⁴ *Ibíd.*, p. 53